

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

**KAHRAMANMARAŞ VE ÇEVRESİNİN  
OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yiğit İNCE**

**Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. T. Fikret KURNAZ**

**Aralık 2016**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAHRAMANMARAŞ VE ÇEVRESİNİN  
OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yiğit İNCE**

**Enstitü Anabilim Dalı : JEOFİZİK M HENDİSLİĞİ**

**Bu tez 05 / 12 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr.  
Murat UTKUCU  
Jüri Başkanı**



**Yrd. Doç. Dr.  
T.Fikret KURNAZ  
Üye**



**Yrd. Doç. Dr.  
Eray YILDIRIM  
Üye**



## **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.

Yiğit İNCE

05.12.2016

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini esirgemeyen danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Fikret KURNAZ'a sonsuz teşekkürlerimi bildiririm.

Beni sismik tehlike çalışmaları ile tanıştıran ve yüksek lisans eğitimimde büyük emeği bulunan değerli hocam Sn. Prof. Dr. Levent GÜLEN'e çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana her türlü desteği veren Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Araştırma görevlileri Sn. Emrah BUDAKOĞLU ve Sn. Hilal YALÇIN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında çıkmaza giren konularda desteklerini esirgemeyen Jeofizik Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi Sn. Serap KIZILBUĞA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Harita çizim aşamalarında benden desteğini esirgemeyen Harita Mühendisi Sn. Bahadır BALIRAK'a ayrıca teşekkür ederim.

Hayatımın en zor günlerinde bile yanımda olan ve benden desteğini esirgemeyen sevgili eşim Şebnem İNCE'ye ve en büyük motivasyon kaynağım biricik kızım Nehir İNCE'ye sonsuz sevgilerimi sunarak teşekkür ederim.

Son olarak bugünkü kişi olmamı sağlayan Babam Mehmet İNCE'ye Annem Sevim İNCE'ye ve Abim Ahmet İNCE'ye yürekten teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ .....	3
2.1. Sismik Tehlike Analiz Yöntemi.....	3
2.1.1. Deterministik sismik tehlike analizi.....	3
2.1.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi.....	5
BÖLÜM 3.	
METOT VE YÖNTEM.....	8
3.1. Çalışmada Kullanılacak Deprem Kataloğunun Oluşturulması .....	8
3.2. Sismik Kaynak Bölgelerinin Belirlenmesi .....	9
3.3. Depremselliğin Tespiti .....	9
3.4. Azalım İlişkileri.....	11
3.4.1. Kalkan ve Gülkan, 2004.....	12
3.4.2. Boore ve diğerleri, 1997.....	13

## BÖLÜM 4.

TÜRKİYE’NİN SİSMOTEKTONİĞİ .....	15
4.1. Ana Tektonik Yapılar .....	15
4.1.1. Kuzey anadolu fay sistemi .....	17
4.1.2. Doğu Anadolu fay sistemi.....	17
4.1.3. Ölüdeniz fay zonu .....	18
4.1.4. Ege graben sistemi .....	18
4.1.5. Kıbrıs yayı .....	18
4.1.6. Bitlis kenet kuşağı (Bkk).....	19

## BÖLÜM 5.

ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ .....	20
5.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Morfolojisi.....	20
5.2. Çalışma Alanının Sismotektoniği.....	21

## BÖLÜM 6.

ÇALIŞMA ALANININ OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ .....	23
---	----

## BÖLÜM 7.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	28
----------------------------	----

KAYNAKLAR .....	30
-----------------	----

ÖZGEÇMİŞ .....	35
----------------	----

## SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

a,b	: İlgili bölge için hesaplanan regresyon katsayıları
AİGM	: Afet İşleri Genel Müdürlüğü
BİB	: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı
BKK	: Bitlis Kenet Kuşağı
D	: Doğu
DAD	: Deprem Araştırma Dairesi
DAFS	: Doğu Anadolu Fay Sistemi
D-B	: Doğu Batı
EGS	: Ege Graben Sistemi
EKK	: En Küçük Kareler
G	: Belirli Bir Yerde Oluşacak En Büyük Zemin İvmesi
G	: İvme Birimi
GGB	: Güney Güneybatı
GGD	: Güney Güneydoğu
GIS	: Cografî Bilgi Sistemi
H	: Regresyonda Sanal Derinlik
KAFS	: Kuzey Anadolu Fay Sistemi
K-G	: Kuzey Güney
KKB	: Kuzey Kuzeybatı
KKD	: Kuzey Kuzeydoğu
$\lambda$	: İncelenen bir bölgede birim zaman süresinde meydana gelen ve magnitudü $m_0$ 'a eşit veya $m_0$ 'dan büyük depremlerin ortalama sayısı
Log	: 10 tabanına göre logaritma
M	: Richter Magnitudü
Mc	: Tamamlılık Magnitudü

Md	: Sre Magnitd
Ml	: Lokal Magnitd
Ms	: Yzey Dalgası Magnitd
Mw	: Moment Magnitd
N	: Olay Sayısı
N(M)	: Birim zaman içinde magnitude M'ye eşit ya da M'den byk ortalama deprem sayısı
OSTA	: Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi
P	: Olasılık Değeri
p1	: Yıllık sismik Tehlike Değeri
Pn(t)	: T srede n adet olay olma olasılığı
$\sigma$	: Standart Sapma
SRL	: Sismik Kaynak Uzunluğu



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Deterministik sismik tehlike analizi basamakları .....	5
Şekil 2.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi basamakları .....	7
Şekil 4.1. Anadolu Bloğunun GPS ölçümlerine göre hareketi.....	16
Şekil 4.2. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı. ....	16
Şekil 5.1. Çalışma alanı haritası. ....	20
Şekil 5.2. Kahramanmaraş ve çevresinde 01.01.1900-01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelen, ve aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılım haritası. ....	22
Şekil 6.1. Çalışma alanı bölgelendirme haritası. ....	23
Şekil 6.2. Kalkan ve Gülkan ivme-azalım ilişkisi kullanılarak, 450 yıllık tekrar için sismik tehlike haritası. ....	24
Şekil 6.3. Boore vd. tarafından geliştirilen ivme-azalım ilişkisi kullanılarak 450 yıllık tekrar için sismik tehlike haritası. ....	25

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Çalışma alanı için belirlenmiş olan sismik kaynakların adı, uzunluğu ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri.....	11
Tablo 3.2. (3.3.) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri.....	13
Tablo 3.3. (3.4.) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri.....	14
Tablo 6.1. Çalışma kapsamında hesaplanmış olan genel ve zonlara ait parametre değerleri.....	24
Tablo 6.2. 10 50 75 100 yıl için aşılma olasılıkları.....	26

-

## ÖZET

Anahtar Kelimeler : Kahramanmaraş, Doğu Anadolu fayı, deprem, sismik tehlike analizi

Kahramanmaraş ve yakın çevresi Türkiye tektoniğinde önemli yeri olan Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonlarının etkisi altındadır. Bu zonlardaki uzun süreli enerji birikimi sismik açıdan oldukça yüksek risk seviyesi oluşturmaktadır.

Bu çalışmada olasılıksal yöntemden yararlanılarak Kahramanmaraş ve yakın çevresinin sismik tehlikesi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı 37,575275 K-36,922821 D koordinatları merkez kabul edilerek 250 km yarıçaplı alan olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında 01.01.1900 – 01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelen ve aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük 424 adet deprem verisi Deprem Araştırma Dairesi (DAD) , Uluslararası Sismoloji Merkezi (ISC) katalogları ile Kandilli rasathanesi kataloglarından derlenerek kullanılmıştır. Çalışma alanını etkileyebilecek sismik kaynaklar belirlenmiştir. İvme azalım bağıntıları kullanılarak sismik tehlike eğrileri ve eş-ivme haritaları elde edilmiştir.

Bütün hesaplamalar neticesinde Doğu Anadolu Fayı ve Bitlis Bindirme Kuşağının kesişim noktaları en tehlikeli bölgeler olarak karşımıza çıkmıştır. Çalışma alanı için hesaplanan ivme değerleri, Boore vd. (1997) için 0,21 ve 0,41, Kalkan ve Gürkan (2004) için 0,25 ve 0,41 arasında değişmekte olup Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasından çalışma alanımıza ait ivme değerleri ile çalışma sonucunda elde edilen ivme değerleri karşılaştırıldığında özellikle çalışma alanının güney ve güney doğu kısmında büyük oranda eşleşme olduğu görülmüştür.

# **PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS OF KAHRAMANMARAŞ AND NEARBY VICINITIES**

## **SUMMARY**

**Keywords:** Kahramanmaraş, East Anatolian Fault, Earthquake, Seismic Hazard Analysis

Kahramanmaraş and its immediate surroundings are under the influence of East Anatolian and Deadsea fault zones which have significance in tectonics of Turkey. The long-term energy accumulation in these zones constitutes a very high risk level in terms of seismic hazard. In this study, seismic hazard of Kahramanmaraş and its vicinity was tried to be calculated by using probabilistic seismic hazard method. The study area encloses the area within a circle with a radius of 250 km and centred at 37,575275 N - 36,922821 E geographic coordinates. The earthquake catalogue used in the study comprises 424 earthquakes which covers a time period between 1900 and 2015. The data has been compiled from the catalogues of Earthquake Research Department (DAD) and Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) of Turkey and International Seismology Center (ISC). Seismic sources that could affect the study area have been identified. Seismic hazard curves and co-acceleration maps were obtained by using the available attenuation relationships of the peak ground acceleration. As a result, the intersection points of East Anatolian Fault and Bitlis Thrust Zones are obtained to be the most dangerous regions in the study area. The acceleration values calculated for the study area vary between 0,21 and 0,41 and 0,25 and 0,41 for the attenuation relationship of Boore et al. (1997) and Kalkan and Gürkan (2004), respectively. When the accelerations values of the study area are compared with the acceleration values obtained from Turkey Earthquake Zones Map, it is seen that there are correlations for the southern and southeastern part of the study area.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Alp-Himalaya deprem kuşağı içerisinde yer alan Türkiye, bir çok aktif faya ev sahipliği yapmaktadır. Aletsel dönemde bu faylar üzerinde çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiş, oldukça fazla can ve mal kaybı yaşanmıştır.

Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde belirlenmesi olarak tanımlanır ve deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanan, deprem riski kavramının önemli bir ögesini oluşturur [1]. Sismik tehlike analizi, belirli bir sahadaki yer sarsıntısı tehlikesinin nicel olarak hesaplanmasıdır. Sismik tehlikeler, özel bir senaryo depremin varsayıldığı durumda olduğu gibi, deterministik (tanımsal) veya depremin büyüklüğü, yeri ve oluş zamanıyla ilgili belirsizliklerin açık bir şekilde göz önüne alındığı probabilistik yöntemle (olasılıksal) analiz edilebilir. Dolayısıyla, belirli bir saha veya bölgede sismik tehlike analizleri yapabilmek için, sismik aktivitenin gerçekleşmesi muhtemel bütün kaynakları tespit edilmeli ve bu kaynakların gelecekte deprem oluşturma potansiyeli olasılığa bağlı olarak değerlendirilmelidir [1].

Deprem kaynaklarının tanımlanmasında tarihsel ve aletsel deprem kayıtları dışındaki diğer kanıtlar; jeolojik kanıtlar ve tektonik kanıtlardır. Yeryüzündeki sarsıntının etkisinin tarihsel kayıtları geçmiş depremlerin oluşumunu doğrulamakta ve bu depremlerin şiddetlerinin coğrafi dağılımını bulmakta kullanılabilir. Yeteri kadar veri mevcut olduğu zaman maksimum şiddet bulunabilir ve bundan da depremin dış merkezinin yeri ve depremin magnitüdü belirlenebilir. Tarihsel depremlerin oluş zamanları kaydedilmiş olduğundan, belirli bir alandaki deprem tekrarlama oranı veya deprenselliği değerlendirmede kullanılabilirler [1].

Büyük depremlere ait aletsel kayıtlar 1900'ü yıllardan itibaren alınmaya başlanmışsa da 1960 yılından önceki çok sayıda depreme ait veriler ya eksiktir ya da verilerde doğruluk sorunları bulunmaktadır. Buna rağmen deprem kaynaklarının tespit edilmesinde ve değerlendirilmesinde en iyi bilgiler aletsel kayıtlardan elde edilmektedir [2].

Bu kayıtlar konusundaki en önemli kısıtlama büyük depremler arasındaki ortalama zamanla kıyaslandığında, sadece kısa bir süreden beri mevcut oluşlarıdır. Kısacası, aletsel olarak belirlenen ve bir hat üzerinde dizilen dış merkezler veya iç merkezler deprem kaynaklarının varlığını işaret eder. Deprem kaynak alanlarının belirlenmesinde artçı şokların analizi de yardımcı olmaktadır. Jeolojik kanıtlar ise fay aktivitelerini kapsar ve magnitüd göstergesi olarak kullanılabilecek ampirik (deneysel) ilişkiler mevcuttur. Tektonik kanıtlar ise levha tektoniği ve elastik rebound (geri tepme) teorisine dayalı olarak biriken deformasyon enerjisine dayalı kanıtlardır [2].

Deniz ve Yüçemen [3], "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.

Askan, vd. [4] tarafından Antakya için yapılan çalışmada, sadece geri plan sismik etkinliği dikkate alarak ve mekansal olarak düzleştirilmiş sismisite modelini kullanarak PGA değerleri 475 ve 2475 yıllık tekerrür süreleri için, sırasıyla 0,20 g ve 0,40 g olarak tahmin edilmiştir. Sismik tehlike analizi ile ilgili olan bu çalışmada, olasılıksal yöntemler ile Kahramanmaraş ili ve yakın çevresinin sismik tehlikesi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın, bölgede yapılması planlanacak inşaatların projelendirilmesi aşamasında önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

## **BÖLÜM 2. SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ**

### **2.1. Sismik Tehlike Analiz 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 alınırsa, 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,  $p1 = P(G \geq g)$  şeklinde olacaktır. Bunun anlamı,  $g$  ivme düzeyine göre inşa edilmiş yapının, 1 yıl içerisinde depremden dolayı daha büyük zemin ivmesinin etkisinde kalma olasılığı  $p1$  olacaktır.  $P$  ise olasılığı temsil etmektedir. Sismik tehlike, ortalama tekrarlanma süresi ile de belirtilebilir. Bu durumda yıl cinsinden ortalama tekrarlanma süresi,  $1 / p1$  şeklinde olacaktır [2]. 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 [3]. Sismik tehlike analizi deterministik sismik tehlike analizi ve olasılıksal sismik tehlike analizi olmak üzere iki başlık altında incelenir.

#### **2.1.1. Deterministik sismik tehlike analizi**

Deterministik yaklaşımda zaman boyutundan bağımsız olarak bölgede meydana gelebilecek en büyük depremin yaratacağı yer hareketi düzeyi belirlenir. Bir Deterministik Sismik Tehlike Analizinde (DSTA) belirli bir sismik senaryo geliştirilir ve yer hareketi tehlikesinin değerlendirilmesi buna göre yapılır [3]. Senaryo depremde, belirli bir bölgede ve belirli bir büyüklükte depremin oluşması ön şartı vardır. Pratikte

deterministik deprem tehlike analizleri her bir kaynak zonundaki olası en büyük magnitüdü depremin olası en kısa uzaklıkta olacağını varsaymaktadır. Tipik bir DSTA dört adımlı bir işlem olarak tanımlanabilir.

a. Proje sahasında önemli yer hareketi oluşturabilecek tüm deprem kaynaklarının tespit edilmesi ve özelliklerinin ortaya konulması.

b. Her kaynak için kaynak-saha uzaklık parametresinin seçimi. Çoğu DSTA'lerinde kaynak ile proje sahası arasındaki en kısa mesafe seçilir.

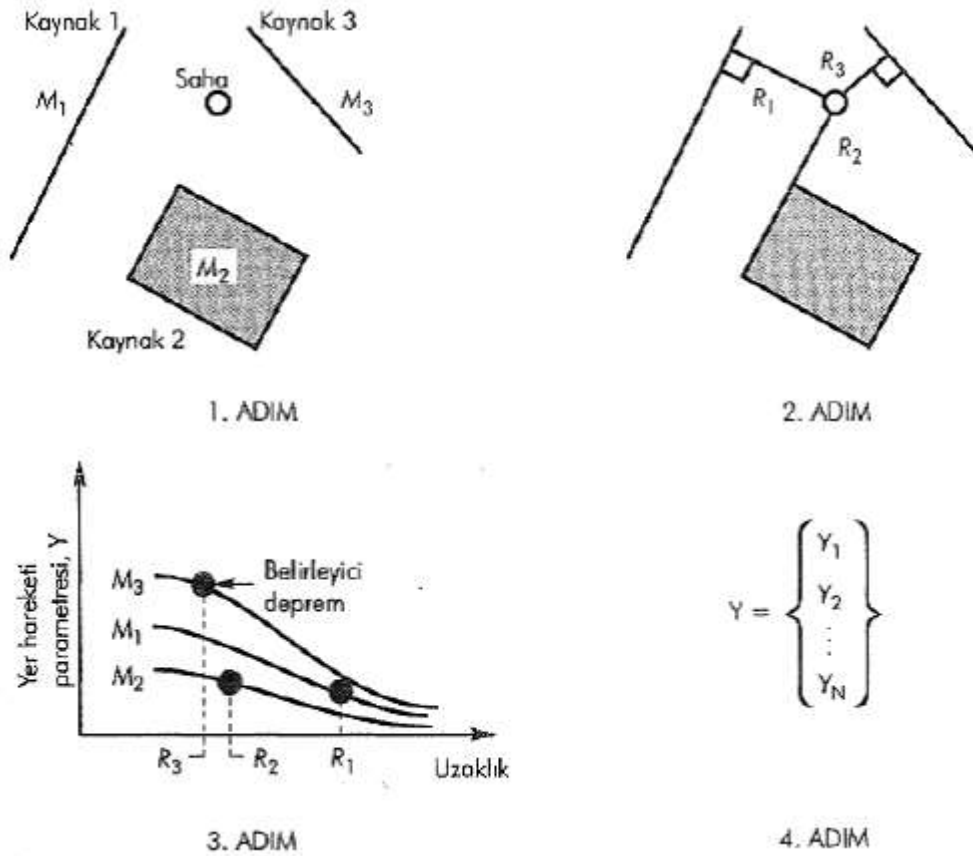
c. Proje sahasında genellikle belirli bir yer hareketi parametresi ile ifade edilen belirleyici depremin (yani, en kuvvetli sarsıntıyı üretecek depremin) seçimi. Bu seçim, birinci adımda tespit edilen ve ikinci adımdaki mesafede oluşacağı varsayılan depremlerin oluşturacağı sarsıntı düzeyleri karşılaştırılarak yapılır. Belirleyici deprem (genellikle magnitüd şeklinde ifade edilen) boyutu ve proje alanına olan uzaklığı ile tanımlanır.

d. Proje alanındaki tehlike, genellikle belirleyici depremin sahada oluşturacağı yer hareketi cinsinden, kesin olarak tanımlanır.

Bir sismik tehlikeyi karakterize etmede en çok kullanılan parametreler pik ivme, pik hız ve tepki spektrumu ordinatlarıdır [4]. Şekil 2.1.'da DSTA işleyişi şematik olarak verilmiştir. Dört adımda özetlenmeye çalışılan DSTA çok kolay bir işlem gibi görünmektedir ve birçok yönü ile öyledir.

DSTA, nükleer santral ve baraj gibi, yıkıldığı zaman çok büyük kayıpların meydana geleceği yapılara uygulandığında, en kötü durum için yer hareketinin değerlendirilmesinde son derece pratik bir yöntemdir. Ancak, belirleyici bir depremin oluşma ihtimali, oluşacağı varsayılan bölgede oluşma ihtimali sonlu bir zaman aralığında beklenebilecek sarsıntının düzeyi veya değişik adımlarda hesaplanacak olan yer hareketi karakteristikleri üzerindeki belirsizliklerin etkisi hakkında fikir vermemektedir [5] [6].





Şekil 2.1. Deterministik sismik tehlike analizi basamakları [7].

