



**AKARÇAY HAVZASINDAKİ BAZI BARAJLARIN
SİSMİK TEHLİKE VE TOPLAM RİSK ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ceren YALÇINTAŞ

Danışman
Prof. Dr. İsmail ZORLUER

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Geoteknik Bilim Dalı

Şubat 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKARÇAY HAVZASINDAKİ BAZI BARAJLARIN
SİSMİK TEHLİKE VE TOPLAM RİSK ANALİZLERİ

Ceren YALÇINTAŞ

Danışman
Prof. Dr. İsmail ZORLUER

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOTEKNİK BİLİM DALI

ŞUBAT 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Ceren YALÇINTAŞ tarafından hazırlanan “Akarçay Havzasındaki Bazı Barajların Sismik Tehlike ve Toplam Risk Analizi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 22/02/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Geoteknik Bilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İsmail ZORLUER

Başkan : Prof. Dr. İsmail ZORLUER
(Danışman) Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Evren SEYREK
Kütahya Dumlupınar Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÜCEK
Afyon Kocatepe Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

22 / 02 / 2024

Ceren YALÇINTAŞ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**AKARÇAY HAVZASINDAKİ BAZI BARAJLARIN
SİSMİK TEHLİKE ve TOPLAM RİSK ANALİZLERİ**

Ceren YALÇINTAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Geoteknik Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail ZORLUER

Geoteknik deprem mühendisliği açısından sismik tehlike analizleri çeşitli amaçlarla yapılan yapılar olan barajlar için hayati önem taşır. Afyonkarahisar ilinin Akarçay havzasında yer alan barajlar bölgenin aktif sismik hareketliği etkisinde büyük depremlere tanıklık etmiştir. 1900 yılından günümüze kadar meydana gelmiş olan depremlerin aletsel kayıtlarına B.Ü Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü veri tabanından erişim sağlanmıştır. Bölgenin depremselliği olasılıksal sismik tehlike analizi yöntemi Gutenberg-Richter ve Gumbel uç değerler dağılımı frekans bağıntısı kullanılarak incelenmiştir. Depremlerin tekrarlamaya periyotlarına göre zamana bağlı oluşma riskleri analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında Akarçay havzasında yer alan 30 adet baraj merkez alınmak üzere 50 km çevresindeki fayların oluşturabilecekleri en büyük yer hareketi ivmesi (PGA) değerleri hesaplanmış, baraj karakteristiklerine göre Tosun (2002)'tarafından hazırlanan Dolgu Baraj Depremselliği ve Tasarım Esasları teknik rehberine göre sismik tehlike ve toplam risk sınıfları belirlenmiştir.

2024, xi+93 sayfa

Anahtar Kelimeler: Deprem, Baraj, En Büyük Yer İvmesi, Sismik Tehlike Analizi

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

SEISMIC HAZARD and TOTAL RISK ANALYSIS
OF SOME DAMS IN AKARÇAY BASIN

Ceren YALÇINTAŞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Geotechnical Science

Supervisor: Prof. İsmail ZORLUER

Seismic hazard analysis in terms of geotechnical earthquake engineering is of vital importance for dams, which are structures built for various purposes. The dams located in the Akarçay basin of Afyonkarahisar province have witnessed major earthquakes under the influence of the active seismic activity of the region. The instrumental records of the earthquakes that have occurred since 1900 have been accessed from the database of B.U. Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. The seismicity of the region was analyzed by using probabilistic seismic hazard analysis method Gutenberg-Richter and Gumbel extreme value distribution frequency relation and the recurrence periods and time-dependent occurrence risks of earthquakes were analyzed. Within the scope of the study, the maximum ground motion acceleration (PGA) values that can be generated by faults within 50 km around the 30 dams located in Akarçay basin were calculated, and seismic hazard and total risk classes were determined according to the technical guide on Seismicity and Design Principles of Embankment Dams prepared by Tosun (2002) according to the dam characteristics.

