

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ VE SAHAYA ÖZEL DEPREM
SPEKTRUMU GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Özgün BIÇAK

**HAZİRAN 2018
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ VE SAHAYA ÖZEL
DEPREM SPEKTRUMU GELİŞTİRİLMESİ**

İnş. Müh. Özgün BIÇAK

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"İNŞAAT YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 05 / 2018

Tezin Savunma Tarihi : 29 / 06 / 2018

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Trabzon 2018

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Özgün BİÇAK Tarafından Hazırlanan**

**OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ VE SAHAYA ÖZEL
DEPREM SPEKTRUMU GELİŞTİRİLMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29 / 05 / 2018 gün ve 1755 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Şevket ATEŞ

Üye : Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Üye : Doç Dr. Serkan ÖZTÜRK



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi ve Sahaya Özel Deprem Spektrumu Geliştirilmesi” isimli tez çalışmasını bana öneren ve her bir aşamasında gerek bilgi ve tecrübelerini gerekse maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK'a en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı başından beri takip eden, inceleyen ve görüşlerini benimle paylaşan değerli hocalarım Prof. Dr. Şevket ATEŞ, Prof. Dr. Süleyman ADANUR, Doç. Dr. Volkan KAHYA, Dr. Öğr. Üyesi Murat GÜNAYDIN ve Arş. Gör. Ali Fuat GENÇ'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamı başından beri takip eden, inceleyen değerlendiren ve değerli görüş ve bilgilerini benimle paylaşan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Şevket ATEŞ ve Doç. Dr. Serkan Öztürk'e çok teşekkür ederim

Tez çalışmamın her bir bölümünde yanımda olan ve yardımlarıyla bu çalışmanın başarıya ulaşmasında büyük katkısı olan değerli meslektaşlarım İnş. Müh. Büşra ERSOY, İnş. Yük. Müh. Ali YETİŞKEN, İnş. Müh. Fatma ÖNALAN, Arş. Gör. Fatih Yesevi OKUR, İnş. Yük. Müh. Ebru KALKAN, Arş. Gör. Olguhan Şevket KARAHASAN, İnş. Müh. Yunus Emrahan AKBULUT ve İnş. Müh. Onur Oğuz ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen babam Cavit BIÇAK, annem Müjgan BIÇAK ve kardeşim Cenker BIÇAK'a göstermiş oldukları sabırdan dolayı minnettar olduğumu belirtir, bu çalışmanın yeni çalışmalara ışık tutması ve ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Özgün BIÇAK
Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ VE SAHAYA ÖZEL DEPREM SPEKTRUMU GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 29/06/2018

Özgün BIÇAK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	15
1.1. Giriş.....	15
1.2. Sahaya Özel Sismik Tehlike Analizi ve Deprem Yer Hareketi Spektrumu ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	16
1.3. Tezin Amacı ve İçeriği.....	26
1.4. Sismik Tehlike Analizi.....	27
1.4.1. Deterministik Sismik Tehlike Analizi.....	27
1.4.2. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi (OSTA).....	29
1.4.2.1. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi Yapılacak Alanın Belirlenmesi	30
1.4.2.2. Deprem Veri Tabanının Oluşturulması.....	31
1.4.2.2.1. Veri Tabanının Tek Bir Magnitüd Ölçeğine Göre Oluşturulması	31
1.4.2.2.2. Veri Tabanının İkincil Depremlerden Arındırılması.....	32
1.4.2.2.3. Veri Tabanındaki Eksikliklerin Giderilmesi	33
1.4.2.3. Depremlerin Mekânsal Dağılım Modelleri	35
1.4.2.3.1. Noktasal Kaynak	36
1.4.2.3.2. Çizgisel Kaynak	36
1.4.2.3.3. Alansal Kaynak	36
1.4.2.4. Kaynakların Sismisitesi.....	37
1.4.2.4.1. Magnitüd (Büyüklik) Ölçekleri	37

1.4.2.4.1.1.	Süreyeye Bağlı Büyüklük (M_d).....	37
1.4.2.4.1.2.	Yerel (Lokal) Büyüklük (M_L)	37
1.4.2.4.1.3.	Yüzey Dalgası Büyüklüğü (M_s)	37
1.4.2.4.1.4.	Cisim Dalgası Büyüklüğü (M_b).....	38
1.4.2.4.1.5.	Moment Büyüklüğü (M_w)	38
1.4.2.4.2.	Magnitüd-Tekerrür İlişkisi	38
1.4.2.4.3.	Sismik Kaynakların Minimum ve Maksimum Magnitüd Değerleri.....	39
1.4.2.4.4.	Magnitüd Dağılımı	40
1.4.2.4.4.1.	Budanmış Üstel Dağılım Modeli.....	40
1.4.2.4.4.2.	Karakteristik Deprem Modeli.....	41
1.4.2.4.5.	Deprem Aktivite Oranları.....	43
1.4.2.5.	Deprem Oluşum Modelleri.....	44
1.4.2.5.1.	Zamandan Bağımsız Modeller	44
1.4.2.5.1.1.	Poisson Modeli.....	44
1.4.2.5.2.	Zamana Bağlı Modeller.....	45
1.4.2.5.2.1.	Yineleme Modeli.....	45
1.4.2.5.2.2.	Karma Yinelenme Modeli.....	45
1.4.2.6.	Yer Hareketi Tahmin Denklemleri.....	46
1.4.2.7.	Sismik Tehlike Hesaplamaları	47
1.4.2.8.	Olasılıksal Sismik Tehlike Analizindeki Belirsizlikler.....	48
1.4.2.8.1.	Rassal Belirsizlikler.....	48
1.4.2.8.2.	Bilgiye Dayalı (Epistemik) Belirsizlikler.....	48
1.4.2.8.2.1.	Mantık Ağacı Yöntemi.....	49
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR	50
2.1.	Giriş.....	50
2.2.	EZ-FRISK Programının Tanıtımı ve Kullanımı.....	50
2.2.1.	Alansal Kaynak Özelliklerinin Tanımlanması	52
2.2.2.	Çizgisel Kaynak Özellikleri ve Tanımlanması.....	56
2.2.3.	Sismik Tehlike Hesabı	62
2.3.	Burdur İlının Sismisitesi.....	70
2.4.	Tarihsel Depremler.....	71

2.5.	Diri Faylar ve Sismik Kaynak Modelleri	73
2.6.	Deprem Kataloğunun Oluşturulması.....	80
2.7.	Deprem Kaynak Modelleri.....	99
2.8.	Yer Hareketi Tahmin Denklemleri ve Sismik Tehlike Hesap Sonuçları.....	104
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	112
4.	KAYNAKLAR.....	115
5.	EKLER	123
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

OLASILIKSAL SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ VE SAHAYA ÖZEL DEPREM SPEKTRUMU GELİŞTİRİLMESİ

Özgün BIÇAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK
2018, 122 Sayfa, 4 Sayfa Ek

Bu tez çalışması kapsamında; nükleer santraller, barajlar, hastaneler, köprüler ve yüksek binalar gibi deprem sırasında hasar görmeleri büyük maddi ve manevi kayıplara yol açabilecek önemli mühendislik yapılarının projelendirilmesinde gerekli olan olasılıksal sismik tehlike analizinin nasıl yapıldığı, bu aşamada nelere dikkat edilmesi gerektiği ve sahaya özel deprem spektrumunun nasıl oluşturulduğu açıklanmaktadır. Ayrıca tez kapsamında, sahaya özel deprem spektrumu oluşturulurken geçmişte meydana gelen depremlere ait verileri jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirmek, çalışma alanında beklenebilecek sismik etkinlik için belirli olasılık değerlerini saptayabilmek gerekmektedir. Bu amaçla örnek olarak, Burdur ili merkezinde yapılması planlanan hastane projesi için olasılıksal sismik tehlike analizi gerçekleştirilmiş olup, boyutlandırma aşamasında kullanılabilecek sahaya özel deprem spektrumları oluşturulmuştur. Elde edilen spektrumlar DBYBHY (2007) ve TBDY (2018) yönetmeliklerindeki tasarım spektrumları ile karşılaştırılmış ve bu spektrumların oldukça altında kalmıştır. Bu yüzden, yapılacak yapının boyutlandırılmasında DBYBHY, 2007'deki tasarım spektrumunun kullanılması tavsiye edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi, Sahaya Özel Deprem Spektrumu

Master Thesis

SUMMARY

PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF SITE SPECIFIC RESPONSE SPECTRA

Özgün BIÇAK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK
2018, 122 Pages, 4 Pages Appendix

In this study, it's described how the probabilistic seismic hazard analysis required for in the design of important engineering structures that could cause major financial and spiritual losses such as nuclear power plants, dams, hospitals, bridges and high buildings should be done, what should be paid attention and how the site specific response spectra should be created. In addition, within the scope of the thesis, it is necessary to combine the data belonging to the earthquakes in the past with the geological, seismological, statistical and other information in a systematic way and to determine certain probability values for the seismic activity that can be expected in the field of work. For this purpose, a probabilistic seismic hazard analysis has been carried out for a specific point in the Burdur province where the hospital is planned to be constructed and site specific response spectra has been created that can be used during the dimensioning phaze. The obtained spectra were compared with the design spectra of DBYBHY (2007) and TBDY (2018) design codes and remained well below these spectra. Therefore, it is recommended to use the DBYBHY 2007 design spectra for dimensioning phaze the building to be built.

Key Words: Probabilistic Seismic Hazard Analysis, Site Specific Response Spectra

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1.	Deterministik sismik tehlike analizinin aşamaları..... 28
Şekil 1.2.	Olasılıksal sismik tehlike analizinin aşamaları..... 30
Şekil 1.3.	Budanmış üstel ve karakteristik deprem modelleri için magnitüd olasılık yoğunluk işlevleri 41
Şekil 1.4.	Schwartz ve Coppersmith (1985) tarafından önerilen Karakteristik Deprem Modeli..... 42
Şekil 2.1.	Üst araç çubuğu menüleri..... 51
Şekil 2.2.	Yan araç çubuğu düğmeleri..... 52
Şekil 2.3.	Alansal sismik kaynak için yan araç çubuğu menüsü 53
Şekil 2.4.	Sismik bölgeler penceresi..... 54
Şekil 2.5.	Yeni bir sismik bölge tanımlama penceresi..... 54
Şekil 2.6.	Sismik kaynaklar penceresi 54
Şekil 2.7.	Yeni bir alansal kaynak tanımlama penceresi 55
Şekil 2.8.	Alansal kaynağın özellikleri ve koordinatları penceresi..... 55
Şekil 2.9.	Çizgisel sismik kaynak için yan araç çubuğu menüsü 57
Şekil 2.10.	Çizgisel kaynak veri tabanı penceresi 58
Şekil 2.11.	Çizgisel kaynak özellikleri penceresi 59
Şekil 2.12.	Çizgisel kaynak fay kırığı parametreleri penceresi 59
Şekil 2.13.	Çizgisel kaynak koordinatları penceresi..... 60
Şekil 2.14.	Çizgisel kaynak magnitüd tekerrür ilişkisi penceresi 61
Şekil 2.15.	EZ-FRISK yeni proje oluşturulması..... 62
Şekil 2.16.	EZ-FRISK yapılacak analiz türünün seçilmesi 63
Şekil 2.17.	Sismik tehlike hesaplama adımları penceresi..... 63
Şekil 2.18.	Saha parametreleri penceresi 65
Şekil 2.19.	Hesaplamalarda kullanılan sismik kaynaklar 66
Şekil 2.20.	Hesaplamalarda kullanılan denklemler 67
Şekil 2.21.	Hesaplamalarda kullanılan kaynaklar ve denklemler..... 67
Şekil 2.22.	Grafikler Penceresi 68
Şekil 2.23.	Raporlar Penceresi..... 69
Şekil 2.24.	Burdur Diri Fay Haritası (MTA) 70

Şekil 2.25.	Burdur ve çevresinde aletsel dönemde kayıt edilen depremler (AFAD, 2018).....	72
Şekil 2.26.	Burdur ve çevresinde aletsel dönemde kayıt edilen depremler (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi deprem kataloğu, 2018).....	73
Şekil 2.27.	Türkiye Burdur ve Çevresi aktif diri fay haritası (Emre ve Duman, 2013).....	76
Şekil 2.28.	Kayma hızları için elastik blok modeli a) Aktuğ vd. (2009) b) Reilinger vd. (2006)	80
Şekil 2.29.	Sismik tehlike hesabında kullanılan fay ve arkaplan deprem kaynakları	102
Şekil 2.30.	Deprem kataloğunda arka plan sismik kaynağı içindeki depremlerin farklı magnitüd aralıklarında deprem sayılarının yıllara göre artışı.....	103
Şekil 2.31.	Arkaplan sismik kaynağı depremleri için magnitüd-tekerrür ilişkisinin katalog verileri ile karşılaştırılması	103
Şekil 2.32.	Burdur Devlet Hastanesi olasılıksal sismik tehlike hesapları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen $T=475$ yıl sahaya özel deprem spektrumu.....	106
Şekil 2.33.	Burdur Devlet Hastanesi olasılıksal sismik tehlike hesapları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen $T=2475$ yıl sahaya özel deprem spektrumu.....	106
Şekil 2.34.	Burdur Devlet Hastanesi olasılıksal sismik tehlike hesapları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen $T=475$ yıl ve $T=2475$ yıl medyan elastik ivme spektrumlarının karşılaştırması.....	107
Şekil 2.35.	$V_{S30}=283,125$ m/s (ZD veya Z4 yerel zemin sınıfı) için yönetmelik spektrumları ve sahaya özel spektrumun ($T=475$ yıl) karşılaştırması	108
Şekil 2.36.	$V_{S30}=283,125$ m/s (ZD veya Z4 yerel zemin sınıfı) için yönetmelik spektrumu ve sahaya özel spektrumun ($T=2475$ yıl) karşılaştırması	108
Şekil 2.37.	$V_{S30}=283,125$ m/s (ZD veya Z4 yerel zemin sınıfı) için hesaplanan toplam sismik tehlike	109

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Öncü ve artçı depremlerin ayırt edilmesinde kullanılacak olan zaman ve uzaklık pencerelerinin boyutları (Deniz, 2006).....	35
Tablo 2.1. Sismik kaynaklara ait özellikler	74
Tablo 2.2. Karma deprem kataloğu oluşturulurken dikkate alınan depremler kayıtları.....	82
Tablo 2.3. Oluşturulan karma deprem kataloğundan öncü ve artçı depremler elenerek oluşturulan yeni katalog.....	94
Tablo 2.4. Olasılıksal sismik tehlike hesaplarında kullanılan yer hareketi tahmin denklemlerinin genel özellikleri	105
Tablo 2.5. $V_{S30}=283,125$ m/s için $T=475$ ve $T=2475$ yıl elastik ivme spektrumlarına ait spektral ivme değerleri	109
Ek Tablo 1. Çalışma Kapsamında Kullanılan Sismik Kaynak Koordinatları	123

SEMBOLLER DİZİNİ

a	: Ampirik katsayı
b	: Ampirik katsayı
$f_m(M)$	: Magnitüdün olasılık yoğunluk fonksiyonu
$f_m(m)$	: Güvenlik payının olasılık yoğunluk fonksiyonu
$f_R(r)$	: Sismik kaynak ile arazi arasındaki uzaklığın olasılık yoğunluk fonksiyonu
$f_s(s)$	: Yükün olasılık yoğunluk fonksiyonu
$f_t(t)$	: Etkinlik zamanı arası olasılık yoğunluk fonksiyonu
$h(t)$	: Tehlike fonksiyonu
n	: Deprem Sayısı
p	: Yıllık meydana gelme olasılığı
r_{cl}	: İlgili arazi ile kaynak arası en yakın yatay mesafe
r_{jb}	: Joyner Boore uzaklığı
t	: Zaman aralığı
A	: Fay kırığı alanı
D	: Fay yüzeyindeki ortalama yer değiştirme
F	: Fay tipi parametreleri
L	: Fay kırığı uzunluğu
M	: Deprem magnitüdü
M	: Güvenlik payı
M_b	: Cisim dalgası büyüklüğü
M_{char}	: Karakteristik deprem amgnitüdü
M_d	: Süreye bağlı büyüklük
M_L	: Yerel büyüklük
M_{min}	: Minimum magnitüd
M_{max}	: Maksimum magnitüd
M_s	: Yüzey dalgası büyüklüğü
M_w	: Moment magnitüdü
M_0	: Depremin sismik momenti
M_0'	: Sismik moment oranı
R	: Arazi ile kaynak arası mesafe
S	: Fay boyunca ortalama atım miktarı

S' : Alan parametreleri
 V_s : Ortalama kayma dalgası hızı
 Y : Yer hareketi parametresi
 ν : Yıllık ortalama deprem oluş miktarı
 ν_i : Yıllık deprem oluş miktarı
 ν_M : Aktivite oranı



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde dünyanın farklı bölgelerindeki mühendislik yapıları farklı türdeki afetler ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu afetler, insanları ve yapıları olumsuz etkilemekte olup, can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Afet türleri, doğal ve insan kaynaklı etkiler ile ortaya çıkabilmektedir. Afetler çoğu zaman tehlikelidir. Bazıları tahmin edilemeden çok hızlı gelişebilirken, bazıları da önceden tahmin edilebilmektedir. Türkiye dünyadaki en aktif deprem kuşaklarından olan Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Ayrıca Türkiye jeolojik oluşumunu 3. ve 4. jeolojik zamanda yani geç tamamlayan genç bir ülke olduğundan dolayı sık sık depremlere maruz kalmaktadır. Bu nedenle, depremler Türkiye için en önemli doğal afet türüdür.

Depremler ölümcül sonuçlara yol açabileceğinden sadece ülkemizde değil, bütün dünyada dikkate alınması gereken bir doğal afettir. Bu nedenle, büyük ölçekli mühendislik yapılarının projelendirilmesinde deprem risk analizi çok önemli bir yere sahiptir. Deprem veya depremin tetiklediği doğal afetler (toprak kayması, heyelan, tsunami, denizaltı topoğrafyasının değişmesi vb.) nedeni ile meydana gelen hasar, can ve mal kaybı ihtimali sismik risk olarak adlandırılır. Sismik risk analizinin birinci aşamasını sismik tehlike analizi oluşturur. Belirli bir büyüklükteki depremin tekerrür aralığının hesaplanması, maksimum yer ivmesinin dönüş periyodu ile maksimum yer ivmesinin aşılma ihtimalinin belirlenmesi sismik tehlike analizinin ana konusunu oluşturur.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana hedefi, yapıları kullanım dışı kalmadan belirli bir düzeydeki yer hareketine dayanacak şekilde projelendirmektir. Bu yer hareketi düzeyi tasarım bazlı deprem yer hareketi olarak tanımlanır. Bina tipi mühendislik yapılarının tasarımı ve projelendirmesi için 475 yıl tekerrür süreli (50 yılda aşılma olasılığı %10) deprem kullanılırken; hastaneler, nükleer santraller, kuleler, köprüler, okullar vb. yapılar için 2475 yıl tekerrür süreli (50 yılda aşılma olasılığı %2) depremler de dikkate alınmaktadır. Son dönemlerde, deprem gözlem merkezlerinin artması, gelişen teknoloji, veri izleme cihazlarında artan hassaslık ve depremlere ait verilerin çoğalması ile birlikte deprem tehlike tahminine yönelik stokastik yöntemler geliştirilmiştir. Oluşabilecek

depremlerin konumu, zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikleri belirsizlik içerdiğinden, deprem tehlike tahmininde olasılıksal hesaplara dayalı değerlendirme oldukça önemlidir.

Dünya üzerindeki önemli bir deprem kuşağında yer alan Ülkemizde, depremler sonucunda ortaya çıkabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirebilmek için önemli mühendislik yapıları başta olmak üzere bütün yapıların yer seçimi, tasarımı ve projelendirilmesinde sahaya özel sismik tehlike analizlerinin titizlikle yapılması ve özel deprem yer hareketi spektrumlarının oluşturularak kullanılması gerekmektedir. Bu amaç için günümüzde de kullanım alanı bulunan birçok mühendislik yazılımı (CRISIS, EZ-FRISK, SEISRISK, EQRM, MRS, NSHM, OpenSHA vb.) geliştirilmiştir.

1.2. Sahaya Özel Sismik Tehlike Analizi ve Deprem Yer Hareketi Spektrumu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Cornell (1968) yapmış olduğu çalışmada, örnek olarak seçtiği mühendislik problemine ait sismik risk değerlendirmesi için bir yöntem ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, ortalama dönüş periyoduna karşı bir yer hareketi parametresi şeklindedir. Sunulan yöntem, tüm potansiyel deprem kaynaklarının etkisini ve ortalama aktivite oranlarını da dikkate almaktadır. Ayrıca bu yöntemde, saha ve potansiyel nokta ile çizgi veya alansal kaynaklar arasındaki rastgele coğrafi ilişkiler hesaplama kolaylığı ile modellenabilmektedir. Çalışma sonucunda, tasarım yer hareketi parametrelerinin olasılık dağılımlarının; büyüklük dağılımı ve zayıflama ilişkileri kullanılarak yapılması durumunda teorik olarak Tip I veya Tip II aşırı değer dağılımları şeklinde olacağı belirtilmiştir.

Cornell ve Merz (1975) yapmış oldukları çalışmada, saha ve sismik kaynaklar için gerekli parametreleri belirleyerek, Boston şehri için sismik tehlike analizini yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar ve grafikler; Mercalli şiddeti, pik yer ivmesi, tepki spektrumu vb. birkaç alternatif formda sunulmuştur.

Der Kiureghian ve Ang (1977) yapmış oldukları çalışmada, deprem mekanizması ve özellikleri ile tutarlı bir sismik risk analiz modeli geliştirmiş ve model parametrelerinin hesaplanan sismik risk üzerindeki önemini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında geliştirilen model, bir depremin yer kabuğunda aralıklı olarak bir dizi kırık oluşması sonucu ortaya çıktığı ve bir alandaki hareket yoğunluğunun, en fazla bölgeye en yakın olan fay segmenti tarafından desteklendiği varsayımına dayanmaktadır. Ayrıca sunulan modelde, bir bölgedeki aktif faylar belirsizlikler içerebileceğinden sismik kaynakların tam

olarak modellenmesine olanak sağlamak için çeşitli idealize edilmiş kaynak modelleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, büyük bir depremde, fay kırığı uzunluğunun hesaplanan risk üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve daha önceden geliştirilmiş modellerde bu parametrenin ihmal edildiği değerlendirilmesi yapılmıştır.

Gülkan ve Yüçemen (1977), sismik risk değerlendirmesindeki son gelişmeler ile birlikte ortaya çıkan yenilikleri de dikkate alarak, belirli bir sahada yapılması planlanan bir nükleer enerji santrali için sismik risk analizi çalışması yapmışlardır. Yapılan analizlerden elde edilen sayısal sonuçlar söz konusu alan için detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Yarar vd. (1980) yapmış oldukları çalışmada, Ülkemizi etkileyen büyük ve zarar verici depremler için güncellenmiş bir katalog oluşturmuşlardır. Bu şekilde sismik kaynakları bölgeselleştirerek daha ileri yaklaşımlar için bir referans görevi görmeyi, veri tabanı ve varsayımlar ile sismik tehlikenin saha seçiminde ve tasarımında risk bazlı değerlendirmenin yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre Türkiye için sismik tehlike haritası oluşturulmuştur.

Yüçemen ve Gülkan (1981) yapmış oldukları çalışmada, sismik risk analizi hesaplamalarında parametre belirsizliklerinin ihmal edildiği sonucuna varmışlardır. Sismik risk analizlerinde ihmal edilen parametre belirsizliklerini dikkate almak için istatistiksel metodolojiler geliştirmişlerdir. Belirlenen belirsizlik kaynakları; azaltma modeli, sismisite parametreleri ve sismik kaynakların konfigürasyonunu içermektedir. Çalışma kapsamında, parametreler ile ilgili belirsizliklerin dahil edilmesi ile istatistiksel olarak daha güvenilir sismik risk değerleri elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Erdik vd. (1985), nükleer santrallerin ve özel mühendislik tesislerinin tasarımında yer seçiminin ve risk bazlı değerlendirmenin önemi ve yöntemleri üzerine durmuş ve bunların nasıl yapılması gerektiğini açıklamışlardır.

Yüçemen (1989), aktif faylarla ilişkili deprem tehlikesini tahmin etmek için olasılıksal bir yöntem ortaya koymuştur. Bu çalışmada kullanılan metodoloji, çizgisel kaynak boyunca sismik tehlikenin değerlendirilmesi için geliştirilen ve olasılıksal formülasyonunda, sadece tek bir hata göz önünde bulundurulmuş rastgele bir alan modeline dayanmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda sabit ve mekansal olarak değişen bir şok kaynağı için deprem oluşum olasılığını değerlendiren denklemler türetilmiştir.

Reiter (1990) hazırladığı kitapta, sismik tehlike analizi ile ilgili genel bilgiler vererek, bu konu hakkında daha önce çalışma yapan kişilerin elde ettiği bulguları

irdelemiştir. Çalışmada ayrıca tarihsel sismisite, yer hareketi tahmin denklemleri ve sismo tektonik kaynaklar konularına da değinilmiştir. Çalışma sonucunda hangi durumda hangi tür sismik tehlike analizi yönteminin kullanılması gerektiği açıklanmıştır.

Tezcan vd. (1991) İstanbul il sınırları içinde yapısal hasar oluşturabilecek şiddetli bir depremin episantrının sadece Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer alabileceği varsayımı ile yola çıkarak, bu fay hattının İstanbul'a komşu olan 600 km'lik bir parçası üzerinde 1869 ve 1968 yılları arasındaki 99 sene içinde meydana gelen en şiddetli depremleri göz önüne almıştır. Gumbel'in yıllık ekstrem değerler metodu kullanmış, 50 yıllık ekonomik ömrü olan normal bir yapı için yıllık %15 risk ile beklenen en şiddetli depremin magnitudünü ve ayrıca İstanbul ili içinde kaya zeminlerde beklenen zemin ivmesinin maksimum değerini tahmin etmişlerdir. Maksimum magnitud ve maksimum zemin ivmesi tahminleri bina türü mühendislik yapıları ile nükleer santraller gibi yapı önem katsayısı büyük yapılar için örneklendirilmiştir.

Yücemen ve Akkaya (1993), yaygın olarak kullanılan stokastik modelleri gözden geçirmiş ve bunlar arasından en çok tercih edilen Poisson, Markov ve Uç değer modellerini dikkate alarak bu modellerin eksikliklerini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, bu modellerden elde edilen sismik tehlike tahminleri 1904-1992 yılları arasında Kuzey Anadolu fay zonunun en aktif kısmı boyunca kaydedilen verilere dayanarak kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Yücemen ve Gülkan (1994), kaynak bölgesi sınırlarının beklenen pik yer ivmesi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, Türkiye'deki belirli bir alan için kapsamlı bir sismik tehlike analizi yapmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, alansal ve çizgisel sismik kaynak sınırlandırmasının bir takım belirsizlikler içerdiği ifade edilmiş olup, bu durumun sismik tehlike analizi sonuçlarına yansıtılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Sismik kaynak sınırlandırmasında, mekânsal rasgeleliğin değerlendirilmesiyle sismisite parametrelerinin düzeldiği ve bu durumun sınır bölgeleri boyunca kademeli geçişlere olanak sağladığı belirtilmiştir.

Frankel (1995), merkez ve doğu ABD bölgelerinde oluşturulacak sismik tehlike haritaları için kullanılan ve tarihsel sismisiteye dayalı dört farklı modeli içeren temel metodolojiden bahsetmiştir.

Yücemen ve Akkaya (1995), sismik tehlike hesaplamaları için kullanılan en yaygın stokastik modeller (Poisson, Aşırı Değer ve Markov) ile birlikte kendileri tarafından önerilen rastgele alan modelini incelemiştir. Çalışma sonucunda, sunulan her bir

modelin eksiklikleri tartışılmış ve bu modellerden elde edilen sismik tehlike tahminleri, Kuzey Anadolu fay zonunda kaydedilen veriler dikkate alınarak karşılaştırılmıştır.

Kayabalı (1995), deterministik ve olasılıksal olarak ikiye ayrılan sismik tehlike analizinin temel esaslarını sunmuş ve olasılıksal yaklaşım yöntemini kullanarak bir mühendislik yazılımı geliştirmiştir. Gerekli veriler programa girildiği zaman, maksimum yer ivmesine karşılık gelen dönüş periyodları ile belirli bir zaman dilimi içerisinde maksimum yer ivmesi değerlerinin aşılma ihtimali otomatik olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca çalışma kapsamında programın kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla bir örnek problem de sunulmuştur.

McGuire (1995), Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi (OSTA) ile birlikte tek tip tehlike spektrumunu doğru bir şekilde temsil eden ve bir tasarım depreminin elde edilebildiği iki adımdan oluşan bir yöntem ortaya koymuştur.

SSHAC (1997) raporu kapsamında, OSTA'daki belirsizliklerden dolayı sismik tehlike analiz sonuçlarındaki farklılıkların sebepleri araştırılmış ve bunun sonucunda OSTA sonuçlarındaki farklılıkların teknik farklılıklardan ziyade prosedürel farklılıklardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Selçuk ve Yüçemen (1999), ulaşım sistemleri, boru hatları, iletişim ve güç aktarım sistemleri gibi candamarı şebekelerinin, deprem yükleri altındaki güvenilirliğinin değerlendirilmesi için kapsamlı bir olasılık modeli geliştirmişlerdir. Şebekelerin maruz kaldığı sismik tehlike, geçmiş deprem oluşum verileri kullanılarak elde edilen bir olasılık dağılımı ile tanımlanmıştır. Çalışma kapsamında Yoo ve Deo (1988) tarafından geliştirilen etkin bir algoritma, şebeke güvenilirliğinin değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Bu algoritma, büyük şebekeler için CPU zamanı ve bellek kapasitesi sorunlarını ortadan kaldırmıştır. Çalışma sonucunda, sayısal hesaplamaları yürütmek için, LIFEPACK adı verilen kapsamlı bir bilgisayar programı Fortran dilinde kodlanarak geliştirilmiştir.

Yüçemen ve Akkaya (2000), rastgele fonksiyonlar teorisine dayanarak uzay-zaman alanında depremlerin oluşumu için rassal bir alan modeli ortaya koymuşlardır. Çalışma kapsamında geliştirilen model ile birlikte elde edilen deprem oluşum oranları, bu oranların mekan ve zamanda korelasyon derecesine göre ayarlanması anlamında klasik deprem oluşum oranlarından farklıdır. Çalışmanın teori ve sonuçları, Kuzey Anadolu Fay Zonu (NAFZ) için sismik tehlikenin değerlendirilmesini içeren gerçek bir probleme uygulanmıştır. Geliştirilen rassal alan modelinden elde edilen yıllık sismik tehlikenin, NAFZ boyunca gözlenen sismik aktivite ile tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Selçuk ve Yüçemen (2000), çoklu kaynaklara sahip candamarı şebekelerinin (ulaşım sistemleri, boru hatları, iletişim, güç aktarım sistemleri vd.) sismik güvenilirliğinin değerlendirilmesi için olasılıksal bir model ortaya koymuşlardır. Bursa'da bulunan bir su dağıtım sisteminin sismik güvenilirliği, önerilen modelin uygulamasını göstermek amacıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmada, güvenilirlik kavramı büyük bölgelere yayılan ve zararlı çevresel tehlikeler gösteren sistemlere odaklanmıştır. Bunun sonucunda deprem tehlikesi altındaki candamarı şebekelerinin güvenilirliğini tahmin etmek için kapsamlı bir olasılık model geliştirmişlerdir.

Atakan vd. (2002), İzmit Körfezi ve Marmara Denizi dahil olmak üzere İstanbul bölgesi için olasılıksal deprem tehlikesi analizini yapmışlardır. Tehlike hesaplamaları, dört farklı azalım ilişkisi ve üç alternatif kaynak modelinin farklı kombinasyonları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda 50 yıl içinde % 10'luk bir aşılma olasılığı için 12 farklı pik yer ivmesi elde edilmiş olup, pik yer ivmesi değerlerinin kuzeye doğru azalmakta olduğu ve Boğaziçi bölgesinde merkezi İstanbul'da 0.2 g'nin altına düştüğü gözlemlenmiştir.

Erdik vd. (2004), Marmara Bölgesindeki deprem tehlikesi, zamandan bağımsız ve zamana bağlı olasılık modelleri kullanılarak araştırılmıştır. Araştırma yapılırken en son yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar ile tarihi depremlerden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, Marmara Bölgesi için elde edilen spektral ivmelenmeler ve pik yer ivmesi değerleri kullanılarak 50 yıl içinde %10 ve %2 aşılma olasılıklarına karşılık gelen 0.2 s ve 1 s periyotlu sismik tehlike haritaları oluşturulmuştur.

Kalkan ve Gülkan (2004), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007)'te mevcut spektral şekiller ve spektral ordinatlarda fay mesafeleri veya magnitüd ilişkilerinin göz ardı edildiğini ve geniş biçimde tanımlanmış jeolojik koşullara dayandığını ifade etmişlerdir. Bu eksikliği gidermek ve yatay zayıflama ilişkilerini geliştirmek amacıyla, 1976 ve 2003 yılları arasında meydana gelen 57 farklı depremden oluşan 112 kuvvetli yer hareketi kayıtlarından derledikleri veri setini kullanmışlardır. Bu şekilde herhangi bir ulusal sismik bölge için daha tutarlı elastik ivme spektrumlarının oluşturulması ve elde edilen sonuçların DBYBHY 2007 ve Uniform Building Code (UBC) ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Elde edilen spektrumun UBC'nin köşe periyotları ile tutarlı olduğu, DBYBHY 2007'nin ise daha geniş bir spektral ivme platosunu verdiği gösterilmiştir.

Atkinson (2004), son birkaç yıldaki sismik tehlike analizindeki gelişmeleri gözden geçirerek, güncel konular ve yeni gelişmeler hakkında bir bakış açısı sunmuştur.

Deniz ve Yüçemen (2005), stokastik yöntemlerden yararlanarak Antalya yöresinin deprem tehlikesini tahmin etmeye çalışmışlardır. Çalışmada, yörenin 250 km yakınında son yüzyıl içinde meydana gelen depremlerden oluşan ve farklı magnitüd ölçeklerindeki depremlerin ortak bir ölçeğe çevrildiği kapsamlı bir deprem kataloğu derlenmiştir. Antalya'yı etkileyebilecek yakınlıkta ve daha önceki araştırmalarda belirlenmiş olan sismik bölgelerin sınırları revize edilmiş ve yerel bir azalım ilişkisi kullanılmıştır. Değişik varsayım ve sismisite parametrelerindeki belirsizliklerin sismik tehlike sonuçlarına yansıtılması mantık ağacı yöntemi kullanılarak ve Bayesci bir yaklaşımla sağlanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar neticesinde, bütün kataloğun göz önünde bulundurulması ile öncü ve artçı şokların ayıklanarak sadece ana şokların göz önünde bulundurulmaları kıyaslandığında, bütün depremlerin göz önünde bulundurulmasının bütün tekerrür süreleri için sadece 0.01g-0.02g mertebesinde daha büyük yer ivmelerine yol açtığı görülmüştür.

McGuire ve Cornell (2005), olasılıksal sismik tehlike analizlerinin tamamının varsayımlar, modeller ve parametrelerdeki epistemik belirsizlikleri içerdiğini belirtmişlerdir. Sismik tehlikenin temsili için, hangi durumlarda elde edilen yıllık aşılma frekanslarının ortalamalarının kullanılması gerektiğini açıklamışlardır.

Bommer ve Abrahamson (2006) OSTA hesaplama işlemlerinin nasıl yapılacağına dair ayrıntılar konusundaki karışıklıkların sebebi olarak yer hareketi tahmin denklemlerinde olasılığa dayalı değişkenler bulunmasını göstermiş ve bu durumun hesaplanan tehlike üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, bu durumun hesaplanan tehlike üzerinde belirgin bir etki yarattığı belirtilmiştir.

Öztürk (2008) yaptığı çalışmada, sismik tehlike analizi sonuçlarının değişik varsayımlarla ilişkilendirilen modellere duyarlılığını araştırmışlardır. OSTA'daki değişik belirsizliklerin sonuçlara etkileri bir faydan oluşan sismik kaynağa değişik uzaklıklarda yer alan birkaç saha için araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, farklı varsayımların nihai sonuçlara etkisini gerçek verilere dayalı olarak incelemek ve olasılıksal sismik tehlike yönteminin büyük ve daha küçük bir bölgenin sismik tehlikesinin belirlenmesinde nasıl uygulanması gerektiğini göstermek amacıyla iki örnek çalışma sunulmuş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Klgel (2008), mevcut sismik tehlike analiz yöntemlerini gözden geçirmiş, farklı yaklaşımların güçlü ve zayıf yanlarını analiz etmiş ve farklı analiz yöntemlerinin kabiliyetlerini objektif olarak değerlendirmiştir.

Deniz ve Yücemen (2010), farklı ölçeklerde bildirilen deprem büyüklüklerini (yüzey dalgası büyüklüğü (M_S), yerel büyüklük (M_L), cisim dalgası büyüklüğü (M_b), süreye bağlı büyüklük (M_d) ve moment büyüklüğü (M_w) dönüştürmek için ampirik ilişkiler geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışma kapsamında, Türkiye’de meydana gelen depremler için ulusal ve uluslararası veri tabanları kullanılarak deprem veri kataloğu oluşturulmuştur. Çeşitli veri kaynaklarının deprem raporlama farklılıkları değerlendirilerek, farklı veri kaynaklarının deprem büyüklüğü ile farklı deprem büyüklüğü ölçekleri arasında dönüşüm ilişkileri geliştirilerek çalışma sonucunda sunulmuştur.

Bhatti vd. (2011), sismik aktivitesi yüksek Pakistan’ın İşlamabad şehri için, kuvvetli yer hareketi parametrelerini tahmin etmek amacıyla OSTA yöntemi kullanılmışlardır. Yapılan analizler neticesinde, pik yer ivmeleri belirlenmiş ve bu ivmeler kullanılarak Pakistan’a ait sismik kodların gerektirdiği tasarım parametreleri türetilmiştir.

Mohamed vd. (2012) yaptıkları çalışmada, Mısır’ın kuzeyinde gerçekleştirilen nükleer santral projelerinin büyük ve hızlı bir şekilde yayılmasına bağlı olarak, Mısır’ın deprem aktivitesinin belirlenmesini ve sismik tehlike analizi çalışmasının yapılmasını amaçlamışlardır. Mısır için sismik tehlike, dört farklı yer hareketi spektral periyodu ve farklı dönüş periyotları dikkate alınarak kontr haritaları oluşturmak için hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, pik yer ivmesi değerleri Akabe Körfezi’ne yakın bir bölgede 475 yıllık geri dönüş süresi için yaklaşık 220 gal değerinde hesaplanmıştır. En düşük pik yer ivmesi değerleri ise batı lnn batı kesiminde tespit edilmiş ve 25 gal değerinin altında olduğu ifade edilmiştir.

Papagiannopoulos vd. (2012), Yunanistan’da bulunan Cephalonia ve Ithaca adaları için sismik tehlike ve risk analizini yapmıştır. Çalışma kapsamında bölgedeki sismik verilerin azlığı nedeniyle, kuvvetli yer hareketi tahminlerini gerçekleştirmek için özel bariyer modelinden yararlanarak yapay ivme kayıtlarını oluşturmuştur. Yapay ivme kayıtlarının pik yer ivme değerleri ile ampirik olarak elde edilen pik yer ivme değerleri karşılaştırılmıştır. Yapay ivme kayıtları kullanılarak oluşturulan tepki spektrumu, ülkenin sismik koduna ait tasarım spektrumu ile karşılaştırılarak eski ve yeni yapıların sismik hasar potansiyelleri değerlendirilmiş ve bu potansiyel yüksek grlmştir.

