

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

**ISPARTA İLİNİN OLASILIKSAL YÖNTEM İLE  
SİSMİK TEHLİKESİNİN TAHMİNİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Serap KIZILBUĞA**

**Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gündüz HORASAN**

**Kasım 2016**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ISPARTA İLİNİN OLASILIKSAL YÖNTEM İLE SİSMİK  
TEHLİKESİNİN TAHMİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serap KIZILBUĞA

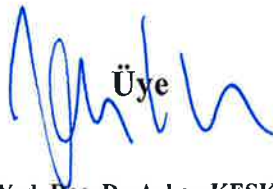
Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 29 .11 .2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



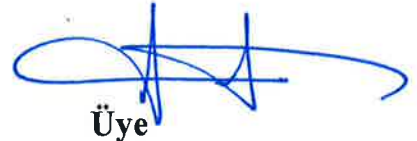
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Gündüz HORASAN



Üye

Yrd. Doç. Dr. Ayhan KESKİNSEZER



Üye

Dr. Doğan KALAFAT

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Serap KIZILBUĞA

29.11.2016

## TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışma süresince her aşamada bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, her zaman yanımda olduğunu bildiğim ve bana bu süreçte deneyimleri ile yol gösterici olan değerli danıŐman hocam Prof. Dr. Gündüz HORASAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde ,yoğun çalışma koŐullarına rağmen karşılaŐtıĐım sorunlarda her aşamada bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Jeofizik Yüksek Mühendisi Sayın Recai F. KARTAL'a teşekkür ederim.

Bu sürecin en başından itibaren her zaman yanımda olan, bilgi ve deneyimleri ile her şartta sabırla yola devam etmem de büyük katkısı ve büyük emekleri olan, kendisinden her aşamada çok Őey öğrendiğim ve yolumu kolaylaŐtıran Sevgili Hocam Araştırma Görevlisi Hilal YALÇIN' a teşekkür ederim.

Bu süreç içerisinde karşılaŐtıĐım sorunlarda bana çözüm yolunda fikirlerini sunan, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim ve bana kattıkları manevi değerler doğrultusunda Sevgili Araştırma Görevlisi Emrah BUDAKOĞLU ve Araştırma Görevlisi Ali SİLAHTAR hocalarıma teşekkür ederim.

ÇalıŐmamın ilk gününden itibaren büyük bir sabır ve anlayıŐ içerisinde ,maddi ve manevi desteklerini esirgemedен her zaman ve her şartta yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ÖZET .....	ix
SUMMARY .....	X

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
-------------	---

### BÖLÜM 2.

TÜRKİYE’NİN TEKTONİĞİ .....	3
2.1. Ana Tektonik Unsurlar.....	4
2.1.1. Kuzey Anadolu fay zonu .....	4
2.1.2. Doğu Anadolu fay zonu .....	5
2.1.3. Ege graben sistemi .....	5
2.1.4. Bitlis Zagros kenet kuşağı .....	5
2.1.5. Kıbrıs yayı .....	6
2.1.6. Helen yayı .....	6
2.2. Türkiye’nin Sismotektoniği .....	6

BÖLÜM 3.	
ÇALIŞMA ALANI .....	11
3.1. Giriş .....	11
3.2. Isparta İli ve Çevresinin Depremselliği.....	12
BÖLÜM 4.	
ISPARTA İLİ İÇİN SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ .....	15
4.1. Sismik Tehlike Analizi Yöntemi .....	15
4.1.1. Deterministik sismik tehlike analizi.....	16
4.1.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi.....	16
4.2. Çalışma Alanına Ait Deprem Kataloğunun Oluşturulması .....	19
4.3. Sismik Kaynak Bölgelerinin Belirlenmesi ve Depremselliklerinin Tespiti .....	21
4.4. İvme – Azalım ilişkisi .....	34
4.4.1. Akkar ve Çağnan, 2010 bağıntısı .....	34
4.4.2. Kalkan ve Gülkan, 2004 bağıntısı .....	35
BÖLÜM 5.	
ISPARTA İLİ İÇİN SİSMİK TEHLİKE DEĞERLERİ .....	37
5.1. Akkar ve Çağnan, 2010 Bağıntısına Göre Isparta İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike Değerleri.....	37
5.2. Kalkan ve Gülkan, 2004 Bağıntısına Göre Isparta İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike Değerleri.....	40
BÖLÜM 6.	
SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	42
KAYNAKLAR .....	45
ÖZGEÇMİŞ .....	48

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

a,b	: İlgili bölge için belirlenen regrasyon katsayıları
AİGM	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
BİB	: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
BZBK	: Bitlis Zagros Bindirme Kuşağı
D	: Doğu
DAFZ	: Doğu Anadolu fay zone
EGS	: Ege graben sistemi
G	: Belirli bir alanda oluşabilecek en büyük zemin ivme değeri
g	: İvme birimi
h	: Regrasyon ile hesaplanan sanal derinlik
IA	: Isparta açısı
K	: Kuzey
KAFZ	: Kuzey Anadolu fay zone
$\lambda$	: Bölgede birim zamanda meydana gelen ortalama deprem sayısı
Log	: 10 tabanında logaritma değeri
M	: Richter magnitudü
Mb	: Cisim dalgası büyüklüğü
Md	: Süreye bağlı büyüklük
Ms	: Yüzey dalgası büyüklüğü
Ml	: Lokal büyüklük
Mw	: Moment büyüklüğü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
n	: Deprem sayısı
N(M)	: Birim zamanda gerçekleşen, magnitudü M'e eşit ya da daha büyük ortalama deprem sayısı
OSTA	: Olasılıksal sismik tehlike analizi
ÖDFZ	: Ölü Deniz Fay Zone

P	: Olasılık değeri
$p_1$	: Yıllık sismisite değeri
Pn(t)	: t süre içerisinde n adet olayın gerçekleşme olasılığı
PGA	: En buyk yer ivmesi (Peak Ground Acceleration)
$\sigma$	: Standart sapma
RINF	: Uzaklık tablosundaki en yakın mesafe
RSUP	: Uzaklık tablosundaki en uzak mesafe
SRL	: Fayın boyu (Surface Rupture Length)
t	: Zaman
TİİK	: Türkiye istatistik kurumu



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı ve çevresine ait sismotektonik harita. ....	1
Şekil 2.1. Türkiye ve çevresi sadeleştirilmiş tektonik haritası.....	4
Şekil 2.2. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 4.0 ve üzerinde olan depremlerin dağılımı. ....	8
Şekil 2.3. Türkiye ve yakın çevresinde 01.01. 1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin Deprem Sayısı-Magnitüd ilişkisi grafiği.. ....	9
Şekil 2.4. Türkiye ve çevresinde 01.01. 1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 5.0 ve daha büyük olan depremlerin dağılımı. ....	10
Şekil 3.1. Isparta İli deprem bölgeleri haritası .....	11
Şekil 3.2. Çalışma alanı içerisinde ki aktif fay zonları.....	12
Şekil 3.3. Çalışma alanı içerisinde gerçekleşmiş $M_w=4$ ve daha büyük depremler. ....	13
Şekil 3.4. 1900-2015 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen aletsel büyüklüğü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin Deprem Sayısı-Magnitüd ilişkisi grafiği.....	14
Şekil 4.1. Deterministik yaklaşımın basamakları, (a) sismik kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi, (b) azalım ilişkileri kullanılarak proje alanında oluşacak en büyük yer ivmesinin belirlenmesi.....	16
Şekil 4.2. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizinin aşamaları. ....	18
Şekil 4.3. Sismik kaynak zonları. 1) Geri Plan Alan 4, 2) Oylat Fay Zonu, 3) Kütahya Fay Zonu, 4) Simav Fay Zonu, 5) Geri Plan Alan 2, 6) Gediz Fay Zonu, 7) Geri Plan Alan 3, 8) Selimiye Fay Zonu, 9) KaleEsen Fay Zonu, 10) Burdur Fay Zonu, 11) Geri Plan Alan1. ....	22
Şekil 4.4 Burdur Fay Zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi.....	29
Şekil 4.5. Gediz Fay Zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi.....	29
Şekil 4.6. Geri plan alan kaynak 1'e ait Magnitüd – Frekans ilişkisi. ....	30
Şekil 4.7. Geri plan alan kaynak 2'ye ait Magnitüd – Frekans ilişkisi .....	30
Şekil 4.8. Geri plan alan kaynak 3'e ait Magnitüd – Frekans ilişkisi. ....	31
Şekil 4.9. Geri plan alan kaynak 4'e ait Magnitüd – Frekans ilişkisi. ....	31

Şekil 4.10. KaleEsen Fay Zonuna ait magnitüd - Frekans ilişkisi. ....	32
Şekil 4.11. Kütahya Fay Zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi.....	32
Şekil 4.12. Oylat Fay Zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi. ....	33
Şekil 4.13. Selimiye Fay Zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi.....	33
Şekil 4.14. Simav Fay Zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi.....	34
Şekil 5.1 Akkar ve Çağnan, 2010 ivme - azalım ilişkisi kullanılarak elde edilen Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen eş – ivme haritası. ....	39
Şekil 5.2. Kalkan ve Gülkan, 2004 ivme - azalım ilişkisi kullanılarak elde edilen Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen eş – ivme haritası. ....	41

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1. Öncü ve artçı depremlerin ayırt edilmesi için kullanılan zaman-uzaklık penceresi.....	21
Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan kaynak zonları.....	23
Tablo 4.3. Sismik Kaynak zonları için Hesaplanan Depremsellik Parametreleri.....	25
Tablo 4.4. Sismik kaynak zonları içerisinde gerçekleşebilecek maximum deprem büyüklükleri.....	26
Tablo 4.5. Çalışma alanı içerisinde belirlenmiş kaynakların kodları, buldukları zonlar, uzunlukları ve üretebilecekleri maximum deprem büyüklükleri.. ...	26
Tablo 4.6. (4.5) bağıntısında bulunan değişkenlerin bu çalışma içerisinde kullanılan değerleri.....	35
Tablo 4. 7. (4.8) bağıntısında bulunan değişkenlerin bu çalışma içerisinde kullanılan değerleri.....	36
Tablo 5. 1. Isparta ilçe merkezleri için Akkar ve Çağnan, 2010'a göre hesaplanan ivme değerleri.....	36
Tablo 5. 2. Isparta ilçe merkezleri için Kalkan ve Gülkan, 2004'e göre hesaplanan ivme değerleri.....	40
Tablo 6. 1. Isparta ili için hesaplanan en büyük ivme değerleri.. ..	43
Tablo 6.2. Isparta ilçe merkezleri için her iki azalım bağıntısına göre hesaplanan ivme değerleri.....	44

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Isparta, Depremsellik Parametreleri, Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi, Zemin İvme Azalım İlişkileri.

Doğu Akdeniz'in aktif tektoniği, Afrika ve Arabistan plakalarının Avrasya plakasına göre kuzey yönlü göreceli hareketinin bir sonucudur. Batıda aktif olan dalma-batma zonu boyunca Ege ve Kıbrıs yayları, doğuda ise aktif kıtasal çarpışma zonu boyunca Bitlis-Zagros Bindirme fay kuşağı yer almaktadır. Bulunduğu konum dolayısıyla sıkça tektonik hareketlere maruz kalan Isparta İli; mevcut Deprem Bölgeleri Haritasına göre I. derece deprem bölgesinde yer almakta ve birçok aktif fay barındırmaktadır. Ayrıca Isparta bölgesi magnitudü 5 ve 6'dan büyük birçok depreme de sahne olmuş bir ildir.

Bu çalışmada aktif tektoniği nedeniyle günümüzde 6 ve üzeri deprem üretebilme potansiyeline sahip olan Isparta ilinin Olasılıksal Sismik Tehlike Analizinin (OSTA) hesaplanması ve bu doğrultuda PGA (maksimum zemin ivmesi) haritalarının elde edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanında 01.01.1900 – 31.12.2015 tarihleri arasında kapsamlı ve homojen bir katalog oluşturulmuştur. Sismisitenin yanısıra, aktif faylar, depremlerin odak mekanizma çözümleri ve fayların kayma hızları bilgileri göz önünde tutularak Isparta ve civarı için sismik kaynak zonu tanımlanmış ve bu kaynak zonunun Gutenberg – Richter parametreleri (a ve b değerleri), tamamlılık magnitudleri en büyük olasılık yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca b değerlerinin uzaysal ve zamansal ortamda değişimleri incelenmiştir

Hesaplanan parametreler doğrultusunda çalışma alanına ait Tehlike haritası elde edilmiştir. Bölgede hesaplanan parametreler, bölgenin tektoniği ve elde edilen Sismik Tehlike Haritası değerlendirildiğinde çalışma alanı ve çevresinde tehlike oluşturabilecek büyüklükte depremlerin gerçekleşebileceği ön görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları doğrultusunda hem bölgedeki yeni yapılaşma alanlarının belirlenmesi hem de olası deprem tehlikesine karşı bölgede alınabilecek önlemler bakımından değerlendirilebileceği ön görülmüştür.

# **SEISMIC HAZARD ESTIMATED OF ISPARTA PROVINCE WITH PROBABILISTIC METHOD**

## **SUMMARY**

Keywords: Isparta, seismicity parameters, probabilistic seismic hazard analysis, ground acceleration attenuation relations

Active tectonics of the Eastern Mediterranean, According to the Eurasian plate to the north of Africa and the Arabian plate is a result of the relative movement direction. Aegean and Cyprus arcs; Active subduction zone along in the west and active continental collision zone is located along the Bitlis-Zagros thrust fault zone in the east. Isparta, which because of the location frequently exposed to tectonic movements, according to the current Earthquake Zone Map Located in I. degree earthquake zone. Also in this region, magnitudes larger than 5 and 6 earthquakes occurred.

In this study, because of the active tectonics today 6 and above have the potential to produce earthquakes of Isparta, completion of the probabilistic seismic hazard analysis and map of the PGA obtaining is intended.

In the study area between 01.01.1900 and 31.12.2015 has been created a comprehensive and homogeneous catalog. In addition to the seismicity, considering the slip rate, active faults, and focal mechanism solutions of earthquakes, defined the seismic source zone to Isparta and nearby. Gutenberg - Richter parameters (a and b values) of that Source zones and completeness magnitudes is calculated using the maximum probabilistic method.

Hazard map of the study area was obtained in accordance with this calculated parameters. Calculated parameters for study area, tectonic of area and obtained seismic hazard map when analyzed, in study area and around earthquakes that could be dangerous It was predicted to occur.



Isparta Bükümü üzerinde yer alan Isparta ili daha çok mikro deprem aktivitelere (  $M_w \leq 4$  ) sahne oluyor olsa da üzerinde yer aldığı dalma-batma zonu sebebi ile  $M_w \geq 6$  deprem üretebilme potansiyeline sahip bir bölge olarak görülmektedir.

Çalışma alanı içerisinde günümüze kadar meydana gelmiş olan iki büyük deprem vardır. Bunlardan biri 1914 Burdur depremidir ( $M_w = 6,9$ ), diğeri ise 1995 Dinar depremidir ( $M_w = 6,1$ ). Bu depremlerin her ikisi de Graben sistemleri üzerinde meydana gelmiş depremlerdir.