2024, xi + 93 pages

Key words: Earthquake, dam, Peak Ground Acceleration, Seismic Hazard Analysis

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazılması aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. İsmail ZORLUER'e, araştırma ve yazım sürecinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Evren SEYREK, Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÜCEK'e ve Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK'a, tez araştırmam boyunca her türlü bilgi ve veri desteği sağlayan D.S.İ 183.Şube Müdürü Sayın Faruk TOPALOĞLU, İnşaat Mühendisi Cenk Bilici'ye, öneri ve eleştirileri ile yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Ceren YALÇINTAŞ
Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Kapsamı	2
1.2 Tezin Amacı.....	3
1.3 Tezin Özgün Değeri.....	3
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
3.DOLGU BARAJ DEPREMSELLİĞİ	6
3.1 Sismik Tasarımda Dikkate Alınan Başlıca Faktörler.....	6
3.2 Analiz İçin Depremlerin Seçimi	7
3.3 Sismik Değerlendirme Parametrelerin Seçimini Etkileyen Faktörler.....	9
3.3.1.Belli alanların sismik tehlike oranlarının etkisi.....	9
3.3.2 Toplam Risk Analizi.....	10
4. MATERYAL ve METOT	13
4.1 Materyal	13
4.1.1 Akarçay havzasının genel özellikleri.....	13
4.1.2 Jeolojik ve Tektonik Veriler	16
4.1.3 Afyonkarahisar İlini ve Çalışma Alanını Etkileyen Önemli Depremler	19
4.1.4 Akarçay Havzasının Depremselliğinin İncelenmesi.....	20
4.1.5 Barajların Havza İçine Dağılımı ve Genel Özellikleri	23
4.2 Metot.....	24
4.2.1 Sismik Tehlike Analiz Yöntemleri	24
4.2.2 Pik Yer Hareketi Parametreleri.....	26

4.2.3 Verilerin Temini ve Dönüştürülmesi.....	29
4.2.4 Guttenberg-Richter Yöntemi	30
4.2.5 Gumbel Yöntemi	32
5.BULGULAR	34
5.1 Olasılıksal -İstatistik (Probabilistik) Yönteme Ait Bulgular	34
5.1.1. Gutenberg-Richter yöntemi ile yapılan analizler.....	35
5.1.2 Gumbel yöntemi ile yapılan analizler.....	38
5.2 Deterministik Yönteme Ait Bulgular.....	44
5.2.1 Barajların Genel Karakteristik Özellikleri.....	45
5.2.2 Havza İçindeki Fay Hatlarının Karakteristikleri	48
5.2.3 Barajların (PGA)'ya Göre Simik Tehlike Sınıfının Belirlenmesi	50
5.2.3.1 Erkmek Barajı.....	50
5.2.3.2 Değirmenayvalı Barajı.....	51
5.2.3.3 Işıklar Barajı	51
5.2.3.4 Akdeğirmen Barajı.....	52
5.2.3.5 Tınaztepe Barajı.....	53
5.2.3.6 Elvanpaşa Barajı.....	53
5.2.3.7 Çayhisar 27Ağustos Barajı.....	54
5.2.3.8 Kırka Barajı	54
5.2.3.9 Ağzıkara Barajı.....	55
5.2.3.10 Kayabelen Barajı	56
5.2.3.11 Ortapınar Barajı	56
5.2.3.12 Aydın Barajı	57
5.2.3.13 Şht Uz.Çvş. Nurullah Oymak Barajı	58
5.2.3.14 Özbekun Barajı	58
5.2.3.15 Ayazini Barajı	59
5.2.3.16 Karaağaç Barajı	60
5.2.3.17 Seydiler Barajı	60
5.2.3.18 Pazarağaç Barajı	61
5.2.3.19 Çay Barajı.....	61
5.2.3.20 Gölçayır Barajı	62
5.2.3.21 Yaylabelen Barajı.....	63

5.2.3.22 Çakırlar Barajı	63
5.2.3.23 Kırca Barajı	64
5.2.3.24 Şht.Piyade Er Tayfur Çankaya Barajı.....	65
5.2.3.25 Beyköy Barajı.....	65
5.2.3.26 Karamık Barajı	66
5.2.3.27 Karaağa Barajı	67
5.2.3.28 Selevir Barajı	67
5.2.3.29 Seyitler Barajı.....	68
5.2.3.30 Gezler Barajı.....	68
5.2.4 Barajların Toplam Risk Analizi Değerlendirilmesi.....	71
6.TARTIŞMA ve SONUÇ	74
7. KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	83
EKLER.....	84

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

M	Deprem Büyüklüğü (magnitüd)
M_b	Deprem cisim dalgası büyüklüğü
M_d	Süreye bağlı en büyük deprem büyüklüğü
M_L	Deprem yerel büyüklüğü
M_m	Ortalama deprem büyüklüğü
M_s	Deprem yüzey dalgası büyüklüğü
M_w	Deprem moment büyüklüğü
N	Deprem Sayısı
R	En büyük depremin bir yıl içinde meydana gelme olasılığı
R_D	Yapı ömrü ile risk arasındaki ilişki
T_1	Herhangi bir depremin oluşma zaman dilimi
T_2	Beklenen en büyük depremin oluşma zaman dilimi
T_d	Beklenen en büyük depremin oluşma periyodu
T_r	Sismik tarihçe
ZD	Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak-katı kil tabakaları