Sitharam ve Kolathayar (2013), Hindistan için dört adet azalım ilişkisini kullanarak sismik tehlike analizi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma alanı $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ derecelik küçük ızgaralara ayrılarak pik yatay ivme ile 0.1 s ve 1 s periyotları için spektral ivme tahminleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Hindistan'ın Kuzey ve Kuzeydoğu bölgelerinde sismik tehlikenin yüksek olduğu görülmüştür.

Yılmaz ve Akkar (2013), Mersin ili Değirmençay ilçesinde (3. ve 4. deprem bölgeleri sınırında) yer alan Değirmençay barajı sahası için olasılıksal ve deterministik yöntemleri kullanarak sismik tehlike analizi çalışmasını yapmışlardır. Sahanın doğusunda yer alan İskenderun Körfezi'nin çevresinde, Afrika, Anadolu ve Arabistan plakalarının kesişimi sebebiyle oluşan, Karataş-Osmaniye ve Yakapınar-Göksun fay hatlarının baraj sahasına en yakın belirgin neotektonik yapılar olduğu ve baraj sahasının kuzeydoğu yönünde kabaca 50 km uzaklıkta Ecemiş Fay hattının bulunduğu belirtilmiştir. Çalışmada, göz önüne alınan diri faylar üzerinde gerçekleşmeyen ve baraj sahasının çevresinde yaklaşık 200 km x 200 km kare alan içerisinde yer alan sığ depremler, arkaplan deprem kaynağı ile modellenmiştir. Çizgisel kaynaklar için karakteristik deprem modeli ile magnitüd tekrarlama ilişkisi fay geometrisi ve atım hızı kullanılarak belirlenmiş, diri faylar hakkındaki veriler ise literatürden derlenmiştir. Alan kaynak (arkaplan depremselliği) için ise UDİM(URL-3, 2012) deprem kataloğu kullanılarak magnitüd tekrarlama ilişkisi istatistiksel yöntemler ile belirlenmiş, farklı deprem magnitüdlerinin katalogda eksiksiz olduğu zaman dilimleri hesaplarda göz önüne alınmıştır. 2475 yıl, 975 yıl, 475 yıl ve 244 yıl tekerrür süreleri için olasılıksal spektral ordinatlar hesaplanmıştır. Deterministik hesapta, Ecemiş Fayı'nın oluşturabileceği en büyük deprem ($M_w=7.5$) için en kritik yer hareketi genlikleri dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda, deterministik yöntemde olasılıksal hesaplarda dikkate alınan yer hareketi tahmin denklemleri kullanılarak “medyan” ve “medyan+standard sapma” spektral değerleri hesaplanmış ve sonuçlar olasılıksal analizlerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Olasılıksal yöntem ile analiz sonucunda çalışma sahası için uzun periyotlarda DBYBHY 2007'de verilen spektral ordinatların önemli derecede güvenli olabileceği sonucuna varılmıştır.

Ordaz vd. (2014) yaptıkları çalışmada, dünya çapında aynı metodlandırmayı kullanarak tamamen olasılıksal sismik tehlike çalışması yapmışlardır. Çalışma sırasında farklı şiddetler için bir çok stokastik senaryo elde edilmiştir. Dünya, maksimum magnitüd ve çevredeki hakim tektoniğe göre bazı sismojenik bölgelere ayrılmış ve her bir bölge için Gutenberg-Richter büyüklük-frekans dağılımı uygulanmıştır. Dağılımlardaki a ve b

değerleri, NEIC-USGS sismik kataloğundaki yuvarlanmış sismisite yöntemine göre hesaplanmıştır. Hakim tektoniğe göre her bir kaynağa farklı yer hareket tahmin modelleri atanmıştır. Çeşitli geri dönüş periyotları için farklı şiddetlere ve haritalara göre geleneksel tehlike eğrileri üreten CRISIS (2012) programıyla OSTA çalışması yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda sismik tehlike eğrileri elde edilmiştir.

Khalil vd. (2015) yaptıkları çalışmada, Kahire’de meydana gelen depremden dolayı kısmen veya tamamen yıkılmış durumda olan 1000 yılı aşmış pek çok yapının bulunduğu ve bu yapılara ait hasar değerlendirmesinin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Gelecekte oluşabilecek büyük depremlere ait yer hareketi parametrelerini tahmin etmek için , deterministik sismik tehlike analizi ve OSTA çalışması yapmışlardır. OSTA yöntemi ile 475, 950 ve 2475 yıllık zaman periyodlarındaki doğrusal tehlike eğrileri tanımlanmıştır. Deterministik yöntem ise en büyük depremin oluşturabileceği etkiye ait bilgi sağlamak için kullanılmıştır. Her iki yöntemdeki amaç sismik kaynağın toplam tehlikeye katkısını belirlemektir. Sismik tehlike analizleri sonucunda gelecekte beklenen sismik aktiviteler ve Kahire’deki yapıların mevcut halleri dikkate alındığında, hem kültürel mirasın korunması hem de insan kayıplarının önlenmesi için acil önlemlerin alınması gerektiğinin farkına varılmıştır.

Demircioğlu vd. (2015), çizgisel ve mekânsal olarak düzleştirilmiş sismik kaynak modellerini kullanarak elde edilen sonuçları değerlendirmişlerdir. Söz konusu modellerde çizgisel sismik kaynaklar boyunca, düzlem konumları da dikkate alınarak 15 km genişliğinde kuşaklar oluşturulmuştur. Bu kuşaklar içerisinde kalan magnitüdü 6.0’dan büyük depremlerin doğrudan çizgisel sismik kaynak tarafından üretildiği, dışında kalan depremlerin ise mekânsal olarak düzleştirilmiş sismisite sonucu olduğu kabulü yapılarak deprem aktivitesi hesaplanmıştır. Mekansal düzleştirilmiş sismisite, deprem kataloğunun derinlik bilgisine göre sığ ve derin olarak iki ayrı kategoriye ayrılmıştır. Her bir kategori için tamamlılık analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda, 50 yılda sırasıyla %50, %10 ve %2 aşılma olasılıklarına karşılık gelen 72, 475, 2475 yıllık tekarlanma aralıklarına ilişkin yer hareketi (maksimum yer ivmesi, 0.2 sn ve 1.0 sn’deki spektral ivme) dağılımları elde edilmiştir.

Şeşetyan vd. (2015) yaptığı çalışmada, Türkiye Sismik Tehlike Haritasının güncellenmesi projesi kapsamında geliştirilen alan sismik kaynak modeli ile ilgili parametreleri ve elde edilen sonuçları sunmuştur. Alan kaynak modelinde aktif sığ kabuk içi, dalma-batma zonu ara yüzü ve dalma-batma zonu dalan levha içi tektonik yapıları ayrı

ayrı değerlendirilmiştir. Deprem derinlikleri ve mekanizmaları dikkate alınarak her bir tektonik yapı içerisinde yer alan alan kaynaklar belirlenmiş ve ilgili magnitüd yineleme parametreleri hesaplanmıştır. Sismik tehlike analizlerinde her bir tektonik yapı için yer hareketi tahmin denklemleri ve mantık ağacı yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, 50 yılda sırasıyla %69, %50, %10 ve %2 aşılma olasılıklarına karşılık gelen 43, 72, 475, 2475 yıllık geri dönüş süreleri için tahmin edilen pik yer ivmesi, 0.2 sn ve 1.0 sn'deki %5 sönüm oranına sahip yer hareketi parametrelerinin dağılımları elastik spektral ivmeler cinsinden sunulmuştur.

Farhadi ve Mousavi (2016) yaptıkları çalışmada, geleneksel sismik tehlike analizlerinde fay kırığı modeli ile ilgili belirsizliklerin (aşağı eğim yönünde ölçülen fay yüzeyinin ortalama genişliği, fayın yer altındaki uzunluğu ve fayın eğim açısı) dikkate alınmadığını, epistemik belirsizlik olarak fay eğim açısının genellikle belirli bir fay için sabit bir değer olarak kabul edildiğini ve aşağı eğim yönünde ölçülen fay yüzeyinin ortalama genişliği ile fayın yer altındaki uzunluğunun ampirik bağıntılar ile elde edildiğini belirtmişlerdir. Bu parametrelerin sabit değerler yerine rassal değişkenler olarak dikkate alınmasıyla OSTA sonuçlarının nasıl etkileneceğini araştırmışlardır. Fay kırığı modeli ile ilgili belirsizliklerin dikkate alınmasında, belirsizlik yayılım analizi için güçlü bir araç olan Monte Carlo simülasyon yöntemi kullanılmıştır. Yapılan analizler neticesinde, Monte Carlo simülasyon yönteminden türetilen tehlike eğrilerinin geleneksel yaklaşımdan türeyenlerden önemli ölçüde farklı olduğu, zayıflama ilişkisine ve faylanma tarzına bağlı olarak bu farklılıkların özellikle bölgenin karakteristik bandında daha kısa periyotlarda tehlikenin aşırı ya da düşük tahmin edilmesine yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır.

Gregori ve Christiansen (2018), Arjantin'in orta batı bölgesinde bulunan San Juan şehri için son 400 yıl boyunca meydana gelen depremleri dikkate alarak OSTA çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, son zamanlardaki paleosismolojik ve neotektonik araştırmalardan yararlanılmıştır. Ayrıca çeşitli kataloglardan sığ depremleri derlenmiş olup, çalışma sahasında hasarlara neden olabilecek Precordillera, Western Sierras Pampeanas, Basement of the Cuyana Basin and Cordillera Principal'a karşılık gelen dört sismojenik kaynak belirlenmiştir. Elde edilen spektral ivme spektrumları, Arjantin INPRES-CIRSOC 103'ün sismik sirençli yapı standartları şartnamesi ile karşılaştırılmıştır. Pik yer ivmesi değerleri ile 0.2 ve 1 s periyotlardaki spektral ivme değerleri yönetmelik değerlerinden daha düşük elde edilmiştir.

1.3. Tezin Amacı ve İçeriği

Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi (OSTA) ve Sahaya Özel Deprem Spektrumu Geliştirilmesi ile ilgili geçmişten günümüze kadar yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde; bu çalışmalar kapsamında farklı metotların kullanıldığı, formülasyonların geliştirildiği, belirlenen özel bölgeler ve noktalar için sismik tehlike analizlerinin yapıldığı, sismik tehlike haritalarının oluşturulduğu ve elastik tasarım spektrumlarının elde edildiği görülmektedir. Eldeki verilerin yetersizliği ve bölgeye bağlı belirsizlikler nedeniyle ortaya çıkan eksiklikler, hem teknolojinin gelişmesi hem de bu konu hakkındaki çalışmaların artmasıyla gün geçtikçe azalmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında; nükleer santraller, barajlar, hastaneler, köprüler ve yüksek binalar gibi deprem sırasında hasar görmeleri büyük maddi ve manevi kayıplara yol açabilecek önemli mühendislik yapılarının projelendirilmesinde kullanılmak üzere sahaya özel deprem spektrumlarının oluşturulması hedeflenmektedir. Bunun için, geçmişte meydana gelen depremlere ait eldeki verileri kullanmak, bu verileri jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirmek, çalışma alanında beklenebilecek sismik etkinlik için belirli olasılık değerlerini saptayabilmek gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, Ülkemizin Akdeniz Bölgesinde yer alan Burdur İlinde yapılması planlanan hastane projesi için seçilen bölgede analitik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda hazırlanan tez başlıca üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, konu ile ilgili genel bilgilere, yapılmış çalışmalara yer verilmekte ve konunun önemi vurgulanmaktadır. Bu bölümde, sismik tehlike analizinin ne olduğu, hangi durumlarda yapılması gerektiği, sismik tehlike analizinin yapılabilmesi için deprem veri tabanının nasıl oluşturulması gerektiği, homojen bir kataloğun nasıl oluşturulması gerektiği, sismik kaynağın ne anlama geldiği, kaç çeşit sismik kaynak ve sismik büyüklük olduğu, magnitüd tekrür ilişkisinin ve magnitüd dağılımının ne anlama geldiği, yer hareketlerinin nasıl tahmin edilmesi gerektiği ve yer hareketi tahmini için seçilmesi gereken denklemlerin nasıl seçilmesi gerektiği konularına değinilmiştir.

İkinci bölümde, tez kapsamı dahilinde yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Bu bölümde, analitik çalışmalara yer verilerek, Burdur İlinde hastane yapılması planlanan belirli bir bölge için sismik tehlike analizi çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, yapılacak yapının boyutlandırılmasında kullanılmak üzere

sahaya özel deprem spektrumu geliştirilmiş ve yönetmelik spektrumu ile de karşılaştırılmıştır.

Üçüncü bölümde tez çalışmasından elde edilen sonuçlara ve yapılan önerilere yer verilmektedir. Bu bölümü kaynaklar ve özgeçmiş izlemektedir.

1.4. Sismik Tehlike Analizi

Hasar ve can kaybına yol açabilecek büyüklüğe sahip depremlemler, belirli bir yer ve zaman aralığı içerisinde meydana gelme olasılığı “Sismik Tehlike” olarak adlandırılmaktadır. Sismik tehlike analizinin amacı, zemin ve mühendislik yapısının gelecekte maruz kalacağı deprem koşullarının hesaplanmasında gerekli olabilecek yer hareketi ile ilgili parametrelerinin (ivme, hız, yerdeğiştirme) hesaplanmasıdır. Sismik tehlikeyi belirlemeye yönelik iki farklı analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler, Deterministik Sismik Tehlike ve Olasılıksal Sismik Tehlike analizleridir.

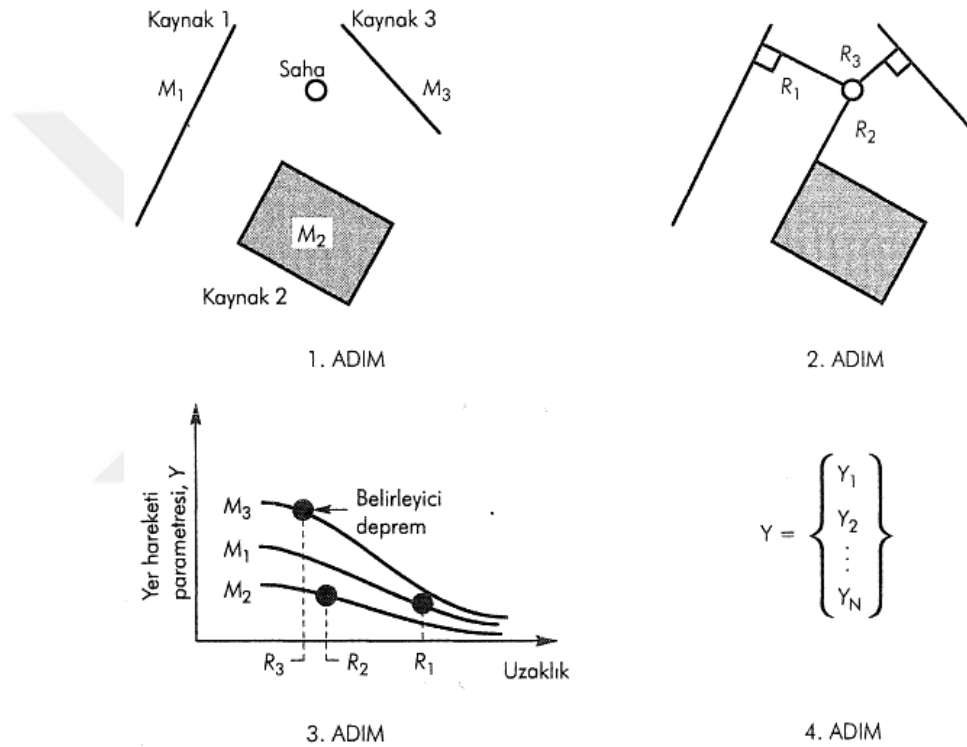
1.4.1. Deterministik Sismik Tehlike Analizi

Deterministik Sismik Tehlike Analizi (DSTA) yönteminde, deprem tehlikesi olasılığa dayalı olmayan, içerisinde belirsizlik bulundurmayan matematiksel denklemler kullanılarak hesaplanır. Bu yöntemde ayrıca, zamandan bağımsız olarak yani depremlerin tekrarlanma periyotları dikkate alınmaksızın sadece maksimum deprem büyüklükleri ve kaynak ile saha arasındaki en kısa mesafe göz önünde bulundurulmaktadır. Bununla beraber DSTA yapılırken bir sismik senaryo geliştirilir ve yer hareketi tehlikesinin değerlendirilmesi bu senaryoya göre yapılır. Geliştirilen senaryoda, belirli bir bölgede belirli bir büyüklükte depremin oluşması ön şartı bulunmakta olup, Reiter (1990) tarafından geliştirilen ve Şekil 1.1’de gösterilen bu yöntem başlıca dört adımda özetlenmektedir:

1. Analiz yapılacak alanda tehlike oluşturabilecek tüm deprem kaynaklarının ve özelliklerinin belirlenmesi gerekir.
2. Her bir kaynak bölgesinde bulunan olası en büyük magnitüdlü deprem olası en kısa uzaklıkta olacağı varsayıldığından için, her bir kaynak için kaynak-saha uzaklık parametresi seçiminde kaynak ile proje sahası arasındaki en kısa mesafe dikkate alınır

3. Analiz yapılacak alanda genellikle belirli bir yer hareketi parametresi ile ifade edilen en kuvvetli sarsıntıyı üretebilecek depremin seçimi çok önemlidir. Belirlenen sismik kaynaklarda kaynak ile proje sahası arasındaki en kısa mesafede oluşacağı varsayılan depremlerin oluşturacağı sarsıntı düzeyleri karşılaştırılarak seçim yapılır.

4. Analiz yapılacak alandaki tehlike en kuvvetli sarsıntıyı üretebilecek depremin alanda oluşturacağı yer hareketi cinsinden tanımlanır. Sismik tehlikeyi ifade etmede en çok kullanılan parametreler maksimum ivme, maksimum hız ve tepki spektrumu ordinatlarıdır.



Şekil 1.1. DSTA'nın aşamaları (Reiter, 1990).

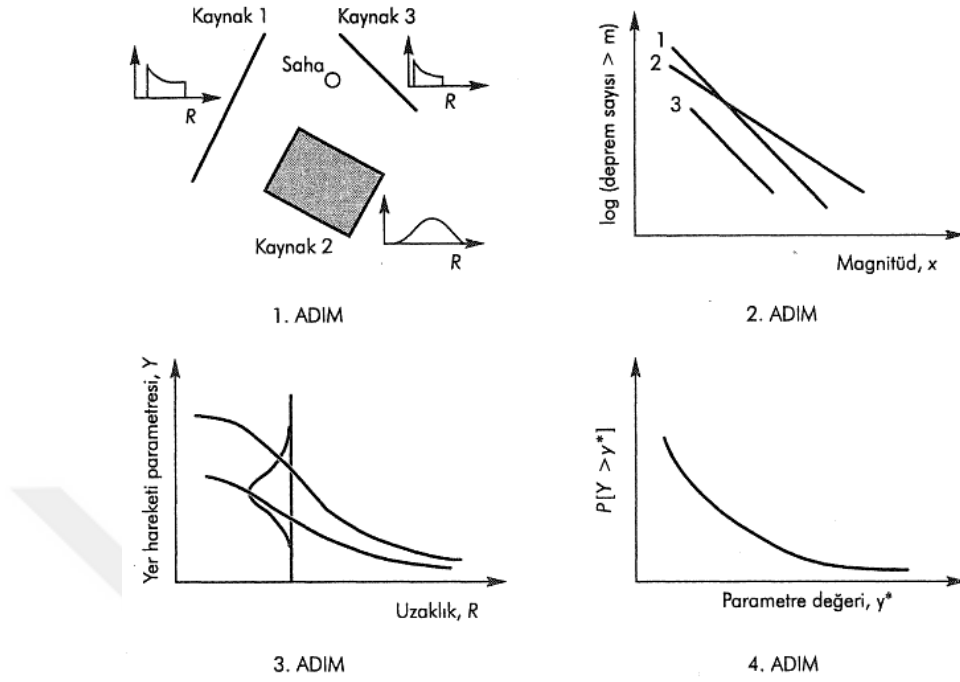
DSTA yaklaşımının oldukça pratik olmasının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, proje sahasını etkileyebilecek maksimum yer ivmesi değerinin elde edilmesinde rol oynayan belirsizliklerin yeteri kadar hesaba katılamamasıdır.

1.4.2. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi (OSTA)

İstatistiğe dayalı olasılıksal hesaplamaların geçtiğimiz 25-30 yıldır kullanılması ile birlikte; depremlerin yeri ve büyüklüğü, tekrarlanma periyotları ve konumlarına bağlı olarak yer hareketi özelliklerinde meydana gelen değişimlerde karşılaşılan belirsizlikler sismik tehlikelerin değerlendirilmesi ile hesaba katılmaya başlanmıştır. OSTA ile bu belirsizlikler belirlenerek nicel olarak değerlendirildikten sonra sismik tehlikeyi daha doğru bir şekilde ortaya koymak adına birleştirilmektedir (Öztürk, 2013).

OSTA'da amaç; eskiden olmuş depremlere ait eldeki verileri, jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirmektedir. Bu şekilde, göz önünde tutulan inşaat sahasında ileride beklenebilecek sismik aktivite için belirli olasılık değerleri saptanabilecek ve mühendislik yapılarının projelendirilmesinde bu değerlerden faydalanılarak oluşturulacak deprem spektrumlarının kullanılmasına olanak sağlanacaktır. Reiter (1990), tarafından geliştirilen ve Şekil 1.2'de gösterilen bu yöntem başlıca dört adımda özetlenmektedir.

1. Analiz yapılacak alanda tehlike oluşturabilecek tüm potansiyel deprem kaynaklarının ve özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu adım kaynak içindeki potansiyel kırılma yerlerinin olasılık dağılımlarının ifade edilmesi şartı haricinde, DSTA'nın birinci adımı ile özdeştir. Genellikle her kaynak bölgesi için tekdüze olasılık dağılımı uygulanır. Bu dağılımlar kaynak-saha mesafelerinin olasılık dağılımlarını elde etmek amacıyla kaynak geometrisi ile birleştirilir. DSTA ise, bütün sismik kaynaklar için depremlerin analiz yapılacak alana en yakın noktada meydana gelme olasılığı dikkate alınmakta, diğer tüm noktalarda ise sıfır sayılmaktadır (Öztürk, 2013).
2. Analiz yapılacak alan için deprem büyüklüğü dağılımı ve magnitüd tekerrür ilişkilerinin belirlenmesi gerekir. Magnitüd tekerrür ilişkileri her bir kaynak bölgesinin sismisitesinin belirlenmesinde kullanılır.
3. Sahaya uygun azalım ilişkileri seçilip, seçilen azalım ilişkilerinden kaynaklanabilecek belirsizlikler de hesaba katılarak analiz yapılacak alanda bulunan kaynaklarda herhangi bir zaman veya mekanda meydana gelebilecek herhangi bir büyüklükteki depremin proje alanında oluşturabileceği yer hareketi belirlenir.
4. Analiz yapılacak alanda, depremin konumu, büyüklüğü ve yer hareketinin tahmini ile ilgili belirsizlikler birleştirilerek, belirli bir zaman aralığında yer hareketi parametresinin aşılma ihtimali hesaplanır (Öztürk, 2013).



Şekil 1.2. OSTA'nın aşamaları (Reiter, 1990).

1.4.2.1. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi Yapılacak Alanın Belirlenmesi

Sismik tehlike analizi yapılacak alanın seçimi ve bunun gerekçelerinin ortaya konulması kapsamlı bir gözlem ve çalışma gerektirmektedir. Deprem kaynak bölgelerinin analiz edilip etkileme alanının sınırlarının belirlenmesinde alanın büyüklüğü ile ilgili kalıplaşmış bir sınır uzaklık bulunmamaktadır. İnceleme alanı, merkezinde inşaat sahası olan bir daire veya dörtgen şeklinde alınabilir. Etkilenme alanının çapı için literatürde bazı öneriler yer almaktadır.

Genellikle, inceleme alanı, merkezinde inşaat sahası olan ve daire yarıçapı 100 km olan alandır ve bu alan içinde kalan deprem kaynakları üzerinden sismik tehlike analizleri yapılır. Bu dairenin yarıçapının seçiminde; yapı veya tesisin kullanım amacı, önem katsayısı ve yapı veya tesisten istenilen performans gibi kriterlerin yanında inşaat sahası etrafındaki fayların uzunluğu, aralığı, mekanizmaları, seçilen alana mesafeleri, fayların aktiflik dereceleri, yaratabilecekleri en büyük deprem magnitüdü, seçilen yer hareketi parametresinin dikkate alınması öngörülen en küçük değeri, kullanılacak olan zemin hareketi parametresindeki mesafeye bağlı azalım oranı ve azalım ilişkisi gibi değişik

faktörler etkili olmaktadır. Sismik tehlike analizinde incelenecek alanın sınırlarının belirlenmesi, inşaat sahasına uzak mesafedeki sismik kaynaklarda oluşacak depremlerin inşaat sahasındaki yer hareketi parametresine ne oranda katkıda bulunacağına bağlıdır. Ayrıca incelenecek alanın boyutları, inşaat sahasını etkileyebilecek sismik kaynakları içerecek büyüklükte olmalıdır.

1.4.2.2. Deprem Veri Tabanının Oluşturulması

Sismik veri tabanının oluşturulmasında, tarihsel ve aletsel deprem katalogları en önemli veri kaynaklarını oluşturur. Fakat deprem kataloglarındaki ham veriler, bu kataloglarda genellikle deprem magnitüdleri değişik ölçeklerde verildiğinden doğrudan kullanıma elverişli olmayabilir. Bu yüzden katalogdaki depremlerin magnitüdlерinin tek bir ölçeğe dönüştürülerek, aynı tür magnitüd ölçeğine sahip deprem kayıtlarını içeren bir veri tabanının oluşturulması gerekir. Daha sonra, Poisson modelinin içerdiği bağımsızlık varsayımı nedeni ile öncü ve artçı depremlerin katalogdan ayıklanması ve deprem kataloglarında yer alan küçük magnitüd değerli depremler ile çok uzun yinleme süreli büyük magnitüdlü depremlerin sayılarının eksik olmasından kaynaklanan hataların giderilmesi gerekmektedir. Hataların giderilebilmesi için gerekli yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

1.4.2.2.1. Veri Tabanının Tek Bir Magnitüd Ölçeğine Göre Oluşturulması

Veri tabanındaki depremlerin eşit şartlarda değerlendirilebilmesi için tek tip magnitüd ölçeğine çevrilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çevirme işlemi sırasında diğer büyüklük çeşitleri (süreye bağlı büyüklük (M_d), yerel büyüklük (M_L), yüzey dalgası büyüklüğü (M_s), cisim dalgası büyüklüğü (M_b) içerisinde en güvenilir olan moment magnitüdü (M_w) olması gerekçesiyle farklı büyüklüklerin moment magnitüdü (M_w)'ne çevrilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, geçmişten günümüze Boore ve Joyner (1982), Ulusay vd. (2004), Deniz (2006), Bayrak vd. (2009), Deniz ve Yüçemen (2010) yaptıkları çalışmalarda değişik ampirik magnitüd dönüşüm ilişkileri geliştirmişlerdir. Bu ilişkilerin elde edilmesinde standart en küçük kareler regresyonu ve ortogonal regresyon yöntemleri kullanılmıştır. İlişkiler elde edilirken genellikle aralarında bağıntı kurulacak

değişkenlerden yalnızca bağımlı değişkende (M_w) hata olması durumunu göz önüne alan standart en küçük kareler regresyonu kullanılmıştır. Fakat deprem büyüklüklerinin çeşitli nedenlerden kaynaklanan belirsizlikler yüzünden hatasız olarak tespit edilebilmeleri neredeyse imkansız olduklarından, regresyon analizinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için aralarında bağıntı kurulacak olan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin her ikisinde de hata olması durumunu göz önüne alan ortogonal regresyon yönteminin kullanılması gerekmektedir.

Ortogonal regresyon yöntemi kullanılarak, Deniz ve Yücemen (2010) son bir asırlık zaman dönemi içerisinde Türkiye’de meydana gelmiş tüm depremleri içeren bir veri tabanı hazırlayarak bazı dönüşüm ilişkileri elde etmişlerdir. Elde edilen bu ilişkiler aşağıda Denklem (1) ile ifade edilmiştir.

$$\left. \begin{aligned} M_w &= 2.25 \times M_b - 6.14 \\ M_w &= 1.27 \times M_d - 1.12 \\ M_w &= 1.57 \times M_L - 2.66 \\ M_w &= 0.54 \times M_s + 2.81 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Ortogonal regresyonun en önemli özelliği, büyüklük dönüşüm ilişkilerinin eğimlerini standart en küçük kareler yöntemine göre her zaman daha büyük tahmin etmesi ve bununla beraber büyük magnitüdlü depremleri geleneksel yöntemle göre daha büyük hesaplaması, küçük magnitüdlü depremleri ise geleneksel yöntemle göre daha küçük hesaplamasıdır. Fakat küçük magnitüdlü depremlerin sismik tehlikeye katkısı çok düşük seviyelerde kaldığından bu durum göz ardı edilebilmektedir (Yücemen, 2011).

1.4.2.2.2. Veri Tabanının İkincil Depremlerden Arındırılması

OSTA’da genellikle, depremlerin zaman ve mekan açısından birbirlerinden bağımsız olarak meydana geldikleri varsayımına dayanan Poisson modeli kullanılmaktadır. Bu model kullanılırken, modelin gerektirdiği bağımsızlık şartının sağlanması gerekir. Bu yüzden depremlerin yoğunlaştığı noktalar belirlenerek, öncü ve artçı depremler (ikincil depremler) oluşturulan sismik veri tabanından çıkartılmalıdır.

İkincil depremlerin tayini; öncü ve artçı şoklar zamansal ve mekansal olarak ana şok etrafında benzer dağılım gösterdiklerinden dolayı, aynı yöntemler kullanılarak yapılabilir.

Geçmişten günümüze, öncü ve artçı şokların zaman ve mekana göre belirlenebilmeleri amacıyla bir çok çalışma yapılmış ve bununla birlikte bir çok yöntem geliştirilmiştir. Omori 1894; Gardner ve Knopoff 1974; Prozorov ve Dziewonski 1982; Van Dyck 1985; Utsu vd. 1995; Savage ve Rupp 2000; Kagan 2002 bu çalışmalardan bazılarıdır.

Yapılan çalışmalarda, mühendislik uygulamaları için belirli bir büyüklük seviyesindeki depremlerin; deprem bölgesi, sismik kaynak, ilgili fay uzunluğu ve çeşidi gibi özellikleri göz önüne alınmaksızın aynı ikincil deprem aktivitesine yol açtıkları kabul edilmiştir. Bu çalışmalarda, her bir deprem magnitüdü için ana şoka belirli bir zaman ve uzaklık penceresi içerisinde kalan bütün depremlerin ilgili ana şokun artçı depremleri olduğu kabul edilmiştir. Kendi büyüklük seviyesi için belirlenmiş olan zaman ve uzaklık pencerelerinin içinde kendisinden daha büyük bir deprem bulunan depremlerin ise öncü depremler olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda ise magnitüdü daha büyük olan ikinci depremin ana şok olduğu varsayılmıştır. Ek olarak bu varsayımlar dışında magnitüdü 6.0'dan büyük olan bütün depremlerin ana şok olduğu kabul edilmiştir (Yücemen, 2011).

Bu çalışmada, ikincil depremlerin tayininde Deniz (2006), tarafından geliştirilmiş olan zaman ve uzaklık pencereleri kullanılmıştır. Deniz (2006), yukarıdaki varsayımlara dayanarak yaptığı çalışmada, Van Dyck (1985), Utsu vd. (1995), Savage ve Rupp (2000), Kagan (2002) tarafından yapılan çalışmaların hepsini kapsayacak şekilde bir zarf eğrisinden yararlanarak artçı şoklar için uzaklık pencerelerinin boyutlarını, Gardner ve Knopoff (1974) ile Savage ve Rupp (2000) tarafından verilen değerlerin ortalamasını alarak da zaman pencerelerinin boyutlarını tespit etmiştir. Deniz (2006) tarafından geliştirilen zaman ve uzaklık pencerelerinin boyutları Tablo 1.1'de verilmiştir. Ayrıca tabloda olmayan ara değerlerin hesabı yapılırken; zaman için doğrusal, uzaklık için de logaritmik-doğrusal enterpolasyon yönteminin kullanılması önerilmiştir.

1.4.2.2.3. Veri Tabanındaki Eksikliklerin Giderilmesi

Magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonu parametrelerinin tahmini için kullanılacak deprem katalog verilerinin, her magnitüd düzeyinde eksiksiz olması gerekmektedir. Günümüzden geçmişe doğru gidildikçe mevcut deprem kataloglarındaki kayıtların kalitesi ve sayısı azalmaktadır. Ayrıca eski deprem kayıtları küçük depremleri kayıt edecek kadar hassas olmadıkları için yalnızca büyük depremleri içermektedir. Bu durum da mevcut kayıtlarda küçük magnitüdlü depremlerin tam olarak kayda geçmediğinin önemli bir

göstergesidir. Bunun yanında geçmişte mevcut kayıtlarda bulunan depremler yerleşimin mevcut olduğu bölgelerde kayıt edilen depremlerdir. Yani kırsal bir alanda meydana gelen büyük magnitüdlü bir depremin kayda geçmemiş olma olasılığı da bulunmaktadır. Eğer, katalog veri tabanındaki deprem kayıtlarındaki eksiklikler düzeltilmeden magnitüd tekrür ilişkileri hesaplanırsa, ilişkiler sonucunda hesaplanan uzun süreli oluş sıklıkları gerçekçi bir biçimde yansıtılamayabilir. Bu yüzden deprem kataloglarındaki bu eksikliklerin düzeltilmesi gereklidir. Eksiklikler düzeltilirken öncelikle, belirli bir magnitüd aralığına düşen depremlerin eksiksiz olarak kayda geçtiği zaman dilimini belirlemek gerekir. Daha sonra da o magnitüd aralığındaki depremlerin oluş sıklığı, sadece o zaman diliminde oluşan depremler göz önünde tutularak yapılmalıdır

İkincil depremlerin elenmesi ile oluşturulan yeni katalogda yer alan depremlerin eksiksiz kayda geçirildikleri zaman dilimlerinin belirlenmesi ve bu depremlerin gözlemlenen eksikliklerden arındırılması için Stepp (1972) tarafından bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde, depremler belirlenen magnitüd aralıklarına göre gruplandırılmakta ve her gruptaki depremlerin oluşumu noktasal bir süreç olarak ele alınmaktadır.

Örneklem ortalamasının varyansının, örneklem sayısı ile ters orantılı olduğunu belirten temel istatistik kuralı bu yönetime temel esastır. Bu kurala göre gözlem sayısını çoğaltarak varyansı istenildiği kadar küçültmek mümkündür. Yeter ki deprem kayıtları zaman içinde eksiksiz ve süreç de durağan olsun. Eğer deprem oluşumu durağan bir süreç ise; ortalama değer, varyans ve diğer istatistiksel momentler sabit kalacaktır. Birim zamana tekabül eden deprem sayıları $k_1, k_2, \dots, k_n$ ile gösterilecek olursa, bu örneklem grubu için yansız ortalama deprem sayısı ve varyans aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (2)$$

$$\sigma_{\lambda}^2 = \frac{\lambda}{n} \quad (3)$$

burada, n birim zaman aralık sayısını göstermektedir. Birim zaman aralığı bir yıl dikkate alınırsa;

$$\sigma_{\lambda} = \frac{\sqrt{\lambda}}{\sqrt{T}} = \sqrt{\frac{\lambda}{T}} \quad (4)$$

elde edilir. Burada; σ_{λ} ortalama değerin standart sapmasını, T ise örneklemin yıl cinsinden zaman aralığını ifade etmektedir. Eğer durağanlık varsayımı geçerli ise göz önünde tutulan örnekleme, λ belirlenen bir magnitüd aralığında sabit kalacak ve σ_{λ} , $1/\sqrt{T}$ şeklinde değişecektir. Eğer λ sabit olursa, durağanlığın gerçekleşeceği zaman aralığı ortalama değer için iyi bir tahmin oluşturacak kadar uzun ama kayıtların eksik olduğu aralıkları içermeyecek kadar da kısa olmalıdır. Bu zaman aralığı belirlendikten sonra, seçilen magnitüd grubundaki depremlerin ortalama yıllık sayısı ise sadece o zaman aralığında oluşan depremler göz önünde tutularak yapılmalıdır (Yücemen, 2011).

Tablo 1.1. Öncü veartçı depremlerin ayırt edilmesinde kullanılacak olan zaman ve uzaklık pencerelerinin boyutları (Deniz, 2006).

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

1.4.2.3. Depremlerin Mekânsal Dağılım Modelleri

Depremlerin mekândaki dağılımı sismik kaynaklar yoluyla tanımlanır. Sismik tehlike hesabında önemli konulardan bir tanesi de, geçmişte yaşanan depremlerin coğrafi dağılımı, jeolojik ve tektonik bilgilerinin incelenerek, inşaat alanı etrafında tehlike yaratabilecek potansiyel deprem kaynaklarının tespit edilmesidir. Geometrik özelliklerine bağlı olarak, depremlerin mekan içinde oluşumu üç çeşit deprem kaynağı ile ilişkilendirilmiştir. Bu kaynaklar; nokta, çizgi ve alan kaynaklardır. Sismik kaynakların coğrafi konumlarının tayininde jeolojik, jeofiziksel ve sismolojik veriler ile geçmiş depremlerin merkez

üstlerinin konumlarını gösteren haritalardan yararlanılmalıdır. Uzman görüşü de sismik kaynakların konumlarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (SSHAC, 1997).

Sismik kaynak bölgelerinin sınırlarını belirlemek ve aktif fayları ayırt etmek sismik tehlike analizinde çok önemlidir. Bunun için; jeoloji, sismoloji, jeofizik, istatistik ve uzman görüşünün sağlayacakları her türlü bilgiden yararlanılmalıdır. OSTA’da belirlenen fayların hiçbirisi ile ilişkilendirilemeyen depremler arka plan kaynağı adı altında ele alınır. Arka plan sismik etkinliğin sismik tehlikeye katkısı genelde iki farklı model kullanılarak hesaplanır. Bunlardan birincisi homojen sismisiteye sahip arka plan alan kaynak, ikincisi ise mekânsal olarak düzleştirilmiş sismisite modelidir.

1.4.2.3.1. Noktasal Kaynak

En basit sismik kaynak türüdür. Depremler kümelenme şeklinde oluyorsa, bu küme alanı küçükse ve bu depremlerin herhangi bir sismotektonik bölge ya da bir fay ile ilişkisi kurulamıyorsa depremlerin bir nokta kaynaktan ortaya çıktığı varsayılabilir.

1.4.2.3.2. Çizgisel Kaynak

Genellikle konumu ve uzanımı iyi bilinen fayların kaynak olarak modellenmesi için kullanılır. Özellikle doğrultu atımlı faylar bu yaklaşıma uygundur.

1.4.2.3.3. Alansal Kaynak

Depremler, kümelenme şeklinde oluşuyorsa, küme alanı büyükse ya da bazen elde edilen deprem kayıtları belirli bir fay sisteminin ortaya çıkarılmasına yetecek doğrultuda ve sayıda değilse ve fayların konumunun belirlenmesi kalın tabakalar yüzünden mümkün olamıyorsa; bu durumda yapılacak olan yaklaşım alansal kaynağının kullanılmasıdır. Alansal kaynaklar, kendi içlerinde aynı, çevrelerindeki alansal kaynaklardan farklı sismisite özelliklerine sahip olan ve bölgedeki aktif fayları dikkate almayan bölgeleri tanımlamak için kullanılır (Thenhaus ve Campbell, 2003).

1.4.2.4. Kaynakların Sismisitesi

1.4.2.4.1. Magnitüd (Büyüklik) Ölçekleri

1.4.2.4.1.1. Süreye Bağlı Büyüklik (M_d)

Büyük bir depremin, sismometre üzerinde daha uzun bir süre için salınımlara yol açacağı ilkesinden hareketle, ne kadar uzun bir titreşim oluşturduğu ölçülür ve deprem merkezinin uzaklığı ile ölçeklenir. Bu yöntem küçük ($m < 5.0$) ve yakın (uzaklık < 300 km) depremler için kullanılır (URL-4, 2017).