### 2.1.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi

Sismik tehlikenin belirlenmesine temel oluşturan istatistiksel yöntemler ilk olarak Cornell [8] 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:

a. Deprem kaynaklarının tespit edilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi olan birinci adım, kaynak içindeki potansiyel yırtılma yerlerinin olasılık dağılımlarını karakterize edilmesi şartı hariç, DDTA'nın birinci adımı ile özdeştir. Çoğu zaman her kaynak zonuna tekdüze olasılık dağılımlı uygulanır. Bu dağılımlar daha sonra kaynak-saha mesafesinin olasılık dağılımlarını elde etmek üzere kaynak geometrisi ile

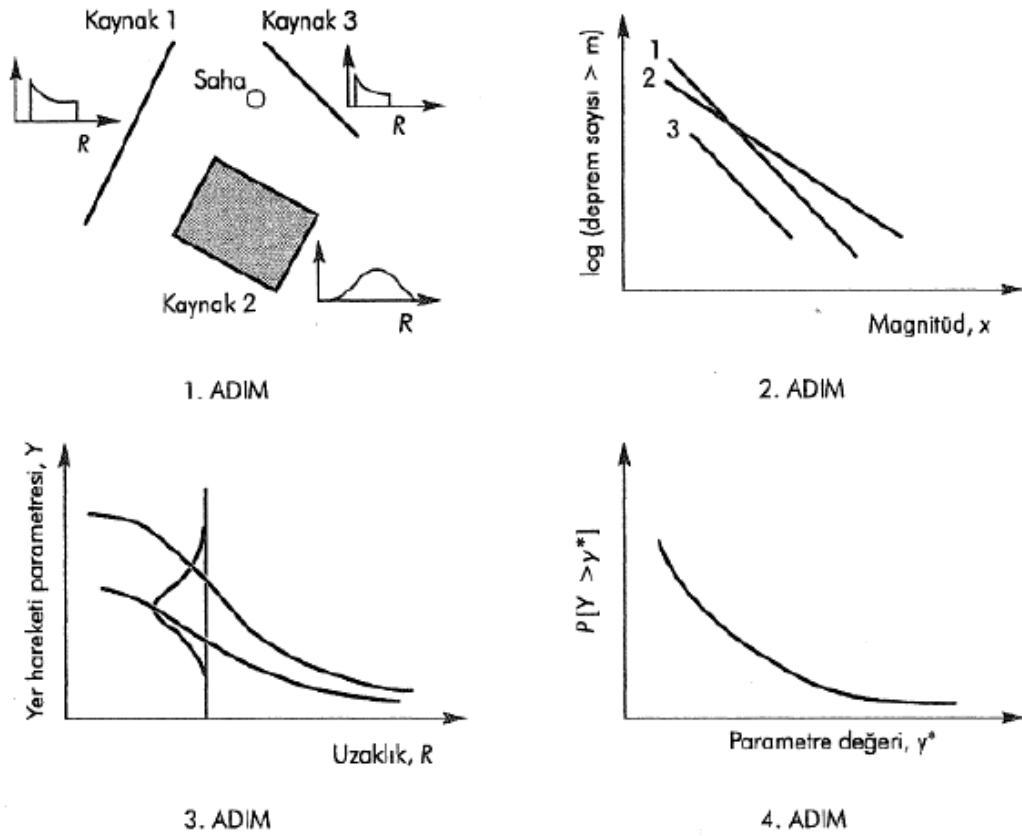
birleştirilmektedir. DDTA ise, her kaynağın proje alanına en yakın noktasında deprem oluşma olasılığını kabul etmekte diğer tüm noktalarda sıfır sayılmaktadır [8].

b. Bir sonraki adımda, depremsellik veya deprem tekrarlanmasının zamansal dağılımı ortaya konulur. Belirli bir deprem büyüklüğünün aşılacağı ortalama oranı tanımlayan tekrarlanma ilişkisi, her kaynak zonunun depremselliğini belirlemede kullanılır. Tekrarlama ilişkisi ile maksimum büyüklükteki deprem belirlenebilirse de DSTA'lerinde olduğu gibi maksimum deprem büyüklüğü bulunan değer ile sınırlı değildir [8].

c. Kaynak alanının herhangi bir noktasında oluşabilecek herhangi bir büyüklükteki depremin proje alanında üreteceği yer hareketi, azalım ilişkileri kullanılarak belirlenmelidir. OSTA'da azalım ilişkisine özgü belirsizlikler de hesaba katılır [8].

d. Son olarak, deprem lokasyonu, deprem büyüklüğü ve yer hareketinin kestirilmesi ile ilgili belirsizlikler birleştirilerek, belirli bir zaman aralığında yer hareketi parametresinin aşılma ihtimali elde edilir [8].

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 [6]. Olasılıksal yöntemde hasar yapıcı yer hareketinin belli bir yerde ve belli bir zaman periyodu içerisinde meydana gelme olasılığını araştırır.



Şekil 2.2. Olasılıksal sismik tehlike analizi basamakları [7].

Sismik tehlike analizinin sonucu, genellikle inşaat sahasındaki belirli bir zemin hareketi parametresinin veya deprem büyüklüğünün bir yıldaki aşılma olasılığını (veya ortalama tekrar süresini) gösteren bir eğri şeklindedir. Sismik tehlike analiziyle deprem tehlikesinin niceliksel olarak ve deprem mühendisliğinde kolayca kullanılabilir parametreler cinsinden ortaya konulması, mühendislik yapılarının sismik yükleri dikkate alarak projelendirilmeleri ile ilgili kararların rasyonel bir şekilde verilmesine olanak sağlamaktadır.

## **BÖLÜM 3. METOT VE YÖNTEM**

### **3.1. Çalışmada Kullanılacak Deprem Kataloğunun Oluşturulması**

Sismik tehlike analiz çalışmasının ilk adımı, sismik tehlikesinin belirleneceği bölge için geçmiş yıllarda meydana gelen deprem kayıtlarının derlenmesi ve güvenilir bir deprem kataloğunun elde edilmesidir. Bu amaçla, Deprem Araştırma Dairesi (DAD) , Uluslararası Sismoloji Merkezi (ISC) kataloglarından Türkiye ve yakın çevresi için derlenmiş olan kayıtlar [9] ile Kandilli rasathanesi katalogları [10] 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 dâhil edilmesi gerekmektedir. Deprem riski veya deprem tehlikesi çalışmalarında kullanılacak deprem kataloğunun homojen ve sürekli olması gereklidir. Aksi durumda hesaplanacak parametreler güvenli olmayacaktır. Verinin homojen olması ve kullanılan katalogdaki depremlerin aynı tür magnitüd değerleri ile tanımlanmış olması gerekir. Pratikte bu mümkün olmadığından, literatüre de geliştirilmiş değişik magnitüd türleri ve/veya magnitüd-şiddet arasındaki ampirik ilişkiler kullanılarak homojen hale getirilebilir. Verinin sürekli olması, kullanılan zaman aralığında veride herhangi bir kesintinin olmaması anlamına gelmektedir [1]. Kullanılan ivme azalım ilişkilerinin formüllerinin üretiminde kullanılan verilerde magnitüdün 4,0'den başlıyor olması, Türkiye deprem katalogları için tamamlılık magnitüdünün  $MC \geq 4,0$  olarak belirlenmiş [11] olması ve 4,0'den küçük büyüklükteki depremlerin hasar verme olasılıklıklarının az olması nedeniyle çalışmamızda 01.01.1900-01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelen aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük depremler kullanılmıştır.

### 3.2. Sismik Kaynak Bölgelerinin Belirlenmesi

Belirli bir saha veya bölgedeki sismik tehlikeleri değerlendirmek için, sismik aktivitenin muhtemel tüm kaynakları belirlenmeli ve bunların gelecekte deprem oluşturma potansiyeli değerlendirilmelidir [2].

Sismik kaynakların tespit edilmesi ayrıntılı bir incelemeyi gerektirir. Bazıları gayet belirgin ve bazıları da gizlenmiş ya da engellenmiş olan doğal ipuçlarının gözlenmesi ve yorumlanması gerekir. Modern sismograflar ve bunların oluşturduğu ağlar günümüzdeki depremlerin gözlenmesi ve yorumlanmasını oldukça kolaylaştırmıştır.

Belirli bir alanda herhangi bir kuvvetli hareketin aletsel olarak kaydedilmemiş olması gerçeği, burada geçmişte deprem olmadığı anlamına gelmemelidir ve gelecekte olmayacağı da garanti edilemez. Aletsel sismik kayıtların bulunmadığı yerlerde, deprem aktivitesinin diğer ipuçları ortaya çıkarılmalıdır. Bunlar, jeolojik ve tektonik kanıtlar veya tarihsel (aletsel dönem öncesi) deprensellik olabilir [2]. Bu çalışmada Earthquake Model Of The Middle East (EMME) projesinde kullanılan sismik kaynak modelinin çalışma alanı içerisine düşen sınırları kullanılmıştır [12].

### 3.3. Deprenselliğin Tespiti

Bir bölgede meydana gelen depremlerin sayısı ile deprem magnitüdü arasındaki doğrusal magnitüd-sıklık ilişkisi, Gutenberg ve Richter [13] tarafından önerilmiştir. Buna göre deprensellik ve deprem magnitüdülerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için, deprem magnitüdü  $M$ 'yi, birim zamandaki bütün depremlerin sayısı  $N$ 'ye bağlayan bağıntı aşağıda (Denklem 3.1) gösterildiği gibi ifade edilmiştir.

$$\text{Log } N = a - bM \quad (3.1)$$

$a$  parametresi inceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem düzeyine bağlıdır.  $b$  parametresi ise deprem oluşumunun fiziği ile ilişkili bir parametre olarak tanımlanmaktadır. Yakın zamanlara kadar  $b$  değerinin her bölgede aynı olacağı

varsayılmışsa da, son yapılan çalışmalar b'nin bölgeler arasında farklılık göstereceğini ortaya koymuştur [13].

Bir bölgeden diğerine b değeri' ndeki değişim bölgelerin mekaniksel özellikleriyle ilişkilidir. Yüksek b değeri yüksek sayıda küçük depreme işaret eder ki, daha çok dayanımı düşük yüksek heterojeniteye sahip bölgelerde beklenir. Düşük b değeri ise tersi, yani az sayıda küçük depreme ve dolayısıyla daha dirençli ve homojen bölgelere karşılık gelir. Aynı bölgede zamanla değişen b değeri, gerilme koşullarının değişimiyle ilişkilidir ve depremlerin tahmininde kullanılabilir [14].

(3.1) nolu denklemde,  $N(M)$  = birim zaman içinde magnitudü M'ye eşit ya da M'den büyük ortalama deprem sayısı, a ve b ilgili bölge için saptanan regresyon katsayıları; M = Richter magnitudü ve  $\text{Log} = 10$  tabanına göre logaritmadır. Sismik tehlike analizlerinde genellikle magnitud için  $M_0$  gibi bir alt sınır belirlenir. Bilindiği üzere,  $M_0$  değerinden daha küçük magnitudlü depremler mühendislik yapılarında herhangi bir hasar meydana getirmeyeceklerinden, bunlar sismik tehlike analizine dâhil edilmezler [12].

Bir sismik kaynağın üretebileceği deprem büyüklüğü Wells ve Coppersmith [13] tarafından önerilen aşağıdaki bağıntıya (Denklem3.2) göre hesaplanmıştır. Burada, SRL sismik kaynağın uzunluğudur.

$$M=5.08+1.16*\text{Log}(\text{SRL}) \quad (3.2)$$

Çalışma alanı için belirlenen sismik kaynakların maksimum deprem üretkenliklerine dair hesaplamalar Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışma alanı için belirlenmiş olan sismik kaynakların adı, uzunluğu ve üretebilecekleri deprem büyüklükleri.