Kısaltmalar

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHYP	Akarçay Havzası Yönetim Planı
ASFS	Akşehir Simav Fay Sistemi
BÜ	Boğaziçi Üniversitesi
BDTİM	Bölgesel Deprem Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi
CMCE	Kontrol Eden En Büyük Güvenilir Deprem
DSİ	Devlet Su İşleri
DSTA	Deterministik Sismik Tehlike Analizi
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ICOLD	Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu
İRAP	İl Afet Risk Azaltma Planı
KRDAE	Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
MCE	En Büyük Güvenilir Deprem
MDE	En Büyük Tasarım Depremi
MTA	Maden Tetkik Arama
NEIC	National Earthquake Information Center
NHYP	Nehir Havza Yönetim Planı
OBE	İşletme Esaslı Deprem
PGA	Pik Yer İvmesi
RIE	Rezervuarın Yaptığı Deprem
ŞÇD	Su Çevre Direktifi
TUCBS	Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
USGS	United States Geological Survey

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1 Deprem sayılarının yıllar aralığına göre dağılımı	21
Şekil 4.2 Deprem Büyüklüklerinin Yüzdelerle Dağılımı	21
Şekil 4.3 Deprem Derinliği- Deprem Büyüklüğü arasındaki İlişki.....	22
Şekil 4.4 Farklı magnitüd ölçeklerinin doyması (Kramer, 1996).....	30
Şekil 5.1 Gutenberg -Richter Yöntemine göre Log N-Deprem Büyüklüğü İlişkisi	36
Şekil 5.2 Gutenberg-Richter yöntemine göre deprem büyüklüğü-dönüş periyodu ilişkisi	38
Şekil 5.3 Gutenberg-Richter yöntemine göre deprem büyüklüğü-aşılma olasılığı ilişkisi	38
Şekil 5.4 Gumbel yöntemine göre Log N-Deprem Büyüklüğü İlişkisi.....	40
Şekil 5.5 Gumbel yöntemine göre deprem büyüklüğü-dönüş periyodu ilişkisi	42
Şekil 5.6 Gumbel yöntemine göre deprem büyüklüğü-aşılma olasılığı ilişkisi	42
Şekil 5.7 Yapı ömrüne göre deprem büyüklüğü-oluşma riski ilişkisi	44
Şekil 5.8 En büyük yer ivmesi max (PGA) değerlerinin baraj numaralarına göre dağılımı.....	69
Şekil 5.9 Barajların max PGA değerlerine göre sismik tehlike sınıflarının yüzdelerle dağılımı.....	71
Şekil 5.10 Barajların toplam risk sınıfı dağılım yüzdeleri	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Baraj tipine bağlı olmaksızın baraj yeri sismik tehlike oranı (ICOLD, 1989)	9
Çizelge 3.2 Baraj karakteristikleri ve sosyo-ekonomik etkilerden oluşan toplam risk değerleri (ICOLD, 1989)	11
Çizelge 3.3 Hesaplanmış toplam risk faktörüne bağlı olarak barajın risk sınıfı (ICOLD, 1989)	12
Çizelge 4.1 Akarçay Havzası'nda Yer Alan İller ve Alanları.....	15
Çizelge 5 1 Deprem büyüklüklerine karşı deprem sayıları	35
Çizelge 5 2 Deprem büyüklüğü ile dönüş periyodu ve oluşma riski ilişkisi.....	37
Çizelge 5.3 1924-2023 yılları arasında meydana gelen dikkate alınan en büyük (Ms) deprem büyüklükleri.....	39
Çizelge 5.4 1924-2023 yılları arasında meydana gelen depremlerin Gumbel yıllık maksimum dağılım hesapları.....	40
Çizelge 5.5 Deprem büyüklüğü ile dönüş periyodu ve oluşma riski ilişkisi.....	41
Çizelge 5.6 Deprem büyüklüğü ile yapı ömrü ve risk arasındaki ilişki.....	43
Çizelge 5.7 İncelen barajların isimleri	46
Çizelge 5.8 Akarçay havzasındaki barajların genel karakteristikleri	47
Çizelge 5.9 Barajlarda Sismik tehlike oluşturabilecek fayların genel özellikleri ve meydana getirebileceği en büyük deprem büyüklükleri(MTA, 2017).....	49
Çizelge 5.10 Erkmen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	50
Çizelge 5.11 Değirmenayvalı barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	51
Çizelge 5.12 Işıklar barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	52
Çizelge 5.13 Akdeğirmen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	52
Çizelge 5.14 Tınaztepe barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	53
Çizelge 5.15 Elvanpaşa barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	53
Çizelge 5 .16 Çayhisar 27 Ağustos barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	54
Çizelge 5.17 Kırka barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	55
Çizelge 5.18 Ağzıkara barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	55