1.4.2.4.1.2. Yerel (Lokal) Büyüklik (M_L)

1935’de Richter tarafından depremleri ölçmek amacıyla önerilen ilk yöntemdir. Havuza atılan taş örneğinde, taşın suya çarparken oluşturduğu ses dalgalarının suyun içerisine yerleştirilmiş bir mikrofon ile dinlenmesine benzetilebilir. Ses kaydında oluşan en yüksek genlik değeri, uzaklık ile ölçeklenerek taşın büyüklüğü hakkında bilgi verecektir. Gerçekte, mikrofon yerine sarsıntıları kaydeden ve sismometre adı verilen cihazlar kullanılır. Depremin büyüklüğünü kestirirken de aynı ilke uygulanır. Bu yöntem de görece küçük ($m < 6.0$) ve yakın (uzaklığı < 700 km) depremler için kullanılır (URL-4, 2017).

1.4.2.4.1.3. Yüzey Dalgası Büyüklüğü (M_s)

Süreye bağlı büyüklik (M_d) ve yerel (lokal) büyüklik (M_L) yöntemlerinin yetersiz kaldığı, $M > 6.0$ olan büyük depremleri ölçmek için geliştirilmiştir. Havuza atılan taş örneğinde, suyun yüzeyinde oluşan halkalar ve halkalar şeklinde merkezden çevreye yayılan dalgaların en yüksek genliğinin ölçülmesi esasına dayanır. Bu tür dalgalar yeryüzünde kaynaktan çok uzak mesafelere yayılabilirler. Diğer yöntemlerin aksine bu yöntemin güvenilirliği uzak mesafeden yapılan ölçümlerde daha da artmaktadır (URL-4, 2017).

1.4.2.4.1.4. Cisim Dalgası Büyüklüğü (M_b)

Bu yöntem yüzey dalgası yöntemine benzer olup, tek farkı yüzeyden yayılan dalgalar yerine derinliklerde ilerleyen dalgaların kullanılmasıdır. Yerkabuğu içerisinde yalnızca farklı ses dalgaları yoktur. Kayma dalgası adı verilen başka dalga türleri de bulunmaktadır. Bu iki farklı dalga türlerinin tümüne cisim dalgaları adı verilir. Sismometreler, her iki dalga türünü de kaydedebilir (URL-4, 2017).

1.4.2.4.1.5. Moment Büyüklüğü (M_w)

Büyüklük çeşitleri içerisinde en güvenilir olanıdır. Belirlenmesi diğer büyüklük türlerine göre daha karmaşık olup, bilimsel bir araştırma süresi zarfında hesaplanabilir. Hesapların belirli bir zaman alması kaçınılmazdır. Kolayca otomatik olarak uygulamaya konulamaz. Çünkü dünyada sadece birkaç gözlemevinde, yalnızca belirli bir büyüklüğün üzerindeki depremler $M > 4.0$ için moment büyüklüğü hesaplanabilir (URL-4, 2017).

Moment büyüklüğü (M_w), deprem sırasında salınan enerjinin toplam miktarını yansıtan bir deprem ölçeğidir. Moment büyüklüğü, denklem (5)'te gösterildiği gibi, depremin sismik momentine (M_0) dayanan Hanks ve Kanamori (1979) tarafından geliştirilmiştir.

$$M_w = \frac{2}{3} \log_{10} M_0 - 10.7 \quad (5)$$

Sismik moment, Dünya'nın rijitliğinin fay üzerinde ortalama kayma miktarı ve alanının (Aki, 1966) denklem (6)'da verildiği gibi boyutudur.

$$M_0 = \mu AD \quad (6)$$

1.4.2.4.2. Magnitüd-Tekerrür İlişkisi

Sismik kaynak tipinin belirlenmesi ve büyüklük ölçeğinin seçilmesinden sonra kaynağın sismisitesi tanımlanmalıdır. Bir kaynağın sismisitesi magnitüd tekerrür ilişkileri

ile ifade edilir. Magnitüd tekerrür ilişkileri, sismik kaynakların büyüklük dağılım fonksiyonu ve aktivite oranı ile ilişkilidir. Sismik bir kaynağın magnitüd tekerrür ilişkisi genel formu ile denklem (7) ile verilmektedir.

$$v_M = v_{M_{\min}} \int_{M_{\min}}^{M_{\max}} f_m(M) d_M \quad (7)$$

burada; v_M bir kaynakta meydana gelen M 'den büyük veya eşit büyüklükteki depremlerin aktivite oranını, $v_{M_{\min}}$ minimum büyüklüğe ($M_{\min}$) eşit veya daha büyük depremler için aktivite oranını, $f_m(M)$ magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonunu, $M_{\max}$ maksimum magnitüdü, M ise deprem magnitüdünü ifade etmektedir.

1.4.2.4.3. Sismik Kaynakların Minimum ve Maksimum Magnitüd Değerleri

Magnitüd dağılım fonksiyonları genellikle sismik kaynakların üretebileceği minimum ve maksimum deprem büyüklükleriyle sınırlıdır. Alt sınır büyüklüğü olarak da adlandırılan minimum magnitüd, yapılara zarar verebilecek en küçük büyüklüktür. Abrahamson (2006)'a göre minimum magnitüd 5.0 olarak alınmalıdır. Çünkü büyüklüğü 5.0'den daha az depremlerde iyi inşa edilmiş yapılar için herhangi bir hasara rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, OSTA'ya bağlı olarak, alt sınır büyüklükleri olarak 4.0 veya 4.5 kullanılması yaygındır. Maksimum deprem büyüklüğünün tahmini, kaynak tipine bağlıdır. Alan kaynakları için en büyük tarihi deprem esas olarak kullanılmış ve bu değere yarım büyüklük birimi eklenmiştir. Bölge için geçmiş deprem verileri mevcut değilse, aynı sismik özelliklere sahip başka bir bölgenin en büyük değeri kullanılabilir. Çizgisel (fay) kaynaklar için, maksimum büyüklüğü tahmin etmek için fay kırığı boyutları kullanılır. Literatürde, büyüklüğü kırılma boyutları ile ilişkilendiren birkaç denklem bulunmaktadır. Denklemlerin genel formu denklem (8) ile gösterilmiştir.

$$M = a + b \log_{10} L \quad (8)$$

burada; M deprem magnitüdünü, a ve b ampirik olarak elde edilen katsayıları, L ise fay kırığı uzunluğunu göstermektedir.

Fay segmentasyon yaklaşımında, kırılma boyutlarının fay segmentasyonları tarafından kontrol edildiği kabul edilir. Fay kırığının maksimum uzunluğu, segmentasyon noktaları ile tanımlanır. Bir segmentin kırılmasına bağlı olan büyüklük, segment için karakteristik büyüklük olarak adlandırılmaktadır (Abrahamson, 2006).

1.4.2.4.4. Magnitüd Dağılımı

Sismik bir kaynak, rastgele değişen büyüklükteki depremleri üretir. Deprem oluşumundaki bu rastlantısallık, magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_m(M)$ ile tanımlanmıştır. Magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonu, sismik bir kaynak tarafından oluşturulabilen küçük, orta ve büyük magnitüdlü depremlerin olasılığını yansıtmaktadır. Literatürde, depremlerin magnitüd dağılımını tanımlayan, üstel ve karakteristik modeller olmak üzere iki ana model bulunmaktadır. Üstel model, tehlikenin belirli bir sismik kaynak tarafından kontrol edilmediği geniş alanlar için uygundur ve genellikle küçük ile orta büyüklükteki depremlerin dağılımı için kullanılır. Özel sismik kaynaklar (özellikle büyük fay kaynakları) için, karakteristik modelin kullanılması daha uygundur. Bunun yanında büyük magnitüde sahip depremler için karakteristik model daha iyi sonuç vermektedir.

1.4.2.4.4.1. Budanmış Üstel Dağılım Modeli

Budanmış üstel model, ampirik Gutenberg Richter (1944) magnitüd frekans ilişkisine dayanarak türetilmiştir.

$$\log v_M = a - bM \quad (9)$$

$$\log v_M = v_0 \times \exp(-\beta M) \quad (10)$$

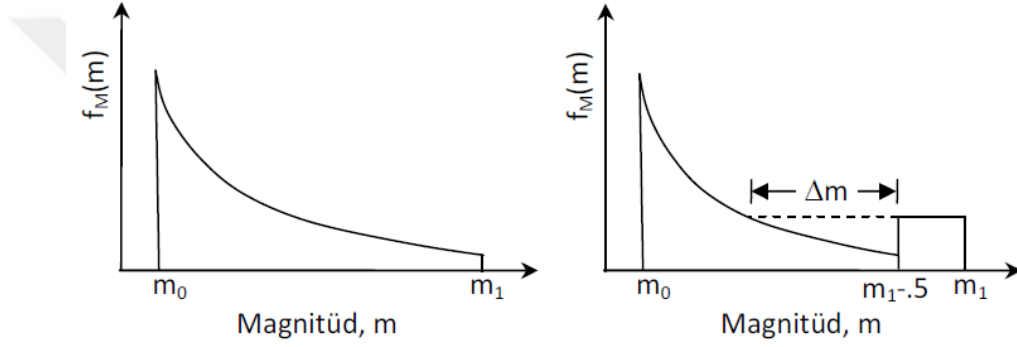
$$v_0 = 10^a \quad (11)$$

$$\beta = b \ln 10 \approx 2.3b \quad (12)$$

burada; a ve b bölgenin sismik özelliklerine bağlı sabitler olup, M Richter büyüklüğünü göstermektedir.

Budanmış üstel model tüm büyüklükler için geçerlidir, ancak genellikle sınırlar minimum ve maksimum büyüklükler için oluşturulur. Magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_m(M)$, denklem (13) ile verilmiştir.

$$f_m(M) = \frac{\beta e^{-\beta(M-M_{\min})}}{1 - e^{-\beta(M_{\max}-M_{\min})}} \quad (13)$$



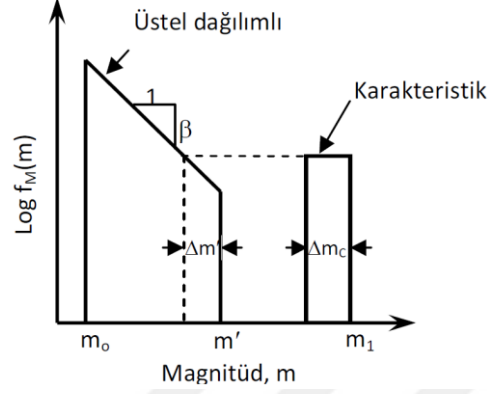
Şekil 1.3. Kesik üstel ve karakteristik deprem modelleri için magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonları a) Kesik üstel model b) karakteristik deprem modeli (Yüçemen, 2011).

1.4.2.4.4.2. Karakteristik Deprem Modeli

Schwartz ve Coppersmith (1984), kesik üstel modelin büyük bölgeler için oldukça iyi olan deprem büyüklüklerini belirlediğini, fakat fay segmentlerinde gerçekleşen büyük depremlerin tekrarlanma oranını göz önüne almadığını belirtmiş, kendileri karakteristik deprem modelini önermişlerdir. Karakteristik deprem modeli için büyüklük olasılık yoğunluk fonksiyonu, Şekil 1.4'te gösterilen Youngs ve Coppersmith (1985) tarafından türetilmiştir. Felsefenin arkasındaki sebep şudur: *“Büyük bir deprem meydana getirerek bir fay kırılmaya başladığı zaman, tüm fay segmenti buna uygun olarak kırılmaya eğilimlidir.”* Bu bağlamda, fay segmentinin boyutuna bağlı olarak, fay üzerinde karakteristik bir büyüklüğe sahip bir deprem meydana gelir.

Karakteristik deprem modeli, karakteristik depremler sırasında tüm enerjinin deşarj olduğunu düşünmektedir. Böylece, karakteristik deprem büyük boyutlu depremlerle

ilişkilidir, bu da küçük ve orta büyüklükteki depremlerin dikkate alınmadığı anlamına gelmektedir.



Şekil 1.4. Youngs ve Coppersmith (1985) tarafından önerilen karakteristik deprem modeli (Yücemen, 2011).

Bu modelde, Youngs ve Coppersmith (1985) bazı basitleştirici varsayımlar yapmıştır. Bunlar; (1) $\Delta M_{char} = 0.5$, (2) $M = M_{max} - \Delta M_{char}$ ve (3) karakteristik bölümün frekansının exponansiyel bölümün $M_{max} - 1$ 'deki frekansına eşittir.

Karakteristik deprem modeline karşılık gelen olasılık yoğunluk fonksiyonu, karakteristik deprem için kısıtlı bir genişlik aralığı sağlayan budanmış normal dağılım ile açıklanabilir. Budanmış normal model için magnitüd olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem (14) ile verilmiştir (Youngs and Coppersmith 1985).

$$f_m(M) = \begin{cases} \frac{1}{1+c_2} \frac{\beta e^{-\beta(M_{char}-M_{min}-1.25)}}{1-e^{-\beta(M_{char}-M_{min}-0.25)}} & M_{min} \leq M \leq M_{max} - 0.5 \\ \frac{1}{1+c_2} \frac{\beta e^{-\beta(M_{char}-M_{min}-1.25)}}{1-e^{-\beta(M_{char}-M_{min}-0.25)}} & M_{max} - 0.5 \leq M \leq M_{max} \end{cases} \quad (14)$$

$$c_2 = \frac{0.5\beta e^{-\beta(M_{char}-M_{min}-1.25)}}{1-e^{-\beta(M_{char}-M_{min}-1.25)}} \quad (15)$$

burada; M_{char} karakteristik deprem magnitüdünü göstermektedir.

1.4.2.4.5. Deprem Aktivite Oranları

Magnitüd dağılım fonksiyonu, sismik bir kaynak için çeşitli deprem büyüklüklerinde bağıl oranı ifade etmektedir. Sismik bir kaynağın aktivite oranını elde etmek için, geçmiş deprem verileri veya sismolojik bilgiler kullanılır. Geçmişte kaydedilen deprem verilerinden aktivite oranını belirlemek için bir deprem kataloğu derlenmiştir. Daha sonra, kesik üstel model deprem kataloğundaki verilere uyarlanmıştır. Deprem kataloglarını derlerken, aşağıda belirtildiği gibi bazı önemli noktalar göz önünde bulundurulmalıdır.

- Farklı büyüklük ölçekleri ortak bir ölçeğe dönüştürülmelidir. Tercihen, veri tabanındaki tüm büyüklük ölçekleri moment büyüklüğüne dönüştürülebilir.
- Poisson modelinin deprem olaylarının bağımsız olaylar olduğu varsayımına dayanması nedeniyle; ön şokların, artçı şokların ve ana şokun diğer bağımlı olaylarının katalogdan çıkarıldığı alternatif bir deprem kataloğu hazırlanmalıdır.
- Kataloğun eksiksizliği dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Bazı olaylar (özellikle küçük büyüklükteki depremler), daha önceki dönemlerde rapor edilememiştir. Deprem kataloğundaki eksiklikler düzeltildikten sonra, maksimum olasılık yöntemi veya en küçük kareler regresyonu kullanılarak aktivite oranı ve b parametre değeri hesaplanır. Maksimum olabilirlik yöntemini kullanarak bu değerinin hesaplanması (Weichert, 1980) denklem (16) ile verilmiştir.

$$b = \frac{1}{\ln(10)(M - M_{\min})} \quad (16)$$

Gutenberg ve Richter (1954), b parametre değerinin dünyanın çeşitli bölgeleri için 0.45 ile 1.50 arasında değiştiğini öne sürmüştür. Deprem kataloglarında kaydedilen geçmiş deprem verilerinin kullanımı, budanmış üstel modele uygun aktivite oranlarının tahminine uygun olsa da karakteristik deprem modeli için aktivite oranlarının hesaplanmasında özellikle atım miktarı ve jeolojik veriler kullanılabilir. Aktivite oranı coğrafi bilgiler kullanılarak da belirlenir. Fay kaynağı için atım miktarı biliniyorsa, sismik moment dengeleme yöntemi kullanılarak da aktivite oranı hesaplanabilir.

Denklem (6)'da verilen sismik moment tanımı göz önünde bulundurulduğunda, sismik moment oranı, M'_0 , denklem (6)'nın zamana göre türevi alınarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$M'_0 = \mu A \frac{dD}{dt} = \mu AS \quad (17)$$

burada; S fay boyunca ortalama atım miktarını, D fay yüzeyi üzerindeki ortalama yer değiştirmeyi ifade etmektedir.

Moment magnitüdü (M_w) denklem (5)'in aşağıdaki şekilde yeniden yazılması ile elde edilen formülasyon ile hesaplanabilir.

$$M_0 = 10^{1.5M_w + 16.05} \quad (18)$$

Depremlerin aktivite oranı moment magnitüdü (M_w) ile denklem (19)'daki gibi hesaplanır:

$$v_M = \frac{M'_0}{M_0} = \frac{\mu AS}{10^{1.5M_w + 16.05}} \quad (19)$$

1.4.2.5. Deprem Oluşum Modelleri

1.4.2.5.1. Zamandan Bağımsız Modeller

1.4.2.5.1.1. Poisson Modeli

Depremlerin zaman içinde gösterdikleri rassal dağılımın modellenmesi için değişik stokastik modeller geliştirilmiştir. OSTA çalışmalarının çoğunluğunda depremlerin zaman içindeki oluşumları homojen Poisson süreci ile modellenmektedir. Poisson modelinde deprem olaylarının birbirlerinden bağımsız oldukları varsayılmaktadır. Bir sismik kaynak içerisinde ve belirli bir t zaman aralığında en az bir deprem olma olasılığı,

$$P_r(N \geq 1) = 1 - e^{-vt} \quad (20)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada; v incelenen bölgede birim zaman süresinde (genellikle bir yıl) meydana gelen magnitüdü m_0 'a eşit veya m_0 'dan büyük depremlerin ortalama

sayısı olup, $1/v$ ise yıl cinsinden ortalama tekerrür süresine eşittir. Poisson modelinde, v zaman içinde değişmeyen sabit bir değere eşittir.

1.4.2.5.2. Zamana Bağlı Modeller

1.4.2.5.2.1. Yinelenme Modeli

Depremlerin zamana olan bağımlılığını modellemek üzere yinelenme modellerini kullanmak mümkündür. Yinelenme sürecine dayanan modellerde, depremlerin oluşumu, aynı dağılıma sahip tekerrür süreleri olan bir olaylar dizisi şeklinde alınmaktadır. Diğer bir deyişle gelecekte olacak depremin beklenen zamanı sadece bir önceki depremin olduğu tarihe bağımlıdır. Fay segmentinde meydana gelen bir deprem sonraki deprem için yinelenme sürecini başlangıç durumuna getirterek tekrar başlatmaktadır. Zamana bağımlılık, tekerrür süreleri için varsayılan dağılımlara bağlı olan tehlike oranı yolu ile modellenmektedir. Tehlike oranı, denklem (21) ile verilen tehlike fonksiyonuna bağlıdır:

$$h(t) = \frac{f_T(t)}{1 - F_T(t)} \quad (21)$$

burada; $f_T(t)$ ve $F_T(t)$ sırasıyla olaylar arası zamanın olasılık yoğunluk ve birikimli dağılım işlevleridir. Örneğin, Poisson süreci tehlike oranının sabit ve tekerrür sürelerinin üstel dağılıma sahip olduğu bir yinelenme sürecidir.

1.4.2.5.2.2. Karma Yinelenme Modeli

Wu vd. (1995), karma (hibrid) yinelenme modelini geliştirmişlerdir. Bu modele göre, büyük magnitüdlü karakteristik depremlerin zamana olan bağımlılığı yinelenme süreci ile modellenmiş ve daha küçük depremler için kabul edilen üstel dağılım ile birleştirilmiştir. Karma yinelenme modeli, büyük magnitüdlü karakteristik depremlerin periyodik olarak meydana geldiği varsayımını içerebilmek için Poisson modelini değiştirmektedir. Bu değişiklik, karakteristik depremler için kabul edilen tek adımlık bir hafızadır. Başka bir deyişle, bu modelde büyük magnitüdlü karakteristik depremlerin oluşumunun bir önceki

karakteristik depremden sonra geçen zamana bağımlı olduğu varsayılmaktadır (Yüçemen, 2011).

1.4.2.6. Yer Hareketi Tahmin Denklemleri

Sismik tehlike hesaplarında, gelecekte meydana gelecek depremlerden dolayı oluşacak yer hareketi parametrelerindeki değişkenlik yer hareketi tahmin denklemleri kullanılarak ifade edilir.

Sismik tehlikenin tahmini için depremin etkinliğini yansıtan bir zemin hareketi parametresi seçilmelidir. Bundan sonra da, o parametrenin azalımına ilişkin bir model geliştirmelidir. Zayıflama ilişkileri olarak da bilinen yer hareketi tahmin denklemleri yer hareketi parametrelerinin özelliklerinin odak noktasından ya da sismik kaynağın seçilen bir noktasından uzaklaştıkça nasıl değişeceğini gösteren ve çoğunlukla gözlemsel yollarla elde edilen denklemlerdir. Zayıflama ilişkisi olarak adlandırılmasının nedeni, toprak koşullarına da bağlı olarak deprem merkez üssünden uzaklaştıkça deprem dalgalarının zayıflamasından kaynaklanmaktadır. Bu denklemler genellikle, M magnitudündeki bir depremin, R uzaklığındaki inşaat sahasında yaratacağı en büyük zemin hareketi parametresinin değerini veren bir fonksiyon şeklindedir. Uzaklık olarak, merkez-üstü, odak ya da sismik kaynak üzerindeki bir noktadan ölçülen mesafeler alınmaktadır. Yer hareketi tahmin denklemleri genellikle en küçük kareler yönteminin gözlemsel verilere uygulanması ile elde edilen bir eğri şeklindedir. Bu eğrinin etrafındaki saçılımdan doğan belirsizliğin analize yansıtılması, rassal düzeltme katsayısı N_y ile sağlanmaktadır. Ayrıca inşaat sahasının zemin özelliklerini yansıtan bir parametre de bu ilişkilerde yer alabilmektedir. Bazı azalım ilişkileri fayın türünü de göz önünde tutmaktadır. Bu azalım ilişkilerinin genel yapısı denklem (22) ile tanımlanabilir ve ayrıca bu ilişkilerin çoğuna Douglas (2008) aracılığı ile ulaşılabilir (Araya ve Der Kiureghian, 1988).

$$Y = N_y f(M, R, SP_i) \quad (22)$$

burada, Y tahmin edilecek olan kuvvetli yer hareketi parametresini (bağımlı değişken), N_y azalım ilişkisindeki (ortalama tahmin eğrisi) belirsizlik (saçılım) için rassal düzeltme katsayısını, R depremden inşaat sahasına olan tanımlanmış uzaklık ölçüsünü, M deprem

büyükliğini gösteren herhangi bir ölçekteki magnitüd değerini, SP_i deprem kaynağı, dalga yayılma hattı ve yerel zemin koşulları ile ilgili parametreleri ifade etmektedir.

Son on beş yıl içerisinde yerel kayıtlar kullanılarak Türkiye için geçerli olan değişik azalım ilişkileri geliştirilmiştir (Kalkan ve Gülkan, 2004; Özbey vd. 2004; Ulusay vd. 2004; Akkar ve Cagnan, 2010). Türkiye için en yaygın olarak kullanılan tahmin denklemlerinden bazıları ilgili araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Ambraseys, 1996; Boore vd. 1997; Abrahamson ve Silva, 1997; Sadigh vd. 1997; Idriss, 2002). Bunun yanı sıra yeni nesil yer hareketi tahmin denklemleri de birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir (Abrahamson ve Silva 2008; Boore ve Atkinson 2008; Campbell ve Bozorgnia 2008; Chiou ve Youngs 2008; Idriss, 2008).

1.4.2.7. Sismik Tehlike Hesaplamaları

OSTA'daki son adım, sahadaki belirli bir yer hareketi parametresinin aşılma oranının değerlendirilmesidir. Sismik tehlike; pik yer ivmesi, spektral ivme ve yer değiştirme gibi birçok yer hareketi parametresi türünden hesaplanabilir. Toplam tehlike, her bir kaynağın toplam olasılık teoremine dayanarak birleştirilmesiyle hesaplanır. Tek bir sismik kaynak için tehlike denklem (23) ile tanımlanır.

$$v(Y \geq y) = \sum_i v_i \iint \dots \int P(Y > y / \tilde{X}) f_x(\tilde{X}) dx \quad (23)$$

burada, $v(Y \geq y)$ y'den büyük yer hareketi parametresi (Y)'nin yıllık frekansını, v_i i'inci sismik kaynaktaki yıllık deprem oluş oranını, $\tilde{X}$ büyüklüğü (M) sismik kaynak ile saha arasındaki mesafe (R) olan ve Y'yi etkileyen rassal değişkenlerin vektörünü, $f_x(\tilde{X})$ rassal değişkenlerin vektörünün (X) , birleşik olasılık yoğunluk fonksiyonu göstermektedir.

Eğer sadece M ve R dikkate alınırsa ve bu iki rasgele değişkenin bağımsız olduğu varsayılırsa, yıllık aşılma frekansı şu şekilde yazılabilir:

$$v(Y \geq y) = \sum_i v_i \int_{r=0}^{\infty} \int_{M_{\min}}^{M_{\max}} \Pr(Y \geq y / M, R) f_M(M) f_R(R) dmdr \quad (24)$$

burada; f_M magnitüdün olasılık yoğunluk fonksiyonunu, f_R sismik kaynak ve arazi arasındaki uzaklığın olasılık yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir. Burada, toplam tehlike, yıllık aşılma frekansı türünden ifade edilir ve aynı zamanda yaklaşık olarak yıllık aşılma olasılığına karşılık gelir. Bu olasılık bir kez hesaplandığında, ilgili yöntem, belirlenen parametrelere göre seçilen, bir dizi farklı yer hareketi seviyesine yol açan çeşitli yer hareketi seviyeleri ve onlara karşılık gelen aşılma olasılıkları için tekrarlanır.

Sismik tehlike analizi hesaplamaları yapılırken bu süreci kolaylaştırmak amacıyla geçmişten günümüze kadar bazı yazılım paketleri geliştirilmiştir (CRISIS, EZ-FRISK, SEISRISK, EQRM, MRS, NSHM, OpenSHA vb.). İkinci bölümde yapılan sismik tehlike hesaplamaları kapsamında, EZ-FRISK programı ile kullanılmıştır.

1.4.2.8. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizindeki Belirsizlikler

OSTA'da birbirinden farklı iki çeşit belirsizlik bulunmaktadır. Bunlar; rassal ve bilgiye dayalı (epistemik) belirsizliklerdir. Rassallıktan kaynaklanan belirsizlikler, sismik tehlikeyi etkileyen fiziksel olayların doğasında mevcut olup, daha fazla veri ve bilgi elde edilerek azaltılmaları mümkün olmamaktadır. Bilgi ve veri eksikliğinden kaynaklanan belirsizlikler ise elde edilecek yeni bilgiler ve veriler ile azaltılabilmektedir.

1.4.2.8.1. Rassal Belirsizlikler

Sismik tehlike hesaplarında, gelecekte meydana gelecek depremlerden dolayı oluşacak yer hareketi parametrelerindeki değişkenlik yer hareketi tahmin denklemleri kullanılarak ifade edilir ve depremlerin doğasında olan rassal değişkenlik yer hareketi tahmin denklemlerinin standart sapmaları ile dikkate alınır. Gelecekte oluşacak bir depremin yeri, büyüklüğü, fay kırılmasının boyutları ve yönü bu tür belirsizliklere örnek olarak gösterilebilir.

1.4.2.8.2. Bilgiye Dayalı (Epistemik) Belirsizlikler

Sismik tehlike hesabındaki başlıca belirsizlik kaynağı, azalım ilişkisinden kaynaklanan belirsizliklerdir. Diğer belirsizlikler ise bölgenin sismik etkinliğine ilişkin

parametreler (β, M_1, v) ile sismik kaynak bölgelerinin coğrafi konumu ve veri tabanındaki eksikliklerdir. Bu nedenle sismik tehlike değerlerinin gerçekçi bir biçimde tahmini için bu belirsizliklerin de hesaba katılması gereklidir. Bilgi yetersizliğinden kaynaklanan bilgiye dayalı (epistemik) belirsizlikler mantık ağacı adı verilen yöntem ile hesaba katılabilir.

1.4.2.8.2.1. Mantık Ağacı Yöntemi

Mantık ağacı yönteminde; sismik parametre değerlerine, azalım ilişkilerine, veri tabanına ve sismik kaynak konumlarına göre yapılacak varsayıma göre öznel olasılık değerleri verilir ve her bir grup için o gruba verilen varsayımların öznel olasılıklarının çarpımından oluşan birleşik olasılık değeri verilir. Ayrıca hesaplanan birleşik olasılıkların toplamının bire eşit olması gerektiği unutulmamalıdır. Bu işlemden sonra her bir grup için sismik tehlike hesabı yapılır. Bulunan aşılma olasılığı, o grup için belirlenen birleşik olasılık değeri ile çarpılır. İşlem sonucunda bulunan yeni aşılma olasılıklarının toplamı bize sismik tehlike eğrisini verir. Bu şekilde hesaplanan ağırlıklı ortalama sismik tehlikeye Bayes tahmini adı verilmektedir. Matematiksel olarak ifade edilirse:

$$P(Y > y) = \sum_{j=1}^n P(Y > y / G_j) w_j \quad (25)$$

burada; G_j j sayılı varsayım grubunu, $w_j = P_r(G_j)$ j sayılı varsayım grubunun diğerlerine göre doğru olma olasılığını yansıtan birleşik öznel olasılığı, n göz önünde tutulan varsayım takımlarının sayısını ifade etmektedir. (Yücemen, 2011)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

2.1. Giriş

Bu tez çalışmasında, Burdur ilinde hastane yapılması düşünülen belirli bir nokta için sismik tehlike analizi çalışması yapılarak, yapılacak yapının boyutlandırılmasında kullanılmak üzere sahaya özel deprem spektrumunun oluşturulması amaçlanmaktadır. Tezin bu bölümünde, öncelikle sismik tehlike hesaplamalarında kullanılan EZ-FRISK adlı yazılımın özellikleri ve kullanım adımları açıklanmaktadır. Sonrasında ise Burdur ilinde koordinatları belirlenen ve hastane yapılması düşünülen bölgeye ait tarihsel ve aletsel dönemlerde meydana gelen depremler araştırılarak deprem kataloğu oluşturulmuştur. Katalogta bulunan depremler tek tip büyüklüğe çevrilmiş, bu depremler içerisindeki öncü ve artçı depremler uygun eleme yöntemleri ile ayırt edilmiş ve uygun görülen zaman ve uzaklık pencereleri kullanılarak katalogdan elenmiştir. öncü ve artçı depremlerin elenmesi ile oluşturulan katalogta bulunan ve büyüklüklerine göre gruplandırılan depremlerin eksiksiz olduğu zaman dilimleri belirlenerek deprem kataloğundaki eksiklikler tamamlanmaya çalışılmıştır. Bölgeyi etkileyebilecek sismik kaynaklar belirlenmiş ve elde edilen homojen katalogdaki depremler sismik kaynaklar ile ilişkilendirilmiştir. Bölgeye uygun olarak seçilen yer hareketi tahmin denklemlerindeki eksiklikleri de dikkate almak suretiyle, mantık ağacı yöntemini kullanarak sismik tehlike analizleri gerçekleştirilmiş ve analizler sonucunda sahaya özel deprem spektrumu elde edilmiştir. Elde edilen spektrum değerleri DBYBHY 2007 ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) verileri ile birlikte karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

2.2. EZ-FRISK Programının Tanıtımı ve Kullanımı

EZ-FRISK, sahaya özel deprem tehlikesi analizi yapmak için mühendisler ve sismologlar tarafından kullanılan ve veri tabanında yaklaşık 40 adet alternatif azalım ilişkisi bulunan bir yazılımdır. Bu yazılımın veri tabanındaki azalım ilişkileri doğrudan kullanılabildiği gibi, farklı azalım ilişkileri de tanımlanabilmektedir.

Programdaki bütün işlemler üst ve yan araç çubukları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Üst araç çubuğunda (Şekil 2.1.) bulunan menülere ait açıklamalar aşağıda verilmektedir.

File: Yeni projelerin oluşturulması ve mevcut projelerin çağırılması için kullanılır.

Edit: Daha önceden oluşturulmuş veya oluşturulacak projelerde; kesme, kopyalama, yapıştırma, geri alma, bulma, değiştirme vb. düzenlemeleri yapmak için kullanılır.

View: Veri girişi yapılan bütün pencereleri incelemek için kullanılır.

Action: Analiz türünün seçmek için kullanılır.

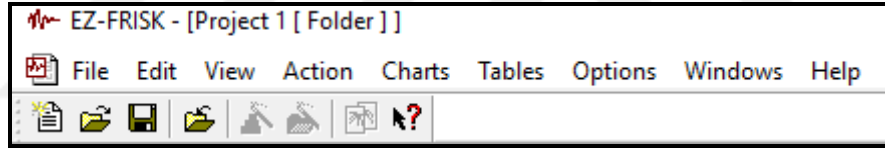
Charts: Analizler sonrasında elde edilen grafikleri incelemek için kullanılır.

Tables: Analiz sonuçlarını tablo halinde görüntülemek veya aktarmak için kullanılır.

Options: Analiz ve program ayarları için kullanılır.

Windows: Çalışma pencerelerinin düzenlenmesi için kullanılır.

Help: Yardım için kullanılır.



Şekil 2.1. Üst araç çubuğu menüleri

Yan araç çubuğunda (Şekil 2.2.) bulunan menülere ait açıklamalar aşağıda verilmektedir.

Open Projects: Açık durumda bulunan projelerin gösterildiği kısımdır.

Open Attenuation Charts and Tables: Azalım ilişkilerinin belirli fay parametrelerine göre karşılaştırılıp, sonuçların grafik ve tablo şeklinde elde edildiği kısımdır.

Databases: Sismik kaynaklar, azalım ilişkileri ve zemin özelliklerinin kaydedildiği veritabanıdır.

Attenuation Equations: Azalım ilişkilerinin tanımlandığı kısımdır.

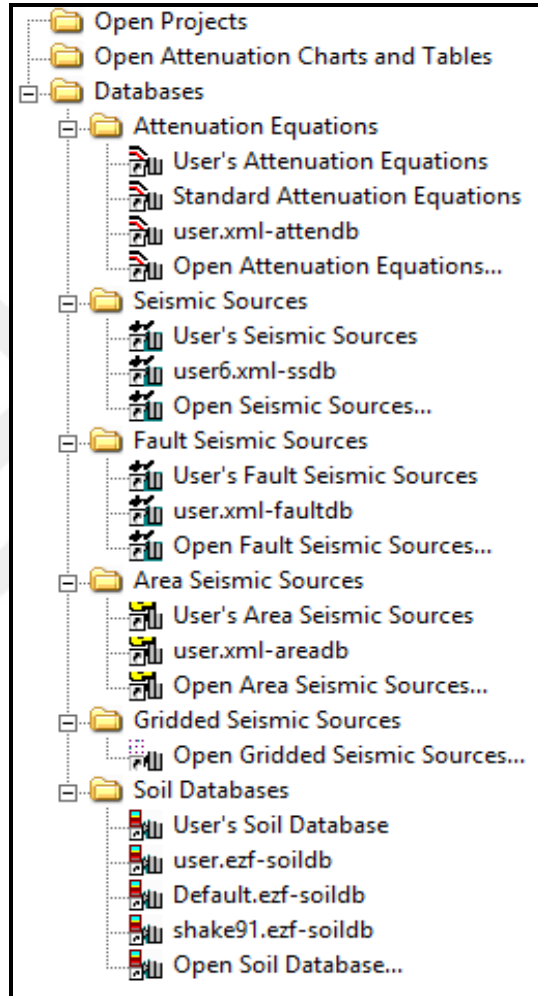
Seismic Sources: Her türlü kaynak ve kaynaklara ait parametrelerin tanımlandığı kısımdır.

Fault Seismic Sources: Yalnızca Çizgisel sismik kaynakların ve parametrelerinin tanımlandığı kısımdır.

Area Seismic Sources: Yalnızca Alansal sismik kaynakların ve parametrelerinin tanımlandığı kısımdır.

Gridded Seismic Sources: Bir alan veya birden fazla nokta için ızgara bazlı analizde kullanılmak üzere önceden oluşturulan sismik kaynakların yazılıma yüklendiği kısımdır.

Soil Databases: Zemin özelliklerin tanımlandığı kısımdır.

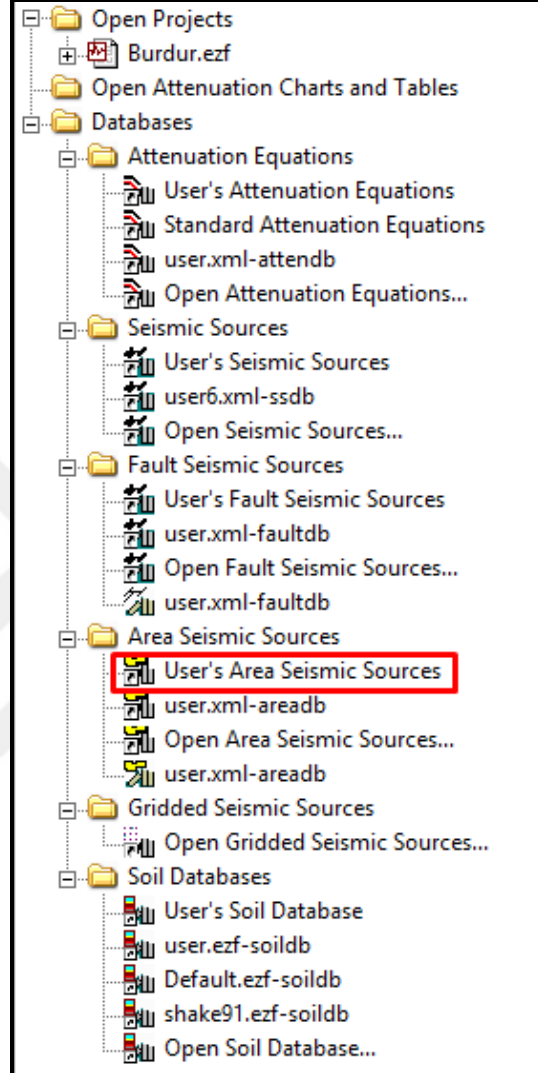


Şekil 2.2. Yan araç çubuğu menüleri

2.2.1. Alansal Kaynak Özelliklerinin Tanımlanması

EZ-FRISK yazılımında alansal kaynakların tanımlanması için öncelikle yan araç çubuğundaki Area Seismic Sources kısmında bulunan User's Area Seismic Sources sekmesi kullanılır (Şekil 2.3). Bu bölüme girildiğinde, Şekil 2.4'de görülen pencere ekrana gelecektir. Bu pencerede sismik kaynakları içerisinde bulunduran ve mevcutta var olan

sismik bölgeler görülebilir veya sismik kaynakları içerisinde barındıracak yeni bir sismik bölge tanımlanabilir.