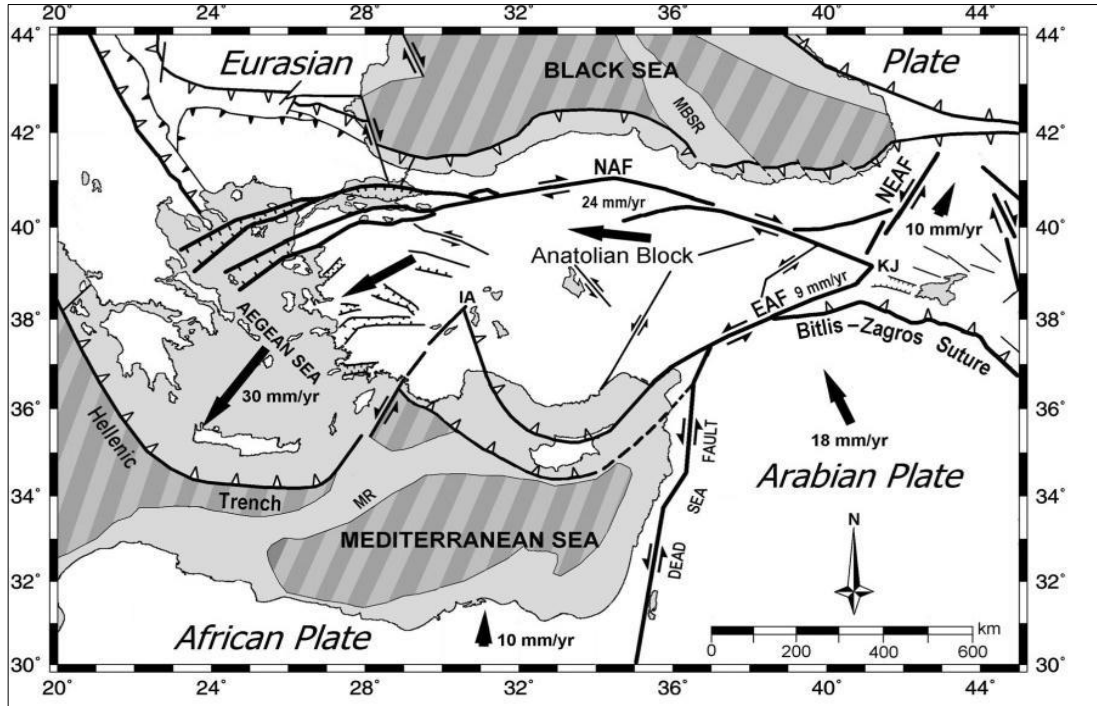
Isparta İlinin sahne olduğu depremler, tektonik konumu ve deprem aktiviteleri bölgede gerçekleştirdiğimiz Sismik Tehlike Analizinin sebeplerini oluşturmuştur. Bu doğrultuda bölgedeki tehlike yaratabilecek depremlerin olasılığının hesaplanması veya öngörülmesi açısından OSTA çalışması gerçekleştirilmiştir.

## **BÖLÜM 2. TÜRKİYE’NİN TEKTONİĞİ**

Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer alan Türkiye birçok aktif faya ev sahipliği yapmaktadır. Aletsel dönemden günümüze kadar bu faylar üzerinde çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde meydana gelen depremlerin büyük ölçekte yıkım, can ve mal kaybı etkileri olmuştur. Bunun son örneğini KAFZ’nun üzerinde gerçekleşen 1999 Gölcük Depreminde görmekteyiz.

Türkiye ve yakın çevresinin sismotektoniği, Afrika ve Arabistan plakalarının Avrasya plakasına göre kabaca kuzey yönlü göreceli hareketinin bir sonucudur (Şekil 2.1.). Bu kuzey yönlü göreceli hareket Anadolu levhasının, sırasıyla sağ ve sol yanall doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay (DAFZ) zonları boyunca batıya doğru yaklaşık 24 mm/yıl bir hızla ve saat yönünün tersinde dönerek hareket etmesine neden olur. Sol yanall hareketli Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ), Afrika ve Arabistan levhaları arasındaki göreceli hareket farkını karşılar. Güneybatıda aktif Ege ve Kıbrıs dalma/batma zonları, güneydoğuda ise aktif kıtasal çarpışma ve bindirme zonu boyunca Bitlis Zagros Bindirme Kuşağı (BZBK) yer almaktadır. Arap levhasının en kuzeyinde 18 mm/yıl olan GPS vektör hızı, Anadolu levhasının en doğusunda ve orta kesiminde yaklaşık 21 mm/yıl’a, Orta Ege Denizi üzerinde ve Ege yayı civarında 31 mm/yıla yükselmektedir [1].





Şekil 2.1. Türkiye ve çevresi sadeleştirilmiş tektonik haritası (Gülen ve ark., 2002).

## 2.1. Ana Tektonik Unsurlar

### 2.1.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu

Yaklaşık 1500 km uzunluğa sahip olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır [2]. Yıllık kayma miktarı yaklaşık olarak 25mm olan KAFZ Doğu da Bingöl-Karlıova'dan başlayarak kuzeydoğu yönünde batıya doğru ilerler ve Marmara Denizi içersinde üç kola ayrılır. Kuzey, Orta ve Güney Kollar için sırası ile hesaplanan kayma hızları 20mm, 3mm ve 2mm/yıl'dır [3]. Kuzey Kol KAFZ'nin en aktif segmentidir ve 17 Ağustos 1999 depremi bu kol üzerinde meydana gelmiştir.

KAFZ güncel sismik aktivitesi sebebi ile dünya üzerinde en iyi bilinen ikinci doğrultu atımlı fay sistemidir. En iyi bilinen doğrultu atımlı fay sistemi ise Kuzey Anadolu Fay zonuna benzerlik gösteren Kaliforniya da ki San Andreas Fayıdır [4,5].

### 2.1.2. Doğu Anadolu Fay Zonu

Türkiye'nin ikinci en büyük kırık zonu olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) yaklaşık 400 km uzunluğundadır ve yıllık yaklaşık 9 mm yer değiştirme miktarına sahiptir [3]. Karlıova'da başlar ve güney batıda Antakya'ya kadar uzanarak Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile birleşir. Ayrıca Kahramanmaraş civarında üçlü birleşimi meydana getirir. Bu üçlü birleşim Arabistan, Afrika ve Avrasya levhalarının birleştiği yerdir [4,5,6].

Bu fay zonu üzerinde meydana gelen büyük depremlere örnek olarak 4 Aralık 1905 Malatya depremi ( $M_s = 6,8$ ) ve 1971 Bingöl depremi ( $M_s=6,9$ ) ve 14 Haziran 1964 Malatya depremi ( $M_s=5,7$ ) verilebilir.

### 2.1.3. Ege Graben Sistemi

Ege Gaben Sistemi (EGS) D-B doğrultulu normal faylanmalar içeren 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 [7].

### 2.1.4. Bitlis- Zagros Bindirme Kuşağı (BZBK)

Tetis Denzinin tabanının Avrasya Plakasının altına dalarak yitiminden sonra, kıta-kıta çarpışma sınırında meydana gelmiş bir yapı olan Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı (BZBK), Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuzey sınırı boyunca yer almaktadır [8]. Bu bindirme İran'daki Zagros Bindirme Kuşağı'nın devamı şeklindedir. Doğudan batıya doğru ilerlediği kesimde, DAFZ tarafından karşılanır ve Batıya doğru iki bindirme biçiminde devam eden BZBK'nın bir kolu Kahramanmaraş'tan geçerken diğer kolu da daha kuzeyden geçer ve Andırın doğusunda güneye yönelerek belirsizleşmektedir [22].

### 2.1.5. Kıbrıs Yayı

Kıbrıs batısında Doğu Akdeniz okyanusal litosferinin kuzeydoğuya doğru daldığı, deprem episantırlarından öne sürülmüş ve Helen (Ege) yayının devamı olarak görülmektedir [25]. Kuzeye doğru dalma-batma zonu Erotosthanes deniz adasının çarpışmasından etkilenmiştir [26, 27].

Bu kesimde Afrika ile Anadolu arasındaki sınır, keskin bir sınır değil, belirli genişlikteki bir zon tarafından temsil edilir. Kıbrıs yayının sismisitesi üzerine yapılan çalışmalar bu zon üzerinde  $M \geq 6$  depremlerin aletsel dönem içinde yoğun olarak meydana geldiğini ortaya koymuştur [28, 29].

### 2.1.6. Helen Yayı

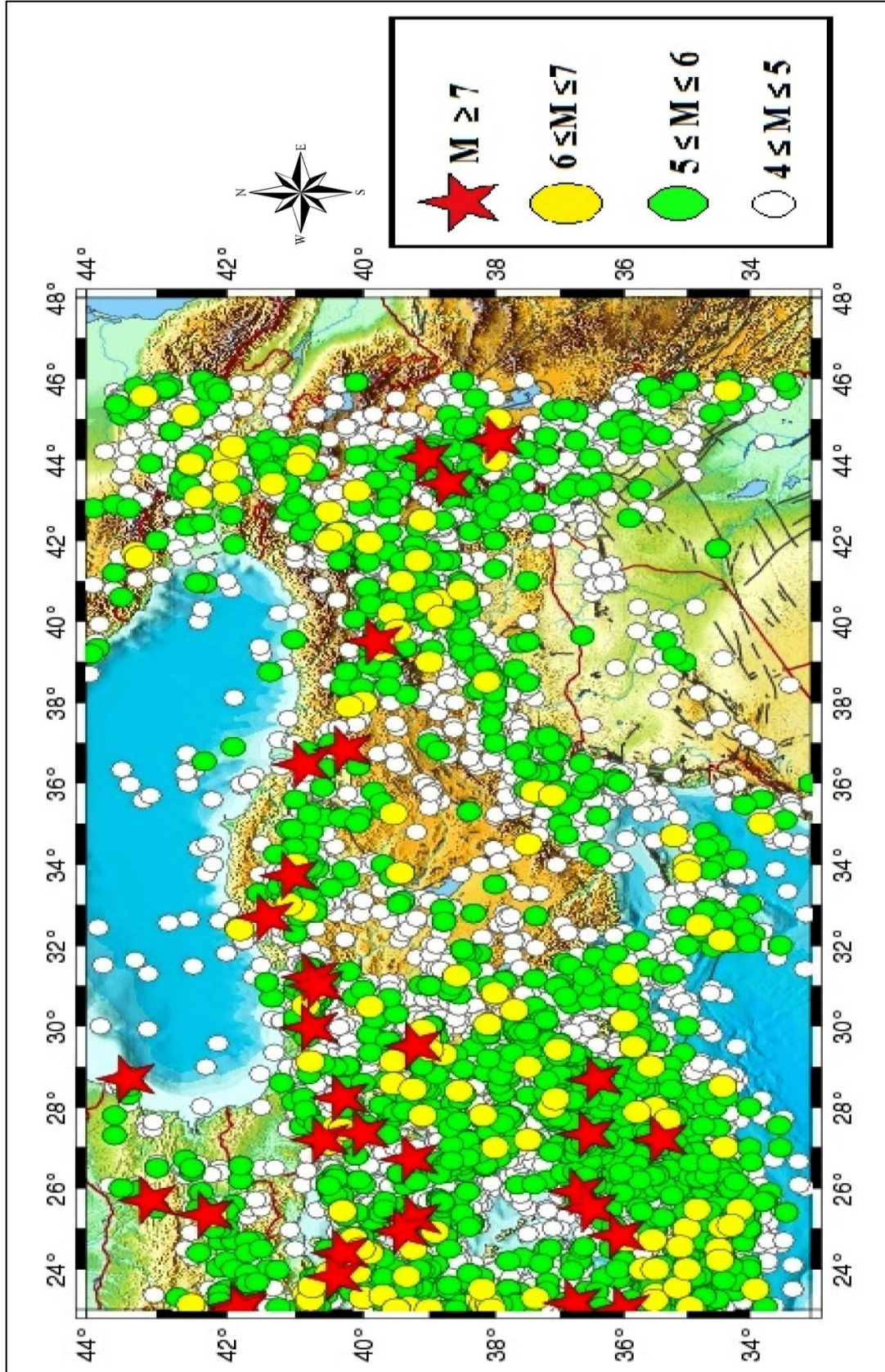
Ege Graben sistemi, Ege bölgesinin jeodinamik evriminde önemli bir rol oynamaktadır. Ege yayı boyunca hendeğin yapısı farklılıklar göstermektedir. Yayın batı bölümü Ionian hendeği tarafından temsil edilirken, doğu kesimi ise daha çok transform fay biçiminde davranır. Bazı çalışmalarda Ege yayı boyunca dalma-batmanın 13 milyon yıl önce başladığı öne sürülmüştür [30]. Bir diğer görüşe göre ise dalma-batma'nın en az 26 milyon yıl yaşında olduğu varsayılır [31].

## 2.2. Türkiye'nin Sismotektoniği

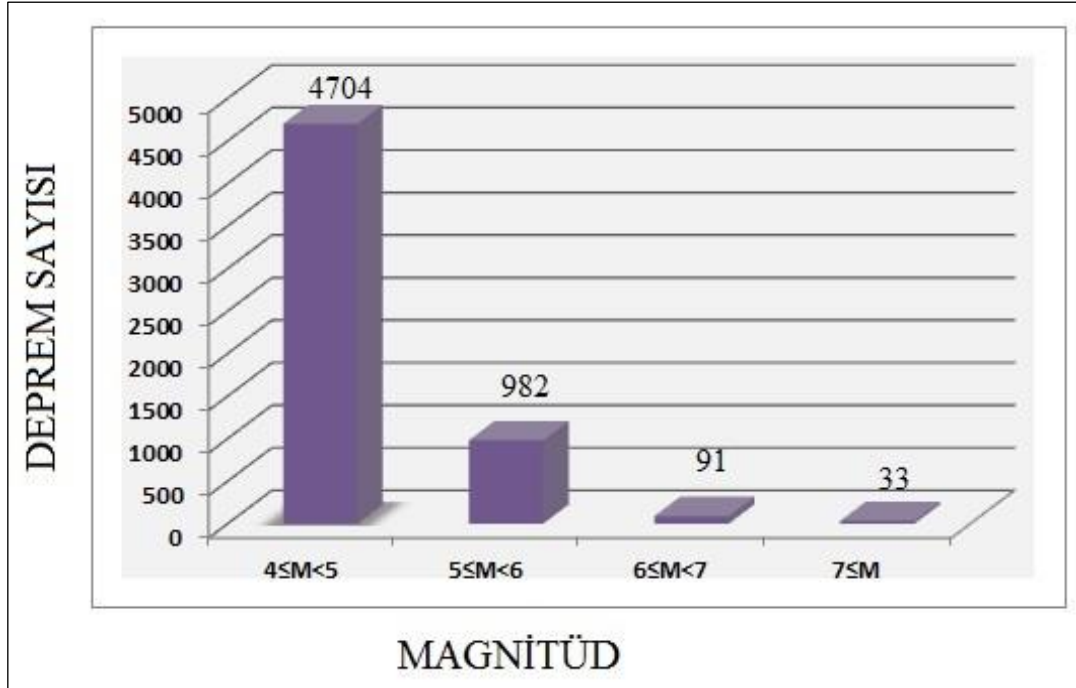
Barındırdığı aktif tektonik unsurlar sebebi ile Türkiye'nin neredeyse her bölgesinde deprem aktiviteleri oldukça fazla görülmektedir. Bu tektonik unsurların başlıcaları; Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) başta olmak üzere Ege Graben Sistemi (EGS) ve Helenik-Kıbrıs Yayı ve Bitlis - Zagros Bindirme Kuşağıdır (BZBK).

Aletsel dönemin başlangıcı olarak kabul edilen 1900'lü yılların başından itibaren 2015 yılının sonuna kadar geçen, 01.01.1900- 31.12.2015 tarihlerini kapsayan dönemde Türkiye ve yakın çevresinde aletsel büyüklüğü 4,0 ve üzerinde toplam 5810 adet

deprem gerçekleşmiştir [24]. Bu aktivitelerin dağılımı incelendiğinde başlıca KAFZ, DAFZ ve EGS üzerinde yoğunlaştıkları görölmektedir (Şekil 2.2.). 01.01.1900-31.12.2015 tarihleri arasında gerçekleşen bu depremlerden 4704 tanesi aletsel büyüklüğü 4,0 ile 5,0 arasında, 982 tanesi 5,0 ile 6,0 arasında, 91 tanesi 6,0 ile 7,0 arasında ve 33 tanesi de aletsel büyüklüğü 7,0 ve üzerinde olan depremlerdir (Şekil 2.3.).