Çizelge 5.19 Kayabelen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	56
Çizelge 5.20 Ortapınar barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	57
Çizelge 5.21 Aydın barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	57
Çizelge 5.22 Şht Uz. Çvş. Nurullah Oymak barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	58
Çizelge 5.23 Özbek barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	59
Çizelge 5.24 Ayazini barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	59
Çizelge 5.25 Karaağaç barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	60
Çizelge 5.26 Seydiler barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	60
Çizelge 5.27 Pazarağaç barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	61
Çizelge 5.28 Çay barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	62
Çizelge 5.29 Gölçayır barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	62
Çizelge 5.30 Yaylabelen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	63
Çizelge 5.31 Çakırlar barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	64
Çizelge 5.32 Kırca barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	64
Çizelge 5.33 Şht.Piyade Er Tayfur Çankaya barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	65
Çizelge 5.34 Beyköy barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	66
Çizelge 5.35 Karamık barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları.....	66
Çizelge 5.36 Karaağa barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	67
Çizelge 5.37 Selevir barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	67
Çizelge 5.38 Seyitler barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	68
Çizelge 5.39 Gezler barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları	69
Çizelge 5.40 Barajların en büyük pik yer hareketi ivmesi değeri max(PGA) değerine göre sismik tehlike sınıfı (ICOLD,1989).....	70
Çizelge 5.41 Baraj karakteristikleri ve sosyo-ekonomik etkilerden oluşan toplam risk sınıfı (ICOLD, 1989)	72

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 4.1 Havzanın Türkiye'deki Konumu (SÇD,2022).....	13
Resim 4.2 Havzadaki İller ve İlçelerin Gösterimi (SÇD,2022)	14
Resim 4.3 Akarçay havzasına ait alt havzalar (SÇD,2022)	15
Resim 4.4 Havzadaki Başlıca nehirler ve göller (AHYP,2013).....	16
Resim 4.5 Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD,2019)	17
Resim 4.6 Türkiye'nin ana neotektonik yapılarını gösteren sadeleştirilmiş tektonik haritası (Bozkurt, 2001).....	18
Resim 4.7 İnceleme alanı ve yakın çevresindeki önemli deprem kaynaklarını ve burada oluşmuş yıkıcı depremleri gösteren harita (Deveci, 2007).....	19
Resim 4.8 Havza alan ve çevresinde 1900-2023 arası meydana gelmiş 4 ve üstü depremlerin dağılımı (Kandilli BDTİM,2023).....	20
Resim 4.9 Google Earth Programı üzerinde Akarçay havzası içerisinde barajların dağılımı.....	23
Resim 4.10 (a) DSTA kaynak belirlenmesi, (b). Kaynak bölgeleri arasındaki en kısa mesafenin tespit edilmesi (Kramer, 1996).....	24
Resim 5.1 Baraj Lokasyonlarının Numaralandırılması (ATLAS,2023).....	45
Resim 5.2 Fayların Akarçay havzası içinde genel görünümü (MTA).....	48

1.GİRİŞ

Barajlar, geçmişten günümüze insanlığın su gereksinimleri elde etmek, enerji üretimi, tarımsal alanların sulanması, içme suyu ihtiyacının karşılanması, taşkın önleme ve birçok amaca hizmet etmesi için tasarlanan yapılardır.

Tarih öncesi yıllara dayanan baraj yapımı çeşitli amaçlarla geçmişten günümüze rezervuar olarak kullanılmıştır. Bunlardan sulama amacıyla kullanılan barajlara Irak, Ürdün ve Hindistan'da rastlanılmıştır. Bilinen en eski barajın içme suyu temini için M.Ö.3000'li yıllarda yapıldığı Herodot tarihinde geçmektedir. Kret uzunluğu 450 metre ve 15 metre yüksekliğine sahip kargir yapıdaki bu baraj Nil nehri etrafında bulunmuştur. Hindistan'da bulunan Jawa kentinde ise Jawa barajına ait en eski kalıntılara ulaşılmıştır (Selçuk, 2019).