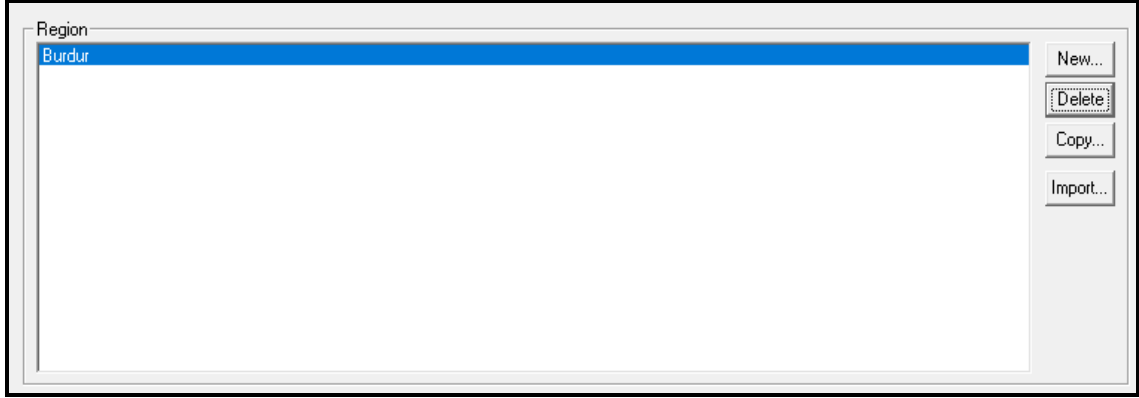
Şekil 2.3. Alansal sismik kaynak için yan araç çubuğu menüsü

New: Yeni bir sismik bölge tanımlamak için kullanılır. New butonuna tıklandığında Şekil 2.5'deki pencere ekrana gelir. Ekrana gelen New Region/Source penceresinin Region Name kutucuğuna bölge için isim yazılarak yeni bir sismik bölge oluşturulur.

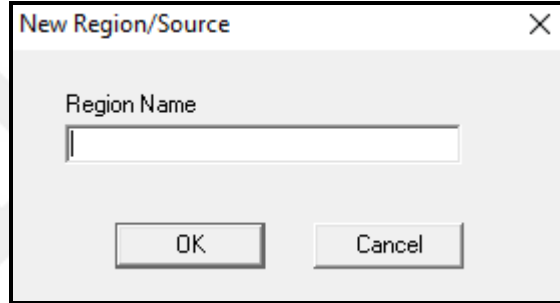
Delete: Mevcutta var olan sismik bölgeleri silmek için kullanılır.

Copy: Mevcutta var olan sismik bölgeleri kopyalamak için kullanılır.

Import: Dışarıdan sismik bölge verisi çağırmak için kullanılır.

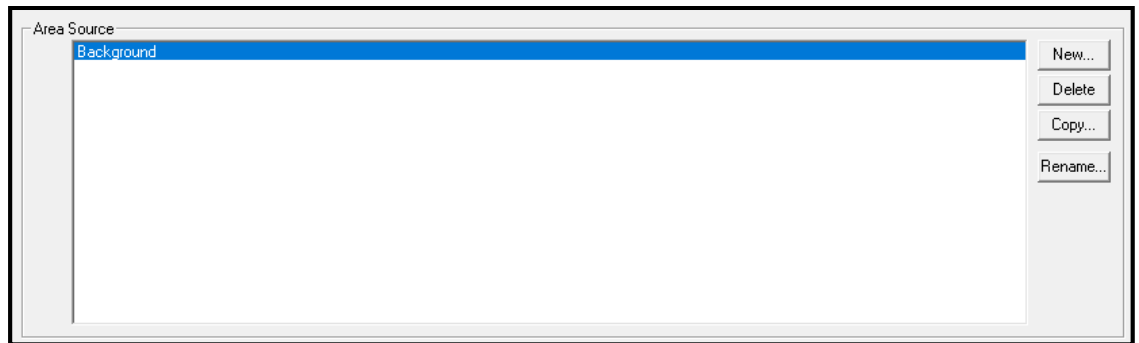


Şekil 2.4. Sismik bölgeler penceresi



Şekil 2.5. Yeni bir sismik bölge tanımlama penceresi

Yeni bir sismik bölge oluşturulduktan sonra bölgeye ait alansal sismik kaynakların aynı pencere kullanılarak tanımlanması gerekmektedir. Bunun için Şekil 2.6’da gösterilen Area Source penceresinde New butonuna tıklanır. Pencerede yer alan her bir butona ait kullanım amacı aşağıda verilmektedir.



Şekil 2.6. Sismik kaynaklar penceresi

New: Yeni bir alansal kaynak tanımlamak için kullanılır. New butonuna tıklandığında Şekil 2.7'deki pencere ekrana gelir. Ekrana gelen New Region/Source penceresinin Area Source Name kutucuğuna alansal kaynak için isim yazılarak yeni bir alansal kaynak oluşturulur.

Delete: Mevcutta var olan alansal kaynakları silmek için kullanılır.

Copy: Mevcutta var olan alansal kaynakları kopyalamak için kullanılır.

Rename: Mevcutta var olan alansal kaynakları yeniden adlandırmak için kullanılır.

Şekil 2.7. Yeni bir alansal kaynak tanımlama penceresi

Alansal kaynaklara ait özellikleri belirlemek ve koordinatları girmek için Şekil 2.8'de gösterilen Parameters ve Coordinates pencereleri doldurulmalıdır.

	Latitude	Longitude
1	38.6540	29.0950
2	38.6540	31.4410
3	36.7690	31.4410
4	36.7690	29.0950
5	38.6540	29.0950
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

Şekil 2.8. Alansal kaynağın özellikleri ve koordinatları penceresi

Fault Mechanism: Veri girişi yapılacak alansal kaynağın faylanma mekanizmasının (yanal atım, doğruıltu atım vb.) seçildiğı kısımdır.

Minimum Depth: Veri girişi yapılacak alansal kaynaktaki sismik aktivitenin gerçekleştiğı minimum derinliğın girildiğı kısımdır.

Maximum Depth: Veri girişi yapılacak alansal kaynaktaki sismik aktivitenin gerçekleştiğı maksimum derinliğın girildiğı kısımdır.

Magnitude Scale: Veri girişi yapılacak alansal kaynak için kullanılacak magnitüd öleğı türünün (moment magnitüdü, richter magnitüdü vb.) seçildiğı kısımdır.

Minimum Magnitude: Veri girişi yapılacak alansal kaynak için belirlenen minimum magnitüd değeriinin yazılacağı kısımdır.

Maximum Magnitude: Veri girişi yapılacak alansal kaynak için belirlenen maksimum magnitüd değeriinin yazılacağı kısımdır.

Activity Rate: Sismik kaynakta bir yılda meydana gelen depremlerin sayısını ifade etmektedir.

Beta: Gutenberg ve Richter (1944) Magnitüd frekans ilişkisi sonucunda elde edilen b değeriinin ln ile çarpılması sonucu elde edilen değeri ifade etmektedir.

Probability of Activity: Alansal kaynakta sismik etkinlik olma olasılığını ifade etmektedir.

Total Area: Koordinatları girilen alansal kaynağın alanının hesaplandığı kısımdır.

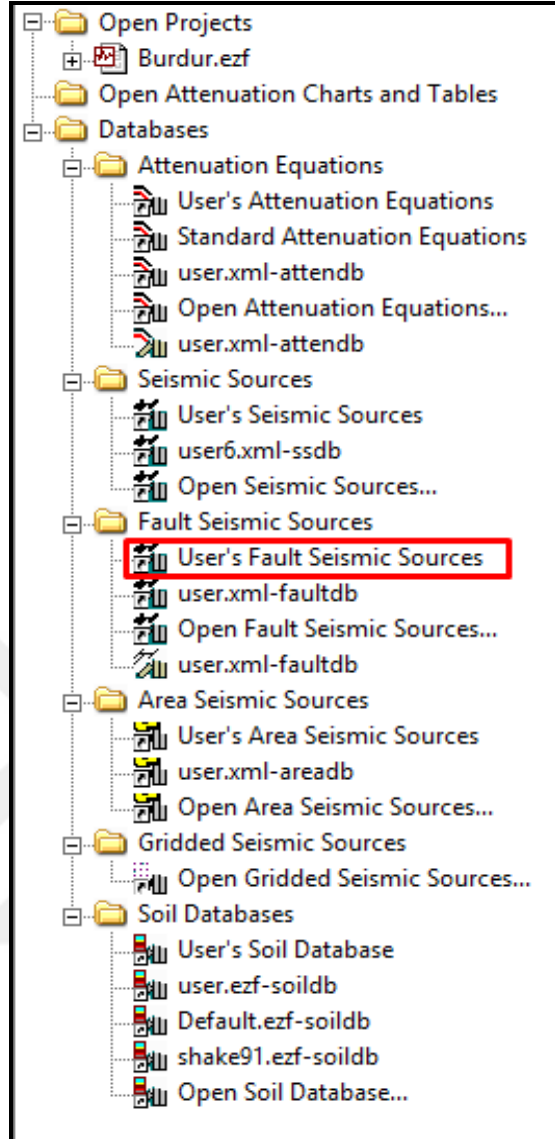
Rupture Length: Alansal kaynaklar için regresyon analizi sonucu elde edilen birinci dereceden tek bilinmeyenli denklemin sabitleri olan A ve B parametrelerini ifade etmektedir.

Latitude: Alansal kaynak enlem derecelerinin girildiğı kısımdır.

Longitude: Alansal boylam enlem derecelerinin girildiğı kısımdır.

2.2.2. Çizgisel Kaynak Özellikleri ve Tanımlanması

EZ-FRISK yazılımında çizgisel kaynakların tanımlanması için öncelikle yan araç çubuğundaki Fault Seismic Sources kısmında bulunan User's Fault Seismic Sources sekmesi kullanılır (Şekil 2.9). Bu bölüme girildiğinde, Şekil 2.10'da görülen Fault Seismic Source Database penceresi ekrana gelecektir. Bu pencere kullanılarak mevcut çizgisel sismik kaynaklar görüntülenebilir veya yeni bir çizgisel sismik kaynak tanımlanabilir.



Şekil 2.9. Çizgisel sismik kaynak için yan araç çubuğu menüsü

Add Fault: Çizgisel kaynakları eklemek için kullanılır.

Delete Fault: Mevcut çizgisel kaynakları silmek için kullanılır.

Edit Fault: Mevcut çizgisel kaynakları düzenlemek için kullanılır.

Duplicate: Mevcut çizgisel kaynakları çoğaltmak için kullanılır.

Duplicate Region: Mevcut çizgisel kaynakların içerisinde bulunduğu sismik bölgeyi çoğaltmak için kullanılır.

Rename: Mevcut çizgisel kaynakları yeniden adlandırmak için kullanılır.

	Fault Name	Region	Fault Type	Prob Activity	Determ Mag	Magnitude Scale
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						

Şekil 2.10. Çizgisel kaynak veri tabanı penceresi

Fault Seismic Source Database penceresinde Add Fault butonuna tıklandığında Şekil 2.11’de görülen Fault Seismic Source Editor penceresi ekrana gelecektir. Bu pencerede yer alan ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.

Description: Çizgisel kaynakların adı, türü, içinde bulunduğu sismik bölge vb. özelliklerin tanımlandığı kısımdır.

Name: Çizgisel kaynak adlarının yazıldığı kısımdır.

Region: Çizgisel kaynakların içinde bulunduğu sismik bölgenin seçildiği kısımdır.

Type: Çizgisel kaynak türünün (doğrultu atım, yanal atım vb.) seçildiği kısımdır.

Probability of Activity: Çizgisel kaynaktaki sismik etkinlik olma olasılığını ifade etmektedir.

Magnitude Scale: Çizgisel sismik kaynaklar için magnitüd ölçek türünün (moment, richter vb.) seçildiği kısımdır.

Deterministic Magnitude: Çizgisel kaynak üzerinde geçmişten günümüze kadar gerçekleşen en büyük depremin magnitüd değerinin girileceği kısımdır.

Fault Seismic Source Editor

Description | Orientation | Trace Coordinates | Magnitude Recurrence Models

Name: Burdur Fayı Hacılar Seq

Region: Burdur

Type: Normal Fault

Probability of Activity: 1

Magnitude Scale: Moment Magnitude

Deterministic Magnitude: 6.9000

Şekil 2.11. Çizgisel kaynak özellikleri penceresi

Aynı pencerenin Orientation sekmesine girilerek (Şekil 2.12) fay parametreleri (derinlik ve kırılma açısı) tanımlanmalıdır.

Depth: Fay düzleminin yatay ile aç yaptığı noktalardaki derinliğini ifade eder.

Dip: Fay düzleminin yatay ile yaptığı açığı ifade eder.

Fault Seismic Source Editor

Description | Orientation | Trace Coordinates | Magnitude Recurrence Models

Profile

Depth 1 (km): 0

Depth 2 (km): 7

Depth 3 (km): 14

Dip 1 (degrees): 50

Dip 2 (degrees): 50

Dip along fault trace:
Right - 0 to 90 Degrees
Left - 90 to 180 Degrees

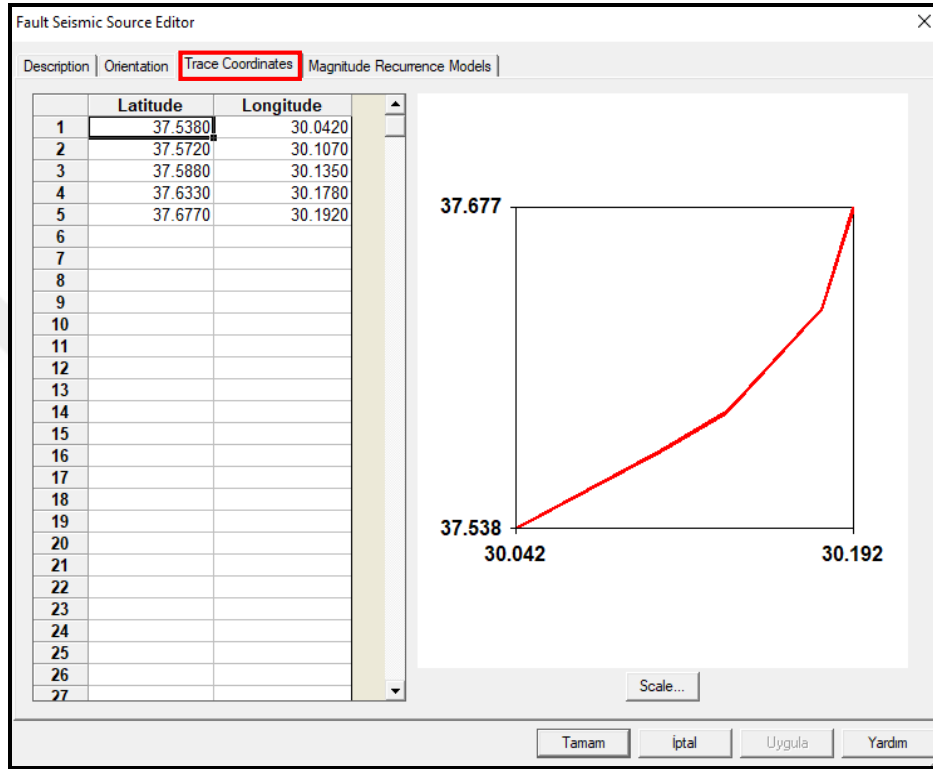
Area: 0 sq. km.

Şekil 2.12. Çizgisel kaynak fay kırığı parametreleri penceresi

Aynı pencerenin Trace Coordinates sekmesine girilerek (Şekil 2.13) fay parametreleri (enlem ve boylam) tanımlanmalıdır.

Latitude: Çizgisel kaynakların enlem derecelerinin girildiği kısımdır.

Longitude: Çizgisel kaynakların boylam derecelerinin girildiği kısımdır.



Şekil 2.13. Çizgisel kaynak koordinatları penceresi

Aynı pencerenin Magnitude Recurrence Models sekmesine girilerek (Şekil 2.14) çizgisel kaynağa ait magnitüd tekerrür ilişkisi parametreleri tanımlanmalıdır.

Model Type: Magnitüd dağılım modeli türünün seçildiği kısımdır.

Weight: Seçilecek magnitüd dağılım modelinin ağırlık değerinin girildiği kısımdır. Varsayılan değeri 1'dir. Eğer farklı ağırlıklarda magnitüd dağılım modelleri kullanılacaksa her modele ayrı bir ağırlık değeri tanımlanmalıdır.

Rate Type: Çizgisel kaynak parametrelerinde kullanılacak oran türünün (aktivite oranı veya atım miktarı)'nın seçildiği kısımdır.

Rate: Kullanılacak oran türlerine ait değer girildiği kısımdır.

Minimum Magnitude: Çizgisel kaynak için belirlenen minimum magnitüd değeridir.

Maksimum Magnitude: Çizgisel kaynak için belirlenen maksimum magnitüd değeridir.

Mean Magnitude: Çizgisel kaynak için belirlenen normal dağılımın ortalama magnitüd değerinin girildiği kısımdır. Magnitüd dağılım modellerinden yalnızca USGS 2002 veya Normal dağılım seçildiği zaman kullanılır. Diğer durumlarda boş bırakılır.

Sigma: Magnitüd dağılım modellerinden yalnızca USGS 2002 veya Normal dağılım seçildiği zaman kullanılır. Normal dağılımın standart sapma değerinin girildiği kısımdır.

Beta: Gutenberg ve Richter (1944) Magnitüd frekans ilişkisi sonucunda elde edilen b değerinin ln ile çarpılması sonucu elde edilen değeri ifade etmektedir.

Delta 1: Karakteristik magnitüd modeli içindeki karakteristik bölüm genişliğini ifade eder.

Delta 2: Karakteristik dağılım hız yoğunluğunun, üstel dağılım hız yoğunluğuna eşit olduğu magnitüd ile maksimum magnitüd arasındaki aralığı ifade etmektedir.

Rupture Dimensioning: Fay kırığına ait parametrelerin elde edilmesinde kullanılacak ölçütün seçildiği kısımdır.

Rupture Length: Çizgisel kaynaklar için regresyon analizi sonucu elde edilen tek bilinmeyenli denklemin sabitleri olan A ve B parametrelerini ifade etmektedir.

Sigma: Çizgisel kaynaklar için regresyon analizi sonucunda elde edilen standart sapmadır.

	A	B	C	D
Model Type	Characteristic			
Weight (must sum to 1.0)	1.00000			
Rate Type	Activity			
Rate	1.000E-03			
Minimum Magnitude	6.10			
Maximum Magnitude	6.90			
Mean Magnitude				
Sigma				
Beta	2.6140			
Delta 1	0.8000			
Delta 2	10.0000			
Rupture Dimensioning	Length and Width			
A (rupture length)	-2.0100			
B (rupture length)	0.5000			
Sigma (rupture length)	0.2100			
A (rupture width)	-2.0100			
B (rupture width)	0.5000			
Sigma (rupture width)	0.2100			
A (rupture area)				
B (rupture area)				
Sigma (rupture area)				

Şekil 2.14. Çizgisel kaynak magnitüd tekerrür ilişkisi penceresi

2.2.3. Sismik Tehlike Hesabı

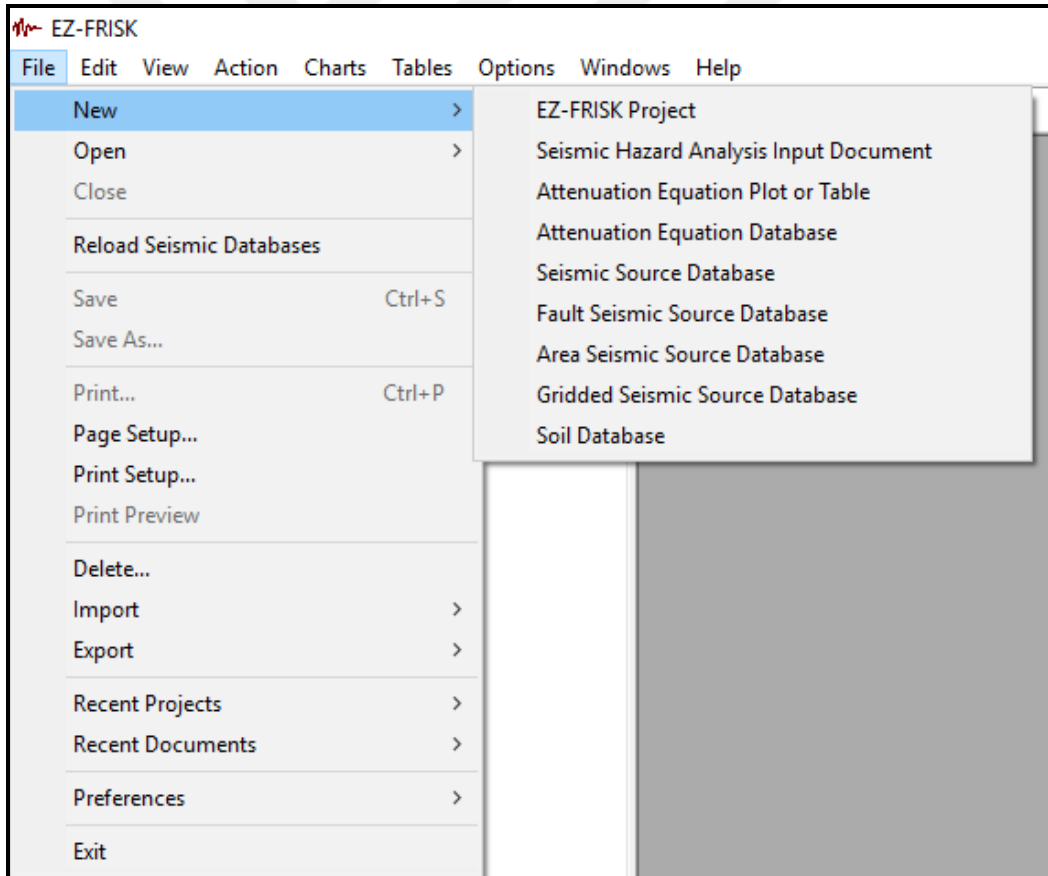
EZ-FRISK yazılımında kaynaklar ile ilgili veri girişi tamamlandıktan sonra sismik tehlike hesaplarının yapılması gerekmektedir. Bunun için yeni bir EZ-FRISK projesi oluşturulmalıdır. (Şekil 2.15). Ekrana gelen EZ-FRISK penceresinde File>New>EZ-FRISK Project sekmeleri tıklanır. Bu aşamada ekrana gelen pencerede New Seismic Hazard Analysis butonu tıklanarak yeni bir sismik tehlike analizi başlatılmış olur.

New Seismic Hazard Analysis: Yeni bir sismik tehlike analizi başlatmak için kullanılır.

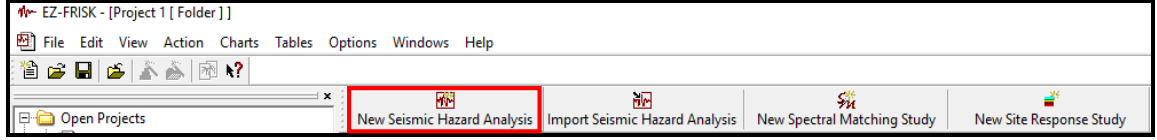
Import Seismic Hazard Analysis: Kaydedilmiş analizi çağırmak için kullanılır.

New Spectral Matching Study: Yeni bir spektrum eşleştirmesi için kullanılır.

New Site Response Study: Yeni bir yer tepki analizi yapmak için kullanılır.

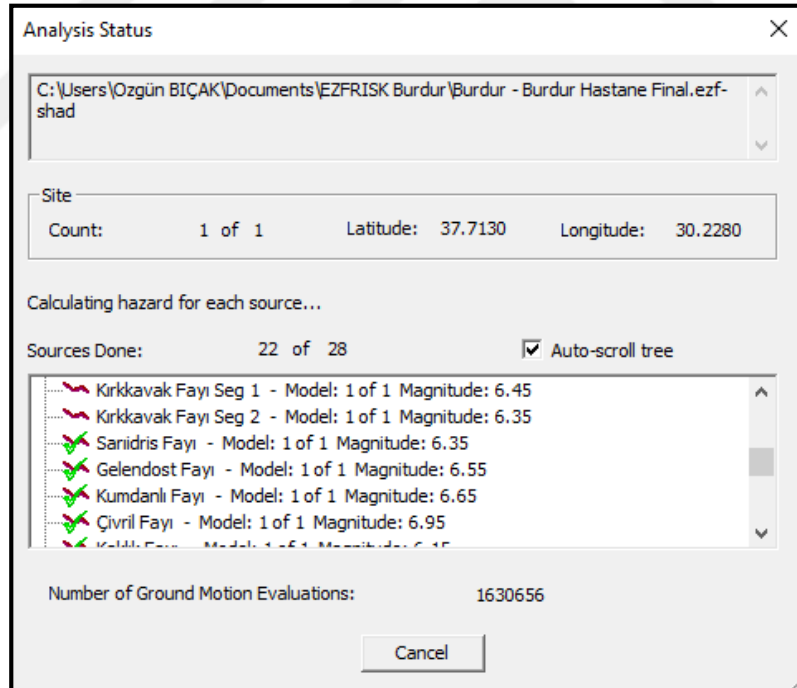
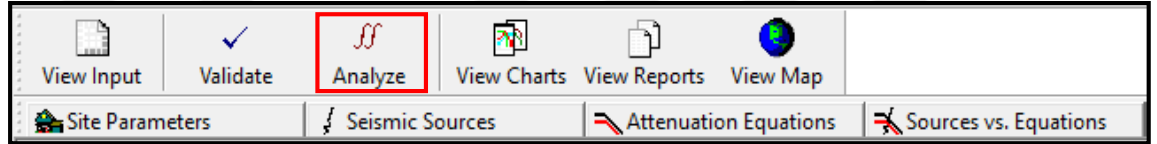


Şekil 2.15. EZ-FRISK yeni proje oluşturulması



Şekil 2.16. EZ-FRISK yapılacak analiz türünün seçilmesi

Ekrana Şekil 2.17’de görülen pencere gelecektir. Bu pencerede sırasıyla arazi parametreleri, sismik kaynaklar, kullanılacak azalım ilişkileri belirlendikten sonra Analize butonuna basılması ile sismik tehlike hesaplamaları başlatılır. Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler tablo veya grafik şeklinde görüntülenebilir.



Şekil 2.17. Sismik tehlike hesaplama adımları penceresi

View Input: Veri girişi kısmının görüntülenmesi için kullanılır.

Validate: Değişikler sonrasında analizin tekrarlanması için kullanılır.

Analyze: Analizin başlatılması için kullanılır.

View Charts: Analizler sonucunda elde edilen grafikleri incelemek için kullanılır.

View Reports: Grafik verilerini incelemek için kullanılır.

View Map: Sismik kaynakları ve saha konumunu harita üzerinde görmek için kullanılır.

Site Parameters: Sahaya özel parametreleri tanımlamak için kullanılır.

Seismic Sources: Sismik kaynakları tanımlamak için kullanılır.

Attenuation Equations: Azalım ilişkilerini seçmek için kullanılır.

Sources vs. Equations: Sismik kaynakları görüntülemek ve kaynaklar için azalım ilişkisi formülasyonlarının belirlenmesi için kullanılır.

Arazi parametreleri Site Parameters butonu tıklanarak ekrana gelen pencere yardımıyla tanımlanır (Şekil 2.18).

Title: Dosya adının yazıldığı kısımdır.

Site Location: Sahaya ait enlem ve boylam derecelerinin girildiği kısımdır.

Analysis Options: Analiz ayarlarının tanımlandığı kısımdır.

Deterministic Analysis: Deterministik analiz yapmak için kullanılır.

Amplitudes to Analyze: Genlik değerlerinin (ivme, hız, yerdeğiştirme) tanımlandığı kısımdır.

Spectral Values to Analyze: Spektral değerlerin (periyot/frekans) tanımlandığı kısımdır.

Attenuation Equation Parameters: Azalım ilişkilerine ait parametrelerin tanımlandığı kısımdır.

Site Parameters

Title: Burdur Hastane Final

Site Location

☒ Single-Site Analysis ☐ Multisite Analysis

Latitude: 37.713 Degrees, decimal (southern hemisphere is negative)

Longitude: 30.228 Degrees, decimal (western hemisphere is negative)

Analysis Options

Intensity Type: Spectral Response @ 5% Damping

☐ Deaggregate Seismic Hazard

☐ Use Soil Maps for Vs30

Deterministic Analysis

Fractiles to Analyze

0.5
0.84

Entry values must be less than one or the text value "MEAN".

Amplitudes to Analyze

Acceleration (g)

0.0001
0.001
0.01
0.02
0.05
0.07
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.7
1
2
3

Amplitude Units
Acceleration (g)

Spectral Values to Analyze

☒ Periods ☐ Frequencies

PGA
5.e-002
9.e-002
0.1
0.15
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.
1.1
1.2
1.3
1.4

Period To Plot PGA
0.030303

Attenuation Equation Parameters

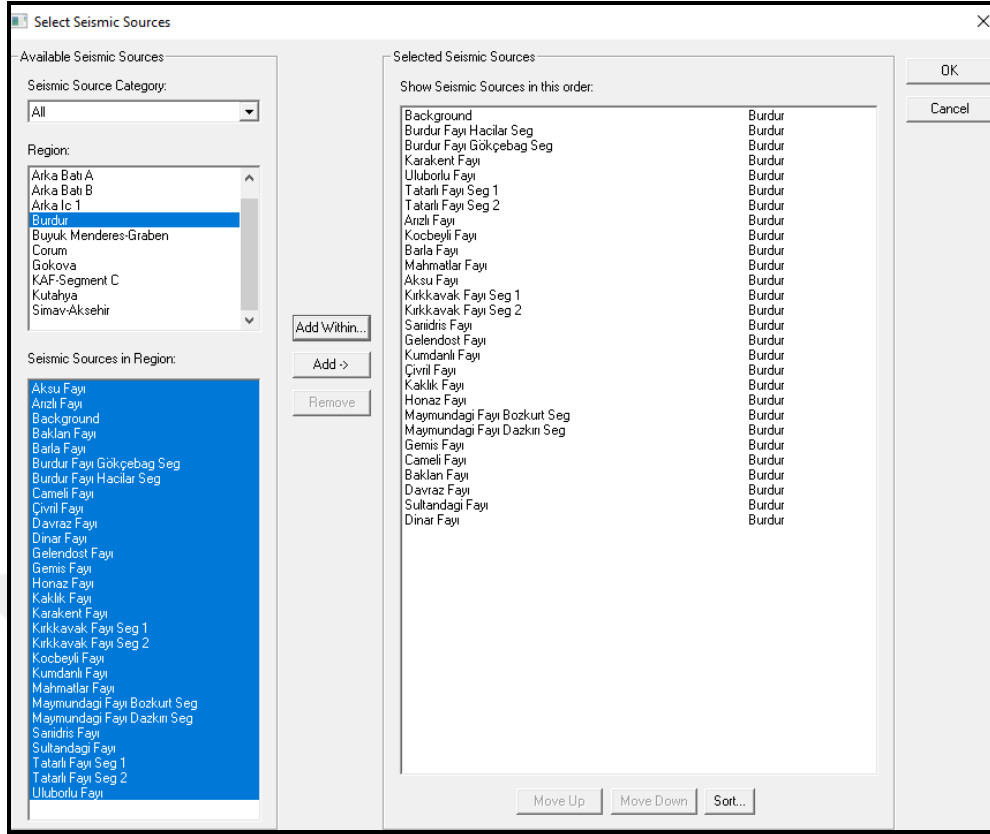
Parameter	Type	Value	Used
Depth[Vs=1000m/s] (m)	double	82.75	Yes
Estimate Z1 from Vs30 for AS NGA	boolean	TRUE	Yes
Estimate Z1 from Vs30 for CY NGA	boolean	TRUE	Yes
Vs30 (m/s)	double	283.125	Yes
Vs30 is Measured	boolean	TRUE	Yes

Şekil 2.18. Saha parametreleri penceresi

Kullanılacak sismik kaynaklar Seismic Sources butonu tıklanarak ekrana gelen pencere yardımıyla seçilir (Şekil 2.19).

Add Within: Sismik tehlike hesaplamaları için oluşturulan kaynaklar içerisinde, sahaya belirlenen uzaklıktakilerin hesaplamalara dahil edildiği kısımdır.

Add: Oluşturulan kaynakların hesaplara dahil edildiği kısımdır.



Şekil 2.19. Hesaplamalarda kullanılan sismik kaynaklar

Kullanılacak azalım ilişkileri Attenuation Equations butonu tıklanarak ekrana gelen pencere yardımıyla seçilir (Şekil 2.20).

Available Attenuation Equations: Program içerisinde bulunan azalım ilişkilerinin gösterildiği kısımdır

Show Attenuation Equations in this order: Yazılım içerisinde bulunan azalım ilişkilerinden seçilenlerin belirli bir sıraya göre gösterildiği kısımdır.

Add: Azalım ilişkilerini eklemek için kullanılır.

Remove: Seçili durumdaki azalım ilişkilerini kaldırmak için kullanılır.

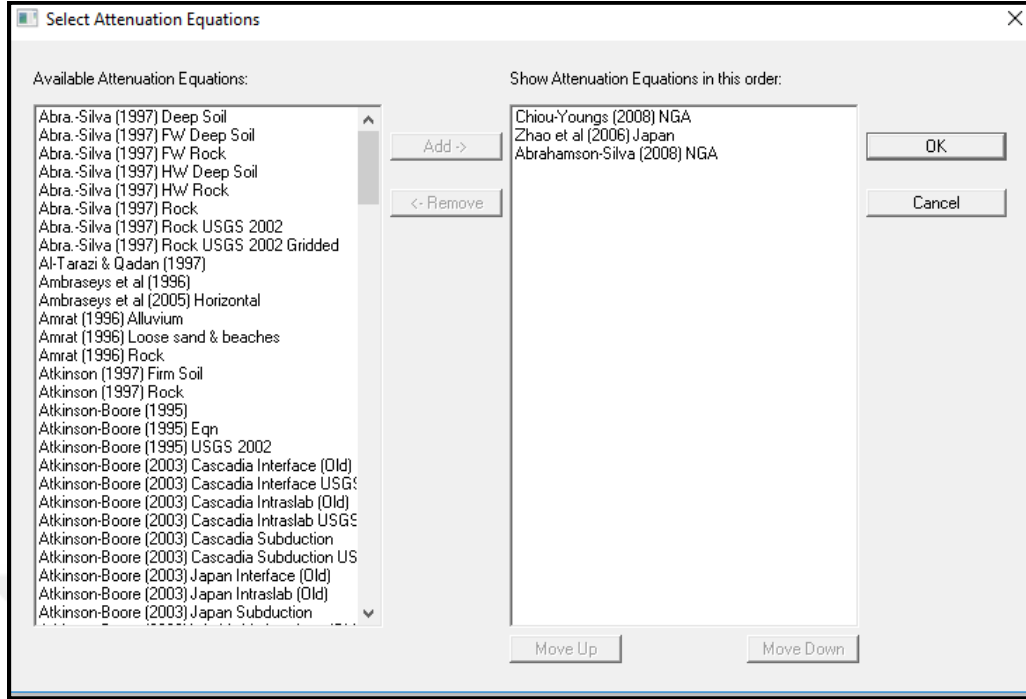
Hesaplamalarda hangi azalım ilişkilerinin kullanılacağını belirlemek için Source vs. Equations butonu tıklanır ve ilgili pencere aşağıdaki şekilde düzenlenir (Şekil 2.21).

Attenuation Equations: Seçilen azalım ilişkilerinin gösterildiği kısımdır.

Seismic Source: Seçilen sismik kaynakların gösterildiği kısımdır.

Region: Seçilen sismik kaynakların hangi bölgeye ait olduklarının gösterildiği kısımdır

Fault Mechanism: Seçilen sismik kaynakların faylanma mekanizmalarının gösterildiği kısımdır.

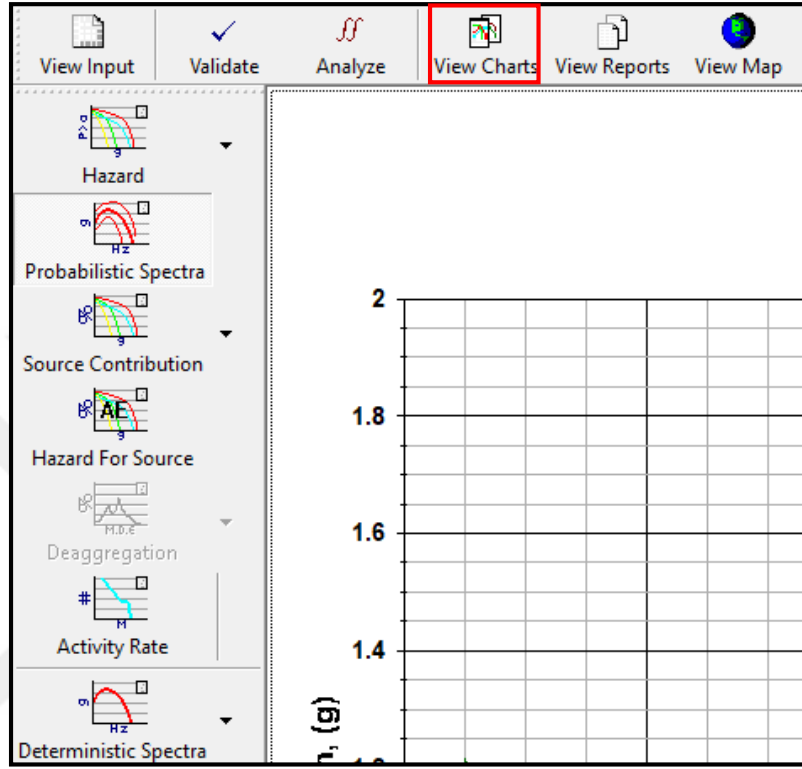


Şekil 2.20. Hesaplamalarda kullanılan denklemler

View Input						Validate		Analyze		View Charts		View Reports		View Map	
Site Parameters				Seismic Sources		Attenuation Equations		Sources vs. Equations							
				Attenuation Equations		Chiou-Youngs (2008) NGA		Zhao et al (2006) Japan		Abrahamson-Silva (2008) NGA					
Seismic Source				Region		Fault Mechanism									
Burdur Fayı Hacılar Seg				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Burdur Fayı Gökçebag Seg				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Karakent Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Uluborlu Fayı				Burdur		Strike Slip Fault		☒		☒					
Tatarlı Fayı Seg 1				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Tatarlı Fayı Seg 2				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Anzlı Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Kocbeyli Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Barla Fayı				Burdur		Strike Slip Fault		☒		☒					
Mahmatlar Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Aksu Fayı				Burdur		Reverse Fault		☒		☒					
Kırkkavak Fayı Seg 1				Burdur		Strike Slip Fault		☒		☒					
Kırkkavak Fayı Seg 2				Burdur		Strike Slip Fault		☒		☒					
Sarıdris Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Gelendost Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Kumdanlı Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Çivril Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Kaklık Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Honaz Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Maymundagi Fayı Bozkurt Seg				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Maymundagi Fayı Dazkırı Seg				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Gemis Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Cameli Fayı				Burdur		Strike Slip Fault		☒		☒					
Baklan Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Davraz Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Sultandagi Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Dinar Fayı				Burdur		Normal Fault		☒		☒					
Background				Burdur		Area Source		☒		☒					

Şekil 2.21. Hesaplamalarda kullanılan kaynaklar ve denklemler

Analiz tamamlandığında View Charts butonuna tıklanarak ekrana Şekil 2.22’de görülen sonuç grafik izleme penceresi gelecektir. Bu penceredeki ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.



Şekil 2.22. Grafikler Penceresi

Hazard: Toplam tehlike grafiğinin görüntülenmesi için kullanılır.

Probabilistic Spectra: Olasılıksal sismik tehlike hesaplamaları sonucunda elde edilen spektrum grafiğinin görüntülenmesi için kullanılır.

Source Contribution: Sismik tehlike eğrisi grafiğinin görüntülenmesi için kullanılır.