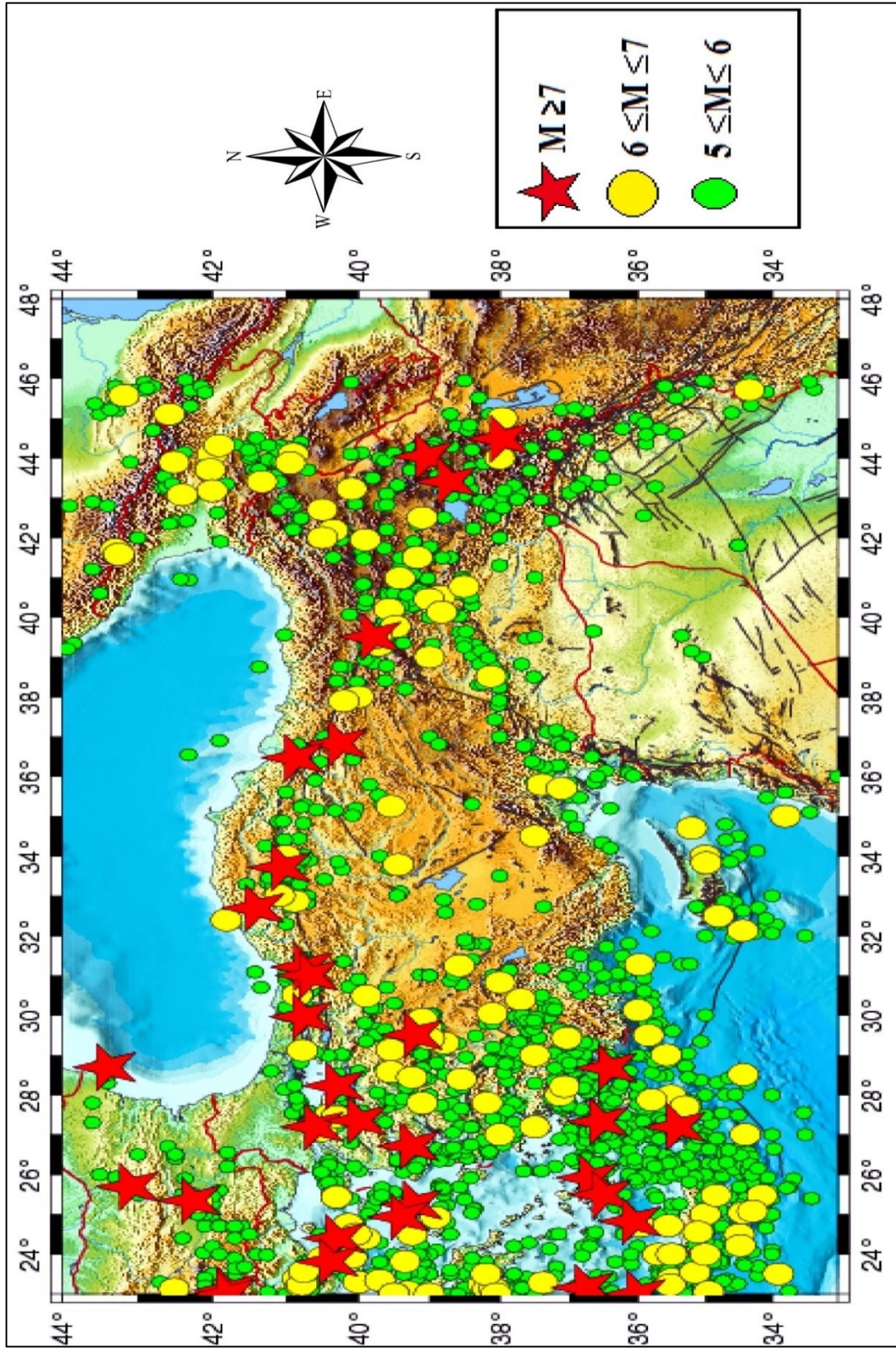
Şekil 2.2. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 4,0 ve üzerinde olan depremlerin dağılımı (Deprem verisi B.Ü.- KRDAE' den alınmıştır).



Şekil 2.3. Türkiye ve yakın çevresinde 01.01. 1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin Deprem Sayısı-Magnitüd ilişkisi grafiği.

Türkiye’de 1900-2015 tarihleri arasında aletsel büyüklüğü 5,0 ve üzerinde olan depremlerin dağılımlarına bakıldığında (Şekil 2.4.), KAFZ’nin son derece aktif olduğu ve KAFZ’nin özellikle kuzeyindeki ve doğu bölümündeki aktivite açık biçimde göze çarpmaktadır. Bunun yanı sıra EGS’deki hareketlilik de çalışma alanına olan etkisi ile beraber dikkate alınmalıdır. Aletsel büyüklüğü 5,0 ile 6,0 arasındaki aktivitelerin dağılımlarının ana tektonik unsurlar üzerinde yoğun olduğu gözlemlenmektedir. 7.0 ve üzerinde gerçekleşen depremlerin ise daha çok KAFZ üzerinde ve levha sınırlarında gerçekleşmiş olduğu göze çarpmaktadır (Şekil 2.4.).





Şekil 2.4. Türkiye ve çevresinde 01.01. 1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 5,0 ve daha büyük olan depremlerin dağılımı (Deprem verisi B.Ü.- KRDAE' den alınmıştır).

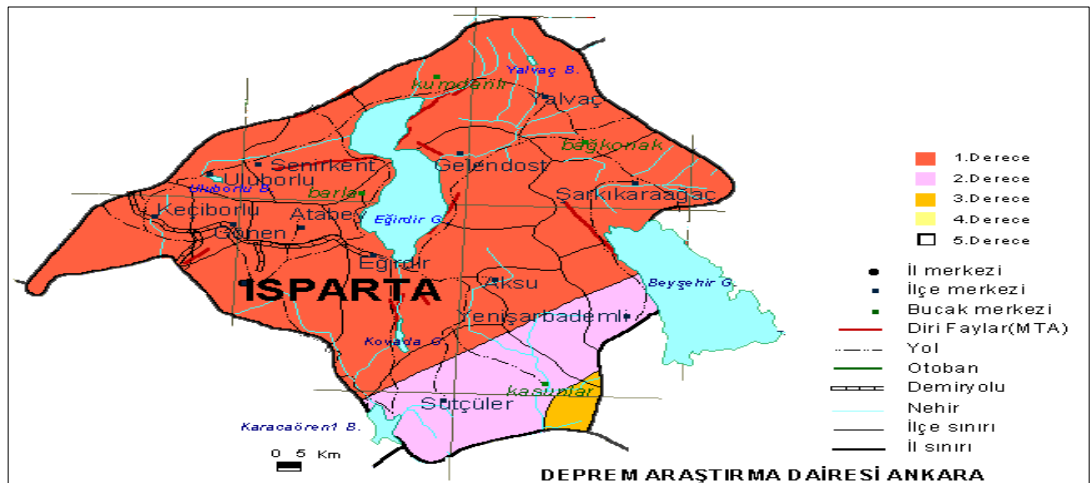
## BÖLÜM 3. ÇALIŞMA ALANI

### 3.1. Giriş

Isparta ili; Türkiye'nin güneybatısında Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu ( TÜİK) 2015 yılı verilerine göre ilin nüfusu 421.766 dur.

Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi Çalışmasını gerçekleştirmek için bu tez kapsamında Isparta ili çalışma alanı olarak seçilmiştir. Isparta ilini merkez nokta kabul ederek çalışma alanı 36.25-39.08° K enlemleri ile 28.56-32.25° D boylamları koordinatları arasında kalan alan olarak belirlenmiştir.

Mevcut Deprem Bölgeleri Haritasına göre ilin %80 lik bir bölümü I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. İlin güneyinde yer alan Sütçüler ilçesinin tamamı ile Yenişarbademli ilçesinin bir bölümü de II. Deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3.1.).

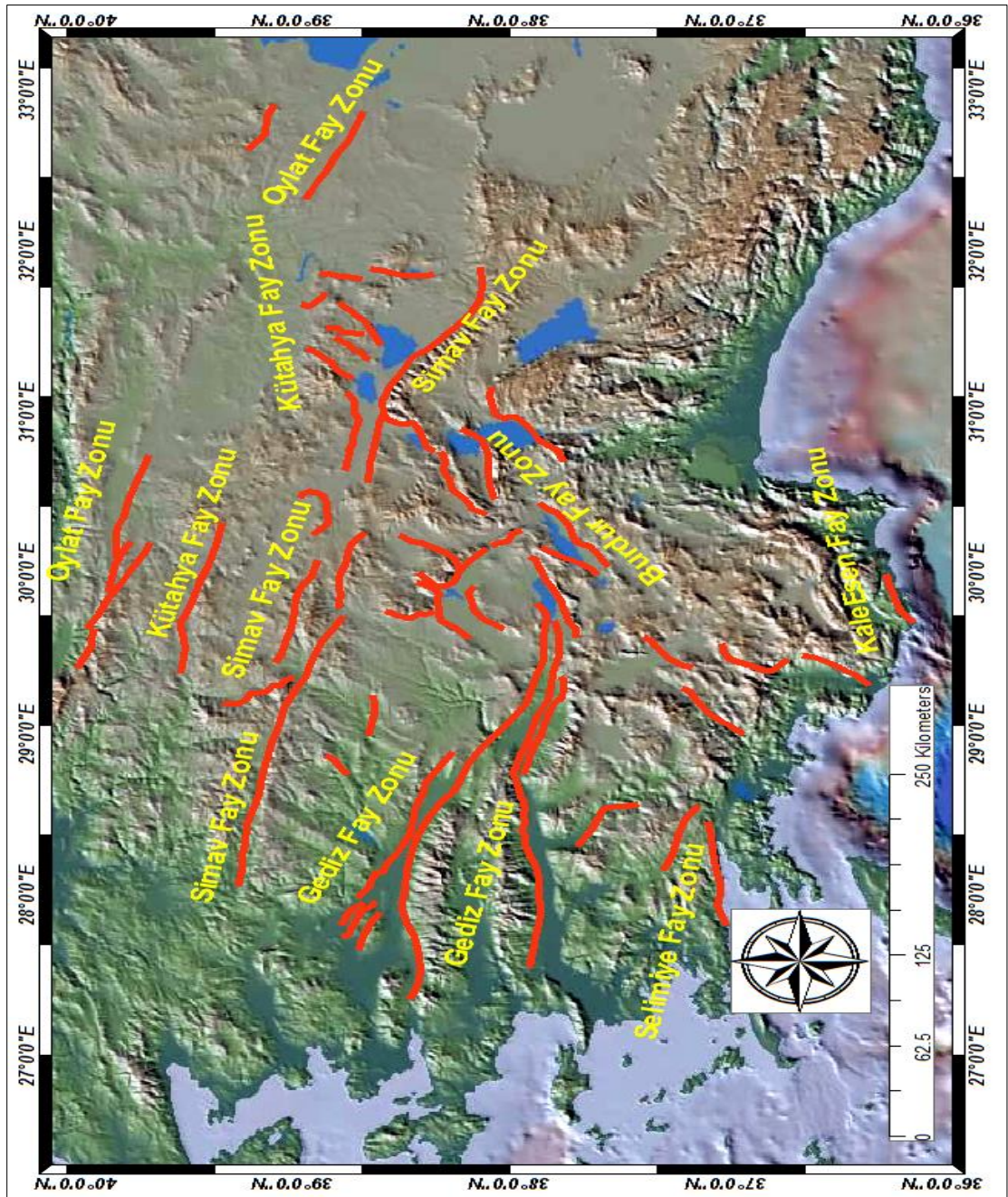


Şekil 3.1. Isparta İli deprem bölgeleri haritası (Deprem Araştırma Dairesi, Ankara) [8].



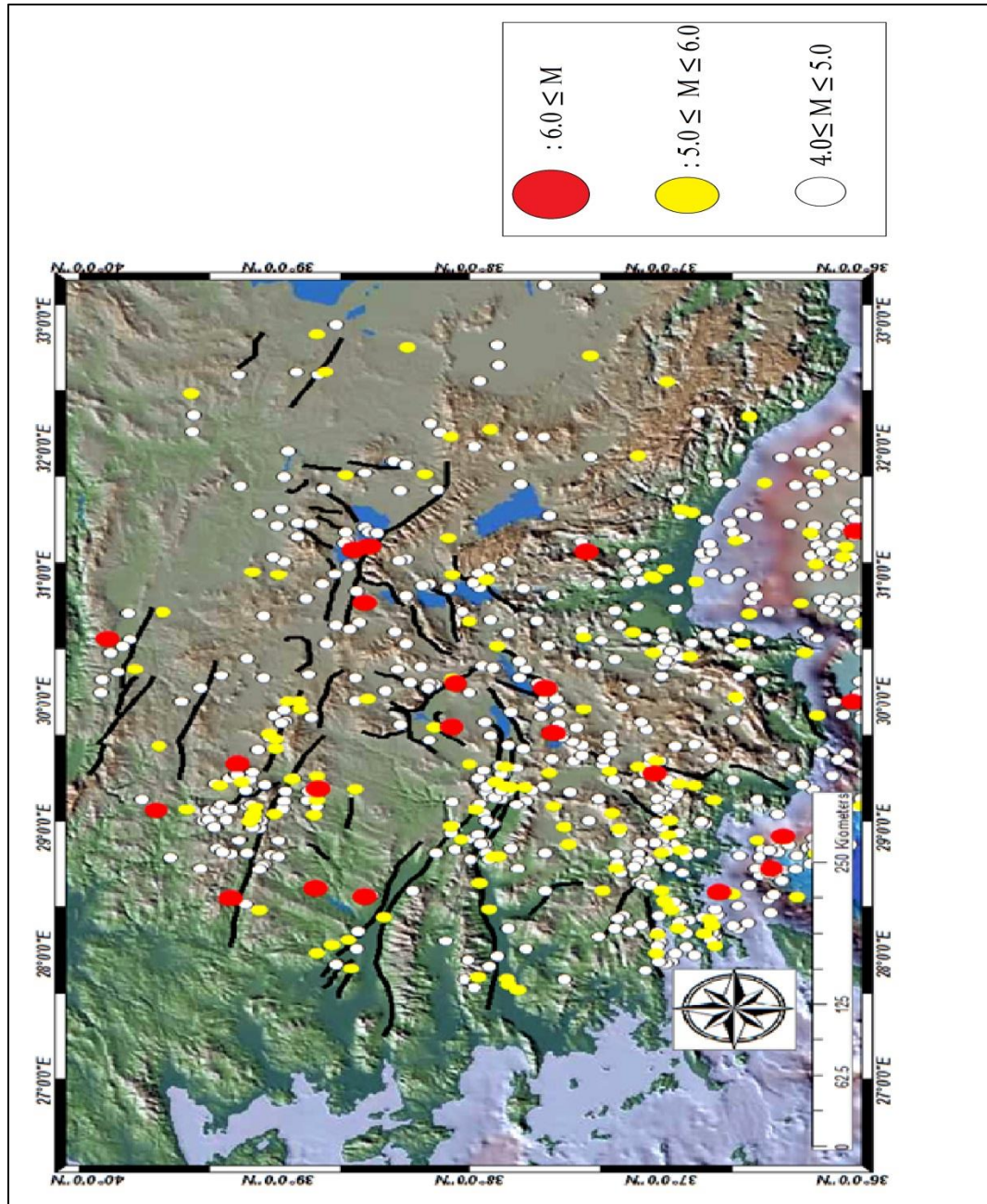
### 3.2. Isparta İli ve Çevresinin Depremselliği

Çalışma alanı olarak belirlenen bölgedeki ve çevresindeki faylar günümüzde de aktifliğini sürdüren Gediz Fay Zonu, Simav Fay Zonu, Burdur Fay Zonu, Kütahya Fay Zonu, Büyük ve Küçük Menderes gibi graben sistemlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.2.).



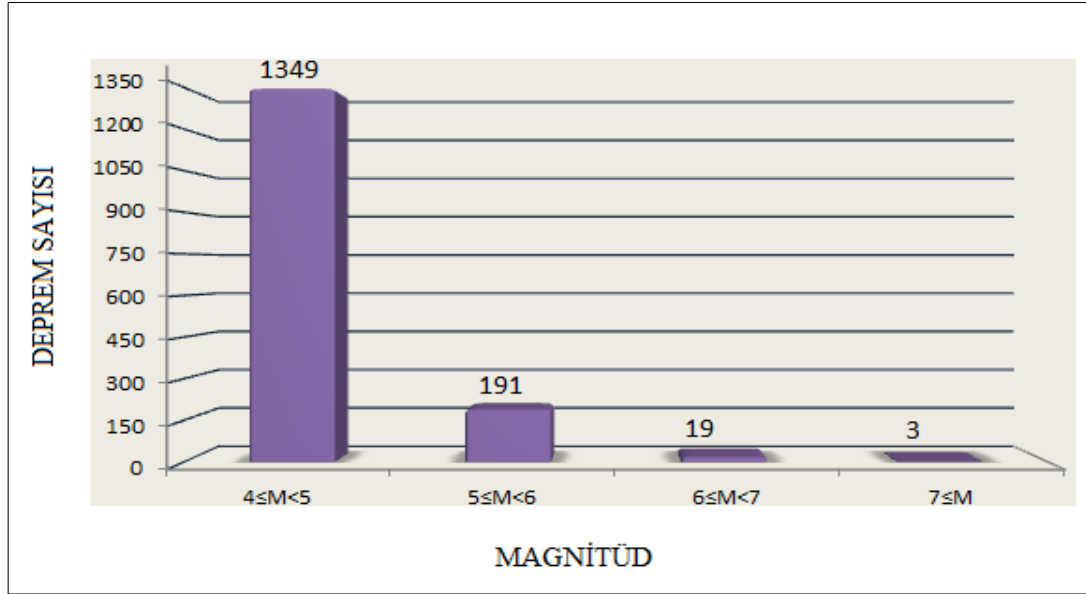
Şekil 3.2. Çalışma alanı içerisinde ki aktif fay zonları (MTA Diri Fay Haritası, Şaroğlu ve diğ.,1992).