Tarih boyunca insanlık su kaynaklarına yakın yerleşim yerlerini tercih etmiş ve hayatını idame ettirmişlerdir. Yıkılmaları halinde çevresinde oluşabilecekler azami derecede önemli tehlike arz etmektedir. Maddi ve manevi kayba neden olabilecek derecede büyük bir depremin azami yer hareketi barajlar açısından risk oluşturur. Teknik ve finans kayıpları yaşamamak için baraj mühendisliğinde zemin ve temel davranışına önem verilmelidir. Dinamik yüklerin zemin ile olan ilişkisi belirsizlikler içerebilir. Bu tür belirsizlikler karşısında sismik tehlike ve toplam risk analizinin önemi güvenliği sağlamaya çalışmaktır (Seyrek ve Tosun, 2013).

Barajların potansiyel riski sosyo-ekonomik etkiler ve yapısal etkiler adı altında ICOLD (1989) tarafından iki ayrı yönden incelenmiştir. Sosyo-ekonomik etkiler tahliye gereksinimi ve potansiyel mansap hasarını; yapısal etkiler ise rezervuarın kapasitesini ve barajın yüksekliğini dikkate alır. Potansiyel risk dört değerlendirme esasının toplamıdır. Elde edilen toplam değere göre dört ayrı risk sınıfı tanımlaması yapılır. Baraj yerinin sismik tehlikesi, baraj ve yardımcı yapıların risk oranı hep birlikte baraj yapısının toplam riskini belirlemeye yardımcı olur.

Toplam risk öncelikle iki faktöre bağlıdır; (1) baraj sahasının sismik tehlike derecesi ve (2) barajın ona bağlı tesislerinin risk derecesi. Bir baraj alanının sismik tehlikesi en yüksek yer ivmesine bağlı olabilir. Tanımlanan tasarım depreminden elde edilen bu

değer, ana sismik yükleri oluşturur. Bir ön çalışma için kullanılabilir ama barajın risk derecelendirilmesi rezervuarın kapasitesine, barajın yüksekliğine, tahliye gerekliliklerine ve mansap yönündeki potansiyel hasara dayanmalıdır.

ICOLD (1989)'a göre genel olarak sismik ve risk derecelendirmeleri ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Son zamanlarda bu iki faktör bir baraj yapısı toplam risk faktörünü tanımlamak üzere birleştirilmiştir (Breuau, 2003)

Sismik tehlikelerin beraberinde getirdiği risk faktörleri bir depremin öncelikle ne büyüklükte ne kadar uzaklıkta nasıl bir yapıda ve hangi değerde kayıp ve hasara yol açacağı sorularını da beraberinde getirmektedir. Bu yanıtlara ulaşmak için yapılması gereken öncelikli adım ise depremin nerede meydana geleceğini deterministik olarak betimleyebilmek veya olasılıksal açıdan tahmin etmektir.

Yapıların depreme karşı dayanıklı tasarlanabilmesi için çalışma bölgesinde yer alan diri fayların ve deprem kaynaklarından oluşması beklenen en yüksek deprem büyüklüğünün kestirilmesi önemlidir. En yüksek ivmelerin ve proje karakteristiklerini karşılayacak yanal ve düşey kuvvetlerin hesaplanması gerekmektedir. Oluşması ihtimal maddi ve manevi kayıplar minimum zarar etkisi gözetilerek güvenli yapılar inşa etmek hedeflenmelidir.

1.1 Tezin Kapsamı

Bu çalışmada sismik tehlike ve toplam risk analizinin tanımı yapılmakta olup 30 baraja ait inceleme sunulacaktır. İlk bölümde genel hatları ile ele alınan konu ikinci bölümde literatür bilgileri ile devam etmektedir. Üçüncü bölümde ise dolgu baraj deprenselliği anlatılmaktadır. Seçilen ve uygulanan yöntemler dördüncü bölümde verilmektedir. Çalışmanın uygulama bölümünü oluşturan Akarçay Havzasındaki barajlar ile ilgili bulgular beşinci bölümde iki ayrı başlık altında yer almaktadır. Altıncı bölümde tartışılmakta ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda önerilere yer verilmektedir. Son kısımda ise havzanın deprenselliğini incelemek için istatistiksel sismik tehlike analizi değerlendirmesinde kullanılan tarihi deprem kayıtlarına ait data bilgileri ekler bölümünde yer almaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada barajların sismik tehlike ve toplam risk analizlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ülkemizdeki önemli havzalardan Akarçay Havzası seçilmiştir. Çalışma esnasında yer hareketi parametrelerine yer verilmiştir. Bununla beraber sismik tasarım esasları anlatılmış ve çalışma alanının depremselliği analiz edilmiştir.