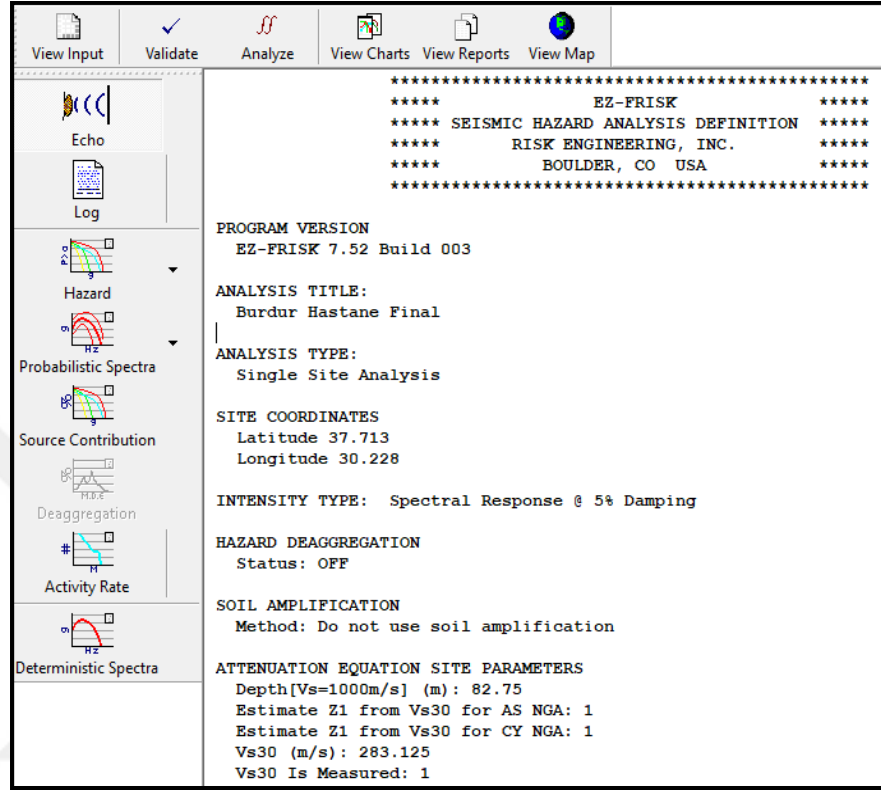
Hazard For Source: Kullanılan azalım ilişkisine bağlı olarak her bir sismik kaynak için sismik tehlike eğrisi grafiğinin görüntülenmesi için kullanılır.

Deaggregation: Ayırıklaştırma analiz sonuçlarının görüntülenmesi için kullanılır.

Activity Rate: Sismik kaynaklara göre aktivite oranı grafiğinin görüntülenmesi için kullanılır.

Deterministic Spectra: Deterministik sismik tehlike hesaplamaları sonucunda elde edilen spektrum grafiğinin görüntülenmesi için kullanılır.

Analiz tamamlandığında View Reports butonuna tıklanarak ekrana Şekil 2.23’de görülen rapor izleme penceresi gelecektir. Penceredeki ifadeler aşağıda açıklanmaktadır.



Şekil 2.23. Raporlar Penceresi

Echo: Analizler sırasında dikkate alınan bütün parametrelerin gösterildiği kısımdır.

Log: Arkaplanda gerçekleştirilen analiz adımların izlenebileceği kısımdır.

Hazard: Toplam tehlike grafiğine ait verilerin görüntülenmesi için kullanılır.

Probabilistic Spectra: Olasılıksal sismik tehlike hesaplamaları sonucunda elde edilen spektrum grafiğine ait verilerin görüntülenmesi için kullanılır.

Source Contribution: Tehlike eğrisi grafik verilerinin görüntülenmesi için kullanılır.

Hazard For Source: Kullanılan azalım ilişkisine bağlı olarak her bir sismik kaynak için sismik tehlike eğrisi grafiğine ait verilerin görüntülenmesi için kullanılır.

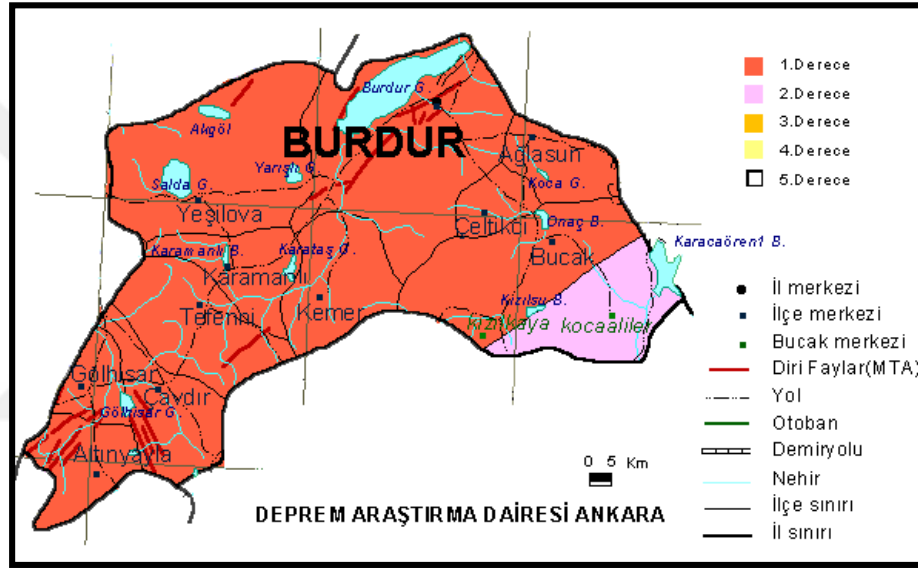
Deaggregation: Ayırıklaştırma analiz sonuç verilerinin görüntülenmesi için kullanılır.

Activity Rate: Aktivite oranı grafiğine ait verilerin görüntülenmesi için kullanılır.

Deterministic Spectra: Deterministik sismik tehlike hesaplamaları sonucunda elde edilen grafiğine ait verilerin görüntülenmesi için kullanılır.

2.3. Burdur İlinin Sismisitesi

Burdur, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, güneyde Batı Torosların uzantısı olan Boncuk, Elmalı ve Katrancık Dağı, doğudan yine Batı Torosların uzantısı olan Kuyucak ve Dedegöl Dağı, kuzeyden Budur Gölü ve Karakuş Dağı, batıdan ise Acı Göl ve Eseler Dağları gibi doğal sınırlarla çevrilmiştir. Tarihi doku ve doğal güzellikleri bakımından zengin olan Burdur ili, mevcut Deprem Bölgeleri Haritası'na göre I. ve II. dereceden deprem bölgelerini içermektedir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Burdur Diri Fay Haritası (MTA)

Günümüzde gelişen teknoloji sayesinde depremlerle ilgili verilerin sayıları ve güvenilirliği artmıştır. Elde edilen farklı disiplinlerdeki verilerin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak entegre edilmesi daha güvenilir sonuçlar elde etme olanağı sağlamıştır.

Deprem kaynak bölgelerinin analiz edilip etkileme alanı sınırlarının belirlenmesinde alanın büyüklüğü konusunda yerleşmiş kesin bir sınır uzaklık bulunmamaktadır. İnceleme alanı, merkezinde inşaat sahası olan ve daire yarıçapı 100 km olan alan olarak dikkate alınmaktadır. Bu alan içinde kalan deprem kaynakları üzerinden sismik tehlike analizleri yapılır. Bu dairenin yarıçapının seçiminde yapı veya tesisin kullanım amacı, önem katsayısı ve yapı veya tesisten istenilen performans seviyeleri gibi kriterlerin yanında inşaat sahası etrafındaki fayların uzunluğu, aralığı, mekanizmaları, seçilen alana

mesafeleri, fayların aktiflik dereceleri, yaratabilecekleri en büyük deprem magnitüdü, seçilen yer hareketi parametresinin dikkate alınması öngörülen en küçük değeri, kullanılacak olan zemin hareketi parametresindeki mesafeye bağlı azalım oranı ve azalım ilişkisi gibi değişik birçok faktör etkilidir.

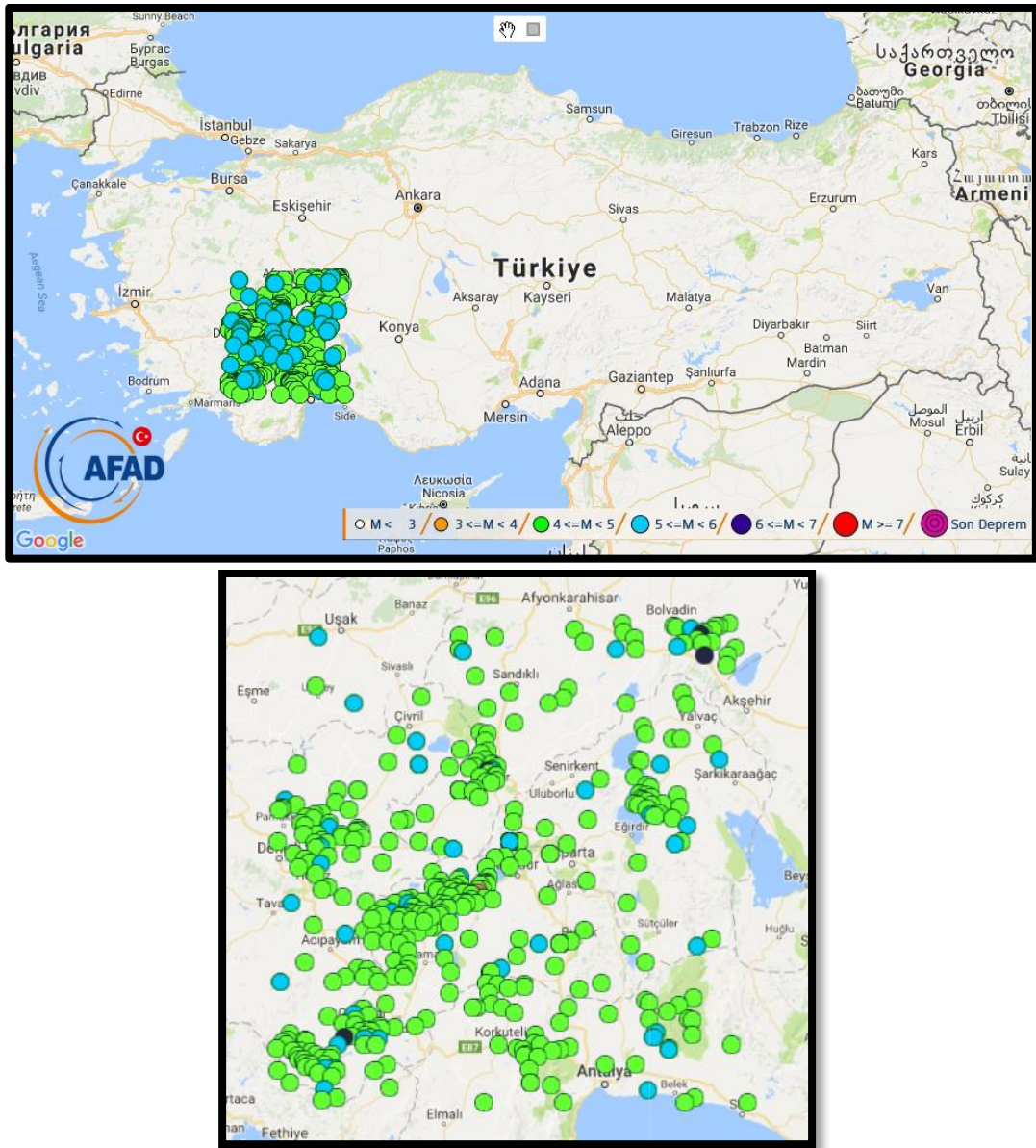
Çalışma sahası için yapılacak sismik tehlike analizlerinde; Burdur Grabeni, Karakent Fayı, Barla Fayı, Davraz Fayı, Gemiş Fayı, Aksu Fayı, Uluborlu Fayı, Dinar Fayı ve Maymundağı Fayı ana çizgisel sismik kaynakları teşkil etmektedir.

Bölgede bulunan sismik kaynaklar için analitik modellerin oluşturulmasında; bölgenin sismotektonik yapısı üzerine literatürde yer alan çalışmalardan ve bölgedeki aletsel ve tarihsel dönemlere ait deprem kataloglarından faydalanılmıştır. Çalışma sahasının çevresinde aletsel dönemde 01.01.1900 ile 12.12.2017 tarihleri arasında (yaklaşık son yüz on yedi yıl) 29.095° - 31.441° doğu boylamları ile 36.769° - 38.654° kuzey enlemleri tarafından sınırlanan dikdörtgen alanda meydana gelmiş ve moment magnitüd değerleri $M_w \geq 4.0$ olan depremler dikkate alınmıştır. Bu depremler ve ilgili magnitüd değerleri Şekil 2.25 ve Şekil 2.26'da gösterilmektedir.

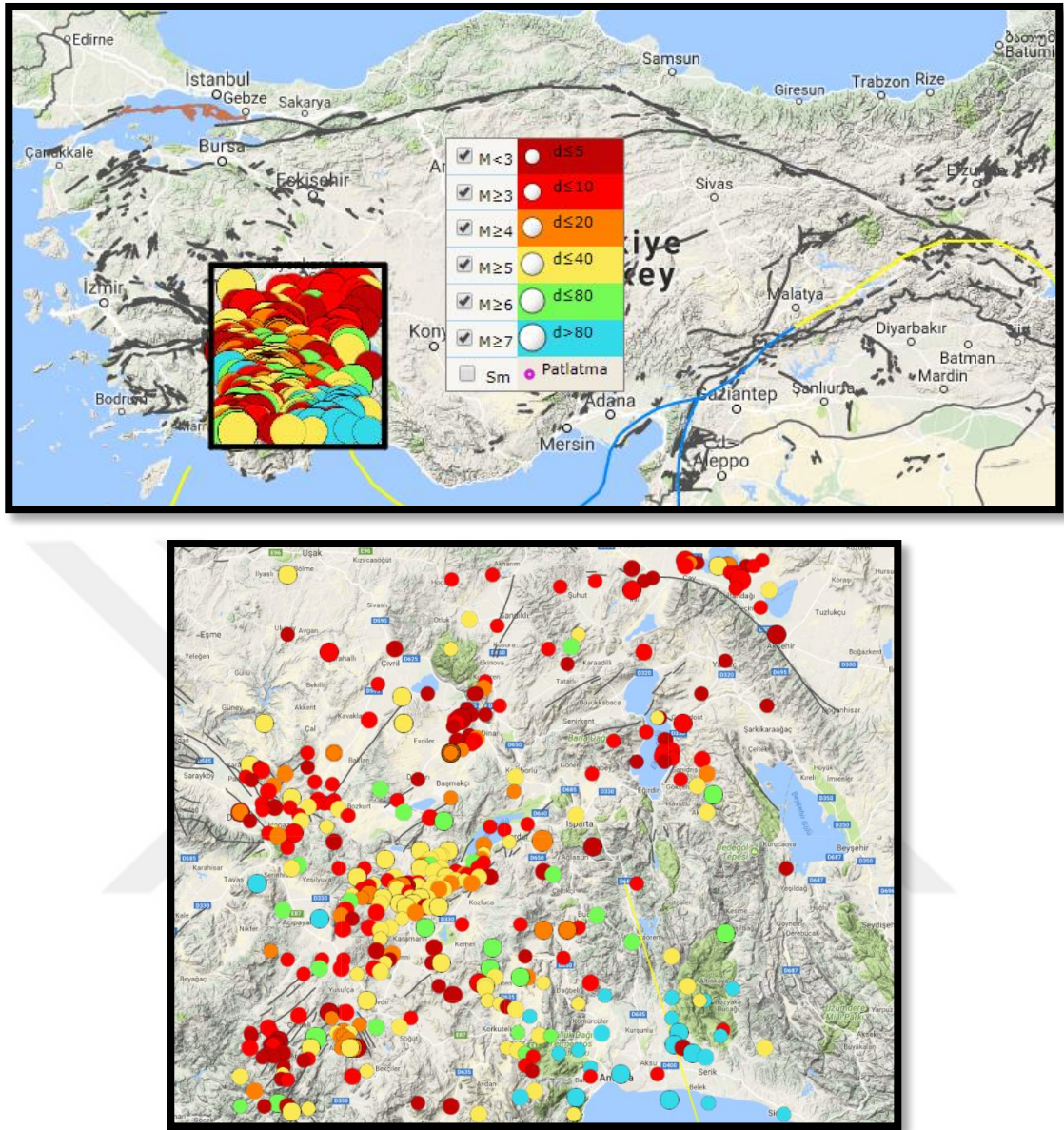
2.4. Tarihsel Depremler

Yaklaşık 117 yıllık bir zaman dilimini kapsayan aletsel dönem verileri, kapsadığı zaman aralığı ve büyük depremler için söz konusu olan uzun tekrarlanma periyotları göz önünde bulundurulduğunda, bölgenin sismisitesinin ve sismotektoniğinin anlaşılmasında yetersiz kalabilmektedir. Bu sebeple, olasılık hesaplarına dayalı sismik tehlike analizleri kapsamında deprem kaynaklarının belirlenmesinde tarihsel depremler ile ilgili bulgular büyük önem taşımaktadır (McGuire, 2004). Çalışma sahası yakınlarındaki tarihsel deprem kayıtları incelendiğinde; M.Ö.65 yılında Honaz-Denizli arasında VIII şiddetinde, M.S.53 yılında dinar ve çevresinde VIII şiddetinde, M.S.60 yılında Honaz-Denizli arasında IX şiddetinde, M.S.94 yılında Afyonkarahisar ve çevresinde VIII şiddetinde, M.S.1795 yılında Afyonkarahisar ve çevresinde VIII şiddetinde, M.S.1842 yılında Burdur yöresinde VI şiddetinde, M.S.1849 yılında Isparta yöresinde VI şiddetinde, M.S.1862 yılında Afyonkarahisarda VIII şiddetinde, M.S.1873 yılında Afyonkarahisarda VI şiddetinde, M.S.1875 yılında Denizlide IX şiddetinde, M.S.1876 yılında Burdurda VI şiddetinde, M.S.1876 yılında Afyonkarahisarda IX şiddetinde, M.S.1886 yılında Denizlide VI şiddetinde, M.S.1887 yılında Denizlide VII şiddetinde, M.S.1889 yılında Denizlide VI

şiddetinde depremler gerçekleşmiştir. Bu bilgiler ışığında, Burdur ve çevresinde büyük şiddetli depremlerin gerçekleşebildiği deprem kaynakların varlığı anlaşılmıştır. Ancak, jeolojik çalışmalarla doğrulanmadığı sürece, tarihsel deprem merkezlerinin, merkezi ve şiddeti hakkındaki veriler bölgede önemli yerleşim merkezlerinin konumlarına ve kayıtların saklanmasıyla bağlıdır. Tarihsel verilerdeki belirsizlikler bölgenin sismotektoniğinin incelenmesi ile aydınlatılabilir.



Şekil 2.25. Burdur ve çevresinde aletsel dönemde kayıt edilen depremler (AFAD, 2018).



Şekil 2.26. Burdur ve çevresinde aletsel dönemde kayıt edilen depremler (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi deprem kataloğu, 2018)

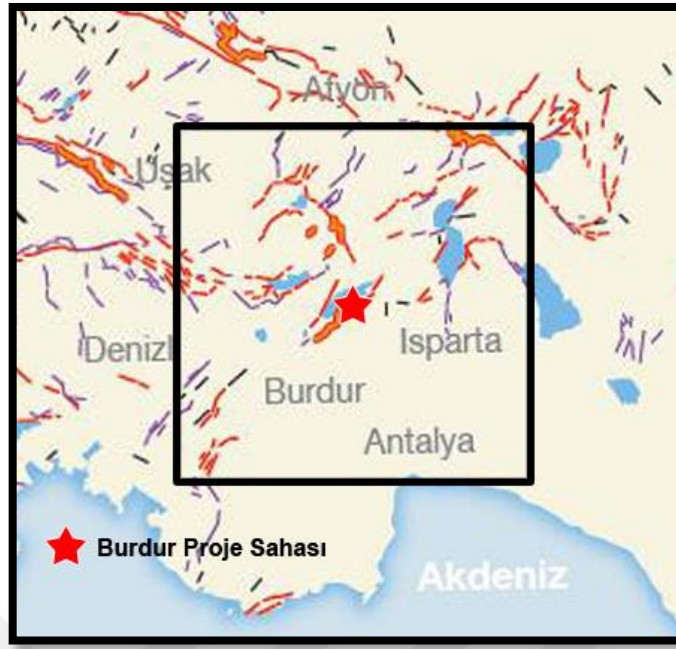
2.5. Diri Faylar ve Sismik Kaynak Modelleri

Burdur proje sahasında, literatür çalışmaları ve Maden Teknik Arama (MTA)'ya ait haritalardan yararlanılarak 27 adet aktif diri fay tespit edilmiştir. Bu faylar arasından hakkında bilgilere ulaşılan 15 tanesi aşağıda açıklanmaktadır. Şekil 2.27'de detaylı bir şekilde görülen bu faylar ayrıca detaylı bir şekilde Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1. Sismik kaynaklara ait özellikler

No	Kaynak	Tip	Fay Uzunluğu (km)	β	$\dot{S}$ (mm/y)	VMmi	Mmi	Mmax	Depth	Dip
1	Kırkkavak Fayı-Segment 1	Doğrultu Atım	48	0.0	4.0		6.1	7.2	15	50
2	Kırkkavak Fayı-Segment 2	Doğrultu Atım	60	0.0	4.0		6.1	7.3	15	50
3	Aksu Fayı	Ters	65	0.0	2.4		6.1	7.3	30	40
4	Burdur Fayı Hacılar Segmenti	Normal	21	0.0	5.5		6.1	6.9	14	50
5	Burdur Fayı Gökçebağ Segmenti	Normal	30	0.0	5.5		6.1	6.8	14	50
6	Gelendost Fayı	Normal	20	0.0	2.6		6.1	6.6	15	50
7	Sarıdris Fayı	Normal	14	0.0	1.3		6.1	6.4	15	50
8	Tatarlı Fayı Segment 1	Normal	18	0.0	1.2		6.1	6.7	10	50
9	Tatarlı Fayı Segment 2	Normal	7	0.0	1.2		6.1	6.7	10	50
10	Dinar Fayı	Normal	65	0.0	3.9		6.1	7.2	14	50
11	Çivril Fayı	Normal	38	0.0	2.6		6.1	7.0	8	50
12	Karakent Fayı	Normal	35	0.0	3.9		6.1	6.9	4	50
13	Acıgöl Grabeni Maymundağı Fayı Dazkırı Segmenti	Normal	13	0.0	3.9		6.1	6.8	7	50
14	Acıgöl Grabeni Maymundağı Fayı Bozkurt Segmenti	Normal	17	0.0	3.9		6.1	6.8	7	50
15	Acıgöl Grabeni Gemiş Fayı	Normal	30	0.0	7.2		6.1	6.8	14	50-60
16	Çameli Fayı	Doğrultu Atım	30	0.0	5.2		6.1	6.8	14	50
17	Barla Fayı	Doğrultu Atım	16	0.0	3.9		6.1	6.5	14	50
18	Uluborlu (Sanirkent) Fayı	Doğrultu Atım	22	0.0	3.9		6.1	6.7	14	50
19	Kumdanlı Fayı	Normal	25	0.0	3.9		6.1	6.7	14	50
20	Arızlı Fayı	Normal	12	0.0	1.2		6.1	6.3	10	50
21	Koçbeyli Fayı	Normal	13	0.0	1.2		6.1	6.4	10	50
22	Sultandağı Fayı	Normal	60	0.0	4.9		6.1	7.2	15	40
23	Baklan Fayı	Normal	25	0.0	2.6		6.1	6.7	14	50
24	Honaz Fayı	Normal	13	0.0	3.0		6.1	6.4	14	50
25	Mahmatlar Fayı	Normal	14	0.0	1.3		6.1	6.4	10	50
26	Kaklık Fayı	Normal	10	0.0	5.0		6.1	6.2	10	50
27	Davraz Fayı	Normal	10	0.0	1.2		6.1	6.2	10	50
28	Arkaplan	Doğrultu Atım		2.614		4.675	4.0	6.0	10	

Burdur Fayı: Eğim atımlı normal bir fay olup, yüksek topografya ile batısındaki Burdur ovasını tektonik olarak birbirinden ayırır. Eğim yönü batıya (göle) doğru olan bu fayın eğim miktarı ortalama 45° civarındadır. Fay aynası yakından incelenirse bu fayın doğrultu bileşeni olduğu da görülür. Fayın batı kesimi çökerek, Burdur graben havzasının derinleşmesine neden olmuştur. KB-GD yönlü çekme gerilmeleri etkisi sonucu oluşmuş olup, meydana getirdiği deformasyon blok-faylanma karakterindedir. Fay dokanağı yakından incelenirse, ana faya paralel birçok horst-graben yapıları görülür. Burdur fayının düşey atımı ortalama 150-250 m olup, fay boyunca yaşlı birimler ile Kuvaterner yaşlı genç alüvyonlar tektonik dokanak ilişkisi sergiler. Yörede oluşan depremler bu faydan kaynaklanır. Aktuğ vd. (2009) çalışmasında, batı Türkiye için elde edilen elastik blok modeli çalışma sahasında yer alan sismotektonik yapıların kayma hızlarına kısmen açıklık getirmişlerdir. Çalışma sahası için yapılacak sismik tehlike analizlerinde, Burdur Grabeni'nin Hacılar ve Gökçebağ segmentleri için yıllık ortalama kayma hızları Aktuğ vd. (2009) çalışmasına uygun olarak 5.5 mm/yıl alınmıştır. Tarihsel ve aletsel deprem katalogları incelendiğinde, Burdur fayı ile ilişkilendirebilecek iki büyük deprem bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi 3 Ekim 1914 Burdur Depremidir ($M_s=7.0$). Dış-merkezi Burdur gölünün içinde yer alan $M_s=7.0$ büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Depremde 4000'den fazla kişi ölmüştür. İkincisi ise 12 Mayıs 1971 Burdur Depremi ($M_s=6.2$). 12.05.1971 tarihinde saat 08:25'de Burdur'da $M_s=6.2$ büyüklüğünde yıkıcı bir deprem olmuştur. Ana şok 14 saniye devam etmiştir. Deprem, 57 kişinin hayatını yitirmesine ve 150 kişinin yaralanmasına neden olmuştur. Depremde 1489 konut ağır, 1669 konut orta ve 3775 konut hafif hasar görmüştür. Deprem, 60 milyon TL zarara neden olmuştur.



Şekil 2.27. Türkiye Burdur ve Çevresi aktif diri fay haritası (Emre ve Duman, 2013).

Barla Fayı: Isparta bükümünün şekillenmesinde önemli rol oynayan barla fayı neotektonik dönemin başlangıcında geliştiği ve bu dönemde sağ yönlü doğrultu atımlı fay olarak çalıştığı Boray vd. (1985) tarafından belirtilmiştir. Şaroğlu vd. (1987)'ye göre fayın geçtiği alanlardaki genç morfolojik kanıtlara dayanılarak diri fay olarak tanımlanan Barla fayını neotektonik dönem başında sağ yönlü doğrultu atımlı daha sonra bindirme niteliğinde yüksek açılı ve az atımlı olarak çalıştığı düşünülmektedir. Fay haritasında yaklaşık 16 km uzunlukta ve $K30^{\circ}D$ doğrultulu, $65^{\circ}-70^{\circ}GD^{\circ}$ 'ya eğimli, normal fay karakterine sahip holosen fayı olarak haritalanmıştır. Barla fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.9 mm/yıl alınmıştır.

Gemiş Fayı: Başmakçı (Afyonkarahisar) güneyi ile İnceler (Denizli) kuzeyi arasında uzanan Gemiş güneyinden itibaren batıya doğru büküm yapan Gemiş Fayı, buradan itibaren yaklaşık D-B doğrultusunda aralı aşmalı ve basamaklı bir geometride toplam uzunluğu 42 km'ye ulaşan normal faylardan oluşmaktadır. En güneydeki yüksek kotlardaki basamak, Kuvaterner yaşlıdır. Gemiş fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.9 mm/yıl alınmıştır.

Maymundağı Fayı: Maymundağı Fayı, Dazkırı (Afyonkarahisar) güneyi ile Bozkurt (Denizli) kuzeybatısı arasında uzanan, toplam 30 km uzunluğundaki aktif bir normal faydır. Fay, Dazkırı ve Bozkurt olarak adlandırılan iki geometrik fay segmentinden oluşur.

Dazkırı güneyinden Çardak doğusuna kadar, $K45^{\circ}D$ doğrultusunda uzanan 13 km uzunluğundaki Dazkırı segmenti, $60^{\circ}-70^{\circ}$ güneydoğuya eğimlidir. Çardak doğusundan itibaren batıya doğru büküm yapan Maymundağı Fayı buradan itibaren doğu-batı doğrultusunda 17 km daha devam eder ve Bozkurt batı-kuzeybatısındaki Başçeşme mahallesinde sonlanır. Fayın bu bölümü Bozkurt segmenti olarak adlandırılmıştır. Maymundağı Fayı, uzanımı boyunca çoğunlukla Eosen-Oligosen yaşlı çakıltaşları ile Kuvaterner yaşlı alüvyal ve kolüvyal yelpaze çökellerinin sınırını oluşturur ve yer yer de bu çökelleri keser. Maymundağı fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.9 mm/yıl alınmıştır.

Çivril Fayı: Çivril fayı Türkiye diri fay haritasına göre 38 km uzunluğunda, $K45^{\circ}D$ doğrultulu, $40-75^{\circ}$ ile GD'ya eğimli aktif normal bir faydır. Çivril fayı, Batı Anadolu Genişlemeli tektonik rejimi içerisinde Büyük Menderes grabeni ile Isparta bükümünü arasındaki bölgede yer almakta ve bazı araştırmacılara göre Çivril-Baklan Grabeni, Çivril-Dinar Graben Sistemi ve Çivril Graben sistemi içerisinde değerlendirilmektedir. Çivril fayı boyunca taban blokta Menderes masifine ait metamorfik temel birimler ve Pliyosen yaşlı çökeller yaygın olarak yüzeylenmektedir. Tavan blokta yer alan Kuvaterner yaşlı birimler ise alüvyal yelpaze, birikinti konisi, kuru göl düzlüğü, bataklık ve akarsu taşkın ovası çökellerinden oluşmaktadır. Tarihsel ve aletsel deprem katalogları incelendiğinde, Çivril fayı ile ilişkilendirebilecek 6'dan büyük deprem bulunmamaktadır. Çivril yerleşkesi güneyinde, 19 Temmuz 1933 tarihinde meydana gelen, $M_s=5.7$ büyüklüğündeki deprem, Çivril fayına yakın en büyük kayıtlı depremdir. Çivril fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 2.6 mm/yıl alınmıştır.

Mahmatlar Fayı: Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası'nda Holosen aktivitesine sahip 14 km uzunluğunda ve yaklaşık K-G doğrultulu, $70^{\circ}-75^{\circ}B$ 'ya eğimli, normal bir fay olarak tanımlanmıştır. Mahmatlar fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 1.3 mm/yıl alınmıştır.

Kumdanlı Fayı: Kumdanlı Fayı, güncellenmiş Türkiye Diri Fay Haritası'nda 25 km uzunlukta, $K50^{\circ}D$ genel doğrultulu, $65^{\circ}-80^{\circ}KB$ eğimli Holosen fayı olarak tanımlanmıştır. Fay, eğim atımlı normal karakterde olup, çok az sol yanal doğrultu atım bileşenine sahiptir. Tarihsel dönem deprem kayıtları incelendiğinde, Kumdanlı Fayı ile ilişkilendirilebilecek herhangi bir yıkıcı deprem bulunmamaktadır. Bunun yanında aletsel dönemde küçük ölçekli depremlerin varlığı bilinmektedir. Kumdanlı fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.9 mm/yıl alınmıştır.

Senirkent (Isparta) Fayı: Kumdanlı-Uluborlu arasında uzanan yaklaşık 43 km uzunlukta, K65°D gidişli fay, Senirkent fayı olarak adlandırılmıştır (Saroğlu vd. 1987). Fay, Uluborlu-Senirkent ve Büyükkabaca-Taşevi arasında morfolojik olarak çok belirgindir. Senirkent-Uluborlu arasında kuzey blok, doğuda ise güney blok morfolojik olarak aşağıda bulunmaktadır. Araştırmacılar, fayın sol yönlü doğrultu atımlı ve olası diri fay olduğunu ileri sürmüşlerdir. Sanirkent fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.9 mm/yıl alınmıştır.

Sarıidris Fayı: Anamas Dağını batıdan sınırlayan Sarıidris fayı, 14 km uzunlukta K30°B genel doğrultulu ve GB'ya 65-75° eğimli normal fay karakterindedir. Fay, Yeşilköy yakın güneyinde yapmış olduğu yaklaşık 100 m genişlik ve 1 km uzunlukta sola sekme yapısı ile iki geometrik parçaya ayrılmaktadır. Sarıidris fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 1.3 mm/yıl alınmıştır.

Tatarlı Fayı: Karakuş dağlarını kuzeybatıdan sınırlayan Tatarlı fayı, Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritasına göre K46°D genel doğrultulu, 25 km uzunluğunda ve 65°-70° KB'ya eğimli normal bir fay olarak haritalanmıştır. Fay, Kadılar köyünde yaklaşık 500 m genişlik ve 400 m uzunlukta sağa sekme yapısı ile iki geometrik parçaya ayrılmaktadır. GB'da kalan geometrik parçanın uzunluğu 17 km, KD'da kalan diğer geometrik parçanın uzunluğu ise 8 km'dir. Tatarlı fayı, GB'da Karabel Tepe yakın güneyinden başlamaktadır. Ergenli köyü GD'sunda sağa büküm yaparak Kadılar köyüne kadar devam eden fay, Kadılar köyü KD'sunda sağa sekme yaparak Kuvaterner yaşlı yelpaze ve alüvyon çökellerini kesmektedir. Tarihsel ve aletsel dönem kayıtlarında Tatarlı fayından kaynaklanan herhangi bir yıkıcı depremin varlığına rastlanılmamaktadır. Tatarlı fayı için yıllık ortalama kayma hızları Reilinger vd. (2006) çalışmasına uygun olarak 1.2 mm/yıl alınmıştır.

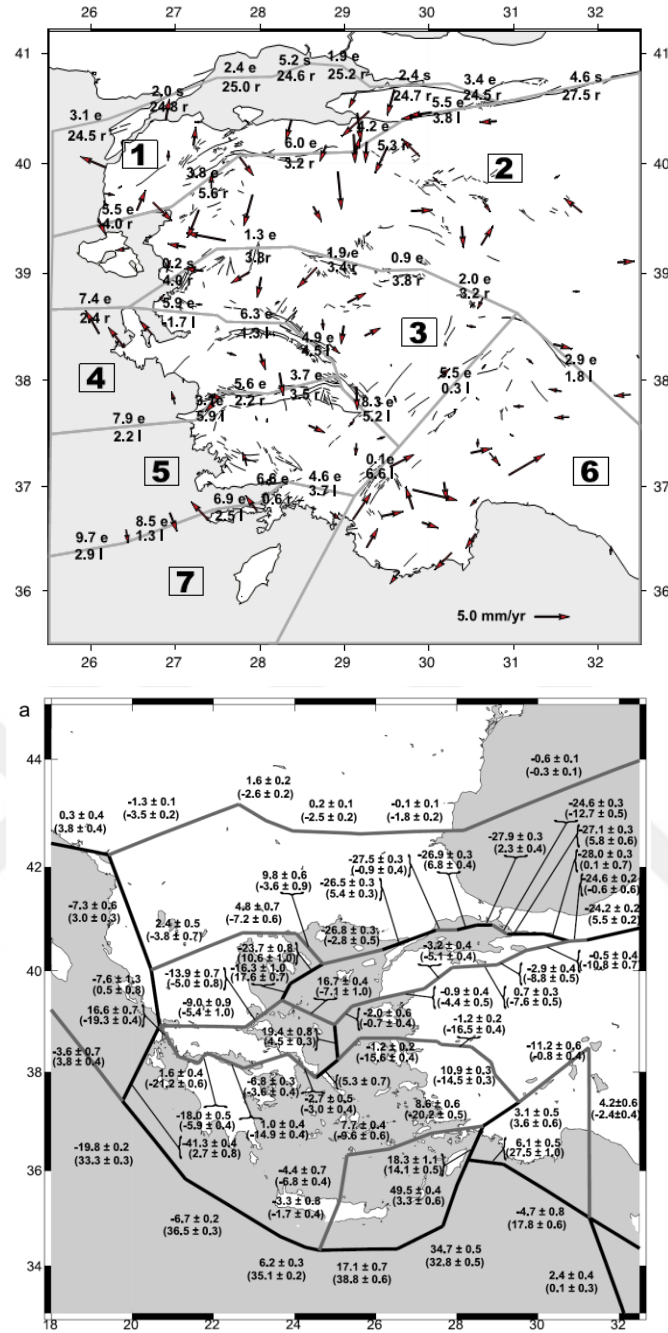
Dinar Fayı: Dinar grabenini kuzeydoğudan sınırlayan fay, Dinar fayıdır. Dinar'ın güneydoğusundan başlayıp, Dinar'ın kuzeydoğu kenarından ve içinden geçerek daha kuzeybatıdaki Çivril İlçesine kadar devam eden, yaklaşık 70-80 km uzunluğunda olan eğim atımlı normal bir faydır. Güneybatı yönüne ortalama 60 derece ile eğimli olan bu kırık, Dinar fayı olarak adlandırılmıştır. 1 Ekim 1995 Dinar depreminin odak çözümlemesi yapıldığında, depremin derinliğinin 33 km olduğu, merkezinin ise Dinar'ın yaklaşık 90 km güneybatısında yer aldığı görülür. Dinar fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.9 mm/yıl alınmıştır.

Sultandağ Fayı: Türkiye'nin en önemli fay sistemlerinin arasında bulunan, Sengör vd. (1985) tarafından adlandırılan Sultandağ Fayı, yaklaşık 65 km uzunluğunda olup genel doğrultusu K65°D olarak gösterilmiştir. Isparta bükümünün şekillenmesinde önemli rol oynayan Sultandağ fayı neotektonik dönemin başlangıcında geliştiği ve bu dönemde sağ yönlü doğrultu atımlı fay olarak çalıştığı Boray vd. (1985) tarafından belirtilmiştir. Şaroğlu vd. (1987)'ye göre fayın geçtiği alanlardaki genç morfolojik kanıtlara dayanılarak diri fay olarak tanımlanan Sultandağ fayını neotektonik dönem basında sağ yönlü doğrultu atımlı daha sonra bindirme niteliğinde yüksek açılı ve az atımlı olarak çalıştığı düşünülmektedir. Batı Anadolu'da 2000-2002 yılları arasında, Sultandağ Fay Zonu (Afyon-Akşehir Grabeni) üzerinde kısa süre aralıklarla 3 büyük deprem ($M_w \geq 6.0$) meydana gelmiştir. İlk deprem 2000 (Eber-Sultandağ depremi M_w 6.0), bu depremi 3 Şubat 2002 Sultandağ, (M_w 6.5) ve Çay-Sultandağ (M_w 6.0)'da olan iki deprem izlemiştir. Son iki deprem aynı gün içinde arka arkaya meydana gelmiş olup, aynı fay zonu üzerinde daha sonra ana şokları, geniş artçı-şok aktivitesi takip etmiştir. Sultandağ fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 4.9 mm/yıl alınmıştır.

Gelendost Fayı: Fay, Eğirdir yöresinde, Mahmetlar ve Sarıdris Faylarının devamında 10-20 km uzunlukta devam eden normal faydır. Gelendost fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 2.6 mm/yıl alınmıştır.

Honaz Fayı: Honaz fayı, Batıda Karateke köyünden başlayıp, doğuya doğru Honaz üzerinden Menteş ve Kızılyer'e, oradan da alüvyonlar içinden geçip daha batıdaki Bozburun köyü, Laodikya antik kentini de katederek batıya uzanır. Honaz civarındaki, uzunluğu yaklaşık 13 km olan fay aktif olup, zaman zaman düşük ve orta büyüklükte depremler üretmektedir. 1965 ve 2000 yıllarında sırasıyla 5.7 ve 5.2 büyüklüklerinde iki deprem kaydedilmiştir. Honaz fayı için yıllık ortalama kayma hızı SHARE Projesi kapsamında yapılan çalışmalara uygun olarak 3.0 mm/yıl alınmıştır.

Aksu Fayı: Aksu Fayı yaklaşık 65 km uzunluğunda olup sadece ters fay özelliği taşımamaktadır. Çeşitli paralel bazı fay düzlemlerinin üst üste binmesi ile oluşan karmaşık tektonik yapı oluşturmaktadır. Bu ters faylanmalardan bazıları Antalya Napı ve tabanını oluşturmaktadır Poisson vd. (1984) ve Reilinger vd. (2006) çalışmasında sunulan elastik blok modele uygun olarak, Aksu Fay'ının kayma hızı 2.4 mm/yıl olarak alınmıştır.