36.25-39.08° K ve 28.56-32.25° D koordinatları ile sınırlanan çalışma alanında 1900 ile 2015 yılları arasında kapsayan dönemde aletsel büyüklüğü 4,0'a eşit ve daha büyük olmak üzere 762'si ana şok olan toplam 1562 deprem meydana gelmiştir (Şekil 3.4.). Bu ana şoklardan 603'nün aletsel büyüklüğü 4,0-5,0 aralığında, 135 tanesinin 5,0-6,0 aralığında ve 24 tanesi de 6,0'a eşit ve büyük depremlerdir (Şekil 3.3.). Çalışma alanında meydana gelen önemli depremler Tablo 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Çalışma alanı içerisinde gerçekleşmiş  $M_w=4$  ve daha büyük depremler.





Şekil 3.4. 1900-2015 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin Deprem Sayısı-Magnitüd ilişkisi grafiği.

Tablo 3.1. Aletsel dönemde çalışma alanı içerisinde meydana gelen önemli depremler [9].

Tarih	Oluş Zamanı	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Magnitüd (Mw)
3.10.1914	00:07	37.6° K	30.1°D	10.0	6.9
18.03.1926	16:03	35.84°K	29.5°D	10.0	6.7
20.02.1956	22:31	39.89°K	30.49°D	40.0	6.4
25.04.1957	04:25	36.42°K	28.68°D	80.0	6.9
28.03.1969	03:48	38.55°K	28.46°D	4.0	6.5
28.03.1970	23:02	39.21°K	29.51°D	18.0	7.0
01.10.1995	17:57	38.07°K	30.12°D	30.9.	6.4
15.12.2000	18:44	38.60°K	31.19°D	5.0	6.0
03.02.2002	09:11	38.52°K	31.22°D	5.0	6.5
28.12.2013	17:21	35.98°K	31.34°D	41.74	6.2

## BÖLÜM 4. ISPARTA İLİ İÇİN SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

### 4.1. Sismik Tehlike Analizi Yöntemi

Sismik tehlike analizinde amaç, eskiden olmuş deprem olaylarına ait eldeki verileri, jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirerek, göz önünde tutulan proje sahasında veya mühendislik yapısında ileride beklenebilecek sismik etkinlik için belirli olasılık değerlerini saptayabilmektir. Sismik tehlike analizinin sonucu, genellikle proje sahasındaki ivme, hız, yer değiştirme gibi depremsel yer hareketi parametrelerinin olası değerlerini saptayabilmektir.

Sismik tehlike, zemin hareketi veya deprem büyüklüğüne ilişkin bir parametrenin proje sahasındaki değerinin, öngörülen süre içinde belirli bir düzeyi aşma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Bu sürenin bir yıl olarak alındığı durumda bulunan (yıllık) aşma olasılığı, yıllık sismik tehlike olarak adlandırılmıştır. Örneğin, incelenen parametre proje sahasında oluşacak en büyük zemin ivmesi "G" ile ve öngörülen ivme değeri de "g" ile simgelenmişse, yıllık sismik tehlike,  $p1=Pr(G\geq g)$  şeklindedir. Yani diğer bir deyiş ile g düzeyindeki bir zemin ivmesine dayanacak biçimde inşa edilmiş bir yapının, bir yıl içinde, deprem nedeni ile daha büyük zemin ivmelerine maruz kalma olasılığı p1'dir. Burada, Pr olasılığı simgelemektedir. Diğer bazı doğal afetlerde (sel, kasırga gibi) olduğu üzere, deprem tehlikesi, yıllık aşma olasılığının tersi olan ortalama tekerrür süresi ile de belirtilebilir. Ortalama tekerrür süresi, yıl cinsinden,  $1/p1$ 'e eşittir [10].

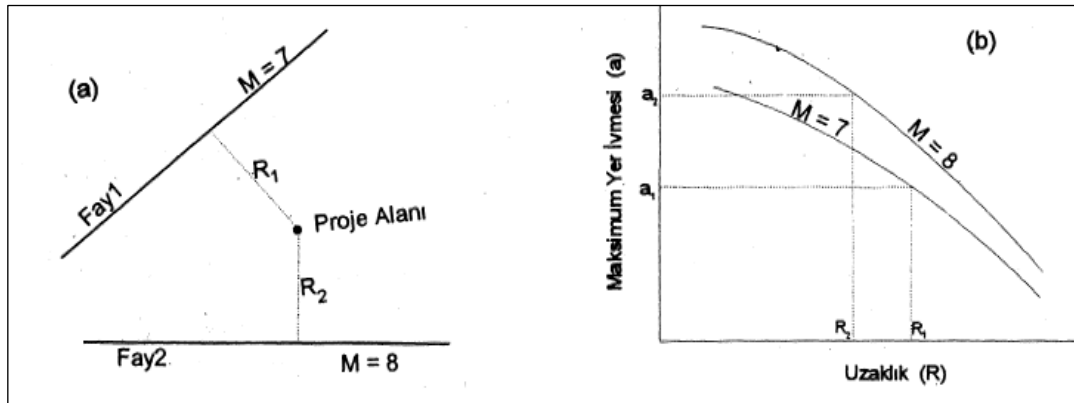
Sismik tehlike analizi;

- 1) Deterministik sismik tehlike analizi ve
- 2) Olasılıksal sismik tehlike analizi

Olmak üzere iki grupta incelenir.

#### 4.1.1. Deterministik Sismik Tehlike Analizi

Bu yaklaşımda önce proje sahasını etkileyebilecek deprem kaynaklarından daha önceden meydana gelmiş en büyük depremleri ortaya koymak gereklidir. Eğer deprem kayıt tarihçesi yeterince eski değil veya deprem kayıtlarında bazı eksiklikler söz konusu ise en büyük deprem değeri, yerine göre 0,54 birim arasında arttırılabilir. İkinci aşamada ise, proje sahasının bulunduğu bölgenin karakteristiklerine en uygun azalım ilişkisi seçilir. Proje sahasına belirli bir uzaklıkta bulunan deprem kuşağındaki maksimum büyüklükteki depremin proje sahasında ana kayada oluşturacağı maksimum yer ivmesi, azalım ilişkisi yoluyla hesaplanır (Şekil 4.1.). Bu yaklaşımın oldukça pratik olması yanında en büyük dezavantajı proje sahasını etkileyecek maksimum yer ivmesi değerinin ortaya konulmasında rol oynayan belirsizliklerin yeterince hesaba katılmamasıdır [11].

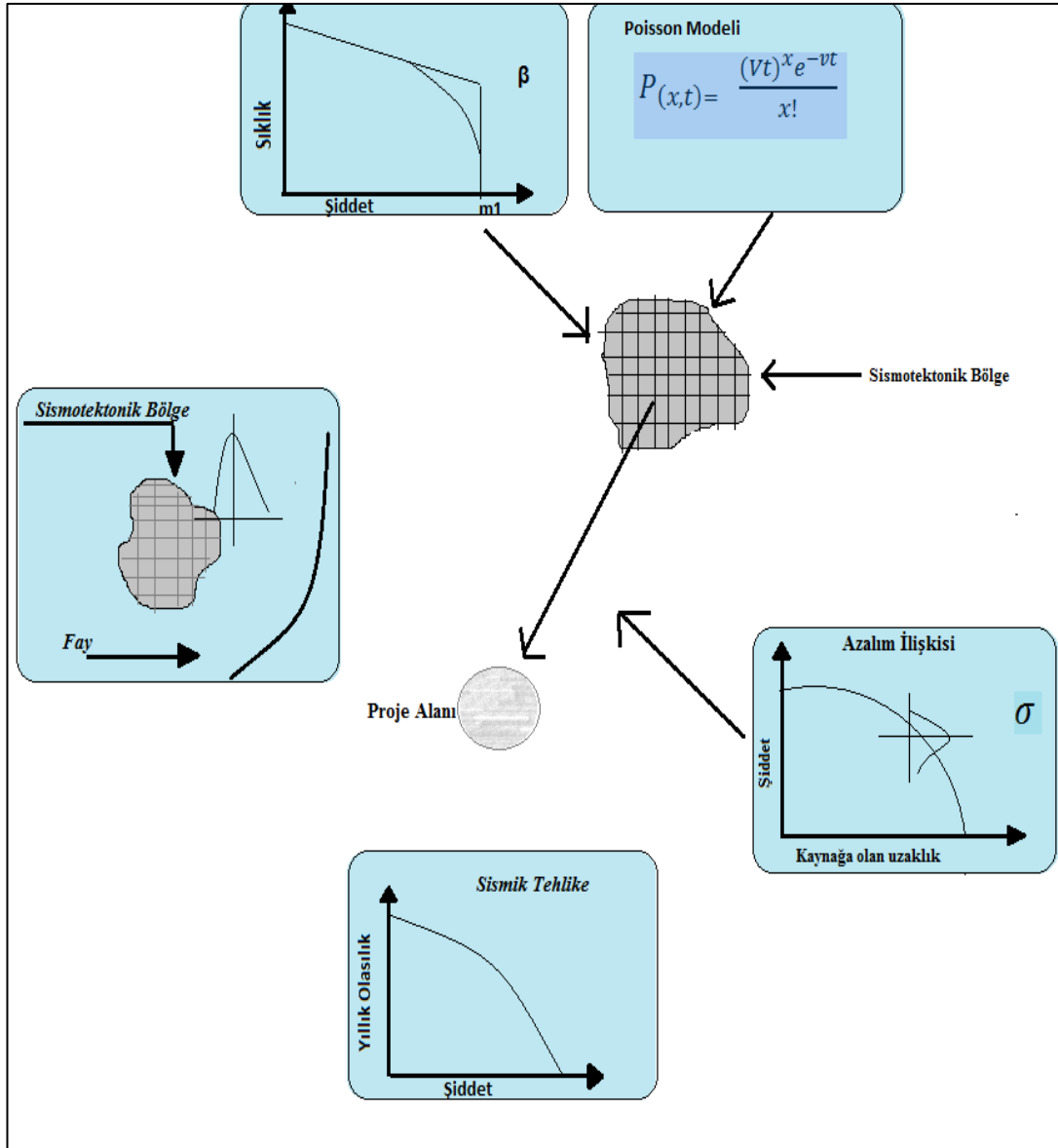


Şekil 4.1. Deterministik yaklaşımın basamakları, (a) sismik kaynağın proje alanına uzaklığının belirlenmesi, (b) azalım ilişkileri kullanılarak proje alanında oluşacak en büyük yer ivmesinin belirlenmesi [12].

#### 4.1.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi (OSTA)

Deprem tehlikesinin bulunmasına temel teşkil eden istatistiksel yöntemler ilk defa Cornell [12] tarafından geliştirilmiştir. Belirli bir proje sahasındaki sismik tehlikenin belirlenmesi için uygulanacak olan olasılıksal sismik tehlike analizinin (OSTA)

başlıca aşamaları şu şekildedir: 1) proje alanının belirlenmesi, proje alanında deprem kataloğundaki depremlerin merkez üstlerinin konumuna göre sismik kaynaklara dağıtılması ve sismotektonik bir harita oluşturulması, belirlenen sismik kaynaklarla ilişkilendirilemeyen depremlerin etkisini göz önünde bulundurarak geri plan alan kaynakların tanımlanması, 4) uygun bir stokastik modelin seçilmesi, 5) mevcut azalım ilişkilerinden uygun birinin seçilmesi veya bölge için yeni bir azalım ilişkisinin geliştirilmesi, 6) elde edilen tüm verileri kullanarak bu amaç doğrultusunda geliştirilmiş bir bilgisayar yazılımı aracılığı ile çalışma alanının sismik tehlikesinin hesaplanması, 7) çeşitli nedenlerden kaynaklanan belirsizliklerin etkilerinin sonuçlara yansıtılması (Şekil 4.2.) [10].



Şekil 4.2. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizinin aşamaları.

Genel olarak çalışma alanları için farklı sismik kaynakların varlığı söz konusu ise olasılıksal yaklaşım uygun görülürken, bölgedeki tehlikeyi sadece tek bir kaynak belirliyorsa deterministik yaklaşım tercih edilmektedir. Bununla birlikte tehlike haritaları için olasılıksal yaklaşım, senaryolar için ise deterministik yaklaşımlar uygun görülmektedir [13].

Bu çalışma kapsamında olasılıksal yöntem çalışma metodu olarak seçilmiştir.

## 4.2. Çalışma Alanına Ait Deprem Kataloğunun Oluşturulması

Bu çalışmanın amacı, bölgede oluşacak sismik tehlikenin belirlenmesidir. Bu sebeple çalışmanın ilk adımı da bölgede geçmişten günümüze kadar gerçekleşen deprem kayıtlarının derlenmesi ve bölgeye ait bir deprem kataloğunun oluşturulmasıdır. Bu amaçla Kadirioğlu. vd., 2014 tarafından Türkiye ve yakın çevresi için hazırlanmış olan 01.01.1900-31.12.2015 dönemini kapsayan katalog kullanılmıştır [14].

Sismik tehlike bölgede gerçekleşebilecek olan depremlerin yansira, çalışma alanının yakın çevresinde de meydana gelebilecek depremlere ve bölge içerisinde tehlike boyutunda deprem üretme potansiyeli olan sismik kaynaklara da bağlıdır. Bu sebeplerden dolayı Isparta il merkezi merkez nokta kabul edilerek 250 km yarıçaptaki alanda gerçekleşmiş olan tüm depremler ve aktif sismik kaynaklar bu hesaplama dâhil edilmiştir. Bu nedenlerle 36.25-39.08° K enlemleri ile 28.56-32.25° D boylamları arasındaki alan, bölgenin sismik tehlikesini etkileyebilecek alan olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu alan için Deniz tarafından önerilen Türkiye Sismik Kaynak Zonları, kaynak zonu depremlerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulmuştur [15]. Çalışma alanı içerisinde 01.01.1900-31.12.2015 tarihleri arasında meydana gelen, farklı ölçeklerde verilmiş magnitüdü 4,0'a eşit ve daha büyük olan depremler analiz için kullanılmıştır.

Katalog derlenirken magnitüd ölçeği moment magnitüdü olarak belirlenmiş ve farklı ölçeklerdeki magnitüdüler moment magnitüdüne dönüştürülmüştür. Bunun nedeni ise çalışmada kullanılacak ivme azalım ilişkilerinde moment magnitüdü kullanılmış olmasıdır.

Farklı ölçeklerde ki magnitüdülerin moment magnitüde dönüştürülmesinde ortogonal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem ile Türkiye ve yakın çevresindeki depremler analiz edilmiş ve Kadirioğlu vd., 2016 tarafından denklem (4.1)'de belirtilmiş çevirim bağıntıları önerilmiştir [16].



$$\begin{aligned}
 M_w &= 0,5716 * M_s + 2,4980 & M_w &= 0,8126 * M_s + 1,1723 \\
 (3.4 \leq M_s \leq 5.4) & & (M_s \geq 5.5) & & (4.1)
 \end{aligned}$$

$$M_w = 1,0319 * M_b + 0,0223 \qquad M_w = 0,7947 * M_d + 1,3420$$

$$M_w = 0,8095 * M_L + 1,3003$$

Burada Mb: Cisim dalgası büyüklüğü, Md: Süreye bağlı büyüklük, Ms: Yüzey dalgası büyüklüğü, Ml: Lokal büyüklüğü ifade etmektedir.

Bir depremin oluşum sürecinin tahmin edilebilmesi kendisinden önce gerçekleşmiş depremlere bağımlı olarak veya bağımsız biçimde gerçekleştiğini varsayan stokastik modeller bulunmaktadır. Bu stokastik modellerden en çok kullanılan ise Poisson modelidir. Bu model deprem oluşumlarının hafızasız olduğunu yani birbirinden bağımsız olduğunu ve bir kaynak zonu içerisindeki depremlerin gerek konum, gerekse zaman açısından birbirinden bağımsız biçimde meydana geldiğini kabul eder. Poisson modeline göre  $M_0$  magnitüd sınırından büyük  $n$  sayıdaki depremin  $t$  zaman dilimi içerisinde gerçekleşme olasılığı:

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

bağıntısı ile ifade edilebilir.