1.3 Tezin Özgün Değeri

Havza içerisindeki 30 adet barajın yakınında bulunan fay hatlarına göre sismik tehlike değerlendirilmesi yapılmış ve yerleşim yerinde meydana gelecek deprem periyotları analizleri yapılmıştır. Sismik aktiviteye sahip diri fayların üzerinde yer aldığı için bölgede maddi ve manevi hasara neden olan depremler meydana gelmektedir (Özkaymak vd, 2019). Bu sebeple bölgede yer alan barajlar adına daha önce herhangi bir sismik tehlike ve toplam risk analizi çalışması yapılmadığı için lokasyon açısından ilk değerlendirme olacak ve bundan sonra yapılacak olan diğer çalışmalar için ön bilgi niteliği taşıyacaktır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Bir mühendislik yapısının depreme karşı dayanıklı olabilmesi; araştırılan bölgede yer alan diri fayların kaynak etkisi doğrultusunda beklenen en yüksek deprem büyüklüğünün tahmin edilmesi ve çevresinde oluşturacağı maksimum ivmelerin hesaplanması, proje karakteristiklerine göre planlanan deprem büyüklüğüne göre dayanıklı olacak şekilde tasarlanmasıdır.

Depreme maruz kalan barajların dayanıklılığı ele alındığında ise mevcut barajların güvenliğinin de araştırılması önemli bir konuyu teşkil etmektedir. Türkiye'nin su ve toprak kaynakları açısından sahip olduğu potansiyel dikkate alındığında yeni barajlar inşa etmek kadar, gelişen teknoloji ile eski barajların işletilmesinin yanında güvenliğinin sağlanması da önemlidir (Seyrek vd, 2009). Gerekli mesleki hassasiyeti taşıyarak

oluşabilecek çoğu zararı en düşük seviyeye ulaştırmak gerekir. Bunun gibi koşullarda sismik tehlike analizinin önemi ihtiva eder. Deterministik ve istatistiksel sismik tehlike analizleri sismik aktivite çalışmalarında kullanılmaktadır.

Deterministik sismik tehlike analizi yaklaşımı oluşması muhtemel en kritik durumu ele alır. Tasarım yer hareketi seviyesini belirlemek için incelenen tüm kaynak ve senaryolar arasında en büyük değeri üreten senaryo dikkate alınır.

İstatistiksel sismik tehlike analizi yaklaşımı ise depremlerin büyüklüğü, tekrarı ve yeri ile ilgili belirsizlikleri içermektedir. Analize bir bütün olarak bakabilmek için belirsizliklerin tanımlanabileceği çözümlerin kestirilmesi ve tüm ihtimallerin göz önüne alınması gerekmektedir (Tosun ve Seyrek, 2007).

Ağırlıklı olarak takip edilen çalışmalar önceki yılların deprem verilerini kullanarak olasılıksal sismik tehlike analiz yöntemini uygulamaktır. Buradan hareketle gelecekteki sismik faaliyetin öngörülmesini, maksimum yatay ve düşey yer hareketi ivmelerinin belirlenmesini içermektedir. Diğer yandan, deterministik sismik tehlike analizi kullanılarak da analizler yapılmaktadır. Seçilecek analize göre sismik tehlikeler belirlenen bir deprem senaryosu doğrultusunda değerlendirilip analizi yapılıyor ise deterministik sismik tehlike analizi adını alır. Belirsizliklerle birlikte bunlar (depremin büyüklüğü, süresi ve yeri) gibi durumları göz önüne alınarak değerlendirmeye alıyorsa (olasılıksal/istatistiksel) sismik tehlike analizi adını alır. Deprem kaynaklarının çeşitli olduğu durumlarda olasılıksal yaklaşım tercih edilir. Sahayı sadece bir kaynak yönetiyorsa deterministik sismik analiz yöntemi tercih edilir (Sevimli,2019).

Seyrek ve Tosun (2013)'e göre yöntemlerin ikisi de uygulama açısından avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bundan dolayı modellerin birbirine göre hangisinin daha iyi sonuçlar verebileceği sorusuna yanıtlar tartışılmakta ve günümüzde de aranmaya devam etmektedir.