Şekil 2.28. Kayma hızları için elastik blok modeli
a) Aktuğ vd. (2009), b) Reilinger vd. (2006).

2.6. Deprem Kataloğunun Oluşturulması

Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (AFAD) deprem kataloğu ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne ait deprem kayıtları kullanılarak 488 adet depremden oluşan karma bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu

tez çalışması kapsamında, veri tabanında 01.01.1900 ile 12.12.2017 tarihleri arasında, 29.095° - 31.441° doğu boylamları ile 36.769° - 38.654° kuzey enlemleri tarafından sınırlanan dikdörtgen alanda meydana gelmiş ve moment magnitüd değerleri $M_w \geq 4.0$ olan depremler yer almaktadır. Katalog oluşturulurken bütün depremler aynı magnitüd ölçeğine çevrilmiştir. OSTA'da yaygın bir şekilde kullanılan Poisson modeli, depremlerin gerek yer gerekse zaman açısından birbirlerinden bağımsız bir şekilde meydana geldikleri varsayımına dayanır. Poisson modelinin gerektirdiği bağımsızlık koşulunu sağlamak için deprem öbekleşmelerinin belirlenerek öncü ve artçı depremlerin (ikincil depremler) sismik veri tabanından dikkatli bir şekilde ayıklanması gerekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, katalogdaki artçı ve öncü depremler Gardner ve Knopoff (1974) ayrıştırma yöntemi ile Deniz (2006) tarafından geliştirilen zaman ve uzaklık pencereleri kullanılarak elenmiştir. Ayrıca üstel olasılık yoğunluk fonksiyonu parametrelerinin tahmini için kullanılacak deprem katalog verilerinin her magnitüd düzeyinde eksiksiz olması gerekmektedir. Zaman içinde geriye doğru gidildikçe kataloglardaki deprem kayıtlarının hem kalitesi düşmekte hem de sayısı azalmaktadır. Yakın zaman içinde küçük ve büyük bütün depremler kaydedilirken, çok eski kayıtlar sadece büyük depremleri içermektedir. Ayrıca kaydedilmiş depremler daima iskan edilmiş bölgelerde olup, insan yaşamından çok uzak yerlerde meydana gelen büyük depremler dahi kayda geçmeyebilmektedir. Dolayısı ile deprem kataloglarındaki bu eksiklikler veri tabanında hem zamanda hem de mekanda yanlışlıklara sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak da bulunan tekerrür ilişkileri uzun süreli oluş sıklıklarını gerçekçi bir biçimde yansıtmayabilmektedir. Bu nedenle, belirli bir magnitüd aralığına düşen depremlerin eksiksiz olarak kayda geçirildiği zaman dilimini belirlemek gerekmektedir. Oluşturulan karma deprem katalogundaki eksiklikler Stepp (1972) tarafından geliştirilen yöntem ile tespit edilip giderilerek homojen bir deprem katalogu oluşturulmaya çalışılmıştır. Farklı magnitüd dilimleri için yıllık gerçekleşme frekansları dikkate alınarak, arka plan kaynağı için $M_w < 4.0$ depremlerin katalogda tamam olmadığı, $M_w \geq 4.0$, $M_w \geq 4.5$, $M_w \geq 5.0$, $M_w \geq 5.5$ ve $M_w \geq 6.0$ magnitüd değerlerine sahip depremlerin ise bu bölgede sırasıyla 1978, 1968, 1948, 1928 ve 1900 yıllarından sonra eksiksiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Karma deprem katalogu oluşturulurken dikkate alınan deprem kayıtları Tablo 2.2'de, oluşturulan karma deprem katalogundan öncü ve artçı depremler elenerek oluşturulan yeni katalog ise Tablo 2.3'te verilmektedir.

Tablo 2.2. Karma deprem kataloğu oluşturulurken dikkate alınan depremler kayıtları

No	Boylam	Enlem	Yıl	Ay	Gün	M _w	Derinlik (km)	Saat	Dakika
1	31.058	38.2	2017	3	29	4	14.87	18	10
2	29.495	37.895	2017	10	5	4	7.8	13	43
3	30.649	37.049	2017	9	29	4.4	86.6	16	8
4	29.129	37.933	2016	9	28	4	7.5	9	10
5	29.12	37.927	2016	9	27	4	7.22	18	11
6	29.398	37.998	2016	7	17	4	9.48	20	58
7	30.465	36.975	2016	7	9	4.3	52.28	7	15
8	29.367	36.949	2016	2	5	4	8.03	13	25
9	29.273	36.893	2016	11	30	4	5	21	45
10	29.32	37.802	2015	11	18	4.1	14.72	14	55
11	29.296	37.829	2015	11	18	4.1	17.09	10	35
12	29.54	37.565	2015	7	8	4.2	27.88	22	14
13	30.087	37.148	2015	2	16	4.7	31.23	11	52
14	30.069	37.148	2015	2	10	4.5	11.86	8	56
15	29.37	36.961	2014	10	1	4.2	25.37	7	16
16	30.637	37.644	2014	8	24	4.8	7.58	19	43
17	31.041	36.988	2013	12	25	4.1	52.38	18	11
18	30.502	36.984	2013	5	15	4.4	53.53	16	52
19	29.32	37.91	2013	2	20	4.2	22.78	6	59
20	29.454	37.921	2012	4	4	4.4	23.39	0	33
21	30.004	38.604	2012	3	29	4.3	12.77	10	13
22	30.32	36.98	2011	12	15	4.1	80	6	37
23	30.48	37.31	2011	3	16	4.2	8	11	18
24	29.283	36.933	2011	4	22	4.1	5	3	55
25	30.746	37.124	2010	10	29	4.4	95.6	13	46
26	31.14	37.104	2010	8	20	4.2	107.3	6	45
27	30.393	36.951	2010	7	25	4.2	9.9	17	6
28	29.336	36.925	2010	1	31	4.1	6.92	4	18
29	29.57	37.411	2009	12	4	5	19.5	17	19
30	29.39	37.95	2009	7	12	4.1	5	23	32
31	29.107	37.923	2009	3	22	4.1	9.4	0	53
32	29.151	37.019	2009	1	1	4.2	22.52	19	1
33	29.237	37.862	2008	12	24	4.6	10	5	55
34	30.405	36.999	2008	10	19	4.4	96.1	22	20
35	29.174	36.974	2008	10	1	4.2	5.4	3	53
36	29.211	36.976	2008	8	25	4.5	10	2	57
37	29.201	36.956	2008	8	24	4.1	10	22	52
38	30.932	37.98	2008	7	14	4.1	10	10	32
39	29.16	37.043	2008	7	11	4.5	4.8	14	11
40	29.234	37.02	2008	7	3	4.7	13.2	17	37

Tablo 2.2'nin devamı

41	29.205	36.943	2008	5	30	4.1	1.2	5	34
42	29.267	36.924	2008	5	28	4.1	9.2	22	35
43	29.32	37.804	2008	4	25	5	12.3	4	48
44	29.236	36.929	2008	1	8	4.4	10	15	57
45	29.243	36.914	2007	12	28	4.1	12.9	10	34
46	29.292	36.964	2007	12	9	4.5	20	20	29
47	29.321	36.949	2007	12	2	4.9	27.4	20	21
48	29.383	36.909	2007	11	16	5.1	20	9	8
49	29.267	36.973	2007	11	12	4.7	10	15	2
50	29.392	36.898	2007	10	31	4.6	20	17	58
51	29.368	36.872	2007	10	29	4.7	20	19	41
52	29.342	36.908	2007	10	29	5.3	20	9	23
53	30.956	37.972	2007	4	11	4.2	9.7	10	6
54	30.952	38.009	2007	4	11	4.1	4.7	9	58
55	30.936	38.02	2007	4	11	4.4	10	8	59
56	30.955	37.905	2007	4	10	5.1	27.9	22	0
57	30.933	37.956	2007	4	10	4.6	25	21	39
58	30.9	37.986	2007	3	31	4.1	10	1	21
59	30.907	37.967	2007	3	30	4.2	5.5	20	10
60	30.957	37.94	2007	3	30	4.9	13.5	19	23
61	30.917	37.963	2007	3	30	4.2	10.6	17	29
62	30.972	37.897	2007	3	30	4.9	30	16	56
63	30.642	37.886	2007	1	18	4.6	10	13	6
64	31.224	38.555	2007	4	19	4.1	5.3	13	21
65	30.922	38.047	2007	4	11	4.3	6	9	57
66	30.954	37.983	2007	3	30	4.2	7.5	20	49
67	30.351	36.905	2006	12	18	4.6	22	3	9
68	29.23	37.826	2006	10	12	4.2	15.6	3	20
69	30.372	37.007	2005	11	6	4.6	2.2	12	21
70	30.871	38.594	2005	5	15	4.6	16.8	10	54
71	29.691	38.217	2005	1	29	4.1	10	14	48
72	30.322	36.957	2004	10	4	4.4	8	16	52
73	29.206	37.697	2004	9	16	4.5	11.7	1	40
74	31.33	38.49	2004	7	3	“	10	20	29
75	30.25	38.385	2004	6	9	4.2	17.6	3	15
76	29.711	37.513	2004	5	14	4.5	15	16	34
77	30.4	37.22	2004	2	28	4.2	30	16	32
78	31.337	38.527	2003	7	30	4.1	8.7	21	10
79	31.035	37.132	2003	5	3	4.1	126.3	15	10
80	31.34	38.65	2002	10	3	4.4	10	7	25
81	31.215	38.618	2002	8	5	4.5	10	4	57

Tablo 2.2'nin devamı

82	29.292	37.671	2002	7	30	5	17.3	12	20
83	30.928	37.176	2002	7	8	4.7	115.6	9	42
84	31.274	38.643	2002	6	28	4.6	1.7	10	47
85	31.289	38.643	2002	6	26	4.2	6.4	21	31
86	30.23	37.74	2002	4	5	4.2	7	7	38
87	30.316	37.734	2002	4	3	4.6	10.8	22	57
88	31.205	38.574	2002	2	24	4.6	10	19	41
89	30.88	38.55	2002	2	17	4.2	33	6	23
90	31.259	38.627	2002	2	3	4.1	3.6	14	40
91	31.117	38.573	2002	2	3	5.1	27.2	11	54
92	31.083	38.562	2002	2	3	5.3	31	11	39
93	31.183	38.591	2002	2	3	4.2	13.3	10	0
94	30.82	38.617	2002	2	3	4.1	13	9	55
95	31.255	38.582	2002	2	3	4.1	11.4	9	54
96	31.221	38.527	2002	2	3	6.5	5	7	11
97	31.44	37.61	2002	1	17	4.3	1	2	48
98	30.287	37.349	2001	5	11	4.1	12.4	19	6
99	30.179	37.735	2001	2	2	4.5	14.5	9	51
100	31.197	38.608	2000	12	15	6	5	16	44
101	29.283	37.903	2000	4	27	4.2	6.1	12	13
102	29.291	37.776	2000	4	21	4.1	10	12	29
103	29.356	37.856	2000	4	21	5.4	29.2	12	23
104	30.874	37.947	1999	8	26	4.2	7	6	35
105	30.895	37.944	1999	8	26	4.4	10	5	37
106	30.892	37.714	1999	6	29	4.5	6.2	0	54
107	31.171	36.793	1998	10	5	4.1	91	19	55
108	30.5	37.086	1998	6	7	4.1	101.6	9	12
109	30.171	38.101	1998	4	4	5.2	25.3	16	16
110	30.139	38.156	1998	3	20	4.2	14.3	11	2
111	29.652	37.796	1998	2	25	4.7	29.9	6	58
112	30.882	36.921	1997	12	6	4.6	98.3	0	12
113	31.127	38.336	1997	4	1	4.1	34.7	11	25
114	30.02	37.546	1996	9	27	4.2	10	22	10
115	30.191	38.092	1996	6	29	4.1	2.3	8	28
116	30.068	37.995	1996	6	29	5	38.3	8	14
117	29.36	37.868	1996	6	22	4.1	12.6	16	5
118	30.14	38.22	1996	5	1	4.2	23	7	33
119	30.13	38.191	1996	3	18	4.5	34.7	7	30
120	30.328	36.962	1996	3	16	4.7	85.2	14	36
121	30.087	38.109	1995	12	14	4.3	10	22	53
122	30.047	38.087	1995	10	13	4.4	13.6	3	46

Tablo 2.2'nin devamı

123	30.158	38.1	1995	10	11	4.4	10	4	44
124	30.18	38.057	1995	10	6	4.7	37.5	16	16
125	30.157	38.029	1995	10	5	5.1	24.7	16	15
126	30.097	37.972	1995	10	3	5.1	38.4	7	38
127	29.95	38.09	1995	10	2	4.2	10	19	53
128	30.132	38.122	1995	10	2	4.6	19.6	14	58
129	30.186	38.056	1995	10	1	4.1	14.4	22	37
130	30.08	38.09	1995	10	1	4.7	38.5	22	21
131	30.081	38.003	1995	10	1	4.4	16.8	21	14
132	30.107	38.051	1995	10	1	4.1	12.7	20	51
133	30.114	38.143	1995	10	1	4.4	32.7	18	23
134	30.163	38.084	1995	10	1	5.3	36.6	18	3
135	30.142	38.075	1995	10	1	6.4	30.9	15	57
136	30.008	38.16	1995	10	1	4.4	6	3	1
137	30.574	38.627	1995	9	28	4.2	44.9	13	26
138	30.16	38.073	1995	9	27	5.1	35.2	14	15
139	30.185	38.036	1995	9	26	4.5	18.8	16	39
140	30.147	38.068	1995	9	26	4.5	5.1	15	18
141	30.133	38.035	1995	9	26	5.1	35.8	14	58
142	29.512	37.843	1995	8	18	4.4	16.6	5	44
143	29.479	37.804	1995	8	18	5.1	21.2	0	52
144	29.73	37.507	1995	6	2	4.1	39.7	23	53
145	30.09	38.03	1995	10	6	4.7	8	16	15
146	30.1	38.04	1995	10	5	4.9	7	16	15
147	30.02	38.1	1995	10	1	5.1	7	18	2
148	29.095	36.985	1994	11	13	5.1	41.4	8	15
149	29.127	37.012	1994	11	9	4.5	30	5	9
150	29.731	37.884	1994	6	15	4.3	10	19	54
151	30.095	37.612	1994	6	15	4.6	8	16	53
152	29.86	36.81	1994	11	4	4.3	0	21	18
153	30.449	38.34	1993	10	30	4.4	3.1	9	39
154	29.656	36.828	1993	10	5	4.2	10	18	35
155	30.711	37.242	1993	5	9	4.6	159.2	23	14
156	31.164	37.187	1992	10	20	4.2	134.4	0	26
157	29.374	37.247	1992	9	30	4.2	10.1	0	1
158	30.103	38.225	1992	6	30	4.4	10	20	22
159	29.81	37.53	1992	5	28	4.1	10	9	52
160	30.461	36.84	1992	5	23	5	53.9	22	53
161	30.928	37.327	1992	3	26	4.9	22.5	16	16
162	31.108	38.378	1992	2	13	4.1	9.1	23	58
163	29.83	37.91	1992	1	5	4.2	5.6	5	31

Tablo 2.2'nin devamı

164	31.257	37.42	1991	12	6	4.4	10	10	3
165	29.56	37.052	1991	11	18	4.5	26.6	13	35
166	30.52	36.769	1991	10	4	4.1	29.1	21	9
167	29.23	36.94	1991	7	29	4.1	10	17	1
168	29.716	37.285	1991	7	27	4.1	27.8	15	4
169	29.738	37.298	1991	7	27	4.4	1.1	14	43
170	29.726	37.268	1991	7	27	4.9	36.8	11	38
171	30.966	37.032	1991	3	11	5.1	112.1	18	33
172	30.273	38.263	1991	3	4	4.1	8	8	41
173	29.487	37.099	1991	1	16	4.3	14	17	8
174	29.481	37.121	1991	1	15	5.7	1	21	1
175	29.552	37.118	1991	1	13	5.2	6.5	5	11
176	29.512	37.055	1991	1	10	4.4	28.5	22	55
177	29.57	37	1991	11	11	4.3	20	7	25
178	30.24	37.14	1991	10	14	4.3	5	23	49
179	29.601	37.027	1990	11	21	5.3	19	14	2
180	29.834	37.103	1990	10	28	4.7	10	17	12
181	30.915	38.251	1990	10	18	4.3	8	16	55
182	29.585	37.516	1990	10	7	4.5	22.8	0	12
183	29.468	37.033	1990	10	4	4.3	40.2	16	0
184	30.555	37.41	1990	9	24	4.4	10	21	45
185	29.522	37.139	1990	9	8	5	10	21	1
186	29.606	37.075	1990	9	3	4.2	18.7	7	56
187	29.534	37.041	1990	9	3	4.4	19.7	0	4
188	29.426	37.081	1990	9	2	4.3	10	4	2
189	29.586	36.998	1990	8	20	4.6	35.6	22	55
190	29.611	37.062	1990	8	17	4.3	10	23	49
191	29.558	37.028	1990	8	7	4.3	13.2	13	9
192	29.53	37.002	1990	8	2	4.1	13.3	19	12
193	29.483	37.078	1990	8	1	4.4	4.6	7	17
194	29.544	37.057	1990	7	18	4.5	19.7	14	56
195	29.531	37.026	1990	7	18	5.5	40.4	11	29
196	29.233	37.328	1990	6	26	4.4	19.1	4	48
197	29.54	37.04	1990	7	18	4.2	11	11	58
198	29.19	37.944	1989	12	18	5	10	14	3
199	29.216	37.87	1989	12	18	4.7	7.3	13	58
200	30.252	37.701	1989	9	13	4.5	28.2	9	36
201	31.088	37.156	1989	7	12	4.4	124.8	13	42
202	29.287	37.793	1989	6	4	4.4	10	4	49
203	29.238	37.729	1989	2	24	4.7	22.7	12	30
204	29.263	37.718	1989	2	24	4.6	19.3	1	17

Tablo 2.2'nin devamı

205	29.314	37.709	1989	2	24	5.3	14.4	0	40
206	30.946	37.167	1989	1	16	4.2	132.1	5	33
207	30.079	38.448	1988	11	18	4.7	36.9	20	4
208	29.243	37.894	1988	8	15	5	11	7	47
209	29.955	37.206	1988	6	24	4.1	1.3	15	6
210	29.642	36.925	1988	5	6	4.6	24.2	12	18
211	30.017	37.601	1988	3	17	4.1	10	21	48
212	30.6	37.218	1988	1	23	4.9	9.7	8	18
213	30.832	38.342	1988	1	13	5	9	7	58
214	29.18	37.95	1988	8	19	4.5	1	18	50
215	30.938	37.927	1987	12	17	4.9	10	19	14
216	30.99	37.909	1987	12	16	4.4	10	0	34
217	31.081	37.982	1987	11	27	4.9	10	5	44
218	31.098	37.931	1987	11	26	4.7	16	23	0
219	31.008	37.945	1987	11	25	4.9	10	0	11
220	30.269	37.873	1987	10	28	4.4	11.7	19	9
221	31.122	36.772	1987	9	14	5	106.8	15	51
222	30.622	38.581	1987	6	19	4.1	10	11	14
223	31.374	38.555	1986	1	17	4.9	39.3	2	11
224	29.809	38.365	1985	4	29	4.9	9.6	11	38
225	30.84	37.559	1985	1	31	5	10	2	3
226	30.857	37.396	1985	1	31	4.7	39.8	1	25
227	30.626	37.451	1985	1	31	4.7	43.7	1	21
228	31.17	37.06	1985	4	10	4.1	10	10	44
229	30.892	38.122	1984	9	8	4.5	32.5	20	22
230	29.489	37.834	1984	9	1	4.1	10	21	50
231	30.139	37.633	1984	8	24	4.2	10	22	28
232	30.547	38.398	1984	6	16	4.5	20.6	3	48
233	29.277	37.89	1984	5	4	5	33.7	21	35
234	30.704	38.041	1984	3	31	4.2	10	2	5
235	30.354	36.851	1984	2	11	5.1	81.4	8	12
236	29.42	37.828	1983	12	9	4.6	6.2	0	40
237	30.927	38.22	1983	10	22	4.1	9	19	50
238	29.348	37.795	1983	6	25	4.2	10	5	33
239	29.496	37.839	1983	6	24	4.6	10	14	47
240	30.946	37.103	1983	4	14	4.6	101.2	5	59
241	29.354	37.113	1983	3	24	4.9	10	10	55
242	29.239	37.014	1983	3	22	4.6	10	11	19
243	29.529	37.453	1982	11	23	4.7	17.1	11	49
244	31.065	38.64	1982	3	14	4.4	5.2	15	9
245	29.78	37.074	1981	11	23	4.9	20.7	10	56

Tablo 2.2'nin devamı

246	29.544	37.295	1981	8	15	4.4	10	5	46
247	30.302	37.419	1981	7	28	4.2	10	13	28
248	31.158	37.096	1981	7	10	4.1	126	21	39
249	30.903	38.117	1980	10	2	4.7	1.2	23	21
250	30.873	38.053	1980	10	2	4.6	1.9	23	8
251	29.63	37.61	1980	9	13	4.4	10	15	17
252	30.291	36.988	1979	9	14	4.9	31.7	17	26
253	30.24	37	1979	9	14	4.4	23	15	39
254	29.28	36.91	1978	9	18	4.1	29	17	34
255	30.038	37.557	1978	7	29	4.9	22.3	4	34
256	29.3	37.68	1978	10	3	4.2	10	9	55
257	30.6	36.9	1978	8	30	4.2	10	23	52
258	31.08	38.639	1977	9	25	4.6	22.2	19	56
259	30.725	36.924	1977	4	11	5	84.5	16	23
260	29.92	37.29	1977	12	22	4.4	0	8	34
261	29.3	37.3	1977	4	5	4.4	10	21	43
262	29.86	37.91	1977	1	23	4.1	0	6	58
263	29.47	37.75	1976	5	14	4.1	21	1	23
264	30.5	38.3	1976	9	7	4.1	0	21	17
265	30.32	37.31	1976	8	17	4.1	0	17	54
266	31.36	38.16	1976	7	23	4.2	0	6	44
267	30.18	38.6	1975	8	30	4.1	8	17	5
268	31.159	37.038	1975	8	12	4.4	107	16	6
269	29.179	37.748	1974	12	29	4.8	10	18	45
270	29.908	37.539	1974	12	24	4.9	23.9	10	27
271	30.246	37.222	1974	8	25	4.9	10	16	10
272	30.194	37.001	1974	8	25	4.9	10	13	52
273	29.578	37.271	1974	3	24	4.8	7.8	7	9
274	29.676	37.461	1974	2	10	4.9	10	4	11
275	29.677	37.331	1974	2	5	4.7	4.9	18	23
276	29.6	37.25	1974	1	26	4.1	34	5	49
277	29.738	37.414	1974	1	26	4.6	21.3	5	19
278	29.752	37.322	1973	12	8	5	17.3	19	40
279	31.061	37.888	1973	11	10	4.6	22.7	18	26
280	29.427	37.583	1973	9	21	4.9	10	5	20
281	30.357	36.85	1973	9	18	4.7	35.4	8	47
282	30.545	37.147	1973	4	22	4.9	31.9	22	20
283	30.213	37.147	1973	3	21	4.9	32.4	8	16
284	29.794	37.441	1973	3	12	4.4	28	8	31
285	29.764	37.577	1973	2	7	4.4	33.9	20	8
286	29.619	37.717	1972	9	1	4.8	10	5	49

Tablo 2.2'nin devamı

287	29.144	37	1972	8	29	4.6	10	2	48
288	29.647	37.409	1972	1	22	4.6	9.7	17	17
289	31	37	1972	3	31	4.9	5	8	16
290	29.875	37.623	1971	12	7	4.4	21.2	0	51
291	30.278	37.925	1971	10	21	4.7	33	7	11
292	30.159	37.163	1971	10	10	4.4	31	2	10
293	30.327	37.24	1971	10	9	4.6	10.5	22	29
294	30.144	38.32	1971	10	6	4.6	19	1	46
295	30.121	36.774	1971	10	3	4.6	21.6	17	18
296	30.135	37.64	1971	9	30	4.6	15.6	8	45
297	30.134	37.243	1971	9	28	5	35.5	5	10
298	30.158	37.287	1971	9	21	5.1	47.6	16	48
299	30.206	37.301	1971	9	9	5.6	52	15	10
300	30.155	37.289	1971	9	8	5.2	45.7	17	1
301	30.193	37.239	1971	9	5	4.7	23.5	12	19
302	30.149	37.203	1971	9	5	4.6	37.1	11	46
303	30.169	37.575	1971	8	9	4.6	10	11	32
304	29.71	37.507	1971	8	9	5.1	11	4	40
305	29.392	36.793	1971	7	8	4.8	40.4	6	35
306	29.866	37.462	1971	6	29	5	31.2	4	26
307	29.892	37.606	1971	6	28	5.1	24.1	23	37
308	29.637	37.162	1971	6	19	5	33.7	0	27
309	29.851	37.46	1971	6	9	4.9	12	2	57
310	29.845	37.515	1971	6	8	5.1	28.8	23	42
311	29.836	37.474	1971	6	8	5.1	20.6	16	59
312	29.821	37.564	1971	6	4	4.9	6.7	15	6
313	29.777	37.546	1971	5	30	4.7	23.8	10	50
314	29.893	37.476	1971	5	24	4.7	2	11	17
315	29.952	37.481	1971	5	23	5	34.9	20	11
316	30.119	37.612	1971	5	23	4.7	6.3	5	19
317	30.022	37.597	1971	5	23	5	9.5	4	26
318	29.675	37.561	1971	5	23	4.9	33	2	36
319	30.124	37.579	1971	5	23	4.6	33	1	2
320	30.135	37.695	1971	5	23	4.6	13.6	0	27
321	29.702	37.463	1971	5	21	5.1	14.2	9	41
322	29.985	37.603	1971	5	20	5.1	29.4	3	6
323	29.999	37.558	1971	5	20	4.6	15.2	1	14
324	29.866	37.679	1971	5	17	5.1	43.2	14	16
325	30.03	37.565	1971	5	16	4.6	10	23	28
326	29.622	37.539	1971	5	16	4.4	10	20	29
327	29.583	37.437	1971	5	16	4.4	4.3	12	5

Tablo 2.2'nin devamı

328	29.776	37.519	1971	5	16	5.1	23.2	9	25
329	29.907	37.519	1971	5	16	4.6	39.3	8	39
330	29.949	37.539	1971	5	16	5	18.1	5	27
331	29.909	37.641	1971	5	15	4.9	29	21	47
332	29.884	37.623	1971	5	15	4.7	13.8	21	30
333	29.771	37.544	1971	5	15	4.7	27.6	14	34
334	30.064	37.572	1971	5	15	4.5	33	12	19
335	30.047	37.417	1971	5	15	4.4	10	8	11
336	29.956	37.612	1971	5	15	4.7	33.9	7	36
337	29.61	37.455	1971	5	14	4.9	16.4	22	51
338	29.996	37.649	1971	5	14	4.9	18.3	22	18
339	29.904	37.509	1971	5	14	4.6	23.8	4	18
340	29.733	37.572	1971	5	14	4.4	10	3	51
341	29.931	37.555	1971	5	13	4.9	32.6	23	32
342	29.912	37.623	1971	5	13	4.6	46	22	47
343	30.007	37.63	1971	5	13	5	25.4	13	28
344	29.835	37.514	1971	5	13	4.7	10	11	4
345	30.063	37.594	1971	5	13	4.7	13.2	8	30
346	29.937	37.588	1971	5	13	4.9	38.5	8	14
347	29.764	37.489	1971	5	13	5.1	19.2	4	45
348	29.908	37.559	1971	5	13	4.6	39.1	4	7
349	29.86	37.504	1971	5	12	5	30.9	20	13
350	29.696	37.491	1971	5	12	4.7	40	19	2
351	29.568	37.496	1971	5	12	5	48.9	17	48
352	29.956	37.583	1971	5	12	4.9	25.2	17	12
353	30.103	37.632	1971	5	12	4.7	43.3	15	11
354	29.618	37.509	1971	5	12	4.6	19.4	14	23
355	29.668	37.524	1971	5	12	5.5	11.1	12	57
356	29.749	37.526	1971	5	12	5.7	29.8	10	10
357	30.145	37.659	1971	5	12	5.1	33	8	26
358	30.089	37.56	1971	5	12	4.7	15	6	44
359	29.747	37.56	1971	5	12	6	26.8	6	25
360	29.802	37.514	1971	3	8	5.1	44	22	44
361	29.745	37.369	1971	2	28	4.4	26	23	11
362	29.827	37.486	1971	2	26	5.1	34.1	11	54
363	30.323	37.227	1971	2	22	5.1	47	14	27
364	29.42	37.815	1971	2	20	4.7	42.2	7	15
365	30.278	37.128	1971	2	1	4.7	29.8	1	12
366	30.382	37.04	1971	1	31	5.1	30.8	5	37
367	29.76	37.55	1971	6	23	4.4	20	21	54
368	29.91	37.48	1971	5	18	4.8	33	2	3

Tablo 2.2'nin devamı

369	29.81	37.55	1971	5	16	5	3	9	24
370	29.5	37.7	1971	5	12	4.9	5	6	33
371	29.1	36.8	1971	1	2	4.5	60	3	54
372	29.3	38.6	1970	5	12	5.3	33	7	41
373	29.2	38.1	1970	3	28	5	33	21	23
374	29.1	36.9	1970	3	1	4.7	10	12	54
375	29.9	38.2	1970	4	19	4.7	5	14	22
376	29.3	38.4	1970	3	29	4.4	5	4	56
377	30	38.35	1970	3	29	4.4	40	2	45
378	30.4	37.6	1970	3	28	4.8	5	21	33
379	30.1	38.2	1970	3	28	4.7	5	21	18
380	29.44	37.27	1969	11	15	5.1	45	5	50
381	29.91	37.78	1969	11	15	5	6	2	54
382	31.43	36.77	1969	3	12	4.4	86	14	54
383	31.04	36.98	1969	3	4	5.5	109	1	47
384	29.5	37.3	1969	1	26	4.5	53	6	56
385	31.1	37.8	1969	1	8	4.6	33	3	4
386	31	38.1	1968	3	28	5.3	10	0	57
387	29.67	37.27	1968	3	13	4.6	10	2	26
388	31.1	38.2	1968	3	9	4.7	33	2	59
389	30.55	36.99	1968	2	23	4.5	97	2	41
390	29.112	37.25	1967	10	26	5.3	49.3	4	55
391	30.44	37.59	1967	8	26	4.7	49	14	18
392	30.54	37.79	1967	6	30	4.6	28	4	24
393	29.32	36.78	1967	6	18	5.2	35	5	28
394	29.3	36.89	1967	6	2	4.5	10	0	50
395	29.331	36.825	1967	6	1	5.3	39.9	10	39
396	29.97	37.77	1966	9	25	5.5	44	3	10
397	29.28	37.47	1966	8	16	4.6	79	21	1
398	30.98	37.05	1966	5	9	5.4	132	3	51
399	29.981	37.622	1966	1	22	5	34.1	0	23
400	29.3	36.8	1966	6	10	4.8	5	9	13
401	29.6	37	1966	3	29	5.2	5	18	41
402	29.32	37.61	1965	12	2	5	38	6	45
403	29.35	37.62	1965	7	12	4.9	50	9	51
404	29.353	37.739	1965	6	17	5	40.9	2	58
405	29.314	37.778	1965	6	13	5.5	36.6	20	1
406	30.94	36.82	1965	3	26	5.5	111	20	29
407	29.93	37.34	1964	6	12	4.7	5	7	46
408	29.8	37.8	1964	4	25	4.9	59	1	11
409	29.7	37.4	1964	1	30	4.6	30	17	52

Tablo 2.2'nin devamı

410	29.931	37.401	1964	1	30	5.7	56.2	17	45
411	30.6	36.93	1964	8	22	4.3	133	10	14
412	29.68	37.07	1963	11	22	5.2	60	20	26
413	29.14	37.96	1963	3	11	5.7	40	7	27
414	30.52	38.36	1960	12	1	5.2	50	4	2
415	29.16	36.85	1959	1	6	5.1	20	4	6
416	29.2	36.8	1959	1	6	4.6	5	18	29
417	29.52	37.81	1958	12	19	5.1	40	3	27
418	31.35	37	1958	11	6	5.2	40	21	14
419	29.96	37.29	1954	8	25	5.3	40	2	1
420	29.53	37.27	1954	4	8	5.2	10	4	18
421	29.58	36.9	1952	9	23	5.2	10	20	30
422	30.54	36.83	1951	2	2	5.6	120	23	59
423	31.15	38.63	1946	7	16	5.4	40	19	45
424	29.44	37.44	1936	8	12	5.4	130	22	24
425	29.65	38.11	1936	8	2	5.2	10	22	41
426	29.7	37.88	1936	8	2	5.2	70	18	21
427	31.13	37.86	1934	6	19	5.5	50	18	43
428	29.79	38.19	1933	7	19	5.8	40	20	7
429	31.18	37.39	1930	9	11	6	80	12	36
430	29.5	38	1929	5	8	5.1	10	12	27
431	29.5	38	1929	8	19	4.7	15	23	17
432	29.4	37	1926	3	3	5.4	10	6	58
433	29.43	37.03	1926	3	1	6.2	50	20	2
434	30	36.8	1926	3	4	5	5	19	39
435	30.4	37.4	1925	12	18	5.4	15	2	28
436	29.17	37.56	1925	9	1	5.6	130	8	16
437	30	38	1925	8	16	5.4	15	20	58
438	30	38	1925	8	9	5.2	10	17	16
439	30	38	1925	8	8	5.2	10	3	4
440	30	38	1925	8	7	5.1	10	16	12
441	29.8	38.1	1925	8	7	6	20	6	46
442	29.8	38.1	1925	8	5	5.4	10	5	1
443	30.5	37.4	1925	7	15	5.1	10	10	5
444	30.5	37.4	1925	7	9	5.2	10	8	27
445	30.5	37.4	1925	7	9	5.2	10	7	22
446	30.5	37.4	1925	7	8	5.3	10	19	42
447	30	38	1925	8	28	4.6	15	8	58
448	29.8	38.1	1925	8	19	5.1	5	5	13
449	30	38	1925	8	12	4.7	15	0	5
450	30	38	1925	8	7	4.7	15	18	2

Tablo 2.2'nin devamı

451	30	38	1925	8	7	4.7	15	17	32
452	30.78	38.55	1924	11	20	6	10	20	27
453	29.5	38	1923	9	11	5.1	10	10	14
454	29.48	38.34	1918	1	16	5.8	10	7	13
455	30.3	37.8	1914	10	17	5.2	10	0	13
456	30.06	37.6	1914	10	11	5.4	10	9	45
457	30.06	37.6	1914	10	10	5.4	10	13	12
458	30.25	37.8	1914	10	8	5.3	10	16	14
459	30.45	37.75	1914	10	6	5.2	10	12	30
460	30.45	37.75	1914	10	5	5.2	10	12	11
461	30	38	1914	10	5	5.1	15	12	9
462	30.25	37.8	1914	10	4	5.1	10	20	28
463	30.45	37.75	1914	10	4	5.5	10	18	48
464	30.25	37.8	1914	10	4	5.2	10	18	10
465	30.25	37.8	1914	10	4	5	10	17	50
466	30.25	37.8	1914	10	4	5.1	10	16	20
467	30.25	37.8	1914	10	4	5.4	10	15	50
468	30.25	37.8	1914	10	4	5.1	10	2	7
469	30.25	37.8	1914	10	4	5.2	10	0	22
470	30.25	37.8	1914	10	3	5.2	10	23	23
471	30.1	37.6	1914	10	3	6.9	10	22	6
472	30	38	1914	10	13	4.7	15	20	38
473	30.4	37.7	1914	10	3	6.8	14	22	7
474	30.81	38.65	1912	8	25	5.3	10	4	30
475	30.01	37.66	1910	8	7	5.5	10	20	46
476	29.29	38.41	1908	6	28	5.2	10	13	12
477	29.1	37.8	1904	1	1	5.2	20	11	38
478	31.26	38.18	1903	7	6	5.1	10	22	0
479	30.43	37.85	1903	1	19	5.1	10	18	0
480	30.63	38	1902	9	18	5.7	10	19	3
481	31.07	37.79	1902	5	26	5.8	10	4	21
482	30	38.55	1901	11	17	5	10	0	0
483	30.02	38.54	1901	11	6	5.6	10	17	49
484	30	38.55	1901	11	5	5.4	10	18	0
485	31.4	38.4	1901	4	1	5.2	5	0	0
486	29.5	37.85	1900	4	18	5	10	0	0
487	31.29	38.12	1900	2	6	5.8	10	15	9
488	29.1	37.8	1900	9	20	5.2	5	0	0

Tablo 2.3. Oluşturulan karma deprem kataloğundan öncü ve artçı depremler elenerek oluşturulan yeni katalog

No	Boylam	Enlem	Yıl	Ay	Gün	M _w	Derinlik (km)	Saat	Dakika
1	31.058	38.2	2017	3	29	4	14.87	18	10
2	29.495	37.895	2017	10	5	4	7.8	13	43
3	30.649	37.049	2017	9	29	4.4	86.6	16	8
4	29.129	37.933	2016	9	28	4	7.5	9	10
5	29.398	37.998	2016	7	17	4	9.48	20	58
6	30.465	36.975	2016	7	9	4.3	52.28	7	15
7	29.367	36.949	2016	2	5	4	8.03	13	25
8	29.273	36.893	2016	11	30	4	5	21	45
9	29.296	37.829	2015	11	18	4.1	17.09	10	35
10	29.54	37.565	2015	7	8	4.2	27.88	22	14
11	30.087	37.148	2015	2	16	4.7	31.23	11	52
12	29.37	36.961	2014	10	1	4.2	25.37	7	16
13	30.637	37.644	2014	8	24	4.8	7.58	19	43
14	31.041	36.988	2013	12	25	4.1	52.38	18	11
15	30.502	36.984	2013	5	15	4.4	53.53	16	52
16	29.32	37.91	2013	2	20	4.2	22.78	6	59
17	29.454	37.921	2012	4	4	4.4	23.39	0	33
18	30.004	38.604	2012	3	29	4.3	12.77	10	13
19	30.32	36.98	2011	12	15	4.1	80	6	37
20	30.48	37.31	2011	3	16	4.2	8	11	18
21	29.283	36.933	2011	4	22	4.1	5	3	55
22	30.746	37.124	2010	10	29	4.4	95.6	13	46
23	31.14	37.104	2010	8	20	4.2	107.3	6	45
24	30.393	36.951	2010	7	25	4.2	9.9	17	6
25	29.336	36.925	2010	1	31	4.1	6.92	4	18
26	29.57	37.411	2009	12	4	5	19.5	17	19
27	29.39	37.95	2009	7	12	4.1	5	23	32
28	29.107	37.923	2009	3	22	4.1	9.4	0	53
29	29.151	37.019	2009	1	1	4.2	22.52	19	1
30	29.237	37.862	2008	12	24	4.6	10	5	55
31	30.405	36.999	2008	10	19	4.4	96.1	22	20
32	30.932	37.98	2008	7	14	4.1	10	10	32
33	29.234	37.02	2008	7	3	4.7	13.2	17	37
34	29.32	37.804	2008	4	25	5	12.3	4	48
35	29.342	36.908	2007	10	29	5.3	20	9	23
36	30.955	37.905	2007	4	10	5.1	27.9	22	0
37	31.224	38.555	2007	4	19	4.1	5.3	13	21
38	30.351	36.905	2006	12	18	4.6	22	3	9
39	29.23	37.826	2006	10	12	4.2	15.6	3	20