Bu bağıntıda;

$P_n(t)$  :  $t$  süre içerisinde  $n$  adet depremin gerçekleşme olasılığını,

$n$ : Deprem sayısını,

$\lambda$  : İncelenen bölgede, birim zaman süresinde gerçekleşen ortalama deprem sayısını ifade etmektedir.

Bu çalışma içerisinde de Poisson modeli kullanılmıştır. Bu modelin bağımsızlık koşuluna uygun olması için de öncü ve artçı depremler hesaplamaların dışında tutulmuş sadece ana şoklar değerlendirilmiştir. Öncü ve artçı şokların ana şoklardan ayrılmasına ilişkin birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada ise belirli bir büyüklükteki ana şoka, belirli bir zaman ve uzaklık penceresi içerisinde kalan bütün depremler, değerlendirilen ana şokun artçı depremleri olarak kabul edilmiştir [17]. Buna göre 115 yıllık (1900-2015) zaman aralığında 1562 deprem kullanılmıştır [14]. Bunların içerisinde 736 deprem ana şok olarak değerlendirilirken, 440 deprem öncü şok, 386 deprem de artçı şok olarak belirlenmiştir.

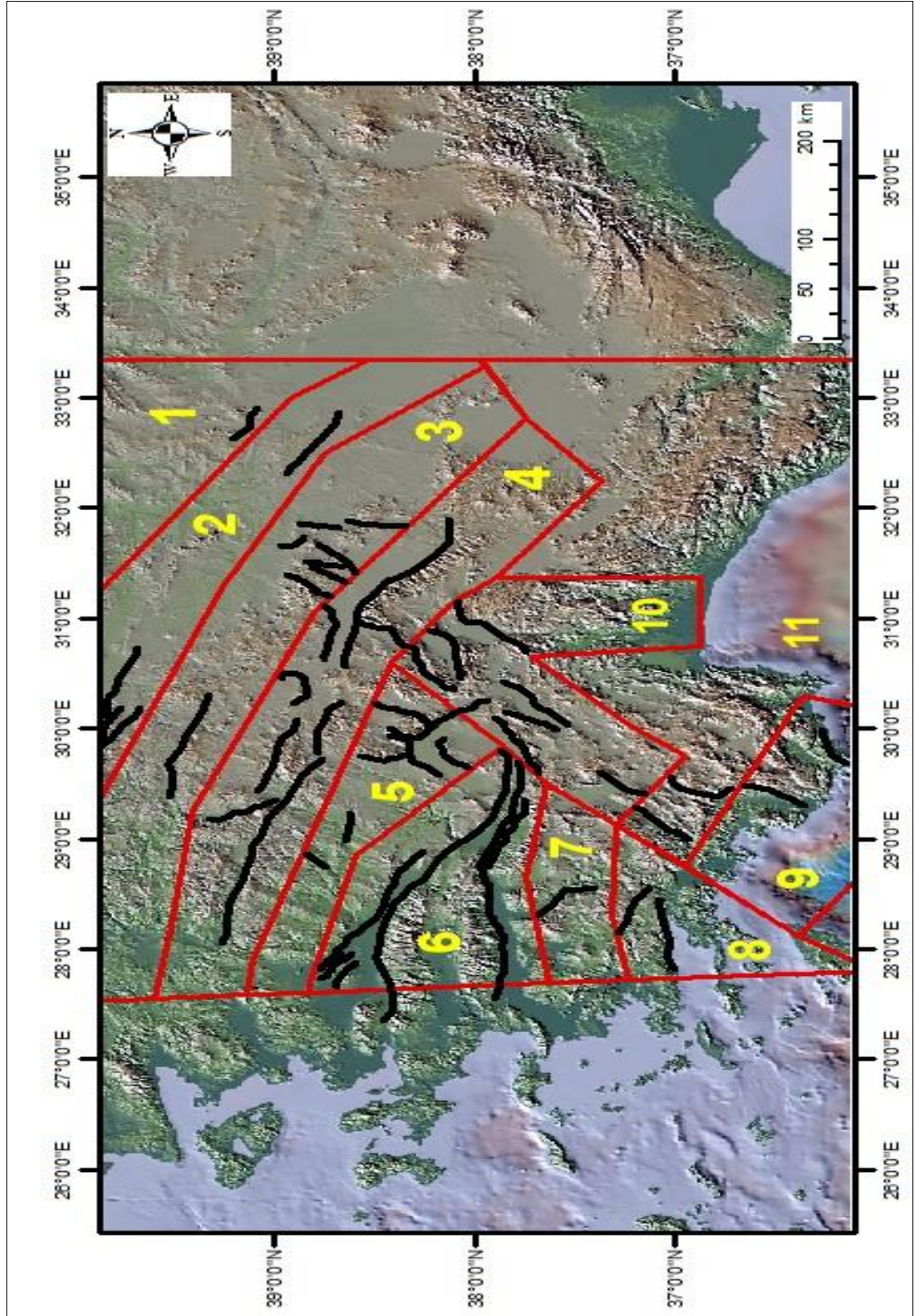
Çalışmada kullanılan zaman ve uzaklık pencereleri Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Öncü ve artçı depremlerin ayırt edilmesi için kullanılan zaman-uzaklık penceresi [17].

Büyüklik	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

### 4.3. Sismik Kaynak Bölgelerinin Belirlenmesi ve Depremselliklerinin Tespiti

Sismik tehlike analizinin en önemli adımlarından biriside sismik kaynakların belirlenmesidir. Bu çalışma içerisinde ki Kaynak Zonu Depremlerinin seçiminde Deniz tarafından Türkiye için önerilen sismik kaynak zonları Şekil 4.3.'de göz önünde bulundurulmuştur [15]. Kaynak zonlarından herhangi biri içerisinde yer almayan ana şoklar için ise Geri Plan Alan Kaynak Depremler olarak analize dahil edilmiştir. Bunların sonucunda toplamda 11 kaynak zonu analiz edilmiştir (Tablo 4.2.).



Şekil 4.3. Sismik kaynak zonları. 1) Geri Plan Alan 4, 2) Oylat Fay Zonu, 3) Kütahya Fay Zonu, 4) Simav Fay Zonu, 5) Geri Plan Alan 2, 6) Gediz Fay Zonu, 7) Geri Plan Alan 3, 8) Selimiye Fay Zonu, 9) KaleEsen Fay Zonu, 10) Burdur Fay Zonu, 11) Geri Plan Alan 1.

Tablo 4.2. Çalışmada kullanılan kaynak zonları.

No.	ZONLAR	No.	ZONLAR
1	Geri Plan Alan 4	7	Geri Plan Alan 3
2	Oylat Fay Zonu	8	Selimiye Fay Zonu
3	Kütahya Fay Zonu	9	KaleEsen Fay Zonu
4	Simav Fay Zonu	10	Burdur Fay Zonu
5	Geri Plan Alan 2	11	Geri Plan Alan 1
6	Gediz Fay Zonu	-	-

Geometrik özellikleri açısından depremlerin oluşumu; nokta, çizgi ve alan kaynak olmak üzere üç çeşit deprem kaynağına dayandırılmıştır. Arz üzerinde depremlerin çoğu aktif fay sistemleri üzerinde veya çevresinde meydana gelmektedir. Bu depremlerin bir fayın doğrultusu boyunca ortaya çıkabileceği görüşü dikkate alınmıştır ve bu görüşe dayanarak çalışmada fay hatları çizgi kaynak olarak değerlendirilmiştir.

Bir alan içerisinde gerçekleşen depremlerin sayısı ve büyüklükleri arasındaki doğrusal ilişki Gutenberg ve Richter,1944 [18] tarafından önerilmiştir. Birim zaman içerisinde gerçekleşen deprem sayısı ile Magnitüd arasındaki ilişkiyi ifade eden bağıntı aşağıda verildiği gibidir:

$$\log N(M) = a - b(M) \quad (4.3)$$

Burada birim zaman içerisinde gerçekleşen tüm deprem sayısı N, birim zaman içinde büyüklüğü M'ye eşit veya M'den büyük ortalama deprem sayısı N(M), söz konusu bölge için belirlenen regresyon katsayıları a ve b, Richter büyüklüğü de M ile ifade edilmiştir.

Sismik tehlike analizlerinde genellikle büyüklük için bir alt sınır belirlenmektedir. Bu çalışmada da moment büyüklüğe göre büyüklüğü 4,0'dan daha küçük depremler

hesaplamalara dahil edilmemiştir. Düzenlenen deprem kataloğundaki deprem kayıtlarının belirlenen sismik kaynak bölgelerine dağıtılması sonucu elde edilen sismisite parametreleri Tablo 4.2.'de verilmiştir. Her bir sismik kaynak zonu için, Gutenberg-Richter bağıntısının hesaplanmasında doğrusal regrasyon yöntemi kullanılmıştır.

Her sismik zon için en küçük kareler yöntemi kullanılarak (4.3) bağıntısında verilen a ve b katsayıları elde edilmiştir (Şekil 4.4., Şekil 4.5., Şekil 4.6., Şekil 4.7., Şekil 4.8., Şekil 4.9., Şekil 4.10., Şekil 4.11., Şekil 4.12., Şekil 4.13., Şekil 4.14.). Bu katsayılarla bağılı olarak da  $\beta$  ve  $\lambda$  değerleri (4.4) ve (4.5) numaralı bağıntılarda verilen biçimde hesaplanmıştır. Bu bağıntılar ile elde edilen, her bir zona ait  $\beta$  ve  $\lambda$  değerleri Tablo 4.3.'de sunulmuştur.

$$\beta = b \times \ln 10 \quad (4.4)$$

$$\lambda = \frac{(\text{Zon içerisinde gerçekleşen toplam Deprem sayısı})}{(\text{Yıl aralığı})} \quad (4.5)$$

Tablo 4.3. Sismik kaynak zonları için hesaplanan depremsellik parametreleri.

NO	SİSMİK KAYNAK ZONU	STANDART EKK REGRASYONU	
		$\beta$	$\lambda$ (Göz.)
1	Burdur Fay Zonu	1.689	0.686
2	Gediz Fay zonu	1.955	0.643
3	Geri Plan Alan 1	2.152	2.043
4	Geri Plan Alan 2	1.207	0.256
5	Geri Plan Alan 3	1.861	0.121
6	Geri Plan Alan 4	2.310	0.034
7	KaleEsen Fay Zonu	1.570	0.669
8	Kütahya Fay Zonu	1.751	0.278
9	Oylat Fay Zonu	1.152	0.139
10	Selimiye Fay Zonu	2.347	0.573
11	Simav Fay Zonu	1.717	1.052

Her zon içinde gerçekleşebilecek olan maximum deprem büyüklükleri Wells ve Coppersmith, 1994 tarafından önerilen aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır [19] (Tablo 4.4.).

$$M = 5.08 + 1.06 \times \text{Log} (\text{SRL}) \quad (4.6)$$

Bağıntıda ki SRL fayın uzunluğunu ifade etmektedir. Bu çalışmada toplam 51 adet sismik kaynak kullanılmıştır. Sismik Kaynakların tümü MTA'nın diri fay haritalarından alınmıştır [22].

Zonlar içerisindeki her bir kaynağa ait uzunluk ve üretebileceği deprem büyüklüklerine ait bilgiler ise Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Sismik kaynak zonları içerisinde gerçekleşebilecek maximum deprem büyüklükleri.

No	Sismik Kaynak Zonu	Zon içerisinde Gerçekleşebilecek Maximum Deprem Büyüklüğü
1	Burdur Fay Zonu	7.2
2	Gediz Fay Zonu	7.8
3	Geri Plan Alan 1	7.0
4	Geri Plan Alan 2	7.0
5	Geri Plan Alan 3	7.0
6	Geri Plan Alan 4	6.8
7	KaleEsen Fay Zonu	6.9
8	Kütahya Fay Zonu	7.3
9	Oylat Fay Zonu	7.1
10	Selimiye Fay Zonu	7.1
11	Simav Fay Zonu	7.6

Tablo 4.5. Çalışma alanı içerisinde belirlenmiş kaynakların kodları, buldukları zonlar, uzunlukları ve üretebilecekleri maximum deprem büyüklükleri.

Kaynak Kodu	Bulduğu Zon	Kaynak Uzunluğu (km)	Üretebileceği Maximum Deprem Büyüklüğü
22-1	Burdur Fay Zonu	61,563	7.2
23-1	Burdur Fay Zonu	45,608	7.0
24-1	Burdur Fay Zonu	45,833	7.0
25-1	Burdur Fay Zonu	51,903	7.1
26-1	Burdur Fay Zonu	51,827	7.1
27-1	Burdur Fay Zonu	18,993	6.6
28-1	Burdur Fay Zonu	33,013	6.8

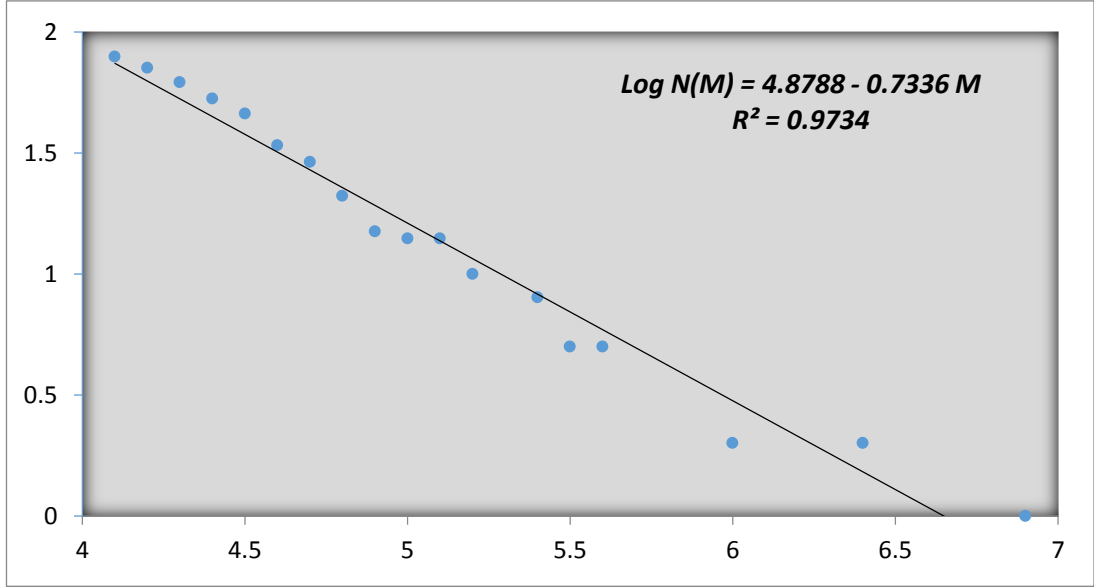
Tablo 4.5. (Devamı)

29-1	Burdur Fay Zonu	31,347	6.8
37-1	Gediz Fay Zonu	199,634	7.7
38-1	Gediz Fay Zonu	243,841	7.8
39-1	Gediz Fay Zonu	96,185	7.4
40-1	Gediz Fay Zonu	27,780	6.8
41-1	Gediz Fay Zonu	23,623	6.7
42-1	Gediz Fay Zonu	17,757	6.5
43-1	Gediz Fay Zonu	59,725	7.1
49-1	GeriPlanAlan1	41,429	7.0
50-1	GeriPlanAlan1	43,538	7.0
30-1	GeriPlanAlan2	47,602	7.0
31-1	GeriPlanAlan2	33,107	6.8
32-1	GeriPlanAlan2	46,622	7.0
33-1	GeriPlanAlan2	37,201	6.9
34-1	GeriPlanAlan2	26,978	6.7
35-1	GeriPlanAlan2	22,461	6.6
36-1	GeriPlanAlan2	16,242	6.5
46-1	GeriPlanAlan3	43,172	7.0
51-1	GeriPlanAlan4	29455	6.8
47-1	KaleEsen FayZonu	39,277	6.9
48-1	KaleEsen Fay Zonu	31,968	6.8
6-1	Kütahya Fay Zonu	33,636	6.9
7-1	Kütahya Fay Zonu	32,103	6.8
8-1	Kütahya Fay Zonu	22,045	6.6
9-1	Kütahya Fay Zonu	22,646	6.7
10-1	Kütahya Fay Zonu	20,433	6.6
11-1	Kütahya Fay Zonu	16,696	6.5