Tarih boyunca büyük depremlere tanıklık etmiş barajlar ciddi yıkımlara ve kayıplara yol açmıştır. ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yer alan Aşağı San Fernando ile Yukarı San Fernando barajlarında 9 Şubat 1971 tarihinde 6.5 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. San Fernando depremi kentsel açıdan oldukça gelişmiş bir alanı etkilemiştir. Deprem 58 kişinin can kaybına ve büyük maddi hasara yol açmıştır. Yer yüzeyinden 13

km derinlikte oluşan bu deprem esnasında baraj kretinde en büyük yer ivmesinin 0,55-0,60g olduğu tespit edilmiştir. Temel olarak dayanıklı bir zemin üzerinde ise neredeyse bütün barajlar; orta büyüklükte ve 0,2g yer ivmesi ile 6.5 büyüklüğünü geçmeyecek depremlerde ciddi hasarlar göstermemektedir (Seed vd, 1975).

1985'te 8.1 büyüklüğünde Meksiko depreminde La Villita ve El Infernillo barajlarında sırasıyla kret de 0,45-0,50g yer ivmesi ile 20 bin insanın ölümüne yol açmıştır. Barajlarda deprem esnasında 2-3 cm arası oturmalar meydana gelmiştir.1994 yılında meydana gelen Nortbridge depremi 6.7 büyüklüğünde ve krette 0,60g yer ivmesi ile baraj mühendisliği bakımından son 25 yıldır bölgede meydana gelen en büyük depremdir. Eskiden bilinmeyen fayların sonradan belirlenmesi sebebiyle bölgedeki en büyük maliyetli (20 milyar dolar) yıkıma sebep olmuştur. Aşağı Van Norman barajı neredeyse göçmüştür. Bu nedenle deprem sonrası rezervuarı boşaltılmıştır. Barajda gerekli güvenlik önlemleri alınarak suyun akış kontrolü sağlanmıştır. (Selçuk, 2019).

Iriyemi vd (2021) tarafından Afrika Gana'nın güneyindeki Batı Kıyısı Havzası'nda 3 adet (Akosombo, Kpong ve Wejia) barajlarının deterministik sismik tehlike analizinde en yüksek yer ivmesi değerleri (0,31 g, 0,41ve 0,52 g) olarak yüksek tehlike sınıfında bulunmuştur. Potansiyel risklerin de etkisinin incelenmesiyle risk sınıflarının değiştiğini, havzadan Densu nehri geçtiği için barajlara olan olası tehlikesi gözetilerek; Aksombo barajı için yüksekten orta risk sınıfına geçtiğini, bunun sebebi olarak nehir yatağından çok yüksek seviyede yer aldığı için daha az etkilendiğini tespit etmişlerdir. Güvenirlilik açısından daha sonra dinamik analizlerin yapılması gerektiğine dikkat çekmişlerdir.

Barajlar için yapılan sismik tehlike analizi çalışmalarında ise daha önceki tez çalışmalarında Türkiye'nin farklı havzaları bünyesinde değerlendirmeler yapılmıştır;

Bunlardan Tosun vd (2007)'ye göre Fırat havzası üzerine inşa edilen 32 adet büyük baraj için en yüksek yer ivmesinin (0,011 g ve 0,564 g) aralığında değiştiğini ve bunlardan 15 adedinin yüksek risk sınıfına dahil olduğu sonucuna varmışlardır.

Tosun ve Önder (2018) İstanbul da incelediği 7 büyük barajda yapmış oldukları sismik tehlike analizi sonucu (0,176 g ve 0,374 g) aralığında en yüksek yer ivmesinin değiştiği belirtmişlerdir ve toplam risk faktörüne yerleşim alanında olması sebebiyle kamu

güvenliği açısından kritik risk içerdiğine dikkat çekmişlerdir. Barajların %66,7'si çok yüksek risk sınıfında yer alırken diğerlerinin yüksek risk sınıfında olduğuna ulaşımlardır.

Literatürdeki benzer tez çalışmalarında Dicle, Fırat, Sakarya, Yeşilırmak havzalarındaki barajların sismik tehlike analizine yönelik değerlendirmeler yer almaktadır.

Afyonkarahisar ili için yapılan sismik tehlike analizi ile ilgili oldukça az çalışma olmakla birlikte barajlar ile herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Dinar İlçesi'nin depremselliğini inceleyen Sezer ve Hiçyılmaz (2019)'a göre depremlerin tekrarlanma periyotları ve zamana bağlı olma risklerini araştırmak için yapılan olasılıksal sismik tehlike analizi yöntemlerinde birbirine yakın ve tutarlı sonuçlar bulunmuştur. Aynı şekilde Afyonkarahisar ili için istatistiksel deprem tehlike analizlerinde literatürde kabul gören Gutenberg -Richter, Gumbel büyüklük frekans bağıntısını kullanarak farklı dağılım modelleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir (Hiçyılmaz ve Sezer, 2020).