Fay Adı	Zonlar	Uzunluk	Max Büyüklük
1938 KIRSEHİR			
DEPREMİ	Z1	35,4	7,6
SARAYKEN FAYI	Z1	17,9	7,1
ÖLÜ DENİZ			
SURİYE	Z11	227,5	8,9
EAF	Z11	647,2	9,6
MARAS			
(AHIRDAĞ)	Z7	55,4	7,9
SÜRGÜ FAYI	Z5	40,4	7,7
BOZOVA FAYI	Z9	52,5	7,8
ERGANİ CUNGUŞ	Z8	109	8,3
ECEMİŞ	Z3	94,7	8,2
NAMRUN	Z3	65,6	8,0
TUZ GÖLÜ FAYI	Z3	118	8,4
MOF	Z5	312	9,1
GEMEREK	Z2	140,8	8,5
DELİLER TECER	Z2	273,5	9,0
AKDAĞ MADENİ	Z2	146,6	8,5
YILDIZELİ	Z2	122,6	8,4
PAZARCIK			
SARIKAYA	Z2	137,2	8,5
KAYSERİ	Z3	200,9	8,8
KIZILIRMAK	Z3	298,5	9,0
ZARA TRUST	Z2	73,9	8,1
FELAHİYE	Z3	155,2	8,6
BOĞAZLIYAN	Z3	48,6	7,8
KOZAN	Z4	101	8,3
ANDIRIN	Z5	101,11	8,3
ASLANTAŞ	Z4	15,1	7,0
OSMANİYE	Z4	71,5	8,0
YUMURTALIK	Z4	81,4	8,1
KARATAŞ	Z12	105,2	8,3
İSKENDERUN BAY	Z12	59,9	7,9
GÖKSUN	Z5	84,7	8,2
ELBİSTAN	Z5	65	8,0

### 3.4. Azalım İlişkileri

Yer hareketinin tanımlanması ve değerlendirilmesi için gerçek depremlerle oluşan kuvvetli yer hareketlerinin ölçülmesine ihtiyaç vardır. Kuvvetli yer hareketinin doğru

ve nicel bir biçimde ölçülmesi hem sismoloji hem de deprem mühendisliği çalışmalarında kritik öneme sahiptir. Yer hareketi parametreleri, nicel bir formda kuvvetli yer hareketinin önemli karakteristiklerini tanımlamak için temel oluşturmaktadır. Bu parametreler, yer hareketinin genlik, frekans içeriği ve süresidir. Deprem afetinin değerlendirilmesi, potansiyel büyük depremler tarafından üretilecek kuvvetli zemin hareketinin ön kestirimini gerektirir. Eğer inşaat yerinde yeterli miktarda kayıtlar bulunsaydı, ya da aynı kaynak, yayılma ortamı, yerel zemin koşulları ve topografyaya sahip diğer yerlerde bunlar elde edilebilseydi, ancak o zaman bu verilerinin toplamı, beklenen hareketinin benzeşimi için kullanılabilirdi.

Bununla birlikte deprem hasarın belirlenmesinde o inşaat yerine özgü yöntemlere kuvvetli hareket deprem verilerinin çok az olmasından dolayı, azalım ilişkileri kullanılır. Deprem yer hareketi azalım ilişkileri kuvvetli zemin hareketinin en uygun parametresinin, depremin kaynağı, depremin büyüklüğü, yayıldığı ortam ve yerel zemin koşullarını karakterize eden parametreler cinsinden ifade etmektedir.

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, tez çalışmasında 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.

#### **3.4.1. Kalkan ve Gülkan, 2004**

Kalkan ve Gülkan, yaptıkları çalışmalarında, 1976-2003 döneminde Türkiye’de meydana gelen ve moment magnitüd değeri 4,0 ve daha büyük olan 57 deprem için, 112 kuvvetli yer hareketi ölçümünden 223 yatay bileşen kaydı kullanılmıştır.



Tablo 3.2. (3.3.) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri.

Peryot (sn)	b1	b2	b3	b5	bv	VA	h (km)	$\sigma_{\ln Y}$
PGA	0,393	0,576	0,107	0,899	0,200	1112	6,91	0,612

En büyük yer ivmesinin doğal logaritması sert (kaya) zemin için aşağıda (Denklem 3.3) verildiği gibi elde edilmiştir:

$$\ln Y = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln(V_s/VA) \quad (3.3)$$

3.3 Denkleminde yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri Tablo 3.2.' de verilmiştir.

3.3 denkleminde 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 [15].

#### 3.4.2. Boore ve diğerleri, 1997

Boore ve diğ. yaptıkları çalışmalarında, 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 magnitud 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 (Denklem 3.4) gibi elde edilmiştir:

$$\ln Y = b_1 + b_2(M-6) + b_3(M-6)^2 + b_5 \ln r + b_v \ln(V_s/VA) \quad (3.4)$$

3.4 denkleminde yer alan değişkenlere ait değerler Tablo 3.3. te verilmiştir.

3.4denkleminde  $Y$ = yerçekimi ivmesi (g) cinsinden en büyük yer ivmesinin yatay bileşeni,  $M$ = moment magnitudüdür.  $\ln Y$ 'nin standart sapması,  $\sigma \ln Y=0.495$  olarak tespit edilmiştir [16].

Tablo 3.3. (3.4.) bağıntısında yer alan değişkenlerin sunulan çalışmada kullanılan değerleri.

<b>Peryot (sn)</b>	<b>b1</b>	<b>b2</b>	<b>b3</b>	<b>b5</b>	<b>bv</b>	<b>VA</b>	<b>h (km)</b>	<b><math>\sigma \ln Y</math></b>
PGA	-0,313	0,527	0,000	-0,778	-0,371	1396	5,57	0,495

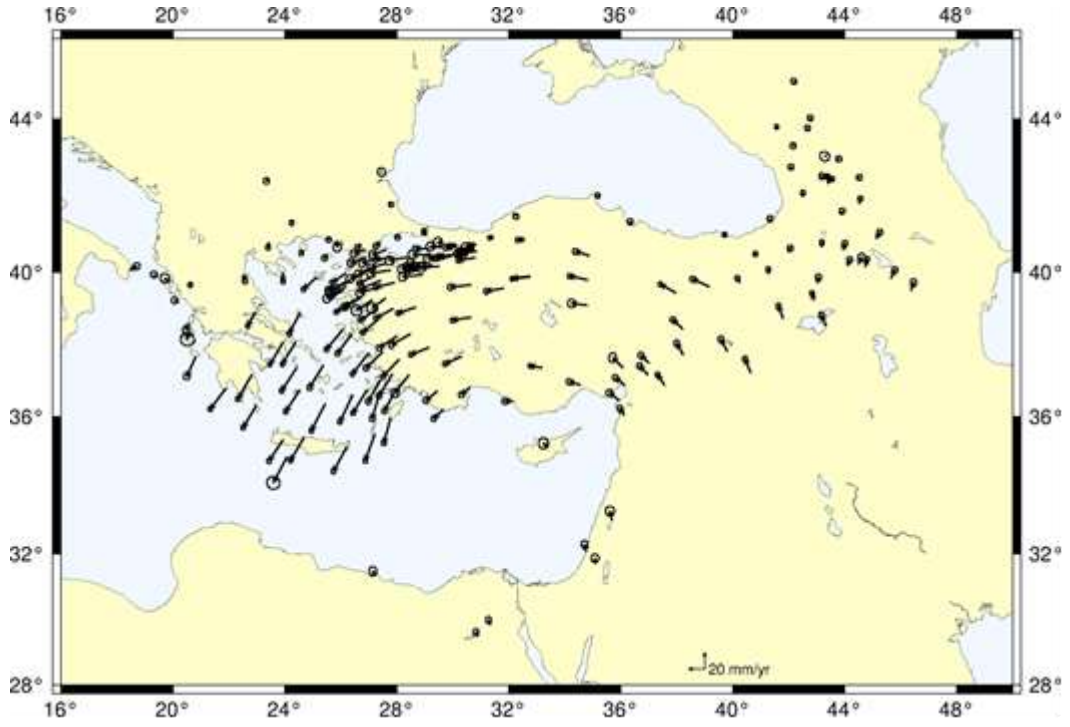
## BÖLÜM 4. TÜRKİYE’NİN SİSMOTEKTONİĞİ

### 4.1. Ana Tektonik Yapılar

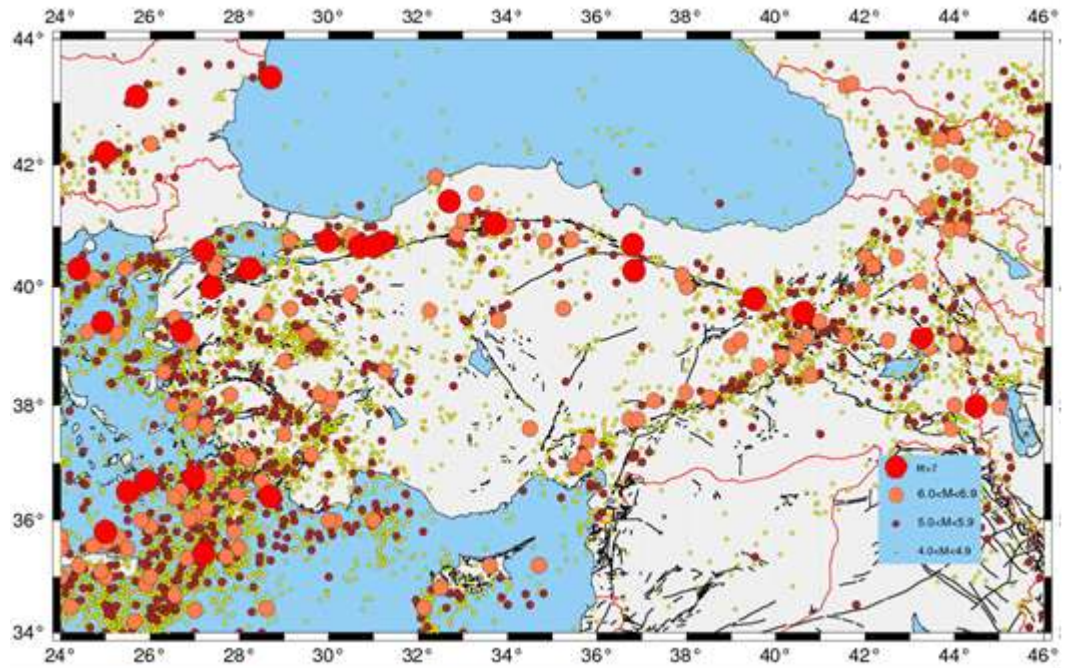
Atlantik Okyanus ortası sırtının iki tarafa doğru yayılmasına bağlı olarak, Afrika-Arabistan levhaları kuzey-kuzeydoğuya doğru hareket etmektedir [17]. Diğer taraftan, Kızıldenizin kuzeydoğu-güneybatı yönünde bugün de devam eden deniz tabanı yayılması nedeni ile Arabistan levhası kuzeye doğru itilerek Avrasya levhasının altına doğru dalmaya zorlanmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesindeki yoğun sıkışmanın nedeni olarak, Arabistan levhası ile Avrasya levhası arasındaki zorlanma gösterilmektedir. Sıkışmaya bağlı olarak gelişen önemli tektonik olaylardan biri de KAF ile DAF arasında kalan Anadolu Bloğunun batıya doğru hareket etmesidir (Şekil 4.1.).