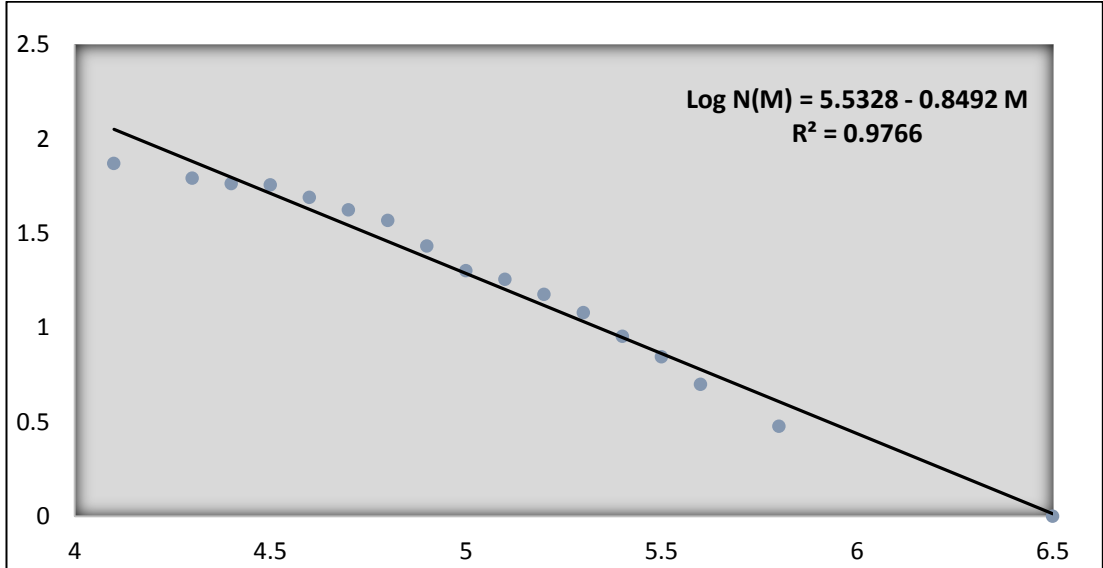


Tablo 4.5. (Devamı)

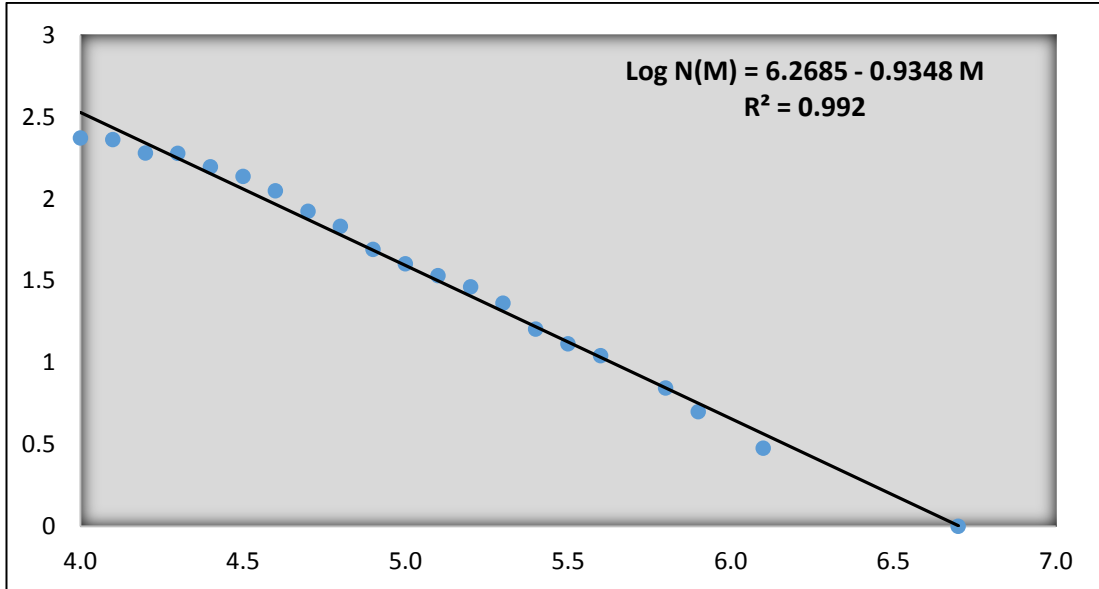
12-1	Kütahya Fay Zonu	29,909	6.8
13-1	Kütahya Fay Zonu	85,833	7.3
1-1	Oylat Fay Zonu	56,235	7.1
2-1	Oylat Fay Zonu	56,665	7.1
3-1	Oylat Fay Zonu	58,175	7.1
4-1	Oylat Fay Zonu	29,604	6.8
5-1	Oylat Fay Zonu	29,639	6.7
44-1	Selimiye Fay Zonu	59,346	7.1
45-1	Selime Fay Zonu	41,005	7.0
14-1	Simav Fay Zonu	138,446	7.6
15-1	Simav Fay Zonu	36,529	6.9
16-1	Simav Fay Zonu	47,149	7.0
17-1	Simav Fay Zonu	39,619	6.9
18-1	Simav Fay Zonu	44,573	7.0
19-1	Simav Fay Zonu	158,402	7.6
20-1	Simav Fay Zonu	60,960	7.2
21-1	Simav Fay Zonu	41,471	7.0



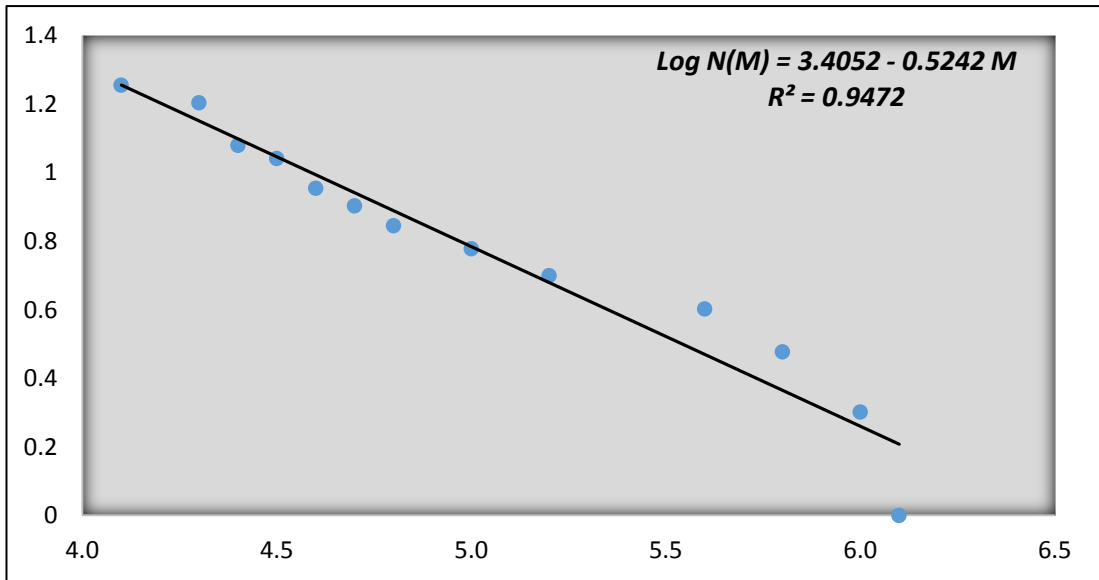
Şekil 4.4 Burdur Fay Zonuna ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



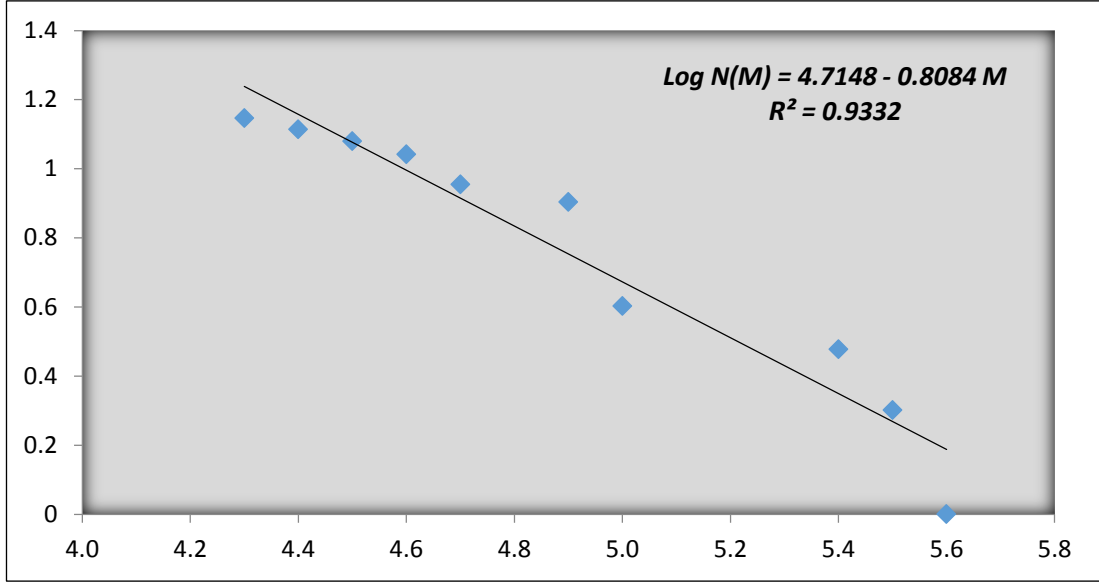
Şekil 4.5. Gediz Fay Zonuna ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



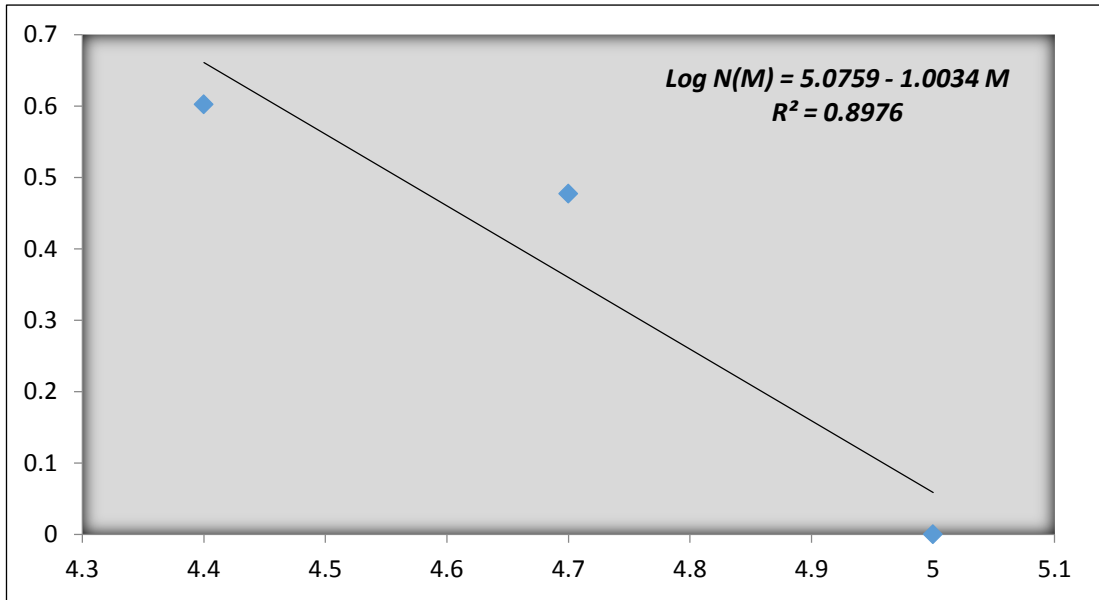
Şekil 4.6. Geri Plan Alan Kaynak 1'e ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



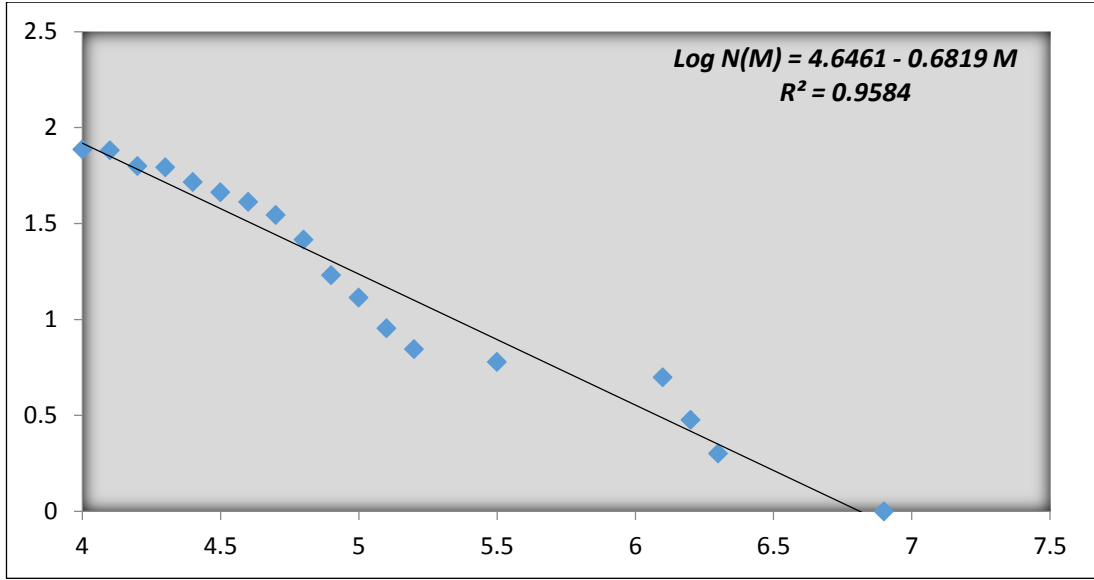
Şekil 4.7. Geri Plan Alan Kaynak 2'ye ait Büyüklük - Frekans ilişkisi



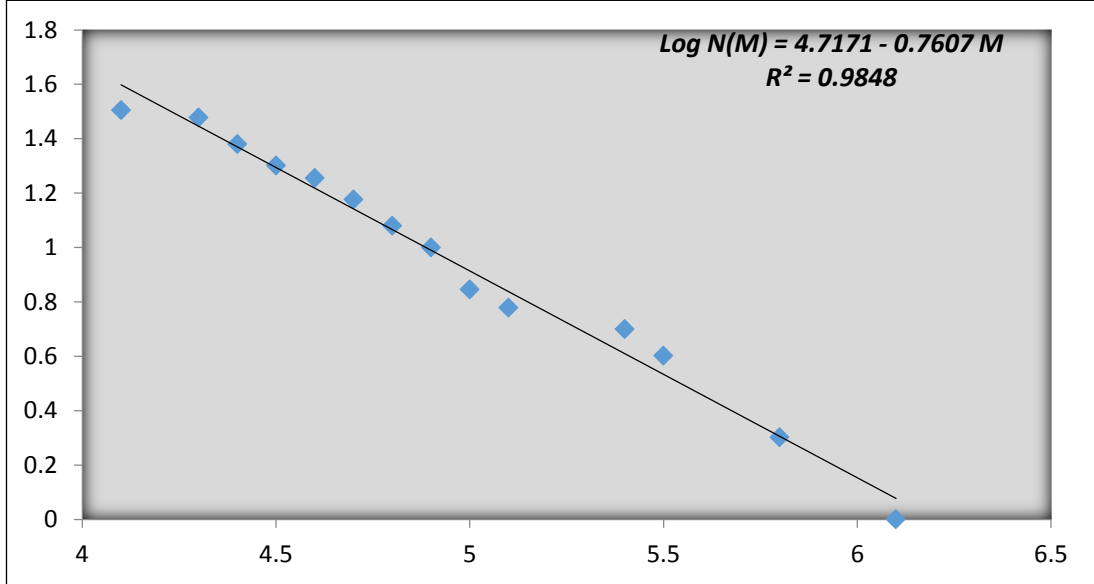
Şekil 4.8. Geri Plan Alan Kaynak 3'e ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