Tablo 2.3'ün devamı

40	30.372	37.007	2005	11	6	4.6	2.2	12	21
41	30.871	38.594	2005	5	15	4.6	16.8	10	54
42	29.691	38.217	2005	1	29	4.1	10	14	48
43	30.322	36.957	2004	10	4	4.4	8	16	52
44	29.206	37.697	2004	9	16	4.5	11.7	1	40
45	31.33	38.49	2004	7	3	4.2	10	20	29
46	30.25	38.385	2004	6	9	4.2	17.6	3	15
47	29.711	37.513	2004	5	14	4.5	15	16	34
48	30.4	37.22	2004	2	28	4.2	30	16	32
49	31.337	38.527	2003	7	30	4.1	8.7	21	10
50	31.035	37.132	2003	5	3	4.1	126.3	15	10
51	29.292	37.671	2002	7	30	5	17.3	12	20
52	30.928	37.176	2002	7	8	4.7	115.6	9	42
53	30.316	37.734	2002	4	3	4.6	10.8	22	57
54	31.221	38.527	2002	2	3	6.5	5	7	11
55	31.44	37.61	2002	1	17	4.3	1	2	48
56	30.287	37.349	2001	5	11	4.1	12.4	19	6
57	30.179	37.735	2001	2	2	4.5	14.5	9	51
58	29.356	37.856	2000	4	21	5.4	29.2	12	23
59	30.895	37.944	1999	8	26	4.4	10	5	37
60	30.892	37.714	1999	6	29	4.5	6.2	0	54
61	31.171	36.793	1998	10	5	4.1	91	19	55
62	30.5	37.086	1998	6	7	4.1	101.6	9	12
63	30.171	38.101	1998	4	4	5.2	25.3	16	16
64	29.652	37.796	1998	2	25	4.7	29.9	6	58
65	30.882	36.921	1997	12	6	4.6	98.3	0	12
66	31.127	38.336	1997	4	1	4.1	34.7	11	25
67	30.328	36.962	1996	3	16	4.7	85.2	14	36
68	30.142	38.075	1995	10	1	6.4	30.9	15	57
69	29.095	36.985	1994	11	13	5.1	41.4	8	15
70	29.731	37.884	1994	6	15	4.3	10	19	54
71	30.095	37.612	1994	6	15	4.6	8	16	53
72	29.86	36.81	1994	11	4	4.3	0	21	18
73	30.449	38.34	1993	10	30	4.4	3.1	9	39
74	29.656	36.828	1993	10	5	4.2	10	18	35
75	30.711	37.242	1993	5	9	4.6	159.2	23	14
76	31.164	37.187	1992	10	20	4.2	134.4	0	26
77	29.374	37.247	1992	9	30	4.2	10.1	0	1
78	30.103	38.225	1992	6	30	4.4	10	20	22
79	29.81	37.53	1992	5	28	4.1	10	9	52
80	30.461	36.84	1992	5	23	5	53.9	22	53

Tablo 2.3'ün devamı

81	30.928	37.327	1992	3	26	4.9	22.5	16	16
82	31.108	38.378	1992	2	13	4.1	9.1	23	58
83	29.83	37.91	1992	1	5	4.2	5.6	5	31
84	31.257	37.42	1991	12	6	4.4	10	10	3
85	29.56	37.052	1991	11	18	4.5	26.6	13	35
86	30.52	36.769	1991	10	4	4.1	29.1	21	9
87	30.966	37.032	1991	3	11	5.1	112.1	18	33
88	30.273	38.263	1991	3	4	4.1	8	8	41
89	29.481	37.121	1991	1	15	5.7	1	21	1
90	30.24	37.14	1991	10	14	4.3	5	23	49
91	30.915	38.251	1990	10	18	4.3	8	16	55
92	30.555	37.41	1990	9	24	4.4	10	21	45
93	29.19	37.944	1989	12	18	5	10	14	3
94	30.252	37.701	1989	9	13	4.5	28.2	9	36
95	31.088	37.156	1989	7	12	4.4	124.8	13	42
96	29.314	37.709	1989	2	24	5.3	14.4	0	40
97	30.946	37.167	1989	1	16	4.2	132.1	5	33
98	30.079	38.448	1988	11	18	4.7	36.9	20	4
99	29.243	37.894	1988	8	15	5	11	7	47
100	29.955	37.206	1988	6	24	4.1	1.3	15	6
101	29.642	36.925	1988	5	6	4.6	24.2	12	18
102	30.017	37.601	1988	3	17	4.1	10	21	48
103	30.6	37.218	1988	1	23	4.9	9.7	8	18
104	30.832	38.342	1988	1	13	5	9	7	58
105	31.008	37.945	1987	11	25	4.9	10	0	11
106	30.269	37.873	1987	10	28	4.4	11.7	19	9
107	31.122	36.772	1987	9	14	5	106.8	15	51
108	30.622	38.581	1987	6	19	4.1	10	11	14
109	31.374	38.555	1986	1	17	4.9	39.3	2	11
110	29.809	38.365	1985	4	29	4.9	9.6	11	38
111	30.84	37.559	1985	1	31	5	10	2	3
112	31.17	37.06	1985	4	10	4.1	10	10	44
113	30.892	38.122	1984	9	8	4.5	32.5	20	22
114	29.489	37.834	1984	9	1	4.1	10	21	50
115	30.139	37.633	1984	8	24	4.2	10	22	28
116	30.547	38.398	1984	6	16	4.5	20.6	3	48
117	29.277	37.89	1984	5	4	5	33.7	21	35
118	30.704	38.041	1984	3	31	4.2	10	2	5
119	30.354	36.851	1984	2	11	5.1	81.4	8	12
120	29.42	37.828	1983	12	9	4.6	6.2	0	40
121	30.927	38.22	1983	10	22	4.1	9	19	50

Tablo 2.3'ün devamı

122	29.496	37.839	1983	6	24	4.6	10	14	47
123	30.946	37.103	1983	4	14	4.6	101.2	5	59
124	29.354	37.113	1983	3	24	4.9	10	10	55
125	29.529	37.453	1982	11	23	4.7	17.1	11	49
126	31.065	38.64	1982	3	14	4.4	5.2	15	9
127	29.78	37.074	1981	11	23	4.9	20.7	10	56
128	29.544	37.295	1981	8	15	4.4	10	5	46
129	30.302	37.419	1981	7	28	4.2	10	13	28
130	31.158	37.096	1981	7	10	4.1	126	21	39
131	30.903	38.117	1980	10	2	4.7	1.2	23	21
132	29.63	37.61	1980	9	13	4.4	10	15	17
133	30.291	36.988	1979	9	14	4.9	31.7	17	26
134	29.28	36.91	1978	9	18	4.1	29	17	34
135	30.038	37.557	1978	7	29	4.9	22.3	4	34
136	29.3	37.68	1978	10	3	4.2	10	9	55
137	30.6	36.9	1978	8	30	4.2	10	23	52
138	31.08	38.639	1977	9	25	4.6	22.2	19	56
139	30.725	36.924	1977	4	11	5	84.5	16	23
140	29.92	37.29	1977	12	22	4.4	0	8	34
141	29.3	37.3	1977	4	5	4.4	10	21	43
142	29.86	37.91	1977	1	23	4.1	0	6	58
143	29.47	37.75	1976	5	14	4.1	21	1	23
144	30.5	38.3	1976	9	7	4.1	0	21	17
145	30.32	37.31	1976	8	17	4.1	0	17	54
146	31.36	38.16	1976	7	23	4.2	0	6	44
147	30.18	38.6	1975	8	30	4.1	8	17	5
148	31.159	37.038	1975	8	12	4.4	107	16	6
149	29.179	37.748	1974	12	29	4.8	10	18	45
150	29.908	37.539	1974	12	24	4.9	23.9	10	27
151	30.194	37.001	1974	8	25	4.9	10	13	52
152	29.752	37.322	1973	12	8	5	17.3	19	40
153	31.061	37.888	1973	11	10	4.6	22.7	18	26
154	30.357	36.85	1973	9	18	4.7	35.4	8	47
155	30.213	37.147	1973	3	21	4.9	32.4	8	16
156	29.764	37.577	1973	2	7	4.4	33.9	20	8
157	29.619	37.717	1972	9	1	4.8	10	5	49
158	29.144	37	1972	8	29	4.6	10	2	48
159	31	37	1972	3	31	4.9	5	8	16
160	30.144	38.32	1971	10	6	4.6	19	1	46
161	30.121	36.774	1971	10	3	4.6	21.6	17	18
162	29.392	36.793	1971	7	8	4.8	40.4	6	35

Tablo 2.3'ün devamı

163	29.747	37.56	1971	5	12	6	26.8	6	25
164	30.382	37.04	1971	1	31	5.1	30.8	5	37
165	29.1	36.8	1971	1	2	4.5	60	3	54
166	29.3	38.6	1970	5	12	5.3	33	7	41
167	29.2	38.1	1970	3	28	5	33	21	23
168	29.1	36.9	1970	3	1	4.7	10	12	54
169	30.4	37.6	1970	3	28	4.8	5	21	33
170	30.1	38.2	1970	3	28	4.7	5	21	18
171	29.44	37.27	1969	11	15	5.1	45	5	50
172	29.91	37.78	1969	11	15	5	6	2	54
173	31.04	36.98	1969	3	4	5.5	109	1	47
174	29.5	37.3	1969	1	26	4.5	53	6	56
175	31.1	37.8	1969	1	8	4.6	33	3	4
176	31	38.1	1968	3	28	5.3	10	0	57
177	29.67	37.27	1968	3	13	4.6	10	2	26
178	30.55	36.99	1968	2	23	4.5	97	2	41
179	29.112	37.25	1967	10	26	5.3	49.3	4	55
180	30.44	37.59	1967	8	26	4.7	49	14	18
181	29.331	36.825	1967	6	1	5.3	39.9	10	39
182	29.97	37.77	1966	9	25	5.5	44	3	10
183	29.28	37.47	1966	8	16	4.6	79	21	1
184	30.98	37.05	1966	5	9	5.4	132	3	51
185	29.981	37.622	1966	1	22	5	34.1	0	23
186	29.6	37	1966	3	29	5.2	5	18	41
187	29.32	37.61	1965	12	2	5	38	6	45
188	29.314	37.778	1965	6	13	5.5	36.6	20	1
189	30.94	36.82	1965	3	26	5.5	111	20	29
190	29.931	37.401	1964	1	30	5.7	56.2	17	45
191	30.6	36.93	1964	8	22	4.3	133	10	14
192	29.14	37.96	1963	3	11	5.7	40	7	27
193	30.52	38.36	1960	12	1	5.2	50	4	2
194	29.16	36.85	1959	1	6	5.1	20	4	6
195	29.52	37.81	1958	12	19	5.1	40	3	27
196	31.35	37	1958	11	6	5.2	40	21	14
197	29.96	37.29	1954	8	25	5.3	40	2	1
198	29.53	37.27	1954	4	8	5.2	10	4	18
199	29.58	36.9	1952	9	23	5.2	10	20	30
200	30.54	36.83	1951	2	2	5.6	120	23	59
201	31.15	38.63	1946	7	16	5.4	40	19	45
202	29.44	37.44	1936	8	12	5.4	130	22	24
203	29.7	37.88	1936	8	2	5.2	70	18	21

Tablo 2.3'ün devamı

204	31.13	37.86	1934	6	19	5.5	50	18	43
205	29.79	38.19	1933	7	19	5.8	40	20	7
206	31.18	37.39	1930	9	11	6	80	12	36
207	29.5	38	1929	5	8	5.1	10	12	27
208	29.5	38	1929	8	19	4.7	15	23	17
209	29.43	37.03	1926	3	1	6.2	50	20	2
210	30.4	37.4	1925	12	18	5.4	15	2	28
211	29.8	38.1	1925	8	7	6	20	6	46
212	30.5	37.4	1925	7	8	5.3	10	19	42
213	30.78	38.55	1924	11	20	6	10	20	27
214	29.5	38	1923	9	11	5.1	10	10	14
215	29.48	38.34	1918	1	16	5.8	10	7	13
216	30.1	37.6	1914	10	3	6.9	10	22	6
217	30.4	37.7	1914	10	3	6.8	14	22	7
218	30.81	38.65	1912	8	25	5.3	10	4	30
219	30.01	37.66	1910	8	7	5.5	10	20	46
220	29.29	38.41	1908	6	28	5.2	10	13	12
221	29.1	37.8	1904	1	1	5.2	20	11	38
222	31.26	38.18	1903	7	6	5.1	10	22	0
223	31.07	37.79	1902	5	26	5.8	10	4	21
224	30.02	38.54	1901	11	6	5.6	10	17	49
225	31.4	38.4	1901	4	1	5.2	5	0	0
226	29.5	37.85	1900	4	18	5	10	0	0
227	31.29	38.12	1900	2	6	5.8	10	15	9
228	29.1	37.8	1900	9	20	5.2	5	0	0

2.7. Deprem Kaynak Modelleri

OSTA hesaplamaları için 27 çizgisel (diri fay) ve 1 alan (arkaplan) deprem kaynağı modeli dikkate alınmıştır (Şekil 2.30). Deprem kaynakları tanımlanırken, McGuire (2004) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır. Aletsel dönemde kaydedilen depremler dikkate alınarak, magnitüdü 6.0'dan büyük olan depremlerin çizgisel kaynaklar üzerinde, daha küçük magnitüdü depremlerin ise arkaplan deprem kaynağı üzerinde gerçekleştiği kabul edilmiştir. Çizgisel kaynaklarda gerçekleşen büyük magnitüdü depremlerin tekerrür süreleri bu faylar üzerindeki atım hızları ile fayların geometrik özellikleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Arkaplan deprem kaynağı üzerinde gerçekleşebilen daha küçük magnitüdü depremlerin frekansları ise enstrümental dönemin deprem kataloğu kullanılarak tahmin

edilmiştir. Olasılıksal sismik tehlike hesabında göz önüne alan deprem kaynak modellerinin parametreleri Tablo 2.1 ile gösterilmektedir.

Deprem tekrarlama ilişkisi için $M_{\max}$ değeri ile kesik üstel dağılım fonksiyonu kullanılmıştır (McGuire, 2004). Bu modelde, birim zaman içinde belli bir deprem büyüklüğünün (M) geçilme frekansı Denklem (26) ile hesaplanmaktadır.

$$n(M) = v_{M_{\min}} \left[\frac{\exp(\beta M_{\min} - \beta M) - \exp(\beta M_{\max} - \beta M_{\min})}{1 - \exp(\beta M_{\max} - \beta M_{\min})} \right] \quad M_{\min} \leq M \leq M_{\max} \quad (26)$$

Burada $v_{M_{\min}}$ birim zamanda $M_{\min}$ 'den büyük deprem depremlerin frekansdır ve birim zamanda gerçekleşen ve magnitüdü $M_{\min}$ 'den büyük olan toplam deprem sayısını göstermektedir. β büyük magnitüdlü depremlerin küçük magnitüdlü depremlere olan oranını belirtmektedir. Deprem kataloğunun zamana bağlı olarak eksik dağılım gösterdiği durum için $v_{M_{\min}}$ ve β en yüksek olasılık yaklaşımı ile temelinde Weichert (1980) tarafından formüle edilen yaklaşım ile iteratif olarak hesaplanmaktadır. Bu yaklaşıma göre $v_{M_{\min}}$ ve β arasındaki ilişki aşağıda verilmektedir (Yılmaz ve Akkar, 2013):

$$v_{M_{\min}} = z \frac{\sum_i \exp(-\beta M_i)}{\sum_i t_i \exp(-\beta M_i)} \quad (27)$$

$$\frac{\sum_i t_i M_i \exp(-\beta M_i)}{\sum_i t_i \exp(-\beta M_i)} = \frac{\sum_i M_i z_i}{\sum_i z_i} \quad (28)$$

Denklem (27 ve 28)'de t_i ve z_i her M_i magnitüd dilimi için kataloğun tam olduğu süre ve bu sürede M_i magnitüd dilimine düşen deprem sayısını ifade etmektedir (Yılmaz ve Akkar, 2013). Ayrıca, deprem oluşum süreci Poisson modeli olarak dikkate alındığından deprem kataloğundaki ön ve artçı depremler katalogdan elenmeli ve bu depremlerin yarattığı sismik momentler ana depreme eklenerek kaynaktaki toplam sismik moment tamamlanmalıdır. Bu hesap sürecinde, Deniz (2006) tarafından oluşturulan zaman

ve uzaklık pencereleri kullanılmıştır. Şekil 2.25 ve Şekil 2.26 ile gösterilen deprem kayıtları kullanılarak, farklı deprem magnitüd (M_w) aralıkları için deprem sayısındaki yıllara bağlı artış arka plan kaynağı için Şekil 2.30'da gösterilmektedir. Farklı magnitüd dilimleri için yıllık gerçekleşme frekansları dikkate alınarak, arka plan kaynağı için $M_w < 4.0$ depremlerin katalogda tamam olmadığı, $M_w \geq 4.0$, $M_w \geq 4.5$, $M_w \geq 5.0$, $M_w \geq 5.5$ ve $M_w \geq 6.0$ magnitüd değerlerine sahip depremlerin ise bu bölgede sırasıyla 1978, 1968, 1948, 1928 ve 1900 yıllarından sonra eksiksiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Denklem (27 ve 28) kullanılarak merkez üstleri Şekil 2.25 ve Şekil 2.26'da gösterilen depremler arkaplan deprem kaynağı için β ve $\nu_{M_{\min}}$ tahmininde kullanılmıştır. Elde edilen arkaplan için magnitüd tekerrür modeli parametreleri Tablo 2.1'de sunulmuştur. Şekil 2.31'de bu model (denklem 26) ön ve artçı deprem kayıtlarından temizlenmiş katalog depremleri ile karşılaştırılmıştır. Arka plan sismik kaynağı için elde edilen değerler, arka plan kaynağının magnitüd tekerrür parametrelerinin hesabında kullanılmıştır.

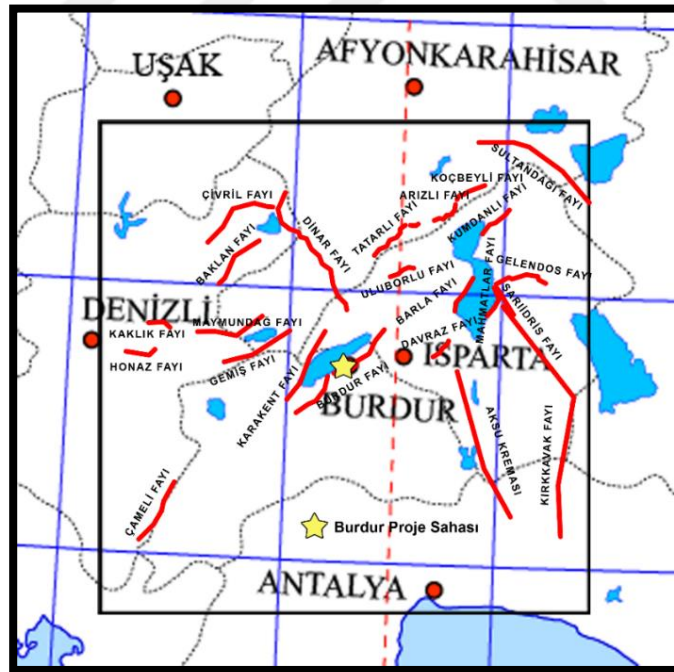
Çizgisel sismik kaynaklar için (Şekil 2.29) Schwarts ve Coppersmith (1984) tarafından geliştirilen karakteristik deprem modeli kullanılmıştır. Bu model, çizgisel kaynaklar üzerinde karakteristik olarak minimum ($M_{\min}$) ve maksimum ($M_{\max}$) magnitüd aralığında depremlerin gerçekleştiği gözlemine dayanmaktadır. $\nu_{M_{\min}}$ hesabında fayın geometrik özellikleri ve fay üzerindeki ortalama atım hızı Tablo 2.1'e göre dikkate alınmıştır. Buna göre uzun bir süre zarfında fayda toplanan sismik moment ile fayın oluşturduğu depremlerin toplam sismik momentinin eşit olması gerekir (McGuire, 2004).

$$\nu_{M_{\min}} = \dot{s} \mu a_T \frac{\lambda(1 - \beta / \lambda)}{k \beta \cdot \exp[\beta(M_{\min} + d / c)]} \left(M_{0,\max}^{1-\beta/\lambda} - M_{0,\min}^{1-\beta/\lambda} \right)^{-1} \quad M_{\min} \leq M \leq M_{\max} \quad (29)$$

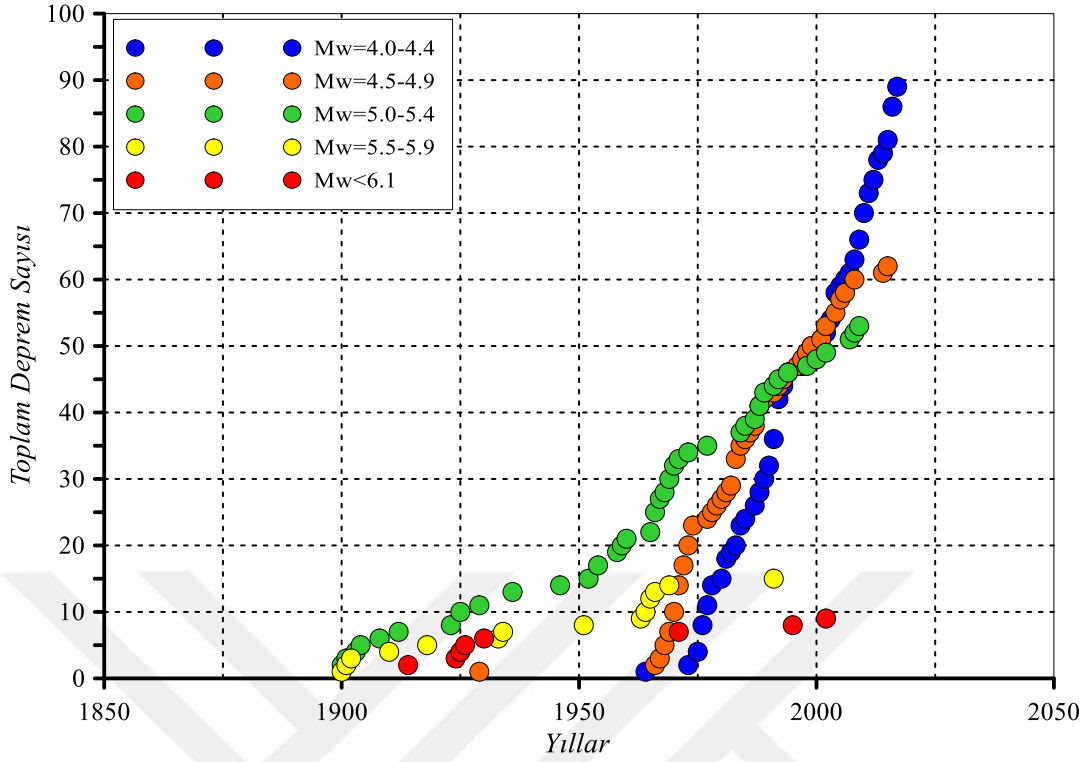
Denklem 29'da; a_T fay alanını, μ fayın rijitlik modülünü (genelde 3×10^{11} dyne/cm²), $M_{0,\min}$ ve $M_{0,\max}$ minimum ve maksimum magnitüde ($M_{\min}$ ve $M_{\max}$) karşılık gelen sismik momentleri, $\dot{s}$ fay üzerindeki ortalama atım hızını, c ve d sismik moment ve M arasındaki ilişkiyi veren iki katsayıyı (Hanks ve Kanamori, 1979), γ ise $c \cdot \ln 10$ değerine eşit bir katsayıyı göstermektedir. Minimum ve maksimum magnitüd hesabında saha için derlenen yeni deprem kataloğu ve fay uzunlukları dikkate alınmıştır. Fay uzunlukları ve fay kırıklarının genişliği Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen amprik

denklemler kullanılarak deprem magnitüdü ile ilişkilendirilmiştir. Hesaplamalarda kullanılacak olan çizgisel kaynaklar için minimum deprem magnitüdü $M_{\min} = 6.1$ olarak kabul edilmiştir. Çizgisel kaynaklar için belirlenen maksimum deprem magnitüdü de Wells ve Coppersmith (1994) tarafından önerilen amprik denklemler ve literatür taraması sonucunda elde edilen bilgiler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

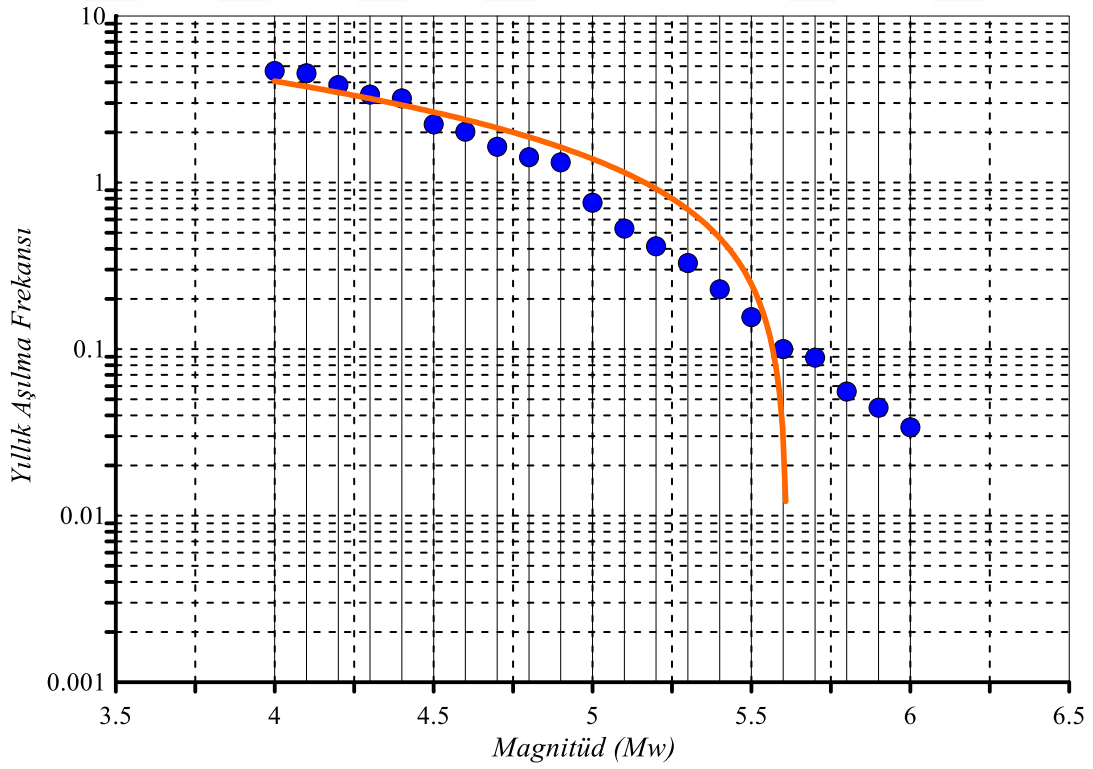
$M_{\min}$ ve $M_{\max}$ arasında oluşması beklenen karakteristik deprem magnitüdünün olasılık yoğunluk fonksiyonunun güvenli bir şekilde tespiti için yeterli veri bulunamaması sebebi ile Schwartz ve Coppersmith (1984)'in sundukları çalışmaya uygun olarak uniform dağılım fonksiyonu kabul edilmiştir. Bu doğrultuda çizgisel deprem kaynakları için Denklem (26)'daki $\beta \approx 0$ alınmıştır. Fay üzerindeki ortalama atım hızları diri faylar kısmında sunulan bilgiler ışığında tahmin edilmiştir. Arkaplan deprem kaynaklarının tanımlanmasında tüm katalog verilerinin kullanılması ile $M_{\min}$ 'den küçük magnitüdlerinin gerçekleşme olasılıkları arkaplan (alansal) deprem kaynağı ile modellenmiştir (Yılmaz ve Akkar, 2013).



Şekil 2.29. Sismik tehlike hesabında kullanılan fay ve arkaplan deprem kaynakları



Şekil 2.30. Deprem kataloğunda arka plan sismik kaynağı içindeki depremlerin farklı magnitüd aralıklarında deprem sayılarının yıllara göre artışı.



Şekil 2.31. Arkaplan sismik kaynağı depremleri için magnitüd-tekrür ilişkisinin katalog verileri ile karşılaştırılması.

2.8. Yer Hareketi Tahmin Denklemleri ve Sismik Tehlike Hesap Sonuçları

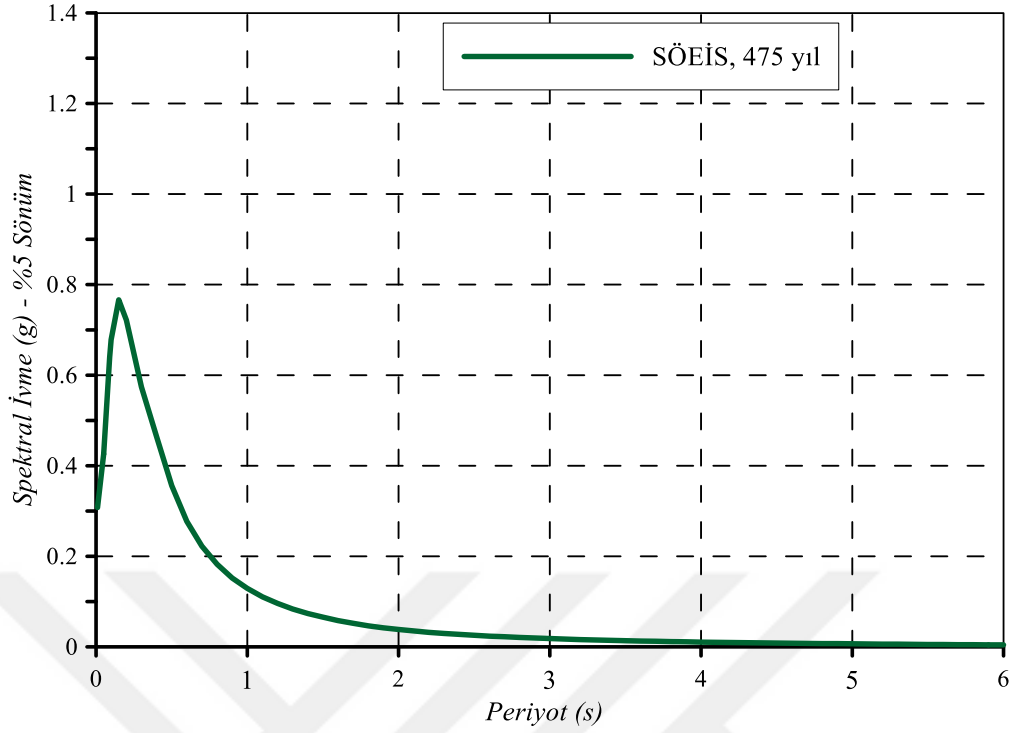
Sismik tehlike hesapları yapılırken ileride meydana gelebilecek depremlerden dolayı oluşacak yer hareketi parametrelerindeki değişkenliği ifade etmek için yer hareketi tahmin denklemleri kullanılmaktadır. Depremlerin doğasında olan rassal değişkenlik yer hareketi tahmin denklemlerinin standart sapmaları ile hesaba katılır. Bilgi yetersizliğinden kaynaklanan belirsizlikler ise mantık ağacı uygulamaları ile hesaba katılmalıdır. Mantık ağacı uygulamalarında, yer hareketi tahmin denklemlerinin belirsizlikleri yeteri kadar yansıtılabilmeleri için hesaplamalarda kullanılacak yer hareketi tahmin denklemine belirli bir ağırlık değeri verilmesi gerekir. Ayrıca hesaplamalarda kullanılacak olan denklemler bölgenin özelliklerine ve sismotektoniğine uygun olmalıdır.

Bu tez kapsamında, Burdur ilinde yapılması planlanan devlet hastanesi için sahaya ve bölgenin tektoniğine uygun azalım ilişkileri seçilmiştir. Bu azalım ilişkilerinin temel özellikleri ve denklemlere ait kısaltmalar Tablo 2.4'te verilmiştir. Ayrıca söz konusu hastane projesi deprem izolatörleri içerdiğinden dolayı azalım ilişkilerinin uzun periyotlardaki spektral ivmeleri de tahmin edebilme özelliğine sahip olması gerekmektedir. Chiou ve Youngs (2008) ile Abrahamson ve Silva (2008) yer hareketi denklemleri NGA-West1 (Power vd. 2008) projesi kapsamında derlenen global sığ aktif deprem veri tabanları kullanılarak hesaplanmıştır. Stafford vd. (2008) ile Campbell ve Bozorgnia (2006) ise bu denklemlerin Avrupa ve Ortadoğu'da sismik tehlike hesaplarında kullanılabileceklerini belirtmişlerdir.

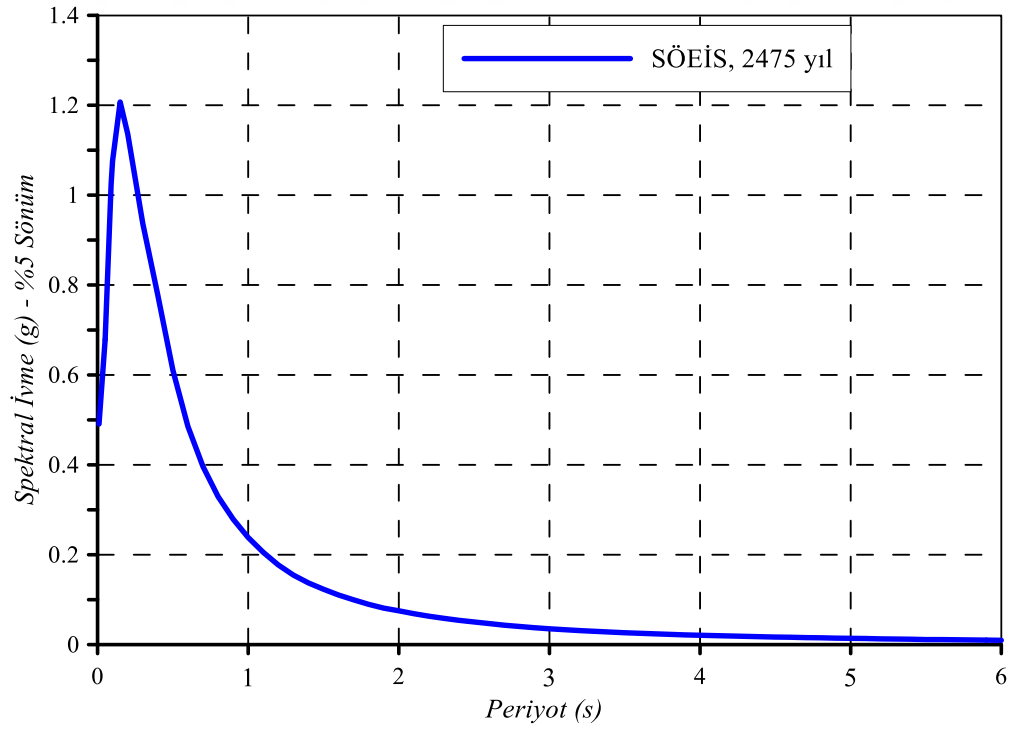
Yer hareketi tahmin denklemleri eşit ağırlıklar uygulanarak mantık ağacı uygulamasına tabi tutulmuştur. Bu yöntem sonucu, tekerrür periyotları $T=475$ yıl ve $T=2475$ yılı temsil eden %5 sönüme sahip elastik ivme spektrumları elde edilmiştir. Bu spektral değerler statik proje aşamasında deprem yüklerinin hesaplanması için kullanılmalıdır. Proje sahasında yapılan jeofizik çalışmalar (Gürdal Jeoteknik A.Ş. & Anomali Jeoteknik, 2017) sonucunda, proje sahası için yerel zemin koşullarının $V_{S30}=283,125$ m/s ile temsil edilebileceği belirtilmiştir. OSTA hesaplarındaki mantık ağacı uygulamaları $V_{S30}=283,125$ m/s değeri için yapılmıştır. $V_{S30}=283,125$ m/s kullanılarak edilen $T=475$ yıl ve $T=2475$ yıl için sahaya özel deprem spektrumları Şekil 2.32 ve Şekil 2.33'te gösterilmektedir.