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.

01.01.1900 - 01.01.2015 tarihleri arasında Türkiye ve çevresinde aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkez haritası Şekil 4.2. de verildiği gibidir. 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 Ege Denizi ve EGS’de de göze çarpmakla beraber DAF ve BKK birleşim noktası olan maraş üçlü eklemesindeki sismik aktivite dikkatlerden kaçmamaktadır.



Şekil 4.1. Anadolu Bloğunun GPS ölçümlerine göre hareketi [18].



Şekil 4.2. Türkiye ve çevresinde 01.01.1900-01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelen, aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin dışmerkezlerinin dağılımı.

#### 4.1.1. Kuzey Anadolu fay sistemi

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS), göze çarpan sismik aktivitesi nedeni ile dünyada en iyi bilinen doğrultu atımlı fay sistemlerindedir. Bu fay sistemi Kaliforniya'daki San Andreas Fayı ile yakın benzerlikler göstermektedir [17, 18]. KAFS, doğuda Karlıova civarında sol yönlü Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ile birleşerek üçlü birleşim noktasını oluşturur. Sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olan KAFS, yaklaşık 1500 km uzunluğunda olup, doğuda Karlıovadan başlar bir yay şeklinde kuzeybatıda 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 [17]. 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  $M = 6,2$ ) [18-19].

#### 4.1.2. Doğu Anadolu fay sistemi

Doğu Anadolu Fayı yaklaşık 550 km uzunluğunda birbirine paralel ya da oblik fay serilerini içeren kuzeydoğu yönelimli doğrultu atımlı bir faydır [17,18, 19, 20]. Bu fay zonu Arap ve Afrika plakaları arasındaki sınırdaki sınırda ve Anadolu ile Avrasya plakaları arasındaki sınırdaki transform fay şeklindedir. KAF'ın eşleniği olarak anılmaktadır [21].

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 [22]. Bu "Stepovers" doğrultu atımlı fayları içerir fakat çevrelerindeki geometri dağınıktır. Diğer yandan, Robertson vd. [23] 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 [24-29]. Bu fay zonunda meydana gelen yıkıcı depremlere örnek olarak 22 Mayıs 1971 Bingöl (M = 6,8) ve 1986 Sürgü (M = 6,0), 1 Mayıs 2003 Bingöl (M=6,4), 2010 Bayburt (Elazığ) (M=6) depremleri verilebilir.

#### **4.1.3. Ölüdeniz fay zonu**

Ölüdeniz transform fayı, 1000 km uzunluğunda yaklaşık K-G eğiliminde sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur [30]. İç yapısındaki doğrultu atımlı faylar, pull-apart havzalar veya grabenler tarafından ayrılır (Örneğin Gharb Havzası, Hula Havzası, Ölüdeniz rifti ve Elat Körfezi) [31], [32], [33]. Ölüdeniz fayına bölgesel yükselmeler (1 km'nin üzerinde) ve Amik Havzasından (Hatay) Aqaba Körfezine kadar yoğun ve yaygın magmatik etkinlik eşlik eder [34], [35]. Bu durum Kuzeyde Doğu Anadolu Fay Zonundan Güneyde Ölüdenize kadar uzanır. Tektonik açıdan Ölüdeniz Fayı, Kızıldeniz boyunca ıraksak levha sınırlarına katılır [32], [29].

#### **4.1.4. Ege graben sistemi**

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 [35]. 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 [9].

#### **4.1.5. Kıbrıs yayı**

Kıbrıs Yayı; Doğu Akdeniz'de, kuzeyde Anadolu levhası ve güneyde Afrika levhası arasındaki aktif levha sınırlarına ev sahipliği yapar [36], [37]. Ege yayında levha sınırlarının devamı ve depremlerin kaynağı olarak, doğu Akdeniz okyanusal

kabuğunun kuzeydoğuya doğru hareketi neticesinde oluşturduğu dalma-batma zonu gösterilmektedir [38].

Kıbrıs'ın güneyinde, kuzeye doğru olan dalma-batma zonu Eratosthenes Seamount çarpışmasından etkilenmiştir [39].

Buna karşılık, doğrultu atımlı deformasyonun baskın olduğu Kıbrıs'ın doğu kısmında dalma-batma zonu gözlenmemektedir [38]. 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 [39].

Bölgenin sismisitesi ile ilgili birçok yayın yapılmıştır. Bilinen bütün dökümanlar aletsel dönem boyunca büyük depremlerin ( $M=6,0$  veya daha büyük) oluştuğunu göstermektedir [39-46].

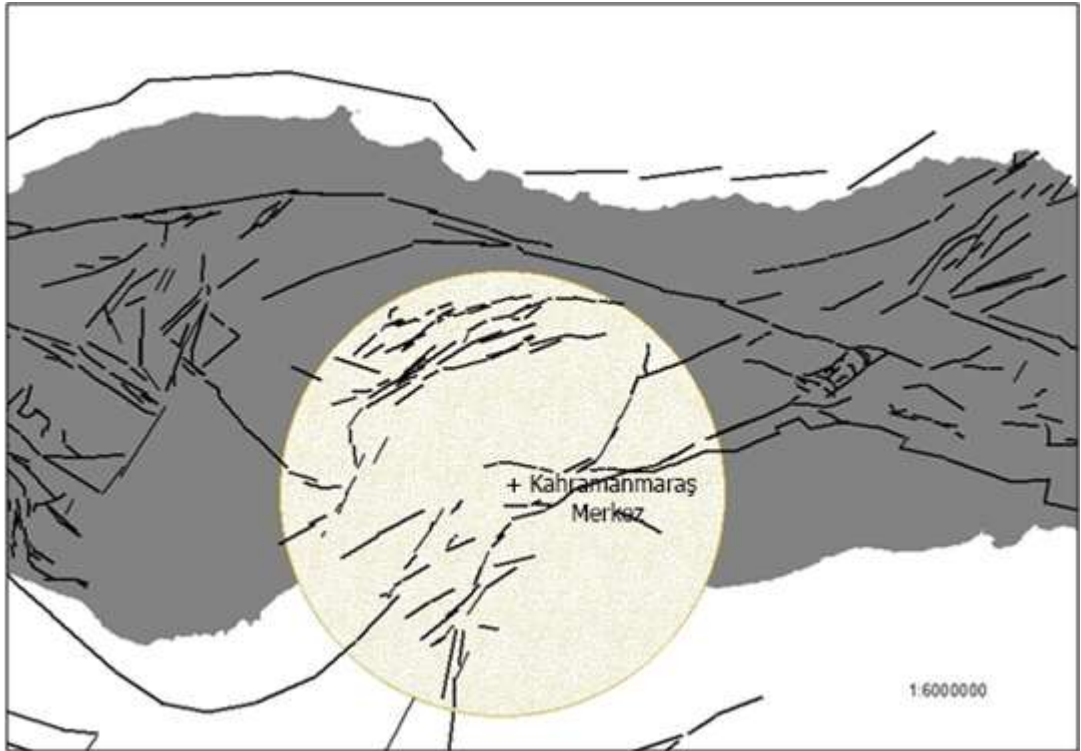
#### **4.1.6. Bitlis kenet kuşağı (Bkk)**

Orta Miyosen'den Erken-Geç Miyosen'e kadar Arap ve Avrasya levhaları Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca çarpışmıştır [47]. 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 [21, 38, 39]. 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 [48], [49]. 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 [50].

## BÖLÜM 5. ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

### 5.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Morfolojisi

Çalışma alanı genel itibari ile 37,575275 K - 36,922821 D koordinatlarında merkezlenmiş 250 km yarıçaplı bir daire içinde kalan bölgeden (Şekil 5.1.) oluşturmaktadır. Çalışma alanının kuzey kesimleri oldukça dağlıktır. Yeryüzü şekilleri genellikle Güneydoğu Torosların uzantıları olan dağlarla bunlar arasında kalan çöküntü alanlarından oluşmaktadır.



Şekil 5.1. Çalışma alanı haritası.

Çalışma alanı içerisinde bulunan belli başlı dağlık alanlar genellikle Güneydoğu Torosların uzantılarıdır. Bunlar Engizek Dağı, Ahırdağı, Amonos (Nur) Dağları, Nurhak Dağları, Kandil Dağları, Sarımsak Dağı, Düldül Dağı ve Binboğa Dağlarıdır.



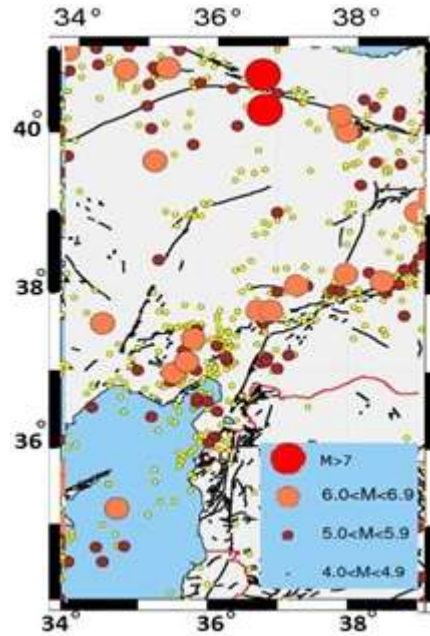
İl kapsamındaki dağlar üçüncü zamanın Alp Sistemi kıvrım dağlarındanndır. Bunlar çeşitli aşınmalarla düzleşmiş ve Neojen sonunda yükselmiş kırıklı ve kıvrımlı dağ sıralarıdır [51,52, 53, 54, 55].