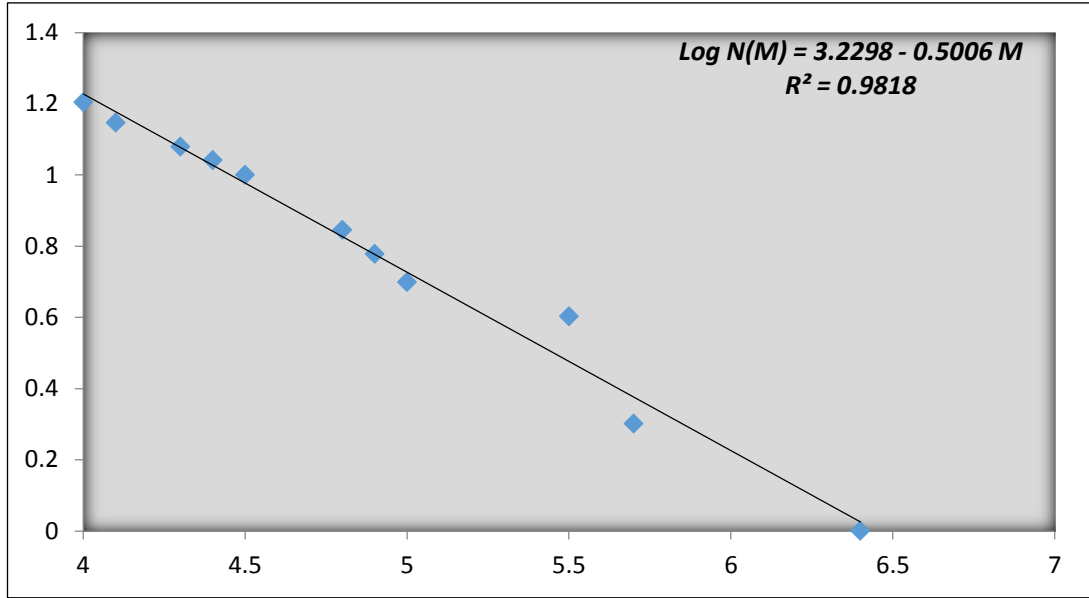
Şekil 4.9. Geri Plan Alan Kaynak 4'e ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



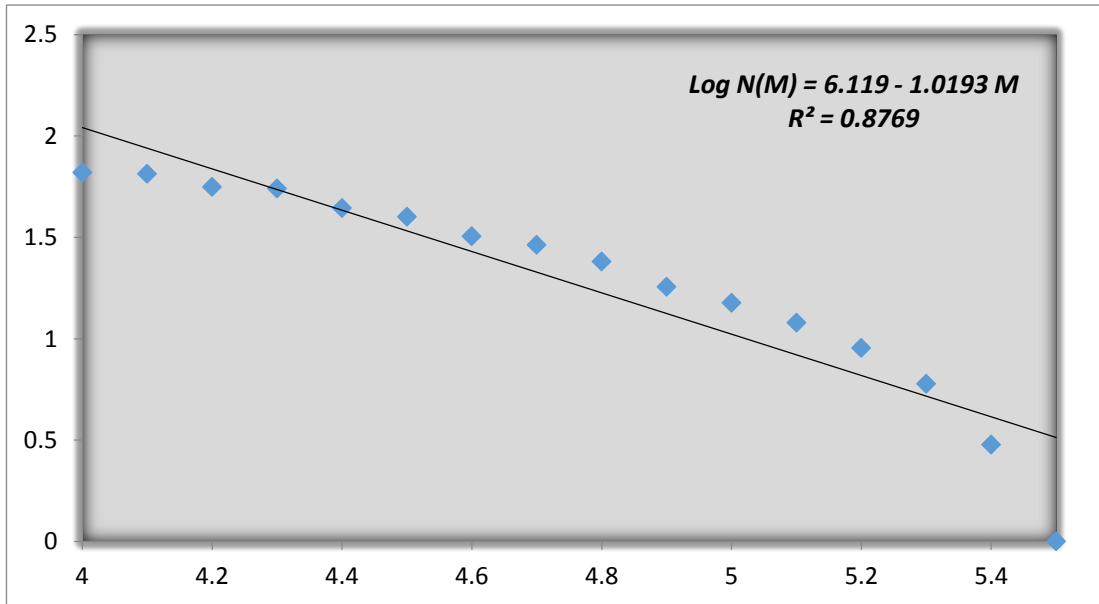
Şekil 4.10. KaleEsen Fay Zonuna ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



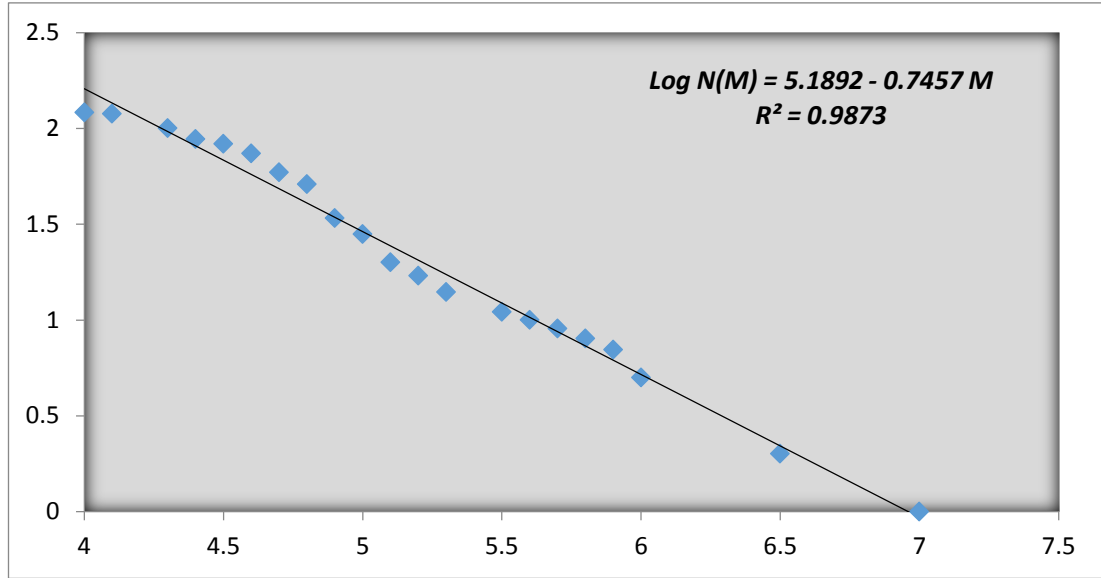
Şekil 4.11. Kütahya Fay Zonuna ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



Şekil 4.12. Oylat Fay Zonuna ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



Şekil 4.13. Selimiye Fay Zonuna ait Büyüklük - Frekans ilişkisi.



Şekil 4.14. Simav fay zonuna ait Magnitüd - Frekans ilişkisi.

#### 4.4. İvme-Azalım İlişkisi

Bu çalışmada Akkar ve Çağnan [20] tarafından Türkiye ve yakın çevresi için önerilen ve bölgesel verilere göre hesaplanmış olan azalım ilişkisi kullanılmıştır. Bunun yanı sıra Kalkan ve Gülkan [23] tarafından önerilen, yerel verilere göre elde edilmiş olan azalım ilişkisinde dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmada S dalga hızı 700 m/sn. alınmış olup sert zemin (kaya) için önerilen katsayılar kullanılmıştır.

##### 4.4.1. Akkar ve Çağnan, 2010 bağıntısı

Çalışmada 1900-2015 döneminde gerçekleşmiş olan moment magnitüdü 4,0'a eşit ve üzerinde olan 736 ana şok kullanılmıştır. En büyük yer ivmesinin (PGA) logaritması ise sert zemin için aşağıda verildiği biçimde elde edilmiştir:

$$\ln(Y) = a_1 + a_2(M - 6.5) + a_4(8.5 - M)^2 + [a_5 + a_6(M - 6.5)] \ln \sqrt{R_{jb}^2 + a_7^2} + a_8 F_N + a_9 F_R \quad (4.7)$$

(4.7) Bağıntısında ki  $Y$ = yerçekimi ivmesi (g) cinsinden en büyük yer ivmesinin yatay bileşenini  $M$  ise moment magnitüdünü ifade eder.

$\ln Y$ 'nin standart sapması,  $\sigma_{\ln Y}$  0,6527 olarak belirlenmiştir. Burada R;

$$R_{jb}^2 = 10^{(\log(RINF) + (K - 1) * DLRAD)} \quad (4.8)$$

4.8 bağıntısı aracılığı ile hesaplanır. Bu bağıntıda ki RINF: Uzaklık tablosundaki en yakın mesafedir. DLRAD ise aşağıdaki bağıntıda verildiği biçimde hesaplanır;

$$DLRAD = (\text{Log}(RSUP) - \text{Log}(RINF)) / (NRAD - 1) \quad (4.9)$$

(4.9) bağıntısında ki RSUP: Uzaklık tablosundaki en uzak mesafeyi RINF: Uzaklık tablosundaki en yakın mesafeyi ifade etmektedir. (4.7) bağıntısındaki parametrelerin bu çalışma içerisinde hesaplanan değerleri Tablo 4.6.'da verildiği gibidir.

Tablo 4.6. (4.7) bağıntısında bulunan değişkenlerin bu çalışma içerisinde kullanılan değerleri.

Periyot (Saniye)	a1	a2	a4	a5	a7	a8	a9
PGA	8.92418	-0.513	-0.18555	-1.25594	7.33617	-0.02125	0.01851

#### 4.4.2. Kalkan ve Gülkan, 2004 bağıntısı

Kalkan ve Gülkan tarafından önerilen bu ivme azalım ilişkisinde [23] en büyük yer ivmesinin (PGA) doğal logaritması sert (kaya) zemin için 4.10 numaralı bağıntıda verildiği biçimde elde edilmiştir:

$$\ln Y = b_1 + b_2 (M_W - 6) + b_3 (M_W - 6)^2 + b_5 \ln (r) + b_v \ln (V_s / V_A) \quad (4.10)$$

Bağıntıda Y: Yer çekimi ivmesi (g) cinsinden en büyük yer ivmesinin yatay bileşenini, M: Moment magnitudünü ifade etmektedir.  $\ln Y$ 'nin standart sapması,  $\sigma_{\ln Y}$  0,5126 olarak belirlenmiştir.



Bağıntı içerisinde ki  $r$  değişkeni;

$$r = (r_{cl}^2 + h^2)^{1/2} \quad (4.11)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Bu bağıntı kapsamındaki  $r_{cl}$  yırtılma yüzeyinin yeryüzüne olan izdüşümü ile en büyük yer ivmesinin (PGA) tahmin edileceği yer arasında km bakımından en kısa mesafeyi,  $h$  ise regresyonla bulunan km cinsinden sanal derinliği ifade etmektedir. (4.8) numaralı bağıntıdaki parametrelerin bu çalışma içerisindeki değerleri Tablo 4.7.'de verildiği gibidir.

Tablo 4. 7. (4.10) bağıntısında bulunan değişkenlerin bu çalışma içerisinde kullanılan değerleri.

Periyot (Saniye)	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_5$	$b_v$	$V_A$	$h$	$\sigma_{lnY}$
PGA	7.87821	-0,372	-0.2374	-1.1348	-0.347	1278	4.63	0.5841

## **BÖLÜM 5. ISPARTA İLİ İÇİN SİSMİK TEHLİKE DEĞERLERİ**

Bu çalışma içerisinde sismik tehlike analizinin gerçekleştirilmesi ve eş-ivme haritalarının oluşturulmasında CRISIS2007 yazılımı kullanılmıştır [21]. Kullanılan azalım ilişkisi [20] ile Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen eş-ivme haritaları elde edilmiştir.

Türkiye deprem yönetmeliğine [32] göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımlarının temel ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binaların yapısal veya yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir zarar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarların sınırlı ve onarabilir düzeyde olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Bu Yönetmeliğe göre bir yapının ekonomik ömrü 50 yıl olarak belirlenmiştir ve yeni binaların tasarımında esas alınacak tasarım depremi, şiddetli depreme karşılık gelmektedir. Bina Önem Katsayısı 1 olan yapılar için (Konutlar, iş yerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.) tasarım depreminin 50 yıllık süre içerisinde aşılma olasılığı %10'dur. Yani hesaplanan ivme değerlerinin %90 aşılmayacağı anlamına gelmektedir. %10 aşılma olasılığı 475 yıllık bir tekrarlanma periyoduna denk gelmektedir ve bu depremin 1 yıl içerisinde gerçekleşme olasılığı 1/475 dir. Yönetmelikte esas alınan bu usullerden dolayı çalışma içerisinde 475 yıllık tekrarlanma periyodu esas alınarak çalışma alanına ait en büyük yer ivmesi değerleri hesaplanmış ve haritalanmıştır [32].

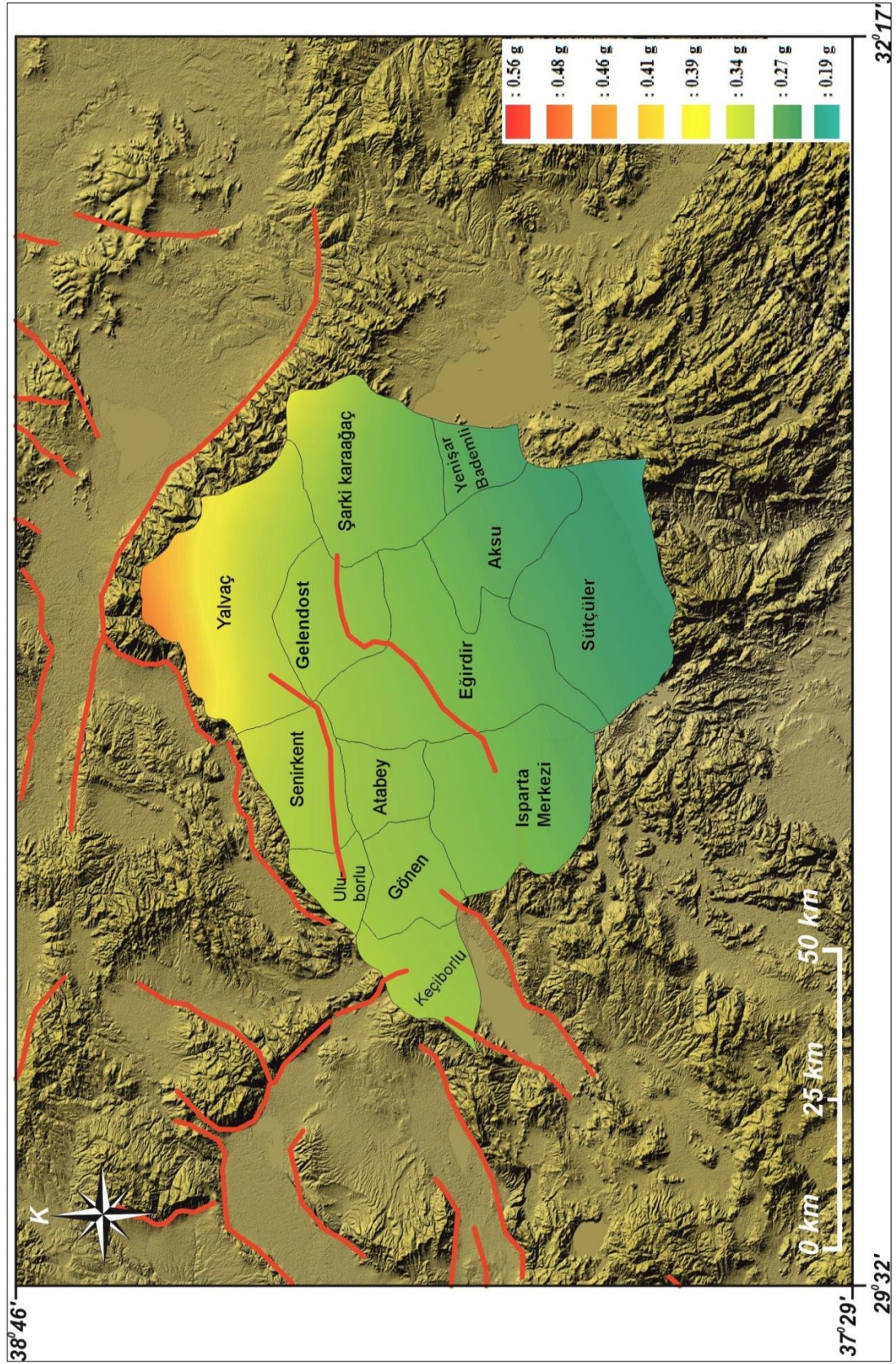
### **5.1. Akkar ve Çağnan, 2010 Bağntısına Göre Isparta İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike Değerleri**

Akkar ve Çağnan tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak [20], Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen sismik tehlike değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar doğrultusunda Isparta ilinin ilçelerine ait

hesaplamalar Tablo 5.1.'de verilmiştir. Bu hesaplamalar doğrultusunda elde edilen eş-ivme haritası ise Şekil 5.1.'de verilmiştir. Bu haritaya göre ivme değerleri 0,19 g ile 0,56 g arasında değişmektedir. İl merkezinden doğu ve güneydoğu yönüne doğru gidildikçe ivme değeri azalırken, kuzey ve kuzeybatı yönüne doğru ise ivme değeri artmaktadır. Isparta ili için hesaplanan en büyük ivme değeri ise ilin kuzeyini oluşturan Yalvaç ilçesinin kuzeyinde 0,44 g olarak bulunmuştur. İl sınırları içerisindeki sismik kaynakların bu ilçede yoğunlaşmış olması ve çalışma alanına düşen kaynak dağılımı da bu sonucu doğrular niteliktedir (Şekil 5.1.).