Tablo 2.4. Olasılıksal sismik tehlike hesaplarında kullanılan yer hareketi tahmin denklemlerinin genel özellikleri

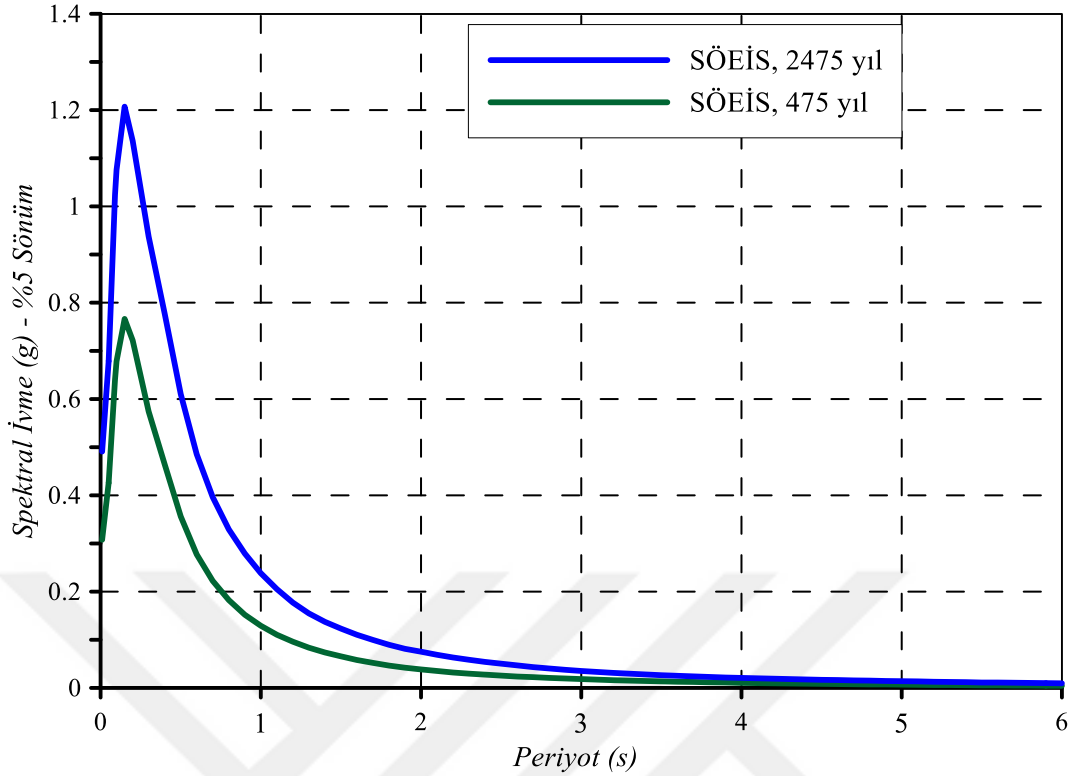
Tahmin Denklemi	Denklemin Kısaltması	Ana Bölge(ler)	Kayıt ve deprem sayısı	Katsayı sayısı	M_w aralığı	R tipi ve R_{max} (km) *	Bileşenler †	Faylanma şekli ‡	Zemin etkisi
Chiou ve Youngs (2008)	CY08	Batı Amerika ve Tayvan	1950, 125	12	4.0 - 8.5	R_{RUP} , 200	PGA, PGV, PSA	S, N, R	V_{S30}
Abrahamson ve Silva (2008)	AS08	Batı Amerika ve Tayvan	2754, 135	13	5.0 - 8.5	R_{RUP} , 200	PGA, PGV, PSA	S, N, R	V_{S30}
Zhao vd. (2006)	ZH06	Japonya, İran ve Amerika	4726, 269	12	5.0, 8.3	R_{RUP} , 300	PGA, PGV, PSA	S, N, R	V_{S30}



Şekil 2.32. Burdur Devlet Hastanesi olasılıksal sismik tehlike hesapları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen 475 yıllık sahaya özel elastik ivme spektrumu



Şekil 2.33. Burdur Devlet Hastanesi olasılıksal sismik tehlike hesapları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen 2475 yıllık sahaya özel elastik ivme spektrumu

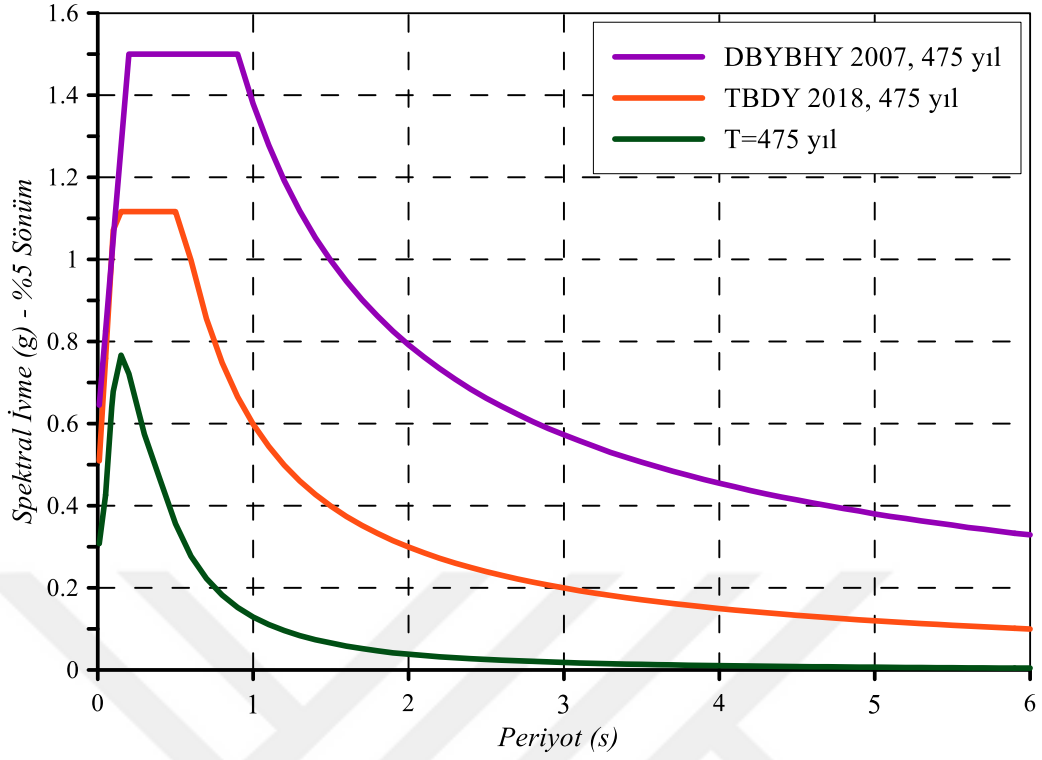


Şekil 2.34. Burdur Devlet Hastanesi olasılıksal sismik tehlike hesapları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen 475 yıllık ve 2475 yıllık sahaya özel deprem spektrumlarının karşılaştırması

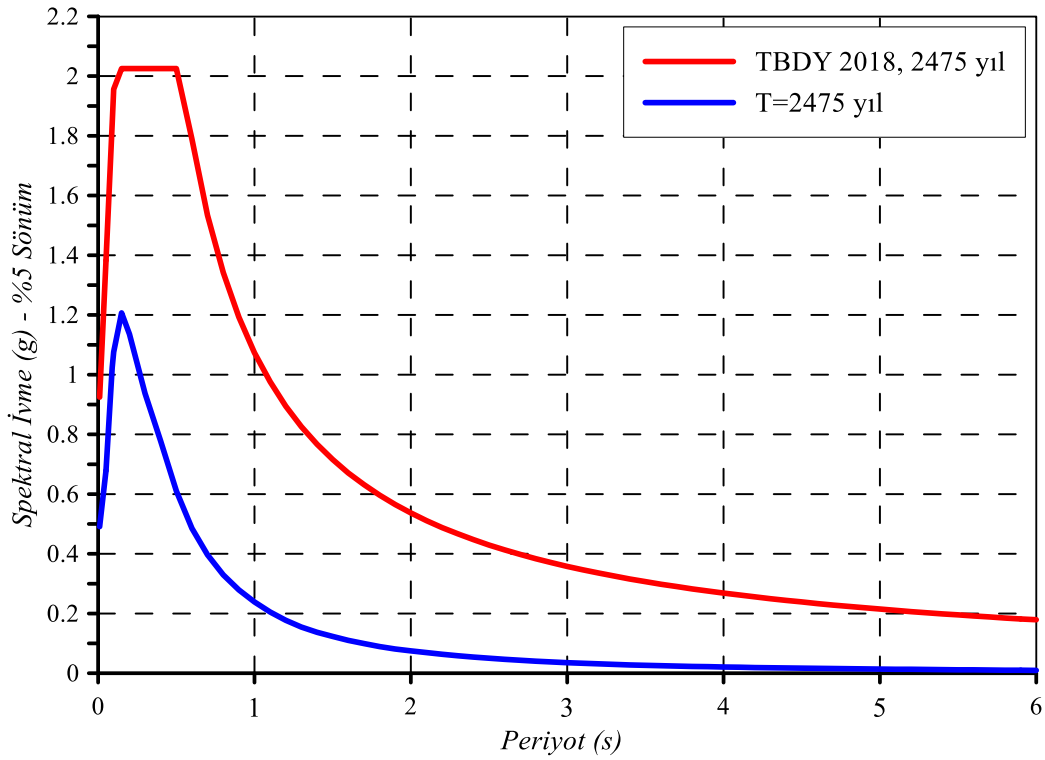
Olasılıksal sismik tehlike hesapları sonucu elde edilen (Şekil 2.32 ve Şekil 2.33) sahaya özel deprem spektrumları $V_{S30}=283,125$ m/s değeri için Şekil 2.34.'te karşılaştırılmaktadır.

Sahaya özel sismik tehlike hesaplamaları sonucu elde edilen spektral ordinatlar $V_{S30}=283,125$ m/s değeri için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) ile Şekil 2.35'te karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, T=475 yıl için 1.derece deprem bölgesi ($A_0=0.4g$) dikkate alınarak yapılmıştır. Yönetmelik spektrumu için yerel zemin sınıfı bu çalışmada belirtilen V_{S30} değerine uygun olarak ZD-Z4 seçilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere sahaya özel elastik spektrum, her iki yönetmelik spektrumuna göre de tüm periyotlarda daha düşük spektral ivme değerlerini vermektedir.

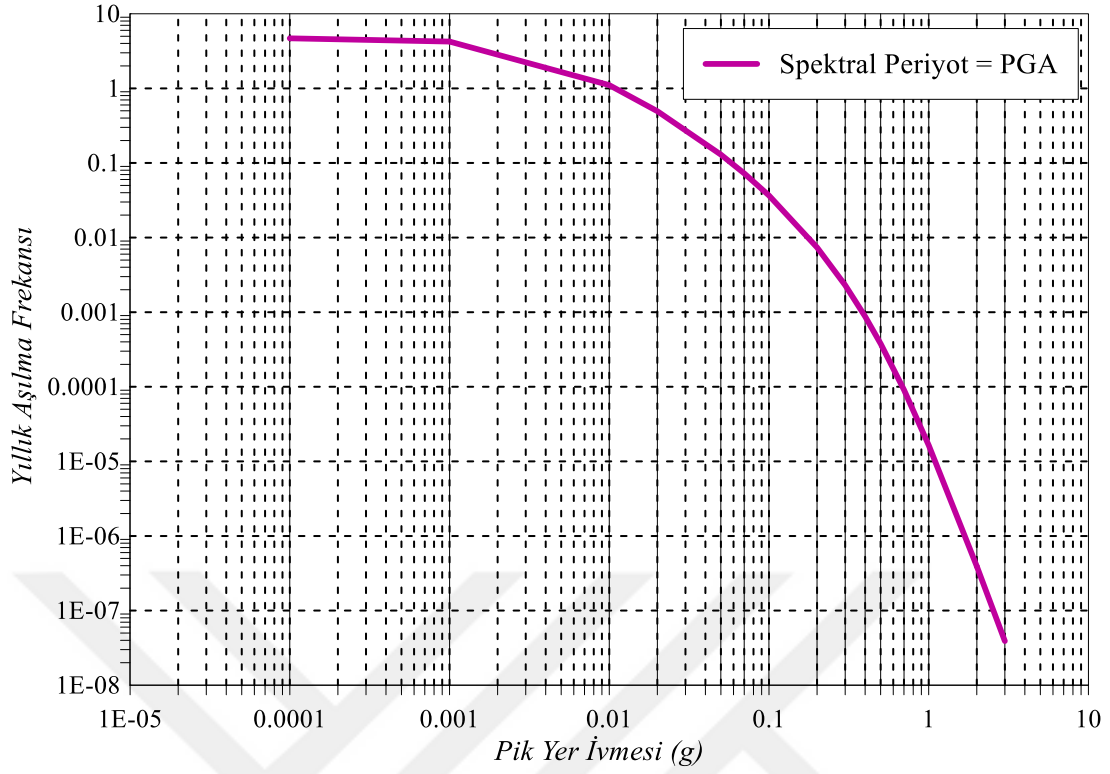
Burdur Devlet Hastanesi için OSTA hesaplamaları sonrası $V_{S30}=283,125$ m/s kabulü ile elde edilen 475 ve 2475 yıllık sahaya özel deprem spektrumlarına ait spektral ivme değerleri Tablo 2.5'te sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatür ile de uygundur.



Şekil 2.35. $V_{S30}=283,125$ m/s (ZD veya Z4 yerel zemin sınıfı) için yönetmelik spektrumları ve sahaya özel spektrumun (T=475 yıl) karşılaştırması



Şekil 2.36. $V_{S30}=283,125$ m/s (ZD veya Z4 yerel zemin sınıfı) için yönetmelik spektrumu ve sahaya özel spektrumun (T=2475 yıl) karşılaştırması



Şekil 2.37. $V_{S30}=283,125$ m/s (ZD veya Z4 yerel zemin sınıfı) için hesaplanan toplam sismik tehlike

Tablo 2.5. $V_{S30}=283,125$ m/s için T=475 ve T=2475 yıl elastik ivme spektrumlarına ait spektral ivme değerleri

Periyot (s)	T=475 yıl	Periyot (s)	T=2475 yıl
0.01	0.3077	0.01	0.4908
0.05	0.4259	0.05	0.679
0.09	0.6401	0.09	1.024
0.10	0.6785	0.10	1.076
0.15	0.7665	0.15	1.207
0.20	0.7215	0.20	1.136
0.30	0.5742	0.30	0.9374
0.40	0.4647	0.40	0.7782
0.50	0.356	0.50	0.6101
0.60	0.2771	0.60	0.4852
0.70	0.2226	0.70	0.3964
0.80	0.1826	0.80	0.3293
0.90	0.1522	0.90	0.2793
1.00	0.1291	1.00	0.2386
1.10	0.1105	1.10	0.2052
1.20	0.09599	1.20	0.1773
1.30	0.08346	1.30	0.1548

Tablo 2.5'in devamı

1.40	0.07377	1.40	0.1373
1.50	0.06567	1.50	0.1232
1.60	0.05816	1.60	0.1103
1.70	0.05202	1.70	0.09949
1.80	0.04655	1.80	0.08955
1.90	0.04182	1.90	0.08124
2.00	0.03845	2.00	0.07501
2.10	0.03507	2.10	0.06884
2.20	0.03217	2.20	0.06325
2.30	0.02966	2.30	0.05838
2.40	0.02748	2.40	0.05414
2.50	0.02556	2.50	0.0504
2.60	0.0238	2.60	0.04662
2.70	0.02223	2.70	0.04324
2.80	0.02084	2.80	0.04027
2.90	0.01952	2.90	0.03762
3.00	0.01825	3.00	0.03526
3.10	0.0171	3.10	0.03311
3.20	0.01607	3.20	0.03118
3.30	0.01514	3.30	0.02944
3.40	0.0143	3.40	0.02785
3.50	0.01354	3.50	0.0264
3.60	0.01284	3.60	0.02509
3.70	0.01221	3.70	0.02388
3.80	0.01163	3.80	0.02277
3.90	0.01109	3.90	0.02175
4.00	0.0106	4.00	0.02081
4.10	0.01018	4.10	0.01999
4.20	0.009711	4.20	0.01912
4.30	0.009232	4.30	0.01833
4.40	0.008793	4.40	0.01759
4.50	0.008378	4.50	0.01689
4.60	0.007997	4.60	0.01624
4.70	0.00764	4.70	0.01562
4.80	0.007311	4.80	0.01505
4.90	0.007009	4.90	0.01452
5.00	0.00673	5.00	0.01403
5.10	0.006406	5.10	0.01344
5.20	0.006106	5.20	0.01289
5.30	0.005829	5.30	0.01238
5.40	0.005572	5.40	0.0119

Tablo 2.5'in devamı

5.50	0.005333	5.50	0.011146
5.60	0.005112	5.60	0.01104
5.70	0.004906	5.70	0.01065
5.80	0.004713	5.80	0.01028
5.90	0.004533	5.90	0.009914
6.00	0.004364	6.00	0.009489

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında; nükleer santraller, barajlar, hastaneler, köprüler ve yüksek binalar gibi deprem sırasında hasar görmeleri büyük maddi ve manevi kayıplara yol açabilecek önemli mühendislik yapılarının projelendirilmesinde gerekli olan olasılıksal sismik tehlike analizinin nasıl yapıldığı, bu aşamada nelere dikkat edilmesi gerektiği ve sahaya özel deprem spektrumunun nasıl oluşturulduğu açıklanmaktadır. Tez kapsamında analitik çalışmalara yer verilerek, Burdur ilinde hastane yapılması planlanan belirli bir bölge için sismik tehlike analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, yapılacak yapının boyutlandırılmasında kullanılmak üzere sahaya özel deprem spektrumu geliştirilmiş ve yönetmelik spektrumları ile karşılaştırılmıştır. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve öneriler maddeler halinde aşağıda sunulmaktadır:

- Olasılıksal sismik tehlike hesaplamalarını yapmak için kullanılacak olan EZ-FRISK yazılımına veri girişinin çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekir.
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi deprem kataloğu ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'ne ait deprem kayıtlarından derlenen depremler ile yeni bir katalog oluşturulmuş ve bu katalogdaki depremler ikincil depremlerden ayıklanmıştır. Daha sonra Ayıklanan katalog incelenmiş ve depremlerin katalogda eksiksiz olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte depremlerin katalogda tam olduğu zaman dilimleri belirlenerek, bazı depremlerin eksik kayıtlara geçmiş veya hiç geçmemiş olmasından dolayı hesaplamalarda oluşabilecek hataların önüne geçilmiştir.
- Yapılan hesaplamalarda sahaya uygun, Zhao vd. (2006), Chiou ve Youngs (2008) ve Abrahamson ve Silva (2008) olmak üzere 3 farklı azalım ilişkisi, %33 ağırlık ile kullanılmış ve böylece azalım ilişkilerinden ötürü meydana gelebilecek belirsizliklerin önüne geçilmiştir.
- Hesaplamalarda kullanılan OSTA yöntemi ile depremin rassal belirsizliği ve model belirsizliği dikkate alınarak, $T=2475$ yıl ve $T=475$ yıl tekrar periyotları için %5 sönüme sahip elastik ivme spektrumları hesaplanmıştır.

- Hesaplarda kullanılan V_{S30} parametresi, sahaya ait zemin etüd raporu kapsamında sondaj loglarının 30 m'deki kayma dalgası hızlarının ortalaması alınarak $V_{S30}=283,125$ m/s olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen elastik spektral değerlerde $V_{S30}=283,125$ m/s olarak dikkate alınmıştır.
- Yapılan OSTA hesaplamaları neticesinde elde edilen ve $T=475$ ve $T=2475$ yıla tekabül eden spektrumlar Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) elastik ivme spektrum grafikleri ile karşılaştırılmıştır.
- Yapılan sismik tehlike hesaplamaları neticesinde elde edilen ve $T=475$ ve $T=2475$ yıla tekabül eden spektrumlar Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) yönetmeliğinin 2.4.1.2 Maddesini “Sahaya özel deprem yer hareketi spektrumlarının ordinatları, hiçbir zaman 2.3.5’te tanımlanan tasarım spektrumu ordinatların %90’ından daha küçük olmayacaktır.” sağlamayıp Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) yönetmeliklerindeki tasarım spektrumlarının oldukça altında kalmaktadır. Bu yüzden Burdur İlinde hastane yapılması planlanan sahaya yapılacak yapının tasarım ve boyutlandırılmasında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007)’ndeki tasarım spektrumunun kullanılması tavsiye edilmiştir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, OSTA hesaplamaları sonucu elde edilen elastik ivme spektrumları incelendiğinde, bu spektrumların her iki deprem yönetmeliğinin de altında kaldığı gözlenmektedir. Bu durumun bazı nedenleri olabilmektedir. Bunlardan birincisi, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007)’teki deprem tehlike haritasında aynı deprem tehlikesini bölgelere bölünmesi ve buna bağlı olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) kullanılarak elde edilen elastik ivme spektrumunun OSTA hesaplamaları sonucu elde edilen elastik ivme spektrumuna göre oldukça yüksek kalmasıdır. İkincisi ise, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018)’ndeki deprem tehlike haritasının spesifik bir noktaya özel değil, belirli bir alana göre elde edilmesinden dolayı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) kullanılarak elde edilen elastik ivme spektrumunun OSTA hesaplamaları sonucu elde edilen elastik ivme spektrumuna göre yüksek kalmasıdır. Ayrıca OSTA hesaplamaları sonucunda elde edilen elastik ivme spektrumları bazı durumlarda yönetmelik

spektrumlarından az çıkabildiği gibi bazı durumlarda da yönetmelik spektrumlarından fazla çıkabilmektedir. Bu yüzden; köprü, baraj, hastane, nükleer santral, silo vb. gibi özel mühendislik yapıları için OSTA hesaplamalarının mutlaka yapılması ve elde edilen elastik ivme spektrumlarının da mutlaka bu tür özel mühendislik yapılarının analiz, tasarım ve boyutlandırılmalarında kullanılması gerekir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar ışığında yapılan bazı öneriler maddeler halinde aşağıda sunulmaktadır:

- Türkiye’deki illerde bulunan tüm ilçeler için sahaya özel OSTA hesaplamaları yapılarak sahaya özel deprem spektrumları oluşturulabilir
- Türkiye’de bulunan herhangi bir spesifik nokta ve zemin özellikleri girildiğinde o noktaya ait elastik ivme spektrumunu oluşturan bir yazılım hazırlanabilir.

4. KAYNAKLAR

- Abrahamson, N.A. ve Silva, W.J., 1997. Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes, Seismological Research Letters, 68, 1, 94-127.
- Abrahamson, N.A. ve Silva, W.J., 2008. Summary of the Abrahamson & Silva NGA Groundmotion Relations, Earthquake Spectra, 24, 67-97.
- Aki, K., 1966. Generation and Propagation of G Waves from the Niigata Earthquake of June 16, 1964: Part 1. A Statistical Analysis, Bulletin of Earthquake Research Institute, 44, 73-88.
- Akkar, S. ve Çağnan, Z., 2010. 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, 100, 6, 2978-2995.
- Akkaya, A.D. ve Yüccemen, M.S., 2000. Estimation of Earthquake Hazard Based on Extremes of Local Integral Random Functions, Engineering Geology, 58, 1, 53-66.
- Aktug, B., Nocquet, J.M., Cingöz, A., Parsons, B., Erkan, Y., England, P., Lenk, O., Gürdal M.A., Kılıçoğlu, A., Akdeniz, H. ve Tekgül, A., 2009. Deformation of Western Turkey from a Combination of Permanent and Campaign Gps Data: Limits to Block-Like Behavior, Journal of Geophysical Research, 114, 1-22.
- Ambraseys, N.N., Simpson, K.A. ve Bommer, J.J., 1996. Prediction of Horizontal Response Spectra in Europe, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25, 371-400.
- Ambraseys, N.N., 2006. Comparison of Frequency of Occurrence of Earthquakes with Slip Rates from Long-Term Seismicity Data: The Cases of Gulf of Corinth, Sea of Marmara and Dead Sea Fault Zone, Geophysical Journal International, 165, 2, 516-526.
- Araya, R. ve Der, Kiureghian, A., 1988. Seismic Hazard Analysis: Improved Models, Uncertainties and Sensitivities, EERC Report No. UCB/EERC-90/11, College of Engineering University of California at Berkeley, California, USA.
- Atakan, K., Ojeda, A., Meghraoui, M., Barka, A., Erdik, M. ve Bodare, A., 2002. Seismic Hazard in Istanbul following the 17 August 1999 İzmit and 12 November 1999 Düzce Earthquakes, Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 1, 466-482.
- Atkinson, G.M., 2004. An Overview of Developments in Seismic Hazard Analysis, 13th

Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada.

- Bayrak Y., Ozturk S., Çinar H., Kalafat D., Tsapanos T.M., Koravos G.C. ve Leventakis G.A., 2009. Estimating Earthquake Hazard Parameters From Instrumental Data For Different Regions in and Around Turkey, Engineering Geology, 105, 200-210.
- Bhatti, N., Hashmi, M.A., Raza, S.A., Shaikh, F.M., Shafiq, K., 2011. Empirical Analysis of Job Stress on Job Satisfaction among University Teachers in Pakistan. International Business Research, 4, 3, 264-270.
- Bommer, J.J. ve Abrahamson, N.A., 2006. Why Do Modern Probabilistic Seismic Hazard Analyses often Lead to Increased Hazard Estimates. Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 1967–1977.
- Boore, D.M. ve Joyner, W.B., 1982. The Empirical Prediction of Ground Motion. Bulletin of the Seismological Society of America, 72, 6, 43- 60.
- Boore, D.M. ve Atkinson, G., 2008. Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s. Earthquake Spectra, 24, 1, 99-138.
- Boray, A., Şaroglu, F. ve Emre, Ö., 1985. Isparta Büklümünün Kuzey Kesiminde Doğu-Batı Daralma İçin Yeni Veriler. T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 23, 9-20.
- Budnitz, R.J., Apostolakis, G., Boore, D.M., Cluff, L.S., Coppersmith, K.J., Cornell C.A. ve Morris, P. A., 1997. Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts, NUREG/CR-6372, vol. 1, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA.
- Campbell, K.W. ve Bozorgnia, Y., 2006. Next Generation Attenuation (NGA) Empirical Ground Motion Models: Can They be Used in Europe?, First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, Bildiriler Kitabı: 458-467.
- Campbell, K.W. ve Bozorgnia, Y., 2008. NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s. Earthquake Spectra, 24, 1, 139-171.
- Cornell, C.A., 1968. Engineering Seismic Risk Analysis. Bulletin of the Seismological Society of America, 58, 5, 1583-1606.
- Cornell, C.A. ve Merz, H.A., 1975. Seismic Risk Analysis of Boston. Journal of Structural Division ASCE, 101, 2027–2043.
- CRISIS, 2012. Program For Computing Seismic Hazard, Institutode Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma México, Mexico City, Mexico.

- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye.
- Demircioğlu, M.B., Şeşetyan, K., Duman, T.Y., Can, T., Tekin, S., Ergintav, S. ve Akkar S. 2015. Çizgisel Ve Mekansal Düzleştirilmiş Sismik Kaynak Modeli Kullanılarak Türkiye Olasılıksal Deprem Tehlike Analizi, Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mayıs, İstanbul, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 1449-1460.
- Deniz, A. ve Yüçemen, M.S., 2005. Antalya Yöresi İçin Deprem Tehlikesinin Stokastik Yöntemlerle Tahmini, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Ankara, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 540-551.
- Deniz, A., 2006. Estimation of Earthquake Insurance Premium Rates for Turkey, Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye.
- Deniz, A. ve Yüçemen, M.S., 2010. Magnitude Conversion Problem for the Turkish Earthquake Data. Natural Hazards, 55, 2, 333-352.
- Der Kiureghian, A. ve A.H.S. Ang., 1977. A Fault-Rupture Model for Seismic Risk Analysis. Bulletin of the Seismological Society of America, 67, 4, 1173-1194.
- Douglas, J., 2008. Further Errata of and Additions To Ground Motion Estimation Equations- Final Report RP-56187-FR, BRGM, Orléans, France.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Gülmez, F.K., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Çörekçioğlu, Ş., Çan, T. ve Şaroğlu, F., 2013. Türkiye Diri Fayları Veri Tabanı, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Erdik, M., Doyuran, V., Akkas, N. ve Gülkan, P., 1985. A Probabilistic Assessment of The Seismic Hazard in Turkey, Tectonophysics, 117, 3, 295-344.
- Erdik, M., Demircioğlu, M., Sesetyan, K., Durukal, E. ve Siyahi, B., 2004. Earthquake Hazard in Marmara Region, Turkey. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 605–631.
- EZ-FRISK, 2011. User's Manual, Version 7.52, Risk Engineering, Inc., Boulder, Colorado.
- Farhadi A ve Mousavi M., 2016. Consideration of The Rupture Model Uncertainties in The Probabilistic Seismic Hazard Analysis, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 83, 191-204.
- Frankel, A.D., 1995. Mapping Seismic Hazard in the Central and Eastern United States. Seismological Research Letters, 66, 4, 8-21.
- Gardner, J.K. ve Knopoff, L., 1974. Is the Sequence of Earthquakes in Southern California,

- with Aftershocks Removed, Poissonian. Bulletin of the Seismological Society of America, 64, 1363-1367.
- Gregori S.D. ve Christiansen R., 2018. Seismic Hazard Analysis For Central-Western Argentina, Geodesy and Geodynamics, 9, 25-33.
- Gutenberg, B. ve Richter, C.F., 1944. Frequency of Earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 4, 185-188.
- Gutenberg, B. ve Richter, C., 1954. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. Princeton University Press, New Jersey, USA.
- Gülkan, P. ve Yüçemen, M.S., 1977. Seismic Risk Analysis for Nuclear Power Plants, METU. Journal of Pure and Applied Sciences, 10, 1, 115-135.
- GÜRDAL ve ANOMALİ, 2017. Edirne ili Keşan İlçesi 150 Yataklı Devlet Hastanesi İnşaatı Sondaja Dayalı Zemin Etüt Raporu İş, Gürdal Jeoteknik A.Ş. & Anomali Jeoteknik ve Yeraltı Mühendislik Hizmetleri Ltd. Şti., Isparta, Türkiye.
- Hanks, T.C. ve Kanamori, H., 1979. A Moment Magnitude Scale, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 84, B5, 2348– 2350.
- Idriss, I.M., 2008. A NGA Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated by Shallow Crustal Earthquakes, Earthquake Spectra, 24, 217–242.
- Kagan, Y.Y., 2002. Aftershock Zone Scaling. Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 2, 641-655.
- Kalkan, E. ve Gülkan, P., 2004. Attenuation Relationship for Maximum Horizontal Component of Ground Motion for Turkey, Earthquake Spectra, 20, 4, 1111-1138.
- Kayabalı, K. ve Akın, M., 2003. Seismic Hazard Map of Turkey Using the Deterministic Approach, Engineering Geology, 69, 1, 127-137.
- Khalil A.E., Deif A. ve Hafez H.E.A., 2015. Seismic Hazard Assessments at Islamic Cairo, Egypt, Journal of African Earth Sciences, 112, 287-298.
- Klügel, J.U., 2008. Seismic Hazard Analysis, Earth-Science Reviews, 88, 1–32.
- McGuire, R.K., 1995. Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Design Earthquakes: Closing The Loop, Bulletin of the Seismological Society of America, 85, 1275–1284.
- McGuire, R.K., 2004. Seismic Hazard and Risk Analysis, EERI, MNO-10, Oakland, CA.
- McGuire, R.K. ve Cornell, C.A., 2005. The Case for Using Mean Seismic Hazard,

Earthquake Spectra, 21, 879–886.

- Mohamed A.E.A., Hadidy M.E., Deif A. ve Elenean K.A., 2012. Seismic Hazard Studies in Egypt, NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics, 1, 119-140.
- Omori, F., 1894. On the Aftershocks of Earthquakes, Journal of the College of Science, 7, 111-120.
- Ordaz M.G., Cardona O.D., Salgado-Gálvez M.A., Bernal-Granados G.A., Singh S.K. ve Zuloaga-Romero D., 2014. Probabilistic Seismic Hazard Assessment at Global Level, International Journal of Disaster Risk Reduction, 10, 419-427.
- Özbey, C., Sarı, A., Manuel, L., Erdik, M. ve Fahjan, Y., 2004. An Empirical Attenuation Relationship for Northwestern Turkey Ground Motion Using A Random Effects Approach, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 2, 115–125.
- Öztürk N.Y., 2008. Probabilistic Seismic Hazard Analysis: A Sensitivity Study With Respect To Different Models, PhD Thesis, Middle East Technical University, Graduate School of Natural and Applied Science, Ankara, Türkiye.
- Öztürk S., 2013. Deprem Tehlike Analizi (Deprem Riski, Deprem Tehlike Çalışmaları ve Deprem Tahmini) Kursu, Gümüşhane Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Eğitimi Sertifika Programı, Gümüşhane, Türkiye.
- Papagiannopoulos G.A., Hatzigeorgiou G.D. ve Beskos D.E., 2012. An Assessment of Seismic Hazard And Risk in The Islands of Cephalonia And Ithaca, Greece, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 32, 15-25.
- Power M., Chiou B., Abrahamson N., Bozorgnia Y., Shantz T. ve Roblee C, 2008. An Overview of the NGA Project, Earthquake Spectra, 24, 3–21.
- Prozorov, A.G. ve Dziewonski, A.M., 1982. A Method of Studying Variations in the Clustering Property of Earthquakes: Application To The Analysis of Global Seismicity, Journal of Geophysical Research 87, 2829- 2839.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Galaktion, H., 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. ve Karam, G., 2006. 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, 1-26.
- Reiter, L., 1990. Earthquake Hazard Analysis: Issues and Insights, Columbia University Press, New York, USA.

- Sadigh, K., Chang, C.Y., Egan, J.A., Makdisi, F., Youngs R.R., 1997. Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data, Seismological Research Letters, 68, 1, 180-189.
- Savage, M.K. ve Rupp, S.H., 2000. Foreshock Probabilities in New Zealand, New Zealand Journal of Geology and Geophysics, 43, 461-469.
- Schwartz, D.P. ve Coppersmith K.J., 1984. Fault Behavior and Characteristic Earthquakes: Examples from the Wasatch and San Andreas Fault Zones, Journal of Geophysical Research Atmospheres, 89, 5681-5698.
- Selçuk, A.S. ve Yüçemen, M.S., 1999. Reliability of Lifeline Networks under Seismic Hazard, Reliability Engineering and System Safety, 65, 213-227.
- Selçuk, A.S. ve Yüçemen, M.S., 2000. Reliability of Lifeline Networks with Multiple Sources Under Seismic Hazard, Natural Hazards, 21, 1, 1-18.
- Sitharam T.G. ve Kolathayar S., 2013. Seismic Hazard Analysis of India Using Areal Sources, Journal of Asian Earth Sciences, 62, 647-653.
- SSHAC Report, 1997. Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts, NUREG/CR-6372, Vol. 1, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA.
- Stafford, P.J., Strasser, F.O. ve Bommer, J.J., 2008. An Evaluation of the Applicability of the Nga Models To Ground-Motion Prediction in the Euro-Mediterranean Region, Bulletin of Earthquake Engineering, 6, 2, 149-177.
- Stepp, J.C., 1972. Analysis of Completeness of the Earthquake Sample in the Puget Sound Area and Its Effect on Statistical Estimates of Earthquake Hazard, Proceedings of the International Conference on Microzonation, Seattle, U.S.A, Bildiriler Kitabı: 897-910.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 8174, Ankara, Türkiye.
- Şeşetyan K, Demircioğlu M.B., Duman T.Y., Çan T., Tekin S., Eroğlu-Azak T., Zülfikar Ö. ve Akkar S., 2015. Türkiye İçin Alan Kaynak Modeline Dayalı Olasılıksal Deprem Tehlike Analizi, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir, Türkiye.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., 1985. Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study. in Strike-Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, Special Publication-Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 37, 227-264.
- TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye.

- Tezcan S., Acar Y. ve Çivi A., 1991. İstanbul İçin Deprem Riski Analizi, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 7, 5-34.
- Thenhaus, P.C. ve Campell, K.W., 2003. Seismic Hazard Analysis, Chapter 8, Earthquake Engineering Handbook, CRC Press.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H. ve Gökçeoğlu, C., 2004. An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data And İso-Acceleration Map of Turkey, Engineering Geology, 74, 265-291.
- URL-1, <http://kyhdata.deprem.gov.tr>, 12.12.2017
- URL-2, <http://www.koeri.boun.edu.tr>, 12.12.2017
- URL-3, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Mudim/katalog.asp>, 01.11.2012
- URL-4, <http://www.koeri.boun.edu.tr/bilgi/buyukluk.htm>, 12.12.2017
- Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsu'ura, R.S., 1995. The Centenary of The Omori Formula for A Decay Law of Aftershock Activity, Journal of Physics of the Earth, 43, 1-33.
- Van Dyck, J.F.M., 1985. Statistical Analysis of Earthquake Catalogs, Doktora Tezi, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA.
- Wells, D.L. ve Coppersmith, K.J., 1994. New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement, Bulletin of Earthquake Engineering, 84, 4, 974-1002.
- Weichert, D., 1980. Estimation of the Eartquake Recurrence Parameters for Unequal Observation Periods for Different Magnitudes, Bulletin of the Seismological Society of America, 70, 4, 1337-1346.
- Wu, S.C., Cornell, C.A. ve Winterstein, S.R., 1995. A Hybrid Model and Its İmplication on Seismic Hazard Results, Bulletin of Earthquake Engineering, 85, 1, 1-16.
- Yarar, R., Ergünay, O., Erdik, M. and Gülkan, P., 1980. A Preliminary Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey, Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, İstanbul, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 309-316.
- Yılmaz M.T. ve Akkar S., 2013. Mersin Değirmençay Baraj Sahası İçin Deprem Tehlikesi Analizi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, Türkiye.
- Yoo, Y.B. ve Deo, N., 1988. A Comparison of Algorithms for Terminal-Pair Reliability, IEEE Transactions on Reliability, 37, 2, 210-215.

- Youngs, R.R. ve Coppersmith, K.J., 1985. Implications of Fault Slip Rates and Earthquake Recurrence Models To Probabilistic Seismic Hazard Estimates, Bulletin of the Seismological Society of America, 75, 939-964.
- Yüccemen, M.S. ve Gülkan, P., 1981. The Analysis of Parameter Uncertainties in the Assessment of Seismic Hazard for Nuclear Power Plants, Transactions of the Sixth International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology, Paris, France.
- Yüccemen, M.S., 1989. A Random Field Model for the Estimation of Earthquake Hazard due to Active Faults, Reliability and Optimization of Structural Systems'88, 401- 409.
- Yüccemen M.S., Akkaya Ayşen, 1993. Deprem Tehlikesi Tahmininde Değişik Stokastik Modeller ve Karşılaştırılmaları, 3. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye.
- Yüccemen, M.S. ve Gülkan, P., 1994. Seismic Hazard Analysis with Randomly Located Sources, Natural Hazards, 9, 1, 215-233.
- Yüccemen, M.S. ve Akkaya, A., 1995. A Comparative Study of Stochastic Models for Seismic Hazard Estimation, Natural Hazards, (in press).
- Yüccemen M.S., 2011. Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi: Genel Bakış ve İstatistiksel Modellemede Dikkat Edilmesi Gerekli Hususlar, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, Türkiye.
- Zhao, J.X., Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., Takahashi, T., Ogawa, H., Irikura, K. Thio, H.K., Somerville, P.G. ve Fukushima, Y., 2006. Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 3, 898–913.

5. EKLER

Ek Tablo 1. Çalışma kapsamında kullanılan sismik kaynak koordinatları

Kaynak	Boylam	Enlem
Burdur Fayı Hacılar Segmenti	30.042	37.538
	30.107	37.572
	30.135	37.588
	30.178	37.633
	30.192	37.677
Burdur Fayı Gökçebağ Segmenti	30.221	37.688
	30.242	37.705
	30.285	37.700
	30.321	37.716
	30.328	37.738
	30.385	37.766
	30.407	37.816
	30.450	37.855
Karakent Fayı	30.000	37.588
	30.064	37.650
	30.100	37.744
	30.164	37.844
Uluborlu (Sanirkent Fayı)	30.464	38.050
	30.500	38.066
	30.521	38.077
	30.550	38.088
	30.578	38.083
Tatarlı Fayı Segment 1	30.385	38.127
	30.407	38.150
	30.442	38.161
	30.457	38.183
	30.489	38.194
	30.507	38.211
	30.507	38.222
	30.532	38.238
Arızlı Fayı	30.664	38.261
	30.707	38.266
	30.721	38.283
	30.757	38.300
	30.764	38.322

Ek Tablo 1'in devamı

Tatarlı Fayı Segment 2	30.553	38.238
	30.582	38.236
	30.592	38.244
Koçbeyli Fayı	30.771	38.344
	30.778	38.358
	30.807	38.361
	30.821	38.372
	30.900	38.400
Barla Fayı	30.778	37.933
	30.778	37.966
	30.821	38.000
	30.864	38.055
Mahmatlar Fayı	30.935	37.916
	30.971	37.950
	30.985	37.988
	30.964	38.022
Kırkavak Fayı Segment 1	31.000	37.955
	31.337	37.633
Kırkavak Fayı Segment 2	31.337	37.633
	31.282	37.311
	31.300	37.122
Sarııdris Fayı	30.978	38.019
	31.058	37.922
Gelendost Fayı	30.971	38.033
	31.027	38.061
	31.041	38.055
	31.103	38.072
	31.158	38.066
	31.162	38.055
	31.193	38.044
Kumdanlı Fayı	30.900	38.216
	30.935	38.250
	30.964	38.261
	31.000	38.294
	31.027	38.311
Çivril Fayı	29.613	38.144
	29.682	38.205
	29.724	38.272
	29.820	38.297
	29.868	38.283
	29.910	38.283

Ek Tablo 1'in devamı

Aksu Fayı	30.800	37.711
	30.950	37.361
	31.075	37.177
Kaklık Fayı	29.358	37.844
	29.434	37.850
	29.462	37.827
Honaz Fayı	29.255	37.733
	29.372	37.722
	29.400	37.747
Maymundağı Fayı Bozkurt Segmenti	29.593	37.819
	29.675	37.822
	29.772	37.811
Maymundağı Fayı Dazkırı Segmenti	29.772	37.811
	29.882	37.888
Gemiş Fayı	29.717	37.711
	29.848	37.744
	30.000	37.838
Çameli Fayı	29.365	37.041
	29.431	37.100
	29.462	37.150
	29.468	37.188
	29.517	37.261
Baklan Fayı	29.679	38.005
	29.703	38.025
	29.738	38.105
	29.848	38.166
Davraz Fayı	30.685	37.761
	30.721	37.777
	30.728	37.794
	30.750	37.805
	30.757	37.822
Sultandağı Fayı	30.864	38.555
	31.041	38.561
	31.103	38.544
	31.262	38.455
	31.386	38.344
Arkaplan	29.095	38.654
	31.441	38.654
	31.441	36.769
	29.095	36.769

Ek Tablo 1'in devamı

Dinar Fayı	29.958	38.344
	29.931	38.283
	29.944	38.233
	29.986	38.211
	30.025	38.200
	30.035	38.183
	30.064	38.177
	30.085	38.138
	30.128	38.116
	30.142	38.088
	30.185	38.066
	30.200	38.013
	30.221	37.972
	30.257	37.944
	30.271	37.922

ÖZGEÇMİŞ

Özgün BIÇAK 13.02.1991 tarihinde ADANA'nın Yüreğir ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Mimar Kemal İlköğretim Okulu'nda tamamladıktan sonra lise eğitimini Adana Ticaret Borsası Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümüne başlayarak 2015 yılında bölüm ikincisi ve İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Yapı Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. İngilizce bilmekte olan yazar, 2015 Yılı DASK Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı yarışmasında jüri özel ödülüne layık görülmüştür.