## 5.2. Çalışma Alanının Sismotektoniği

Burası, Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin birbirine en çok yaklaştığı yere rastlar. Kahramanmaraş, Akdeniz Bölgesi Adana Bölümü'nün kuzeydoğusunda yer alır. Kahramanmaraş şehri ise, Ahır Dağı kütesinin güneyinde, kendi adı verilen ovanın kuzey kenarında, deniz seviyesinden 500 - 800 m. yükseltide kurulmuştur. Çalışma alanı olarak belirlediğimiz 37,527275 K – 36,922821 D koordinatları merkez kabul edilerek 250 Km yarıçaptan oluşan bölgede, 1900-2015 döneminde aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük 424 deprem meydana gelmiştir (Şekil 5.2.).

Kahramanmaraş ve yakın çevresi morfotektonik açıdan Anadolu Levhası ile Arabistan Levhası'nın çarpışma etkilerini yansıtır. Nitekim Anadolu Levhası ile Arabistan Levhası'nın çarpışma sınırının hemen güneyinde bir "Kenar Önülke Havzası" [56] içinde yer alan Kahramanmaraş, bu çarpışma sonucunda oluşan ve Türkiye tektoniğinde önemli bir yere sahip olan Doğu Anadolu Fayı ile Ölü Deniz Fayı'nın etkisi altındadır. Genel çerçevesi-ile Kahramanmaraş ve yakın çevresindeki aktif fayların oluşum ve gelişimlerini Türkiye'nin tektonik evrimi içinde ele alıp değerlendirmek gerekir. Ülkemiz; Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Ege Graben Sistemi ve Helenik - Kıbrıs Yayısı gibi sismik açıdan oldukça aktif ana tektonik birliklerden oluşur. Bu tektonik birlikler, bölgedeki levhaların mantodaki konveksiyon hareketlerine bağlı yer değiştirmeleri sonucunda oluşmuştur. Söz konusu hareketler sonucunda Arap Levhası ile Anadolu Levhası, Bitlis – Zagros Kenet Kuşağı boyunca Üst Kretase'de çarpışmışlardır [56]. Çarpışma somasında Arap Levhası'nın Afrika Levhası'na göre kuzeye olan hareketi yavaşlamış, bunun sonucunda Arap Levhası'nın kayma hızında bir azalma olmuştur. Diğer taraftan Afrika Levhası, Helenik - Kıbrıs Yayısı boyunca Anadolu Levhası altına dalmıştır. Bu tektonik rejim içinde bilhassa Anadolu Levhası ile Arabistan Levhası'nın Bitlis –

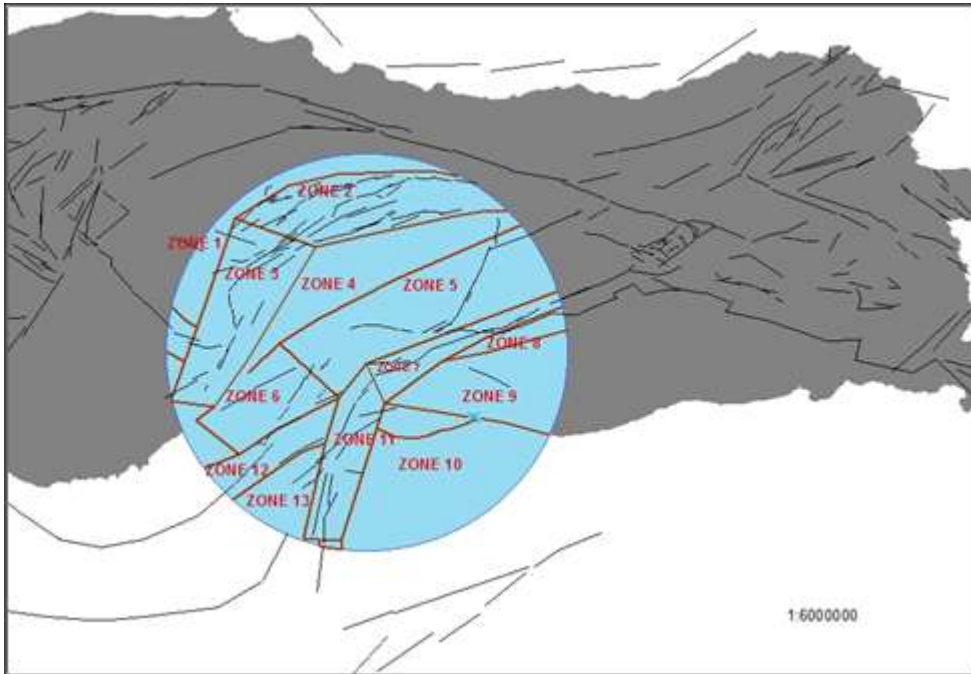
Zagros Kenet Kuşağı boyunca çarpışması sonucu oluşan kuzey - güney yönlü sıkıştırma, yaklaşık doğu batı uzanlı kıvrımlar ve bindirmelerin oluşmasına neden olmuştur. Kuzey - güney sıkıştırma, Üst Miosen'de artık kıvrılma ve bindirmelerle karşılaşamaz duruma gelmiş ve yanal atımlı faylanmalarla telafi edilmiştir. Böylece yanal atımlı sağ yönlü Kuzey Anadolu Fayı ile sol yönlü Doğu Anadolu ve Ölü Deniz Fayları oluşmuştur. Bu faylar boyunca Anadolu Bloku, sıkıştırmaya bağlı olarak batıya doğru kaymaya başlamıştır. JPS ölçümlerine göre Arabistan Levhası'nın Avrasya Levhası'na göre hareketi yaklaşık NNW yönünde 18-20 mm/yıl, Afrika Levhası'nın kuzeye olan hareketinin ise yaklaşık 6-8 mm/yıl olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu ölçüm sonuçlarına göre Doğu Anadolu Fayı Üzerindeki hızın 8 - 9 mm/yıl olduğu anlaşılmaktadır [56]. Bugün aynı mekanizmanın devam etmesi, yer kabuğu içerisinde gerilmelerin kümülatif olarak artmasına yol açar. Gerilmenin jeolojik birimlerin direnir gücünü aşması, enerjinin aniden boşalmasına neden olmakta, bunun sonucunda söz konusu faylar boyunca depremler ve yüzeyde yeni kırıklar oluşmaktadır. Bu nedenle Doğu Anadolu ve Ölü Deniz Fayları'nın sismik aktivitesi ile Kahramanmaraş'ın deprem potansiyeli arasında yakın bir ilişki söz konusudur [18].



Şekil 5.2. Kahramanmaraş ve çevresinde 01.01.1900-01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelen, ve aletsel büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan depremlerin dış merkezlerinin dağılım haritası.

## BÖLÜM 6. ÇALIŞMA ALANININ OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Bölgelendirme çalışma alanı içerisine düşen Earthquake Model Of The Middle East Projesi zonlarından oluşmaktadır (Şekil 6.1.). Çalışma alanı içerisinde toplam 13 adet zon bulunmakta olup bu zonlar üzerindeki toplam 424 adet deprem verisinden yararlanarak bölge için genel vede her bir zon için poisson olasılıksal dağılım yöntemi kullanılarak a ve b parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 6.1.). b sabitinin kabuktaki gerilme ile ters orantılı olup deprem oluşumun fiziği ile ilişkili olduğunu göz önünde bulundurursak yapılan hesaplamalar neticesinde çalışma alanının güney kesimlerinde düşük değerlerde bulunan b değerleri bölgesel kabuk gerilmesinin arttığını ortaya çıkartmaktadır. 250 km yarıçaplı bölge için hesaplanan b değerinin genel alan için 0,96, zonlar arasındaysa 0,81-1,25 arasında değişim göstermektedir.

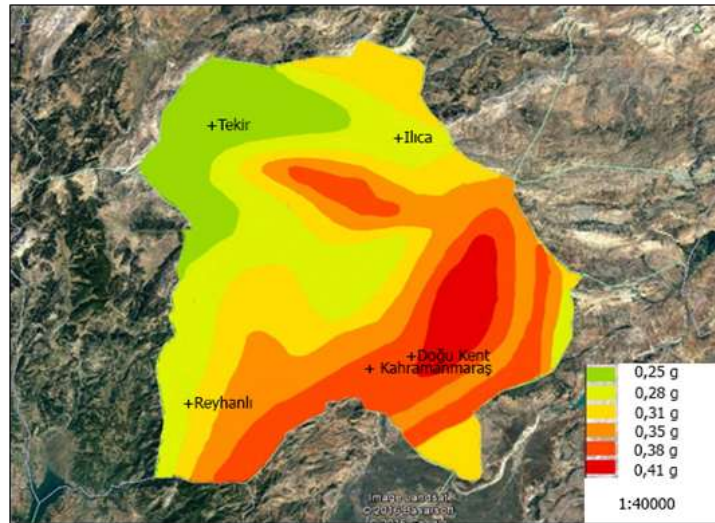


Şekil 6.1. Çalışma alanı bölgelendirme haritası.

Tablo 6.1. Çalışma kapsamında hesaplanmış olan genel ve zonlara ait parametre değerleri.

ZONLAR	a değeri	b değeri
ZON 1	3,25	0,86
ZON 2	4,39	1,02
ZON 3	3,38	0,88
ZON 4	5,91	1,25
ZON 5	5,31	1,19
ZON 6	5,11	1,14
ZON 7	3,51	0,91
ZON 8	3,49	0,9
ZON 9	3,52	0,92
ZON 10	3,13	0,9
ZON 11	3,86	0,97
ZON 12	3,11	0,83
ZON 13	2,99	0,81
GENEL	4,06	0,96

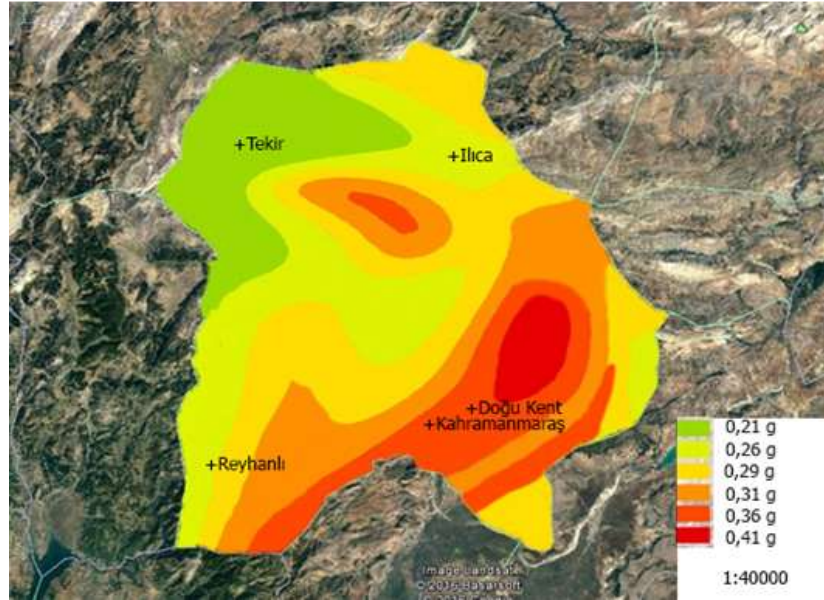
Çalışma alanının sismik tehlike analizinin yapılmasında ve eş-ivme haritalarının oluşturulmasında CRISIS2007 [57] yazılımı kullanılmıştır. Kalkan ve Gülkan [15] tarafından geliştirilen ivme-azalım bağıntısı kullanılarak, Kahramanmaraş merkezinden 250 km yarıçaplı alan için sismik tehlike değerlerine ilişkin hesaplamalar yapılmış ve ivme azalım ilişkisine bağlı olarak 450 yıllık tekrar için sismik tehlike haritası üretilmiştir (Şekil 6.2.).