Tablo 5.1. Isparta ilçe merkezleri için Akkar ve Çağnan,2010'a göre hesaplanan ivme değerleri.

İLÇELER	475 Yıllık Tekrarlama Periyoduna Karşılık Gelen En Büyük İvme Değerleri
Keçiborlu	0,37 g
Gönen	0,39 g
Uluborlu	0,37 g
Atabey	0,38 g
Isparta Merkez	0,33 g
Senirkent	0,41 g
Eğirdir	0,36 g
Sütçüler	0,19 g
Aksu	0,31 g
Gelendost	0,44 g
Yalvaç	0,56 g
Şarki Karaağaç	0,39 g
Yenişar-Bademli	0,25 g



Şekil 5.1 Akkar ve Çağnan, 2010 ivme - azalım ilişkisi kullanılarak elde edilen Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen eş - ivme haritası.

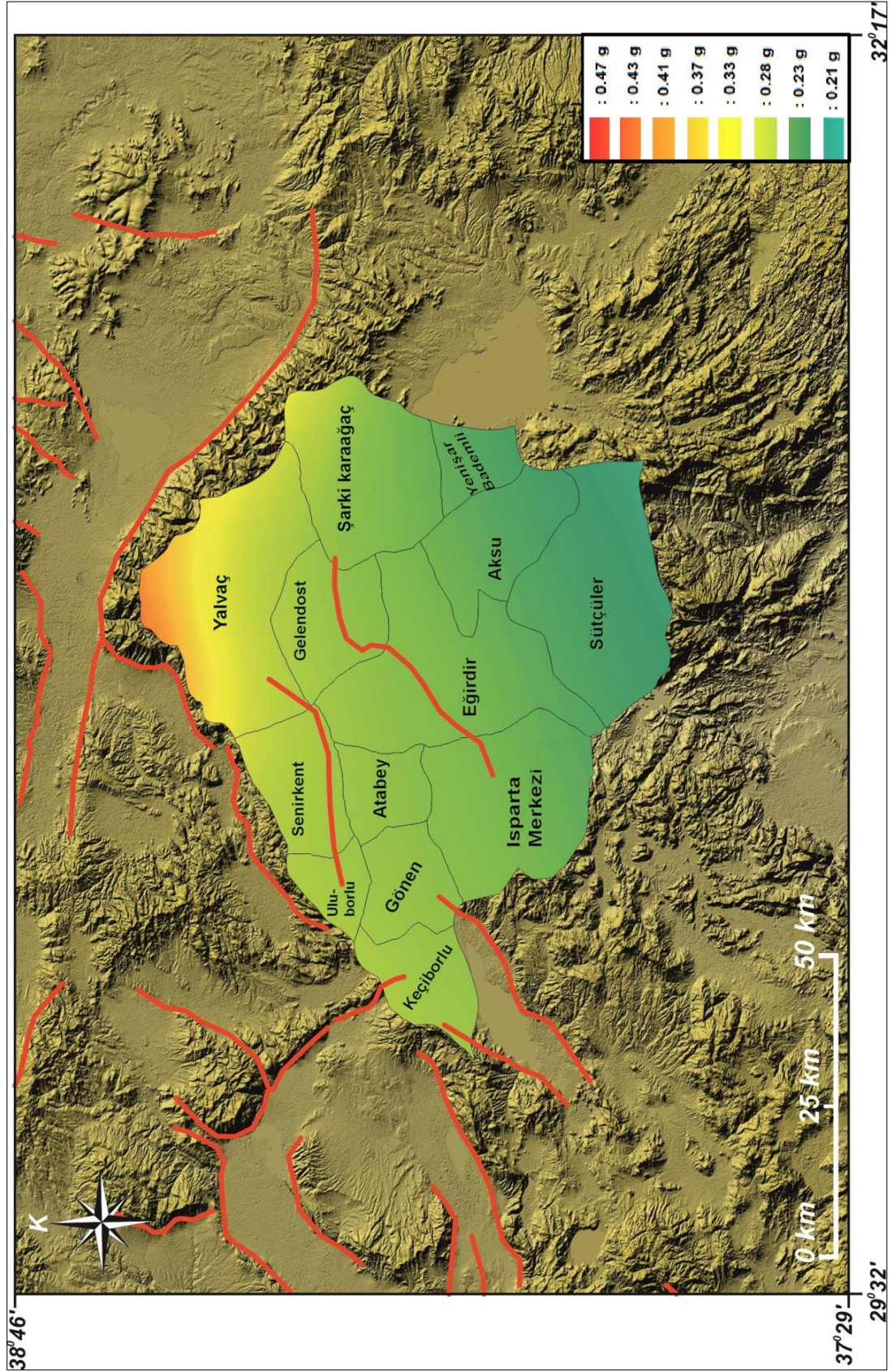
## 5.2. Kalkan ve Gülkan, 2004 Bağıntısına Göre Isparta İçin Tahmin Edilen Sismik Tehlike Değerleri

Kalkan ve Gülkan,2004 tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak [23], Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen sismik tehlike değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar doğrultusunda Isparta ilinin ilçelerine ait hesaplamalar Tablo 5.2.'de verilmiştir. Yine bu hesaplamalar sonucunda elde edilen eş-ivme haritası ise Şekil 5.2.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ivme değerleri 0,21 g ile 0,47 g arasında değişmektedir. Isparta ili için hesaplanan en büyük ivme değeri ise ilin kuzeyini oluşturan Yalvaç ilçesinin kuzeyinde 0,47 g olarak bulunmuştur. İlin kuzey kesimlerinin daha fazla tehlike altında olduğu gözlemlenirken ilin batısında yer alan Keçiborlu, Uluborlu, Senirkent, Gönen ilçeleri ve Atabey ilçesinin bir bölümü de ilin kuzey kesimine göre orta sınıf tehlikeli olarak değerlendirilebilir. En düşük sismik tehlike ise ilin güneyinde yer alan Sütçüler ilçesinde görülmektedir.

Tablo 5.2. Isparta ilçe merkezleri için Kalkan ve Gülkan, 2004'e göre hesaplanan ivme değerleri.

İLÇELER	475 Yıllık Tekrarlama Periyoduna Karşılık Gelen En Büyük İvme Değerleri
Keçiborlu	0.36 g
Gönen	0.39 g
Uluborlu	0.38 g
Atabey	0.35 g
Isparta Merkez	0.31 g
Senirkent	0.40 g
Eğirdir	0.34 g
Sütçüler	0.21 g
Aksu	0.29 g
Gelendost	0.42 g
Yalvaç	0.47 g
Şarki Karaağaç	0.41 g
Yenişar-Bademli	0.24 g





Şekil 5.2. Kalkan ve Gülkan, 2004 ivme - azalım ilişkisi kullanılarak elde edilen Isparta ili için 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen eş - ivme haritası.

## **BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Ülkemiz geçmişten günümüze gelene kadar önemli tektonik unsurlara ev sahipliği yapmaktadır. Aktif tektonizması nedeni ile de süregelen depremsellik hemen hemen her yüzyılda bir yıkıcı depreme sahne olmaktadır. Maalesef bu yıkıcı depremler önemli ölçüde hem maddi hemde manevi kayıplara sebep olmaktadır. Bu kayıpları her açıdan önleyebilmek ve deprem riskini en aza indirebilmek adına daha çok bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmelidir. Öncelikli olarak deprem bölgelerinin, yerleşim alanlarının zemin koşulları belirlenmeli, bölgenin depremselliği göz önünde bulundurulmalıdır. Risk altında bulunan bölgelerdeki yapılaşmalar çalışmalardan elde edilen bilgiler doğrultusunda gerçekleştirilmelidir.

Bu tez çalışmasında %80'i 1. derece deprem bölgesinde olan Isparta ilinin 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen en büyük yer ivmesi değerleri hesaplanmıştır ve Isparta iline ait eş-ivme haritası elde edilmiştir.

Bu çalışmada; Isparta il merkezi, merkez nokta kabul edilerek 250 km yarıçapında ki alan çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı 36.25-39.08° K enlemleri ile 28.56-32.25° D boylamları arasında kalan alan olarak tanımlanmıştır.

Çalışma alanına ait 01.01.1900 ile 31.12.2015 tarihleri arasını kapsayan döneme ait deprem kataloğu kullanılmıştır. Analize moment büyüklüğü 4,0 ve üzerinde olan depremler dâhil edilmiştir. Toplamda 736 ana şok kullanılmıştır. Bunlardan 461 tanesi kaynak zonu depremi, 275 tanesi geri plan alan kaynak depremi olarak derlenmiştir. Çalışma alanı 11 zondan oluşmaktadır ve risk teşkil edebilecek olan çalışma alanı içerisine düşen toplam sismik kaynak sayısı 51 dir.

Isparta ilinin sismik tehlike analizinde CRISIS2007 yazılımı kullanılmıştır. Program kapsamındaki analizler dâhilinde gerekli parametrelerin hesaplamaları yapılmış olup eş-ivme haritaları elde edilmiştir. Analizler Akkar ve Çağnan, 2010 ile Kalkan ve Gülkan, 2004 olmak üzere iki farklı azalım bağıntısını esas alarak gerçekleştirilmiştir. Bu bağıntılar doğrultusunda 475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen en büyük ivme değerleri elde edilmiştir (Tablo 6.1. ).

Tablo 6.1. Isparta için hesaplanan en büyük ivme değerleri.

İvme Azalım Bağıntısı	475 yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen En Büyük İvme değeri (g) aralığı.
Akkar ve Çağnan,2010	0,56
Kalkan ve Gülkan,2004	0,47

Analizler sonucunda çalışma bölgesinde en yüksek ivme değeri dolayısı ile de en yüksek sismik tehlikeli bölge en kuzeyde yer alan Yalvaç ilçesi olurken, en düşük sismik tehlikeli bölge ise Sütçüler ilçesi olarak belirlenmiştir. İlin kuzeyi ile kuzeybatı ve kuzeydoğusunda daha yüksek ivme değerleri gözlemlenirken güneye inildikçe ivme değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki Isparta için verilen ivme değerleri ile karşılaştırıldığında özellikle ilin kuzeyi ve kuzeydoğusu için büyük bir uyum gözlemlenmiştir.

Kullanılan her iki azalım ilişkisi ile elde edilen ivme değerleri karşılaştırılmış ve Tablo 6.2.'de sunulmuştur.



Tablo 6.2. . Isparta ilçe merkezleri için her iki azalım bağıntısına göre hesaplanan ivme değerleri.

İLÇELER	475 Yıllık tekrarlanma periyoduna karşılık gelen en büyük ivme değeri ( PGA)	
	Akkar ve Çağnan, 2010	Kalkan ve Gülkan, 2004
Sütçüler	0,19 g	0,21 g
Yenişar-Bademli	0,25 g	0,24 g
Aksu	0,31 g	0,29 g
Isparta Merkez	0,33 g	0,31 g
Eğirdir	0,36 g	0,34 g
Keçiborlu	0,37 g	0,35 g
Uluborlu	0,37 g	0,38 g
Atabey	0,38 g	0,35 g
Gönen	0,39 g	0,39 g
Şarki Karaağaç	0,39 g	0,41 g
Senirkent	0,41 g	0,40 g
Gelendost	0,44 g	0,42 g
Yalvaç	0,56 g	0,47 g

## KAYNAKLAR

- [1] Şengör, A.M.C., Görür, N., and Şakaroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: T.R. Biddle and N. Christie-Blick (Editors), Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. Soc. Econ. Paleontol. Mineral, Spec. Publ., 37: 227-264, 1985.
- [2] Barka, A.A., and Kadinsky-CADE, K., Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, 7,663-684, 1988.
- [3] Barka, A., Reilinger, R., Active tectonics of the eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data. *Annali di Geofisica*, XL(3): 587-610, 1997.
- [4] McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M. N., Veis, G., GPS constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus. *J. geophys. Res.*(105): 5695-5719, 2000.
- [5] Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., Arrajehi, A., Paradissis, D., Al- Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., GPS Constraints on Continental Deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and - implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*. 111 (B5): Art. No. B05411 May 31, 2006.
- [6] Budakoğlu, E., 27 Haziran 1998 Adana (MW=6.2) Depreminin Uzak Alan Kayıtlarından Kırılma Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri, 2 Syf. , 2010.
- [7] Toksöz, M.N., Nabelek, J., Arpat, E., Source properties of the 1976 earthquake in eastern Turkey: a comparison of field data and teleseismic results. *Tectonophysics*. (49): 199-205, 1978.
- [8] Eyidoğan, H., Bitlis-Zağros bindirme ve kıvrımlı kuşağının sismotektonik özellikleri, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 112, 1983.

- [9] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Bölgeleri Haritası, Ankara , 1996.
- [10] Yüçemen, M. S., Deprem Tehlikesinin Tahmininde Olasılıksal Yöntemler, 14. Bölüm, Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri, Bizim Büro Basımevi, 365-413, Ankara, Mayıs 2008.
- [19] Kayabalı, K., Sismik Tehlike Analizi: Teori ve Uygulama, Jeoloji Mühendisliği, 46/J8-43, 1995.
- [12] Cornell, C. A., Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, 58,1583-1606, 1968.
- [13] Kılıç, H., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Ders Notları, 2014.
- [14] Kadiroğlu, F.T., Kartal, R. F, Kılıç, T, Kalafat, D, Duman, TY, Özalp, S, An improved earthquake catalogue ( $M \geq 4.0$ ) for Turkey and near surrounding (1900-2012). In: 2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology Proceedings, pp. 411-422, 2014.
- [15] Deniz, A., Estimation of Earthquake Insurance Premium Rates Based On Stochastic Methods, Thesis (Master), Middle East Technical University (MET) Department of Civil Engineering, 2006.
- [110] Kadiroğlu, F.T., Kartal, R. F, The new empirical magnitude conversion relations using an improved earthquake catalogue for Turkey and its near vicinity (1900–2012). Turkish J Earth Sci (in press), 2016.
- [17] Deniz, A. ve Yüçemen, M. S., Antalya Yöresi için Deprem Tehlikesinin Stokastik Yöntemler ile Tahmini, Antalya Yoresinin Insaat Mühendisliği Sorunlari Kongresi, Bildiriler Kitabı, 540-551, Eylül, 2005.
- [18] Gutenberg, B., Richter, C. F., Seismicity of the Earth and Associated Phenomenon, Princeton University Press, Princeton, New York, 1949
- [19] 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..
- [20] Akkar, S., and Çağnan, Z., A Local Ground-Motion Predictive Model for Turkey and Its Comparison with Other Regional and Global Ground-Motion Models. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 100, No.6, pp. 2978-2995, 2010.
- [21] Ordaz, M., Aguilera, A., Arboleda, J., CRISIS2007, Ver.7.2, Program for Computing Seismic Hazard, Instituto de Ingeniería, UNAM, Mexico, 2007
- [22] Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1992.

- [23] 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.
- [24] Boğazici Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü bölgesel Deprem- Tsunami izleme ve değerlendirme merkezi ,internet sayfası, [www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/](http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/), Erişim Tarihi: 10.02.2016.
- [25] Ambraseys, N. N., Adams, R. D., Seismicity of the Cyprus Region, *Terra Nova* 5, 88–94, 1993.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] Ambraseys, N. N., The Seismic History of Cyprus. *Rev. Union Int. Secours*, Geneva 3, 25–48, 1965.
- [29] Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey-a Synthesis, *Geodinamica Acta*, 14,3-30, 2001.
- [30] Le Pichon, X., Angelier, J., Auboun, J., Lyberis, 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.
- [31] Meulenkamp J.E., Wortel W.J.R., Van Wamel W.A., Spakman W., Hoogerduyn Strating E., On the Hellenic subduction zone and geodynamic evolution of Crete in the late middle Miocene, *Tectonophysics* 146, 203–215, 1988.
- [32] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik AFAD – Deprem Dairesi Başkanlığı, 2007.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Serap Kızıluğa, 18.05.1990'da Sakarya da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği bölümünden mezun oldu ve aynı yıl içerisinde Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünde lisansüstü eğitimine başladı.