Şekil 6.2. Kalkan ve Gülkan [15] ivme-azalım ilişkisi kullanılarak, 450 yıllık tekrar için sismik tehlike haritası.

Yapılan çalışma neticesinde Ergani Cüngüs ve Doğu Anadolu fay hattının çalışma alanı içerisinde olan kısımlarından 1875 Pütürge, 1893 Çelikhan, Maraş Ahırdağ segmentlerinde ivme değerlerinin yüksek olduğu, bunu takiben 1822 Amanos Depremi, Ölü Deniz fayında ivme değerlerinin yüksek olarak hesaplanıldığı görülmektedir.

Sismik tehlike analizini iki farklı azalım ilişkisi yaklaşımına göre incelenmesi amaçlı olarak Boore ve diğerleri (1997) tarafından üretilmiş azalım ilişkisi kullanılarak Kahramanmaraş merkezinden 250 km yarıçaplı alan için sismik tehlike değerlerine ilişkin hesaplamalar yapılmış ve ivme azalım ilişkisine bağlı olarak 450 yıllık tekrar için bir sismik tehlike haritası üretilmiştir (Şekil 6.3.).



Şekil 6.3. Boore vd. [16] tarafından geliştirilen ivme-azalım ilişkisi kullanılarak 450 yıllık tekrar için sismik tehlike haritası.

Bunlara ek olarak çalışma alanındaki zonlara ait 10,50,75,100 yıl için olasılık değerleri tespit edilmiş (Tablo 6.2.). Bu hesaplamalar neticesinde bölgenin güney doğu kesimlerindeki deprem riskinin yüksekliği açık bir şekilde görülmüştür.

Tablo 6.2. 10 50 75 100 yıl için aşılma olasılıkları.

Zone	M	D (Yıl) için	D (Yıl) için	D (Yıl) için	D (Yıl) için
		Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)	Olasılık (%)
		10	50	75	100
Zone 1	5	91,5	100,0	100,0	100,0
	5,5	56,5	98,4	99,8	100,0
	6	24,6	75,6	87,9	94,0
	6,5	9,1	37,9	51,1	61,5
	7	3,2	14,9	21,5	27,6
	7,5	1,1	5,3	7,9	10,3
Zone 2	5	88,5	98,0	100,0	100,0
	5,5	46,0	96,4	99,6	100,0
	6	28,0	75,0	89,0	93,0
	6,5	11,0	32,0	53,0	62,0
	7	2,0	8,0	15,0	24,0
	7,5	1,0	4,1	6,8	9,5
Zone 3	5	87,0	98,0	99,3	100,0
	5,5	46,0	96,4	99,0	100,0
	6	23,0	74,0	89,0	93,0
	6,5	12,0	34,0	55,0	48,0
	7	1,0	7,0	12,0	23,0
	7,5	1,0	3,5	5,6	8,6
Zone 4	5	65,0	80,0	88,0	98,0
	5,5	38,0	76,0	87,0	95,0
	6	19,0	72,0	84,0	91,0
	6,5	10,0	22,0	31,1	41,0
	7	1,0	4,0	9,0	12,0
	7,5	1,0	3,0	4,6	9,5
Zone 5	5	76,0	95,2	99,0	100,0
	5,5	42,0	93,2	95,1	100,0
	6	21,0	72,1	86,5	91,0
	6,5	11,2	46,2	52,2	61,5
	7	1,0	5,4	12,0	23,0
	7,5	1,0	3,5	5,6	8,6
Zone 6	5	72,0	94,2	98,0	100,0
	5,5	42,0	92,0	96,5	100,0
	6	21,0	72,1	86,5	91,0
	6,5	11,2	46,2	52,2	61,3
	7	1,0	5,4	12,0	23,0
	7,5	1,0	3,5	5,6	8,6
Zone 7	5	72,0	94,2	98,0	100,0
	5,5	42,0	92,0	96,5	100,0
	6	21,0	72,1	86,5	91,0
	6,5	11,2	46,2	64,3	85,2
	7	1,0	5,4	12,0	23,0
	7,5	1,0	3,5	5,6	8,6

Tablo 6.2. ( Devamı)

Zone	M	D (Yıl) için Olasılık (%)			
		10	50	75	100
Zone 8	5	69,0	93,2	95,0	100,0
	5,5	43,2	91,4	93,3	100,0
	6	19,3	69,5	82,1	91,0
	6,5	9,8	43,2	45,1	52,3
	7	1,0	5,1	11,4	23,0
	7,5	1,0	3,1	4,8	8,6
	5	56,2	87,2	95,0	100,0
Zone 9	5,5	38,3	78,6	93,3	100,0
	6	14,2	59,8	82,1	91,0
	6,5	5,6	37,4	42,3	51,5
	7	1,0	3,2	9,8	12,5
	7,5	1,0	1,9	3,2	5,6
	5	46,0	76,6	88,2	100,0
	5,5	32,2	65,5	79,5	100,0
Zone 10	6	12,2	51,2	76,8	89,0
	6,5	4,8	33,8	41,1	45,8
	7	1,0	2,7	8,4	9,5
	7,5	1,0	1,1	3,1	4,3
	5	89,0	99,0	99,8	100,0
	5,5	61,1	94,2	99,1	100,0
	6	25,2	78,3	81,2	92,0
Zone 11	6,5	10,2	38,9	55,1	68,5
	7	4,2	15,8	21,4	27,5
	7,5	1,1	4,6	6,8	9,5
	5	92,0	99,0	99,6	100,0
	5,5	64,2	95,5	99,3	100,0
	6	34,5	79,8	84,5	94,0
	6,5	13,2	43,3	58,3	74,4
Zone 12	7	5,6	19,8	24,5	32,3
	7,5	1,1	6,4	7,2	10,8
	5	93,0	99,3	99,8	100,0
	5,5	65,2	96,4	99,5	100,0
	6	36,8	82,3	88,7	95,6
	6,5	15,2	54,4	61,5	76,7
	7	6,3	20,1	28,3	35,4
Zone 13	7,5	1,2	7,5	8,9	11,2

## BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kahramanmaraş ve çevresinin deprem tehlikesine ışık tutması açısından hazırlanan bu çalışmada 450 yıllık tekrar periyodunda karşılık gelen en büyük zemin ivme değerleri çalışma alanı için hesaplanılmış ve bu bilgiler ışığında Boore ve diğerleri (1997) [16] ile Kalkan ve Gülkan (2004) [15] tarafından geliştirilen iki farklı ivme-azalım bağıntısı kullanılarak eş-ivme haritaları elde edilmiştir. Buna ek olarak bölge için 10, 50, 75 ve 100 yıl periyotları için 5-5,5-6-6,5-7 ve 7,5 büyüklüklerinde depremlerin aşılma olasılıkları da hesaplanılarak yapılan çalışma desteklenmiştir. Yapılan çalışma, önümüzdeki süreçte yapılacak olan bilimsel çalışmalarda Kahramanmaraş ve yakın çevresinin deprem tehlikesinin daha net anlaşılması için basamak oluşturacaktır.

Çalışma alanı olarak 36,922821 K 37,575275 D merkez koordinatlarının 250 km yarıçaplı bölgede 01.01.1900-01.01.2015 tarihleri arasında meydana gelmiş ve moment magnitudüne göre büyüklüğü 4,0 ve daha büyük olan 424 adet deprem kullanılmıştır.

Çalışma alanının eş-ivme haritalarının oluşturulmasında CRISIS2007 [57] programı kullanılmıştır. Bütün hesaplamalar neticesinde Doğu Anadolu fayı ve Bitlis Bindirme kuşağının kesişim noktaları en tehlikeli bölgeler olarak karşımıza çıkmıştır. Çalışma alanı için hesaplanılan ivme değerleri, Boore vd için 0,21 ve 0,41, Kalkan ve Gürkan için 0,25 ve 0,41 arasında değişmekte olup Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasından çalışma alanımıza ait ivme değerleri ile çalışma sonucunda elde edilen ivme değerleri karşılaştırıldığında özellikle çalışma alanının güney ve güney doğu kısmında büyük oranda eşleşme olduğu görülmüştür.

5.5.1986 günü Malatya'nın Doğanşehir ve Sürgü ilçeleri yakınlarında 5,8 magnitud büyüklüğündeki ilk depremin resmi verilerinde 824 ağır, 2539 orta ve 4705 az hasar



bildirilmişse de 6.6.1986 tarihli aynı büyüklükteki deprem hasarın daha da artmasına neden olmuştur. Çalışma alanımızda Zone 5 in sınırları içerisinde giren Sürgü ve çevresi için 6 büyüklüğünde bir depremin 50 yıl içerisinde aşılma olasılığı % 72 olarak tespit edilmiştir.

Türkiye geneli bir çalışma olan, Ulaştırma Bakanlığı, Deprem tehlikesi belirleme çalışması [1] sonucunda hesaplanan ivme değerleri 36,922821 K 37,575275 D koordinatları ve yakın çevresinde 0,3 g-0,4 g arasında değişmekte olup bu sonuçlar yapmış olduğumuz çalışma ile örtüşmektedir.

En güncel çalışmalardan biri olan Share (Seismic Hazard Harmonization Europe) tarafından hazırlanan Avrupa Sismik Tehlike Haritası incelendiğinde 36,922821 K 37,575275 D koordinatları ve yakın çevresinde ivme değerlerinin 0,3 g-0,5 g arasında değiştiği, özellikle çalışma alanının güney güneydoğusunda benzer değerler hesaplandığı gözlenmiştir.

Ülkemizde her yüzyılda yıkıcı depremlerin meydana geldiği ve bu depremlerde birçok can ve mal kaybı yaşandığı, ekonomik zararın oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Bu zararları en aza indirebilmek için yerleşim alanları tercihi sağlam zeminlerden yana kullanılmalı ve zemin güçlendirme çalışmalarına önem verilmelidir. Çeşitli zemin sınıflarına inşaa edilecek olan yapıların tasarım aşamasında ilgili bölgede zemin koşullarının belirlenmesine yönelik yapılmış olan bilimsel çalışmalar dikkate alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Mustafa Erdik, Karin Sasetyan, Mine B. Demirciođlu, Eser Durukal, Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar Ve Hava Meydanları İnşaatı Genel M¼d¼rl¼đ¼ Kıyı Yapıları, Demiryolları Ve Hava Meydanları İnşaatları Deprem Teknik Y¼netmeliđi İçin Deprem Teknik Y¼netmeliđi İçin Deprem Tehlikesinin Belirlenmesi İstanbul, 2006.
- [2] Y¼cemen, M. S., Deprem Tehlikesinin Tahmininde Olasılıksal Y¼ntemler 14. B¼l¼m, Binalar İçin Deprem M¼hendisliđi Temel İlkeleri, Edit¼rler, E. Canbay V.D., Bizim B¼re Basımevi, Sayfa 365-413, Ankara, 2008.
- [3] Deniz A. Ve Y¼cemen, M. S., Antalya Y¼resi İçin Deprem Tehlikesinin Stokastik Y¼ntemler İle Tahmini, Antalya Y¼resinin İnşaat M¼hendisliđi Sorunları Kongresi, Bildiriler Kitabı, S. 540-551, 2005.
- [4] Askan, A., Ün, E.M., Yılmaz N. And Y¼cemen, M.S. Estimation Of Seismic Damage In The Antakya Region Due To Background Seismic Activity, Workshop On Seismic Risk Assessment And Mitigation In The Antakya Maraş Region On The Basis Of Microzonation Vulnerability And Preparedness Studies, Antakya, 2010.
- [5] Reiter, L., Earthquake Hazard Analysis Issues And Insights, Columbia University Press, New York, 254 Pp. 1990.
- [6] Deprem, T.C. Bayındırlık Ve İşkan Bakanlığı Teknik Araştırma Ve Uygulama Genel M¼d¼rl¼đ¼, T.A.U. Yayın: 3, Ankara, 1986.
- [7] Kramer, S. L., Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey, 653, 1996.
- [8] Cornell, C. A., Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin Of The Seismological Society Of America, 58, 1583-1606, 1968.
- [9] <http://sismo.deprem.gov.tr/sarbis/veritabani/ISC.aspx>, Erişim Tarihi: 11. 04. 2016.
- [10] <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>, Erişim Tarihi: 11.05.2016.

- [11] Yalçın H., Gülen L., Utkucu M., Hacattepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama Ve Araştırma Merkezi Bülteni, 34 (3), 133-160, 2013.
- [12] <http://www.share-eu.org/node/70>., Erişim Tarihi: 11.07.2016.
- [13] Gutenberg, B., Richter, C. F., Seismicity Of The Earth And Associated Phenomenon, Princeton University Press, Princeton, New York, 1949.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Arpat, E., Şaroğlu, F., The East Anatolian Fault System: Thoughts On It's Development, Min. Res. Expl. Inst. Turkey Bull., 78, 33-39, 1972.
- [18] 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., Şanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., and Veis, G., GPS constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus, J. Geophys. Res., 105, 5695-5719, 2000.
- [19] Ketin İ., Relations Between General Tectonic Features And The Main Earthquake Regions Of Turkey, Min. Res. Explor. Inst. Bull., 71, 63-67, 1968.
- [20] 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.
- [21] 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.

- [22] Yılmaz, Y., New Evidence And Model On The Evolution Of The Southeast Anatolian Orogen, *Geol. Soc. Am. Bull.* 105, 251-271, 1993.
- [23] Robertson, A.H.F. Grasso, M., Overview Of The Late Tertiary Recent Tectonic And Paleo Environmental Development Of The Mediterranean Region. *Terra Nova*, 7, 114-127, 1995.
- [24] 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.
- [25] Ambraseys, N. N., Zatopek, A., The Varto Ustukran Earthquake Of 19 August 1966, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 58, 47-102, 1968.
- [26] Wallace, R., Earthquake of August 19, 1966, Varto Area, Eastern Turkey, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 58, 11-56, 1968.
- [27] Ambraseys, N. N., Engineering Seismology, *Earthq. Engineer. Struct. Dynam.*, 17, 1-105, 1988.
- [28] Cornell, C. A., Engineering Seismic Risk Analysis, *Bulletin Of The Seismological Society Of America*, 58, 1583-1606, 1968.
- [29] Westaway, R., Present Day Kinematics Of The Middle East And Eastern Mediterranean, *J. Geophys. Res.* 99, 12071-12090, 1994.
- [30] Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., Active Fault Map Of Turkey. General Directorate Of Mineral And Research Exploration Of Turkey Publication, 1992.
- [31] Allen, C. R., Active Faulting In Northern Turkey, Division Of Geological Science, California Institute Of Technology Contribution No. 1577, 1969.
- [32] Muehlberger, R. W., Gordon, M. B., Observations On The Complexity Of The East Anatolian Fault, Turkey, *J. Struct Geol.* 9, 899-903, 1987.
- [33] Mckenzie, D. P., Active Tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 30, 109-185, 1972.
- [34] Jackson, J., Mckenzie, D., Active Tectonics Of The Alpine-Himalayan Belt Between Western Turkey And Pakistan, *Geophys. J. Royal Astr. Soc.*, 7, 185-264, 1984.

- [35] 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.
- [36] Arpat, E., Şaroğlu, F., The East Anatolian Fault System: Thoughts On It's Development, *Min.Res.Expl. Inst. Turkey Bull.*, 78, 33-39, 1972.
- [37] Taymaz, T., Jackson, J., Mckenzie, D. P., Active Tectonics Of The North And Central Aegean Sea, *Geophy. J. Inter.*, 106, 433-490, 1991.
- [38] Ambraseys, N. N., Temporary Seismic Quiescence, Se Turkey, *Geophys. J.*, 96, 411-431, 1989.
- [39] Quennell, A. M., The Structural And Geomorphic Evolution Of The Dead Sea Rift, *Quart. J. Geol. Soc.*, 114, 1-24, London, 1958.
- [40] Wdowwinski, S., Zilberman, E., Kinematic Modelling Of Large Scale Structural Asymmetry Across The Dead Sea Rift, *Tectonophysics*, 266, 187-201, 1996.
- [41] Çapan, U.Z., Vidal, P., Cantagrel, J.M., Kar, Nd, Sr And Pb Isotopic Study Of The Quaternary Volcanism In Karasu Risft ( Hatay), N End Of Dead Sea Rift Zone İn Se Turkey, *Hacettepe Univ. Earth Sci.*, 14, 165-178, 1987.
- [42] Parlak, O., Kop, A., Ünlügenç, U., Demirkol, C., Geochemistry And Geochronology Of Basaltic Rocks İn The Karasu Graben Near Kırıkhan (Hatay), Southern Turkey, *Turkish J. Earth Sci.*, 7, 53-61, 1998.
- [43] Mckenzie , D. P., Plate Tectonics Of The Mediterranean Region, *Nature* 220, 239-343, 1970.
- [44] Nur, A., Ben Avraham Z., The Eastern Mediterranean And The Levant Tectonics Of Continental Collision, *Tectonophysics* 46, 297-311, 1978.
- [45] 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.
- [46] Reilinger, R. E., Mcclusky, S. C., Oral, M. B., King W., Toksöz, M. N., Global Positioning, System Measurements Of Present Day Crustal Movements İn The Arabian Africa Eurasia Plate Collision Zone, *J. Geophy. Res.* 102, 9983-9999, 1997.
- [47] Ambraseys, N. N., The Seismic History Of Cyprus. *Rev. Union Int. Secours*, Geneva 3, 25-48, 1965.

- [48] Ambraseys, N. N., Reappraisal Of The Seismicity In Cyprus (1894-1991). Imperial College, ESSE Research Report 92-9, 47-67, 1992.
- [49] Papazachos, B. C., Distribution Of Seismic Foci In The Mediterranean And Surrounding Area And Its Tectonic Implications, *Geophys. Jr. Astron. Soc.* 33, 421-432, 1973.
- [50] Papazachos, B. C., Large Seismic Faults In The Aegean Arc, *Annal. Geofisika* 39, 891-903, 1996.
- [51] Gutenberg, B., Richter, C. F., *Seismicity Of The Earth And Associated Phenomenon*, Princeton University Press, Princeton, New York, 1949.
- [52] Salamon, A., Hofstetter, A., Garfunkel, Z., Ron, H., Seismicity In The Eastern Mediterranean Region: Perspective From The Sinai Subplate *Tectonophysics* 263, 293-305, 1996.
- [53] Papazachos, B. C., Papaioannou, C. A., Lithospheric Boundaries And Plate Motions In The Cyprus Area, *Tectonophysics*, 308, 193-204, 1999.
- [54] Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., Tethyan Evolution Of Turkey: Aplate Tectonic Approach, *Tectonophysics* 75, 181-241, 1981.
- [55] Yılmaz, Y., Yigitbaş, E., Genç, C. Ş., Ophiolitic And Metamorphic Assemblages Of Southeast Anatolia And Their Significanca In The Geological Evolution Of The Orogenic Belt, *Tectonics* 12, 1280-1297, 1993.
- [56] Pınar, N., Lahn, E., Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, İmar Reisliği Yayınları, Seri 6, Sayı 36, 1952.
- [57] Ordaz, M., Aguilar, A., Arboleda, J., Crisis 2003, Ver. 1.2.100, Prgram For Computing Seismic Hazard, Instituto De Ingenieria, Unam, Mexico, 2007.

## ÖZGEÇMİŞ

Yiğit İNCE, 28.07.1986 da Mersin’de doğdu. İlköğretimi Mersin’de, Orta öğretimi Ankara’da, Liseyi ise İstanbul’da tamamladı. 2003 yılında Mecidiyeköy Lisesinden mezun oldu. 2005 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümünü 2010 yılında bitirdi. 2011 yılında Sakarya Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Yüksek Lisans Programına başladı. 2013 – 2015 yılları arasında Gap İnşaat Tarlabası Kentsel Yenileme projesinde İş Güvenliği Şefi olarak çalıştı. Şu anda Kalkavan Yapı Hasan Sever İnş. Gülyapı Gayrimenkul ortaklığı Yedi Mavi Projesinde İş Güvenliği Koordinatörü olarak görev yapmaktadır.