3.DOLGU BARAJ DEPREMSELLİĞİ

Jeolojik ve sismolojik açıdan stabil alanların üzerine barajlar inşa edilmektedir. Tasarımı esasında baraj yerinin depremsel özellikleri dikkatle araştırılmalıdır. Bu hedef doğrultusunda yapılacak tasarımda göz önüne alınan faktörler kadar, analiz için depremlerin seçimi ile pik yer hareketi parametrelerinin belirlenmesi de oldukça önemlidir. Bu bölümde yer alan bilgiler, bütünüyle Tosun (2002)' den alınmıştır.

3.1 Sismik Tasarımda Dikkate Alınan Başlıca Faktörler

Baraj yeri ve civarındaki jeolojik ve tektonik oluşumlar; bir baraj projesi için sismik tasarım parametrelerinin seçiminde etkili olan faktörlerdendir. Aşağıda anlatılan bu faktörlerin, belli bir esasa sınıflandırılmadığı ve yerel koşullarda baraj büyüklüğü, yapının fonksiyonu ve nihai olarak oluşacak hasar ve toplam göçme ile biçimlendirildiği

belirtilmektedir. Mevcut bir barajın güvenlik değerlendirmesi için sismik parametrelerin seçimi, detaylı çalışma gerektiren işlemler serisidir.

Barajlar için yapılacak jeolojik ve depremsellik çalışmaları; bölgesel ölçekte dikkate alınmalı ve daha sonra baraj yerine odaklaştırılmalıdır. Bazı baraj sahaları için belirgin tüm jeolojik oluşumları açıklayabilmek ve özgün koşulları dikkate almak için büyük bir bölgesel çalışma alanının değerlendirilmesi gerekebilir.

Tarihsel deprem verileri; bir alanın sismik paterninin tanımlanmasına yardımcı olur ve bu alanda gelecekte oluşması beklenen deprem hareketlerinin tahmininde önemli rol oynar. Bu tahmin; geçmişte oluşmuş aktivitelerin aynı bölgede veya yakınında yeniden oluşabileceği varsayımına dayanır. Tarihsel deprem verilerinin eksikliği, ilgili alanın sismik aktiviteye sahip olmadığını göstermez. Türkiye’de depremsellik ile ilgili olarak düzenlenmiş kapsamlı deprem katalogları mevcuttur. Bu katalogları Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü ve bazı üniversitelerden elde etmek mümkündür. Bu kataloglardan;

- Deprem merkez üssü koordinatları
- Deprem büyüklüğü
- Deprem oluşumunun tarihi ve zamanı, Deprem oluşum derinliğine ulaşmak mümkündür.

3.2 Analiz İçin Depremlerin Seçimi

Depremler; ivme, spektral ordinatlar, deprem süresi gibi uygun sismik değerlendirme parametrelerini seçebilmek amacıyla tanımlanır. Bu tanımlama ya bir deterministik yöntem veya bir istatistiksel sismik risk analizi ile yapılabilir. Sismik değerlendirme parametrelerinin seçimi için deterministik yöntemde, kontrollü bir kaynakta (genellikle faylar) oluştuğu varsayılan depremler için büyüklük ve uzaklık tahkiki yapılır ve ileride anlatılacak yöntemler dikkate alınarak bu esasa dayalı uygun parametreler seçilir. İstatistiksel sismik tehlike değerlendirmesi; baraj alanında oluşanve belirlenmiş bir en düşük büyüklük değerinden (tipik olarak 4 veya 5) büyük depremlerin, kaynak

belirtmek dikkate alınması esasına dayanır. Bir kaynaktan oluşan her büyüklükte depremlerin muhtemel oluşumu, direkt olarak bir istatistiksel sismik riskanalizi yöntemi ile ilişkilendirilir.

Bir yapının tasarımı için, deprem hareket seviyelerinin tahmininde kullanılacak değişik depremlerin tanımlanması amacıyla uluslararası kullanımı olan terimler mevcut değildir. Ancak barajların sismik tasarımı ile ilgili uluslararası kurumlar; çoğunlukla aşağıda verilen tanımları benimsemiş bulunmakta ve bu tanımların yaygın olarak kullanılması yönünde gayret göstermektedir. Deprem seçimi doğrultusunda ICOLD (1989) tarafından yapılan tavsiyeler aşağıya aynen aktarılmıştır.

MCE (En büyük güvenilir deprem) ; Tanımlanmış bir fay boyunca veya coğrafi olarak tanımlanmış bir tektonik bölge içinde görülmesi muhtemel en büyük depremdir. Bölgede ve baraj alanında tanımlanmış her aktif fay veya tektonik bölge, bir MCE ile ilişkilendirilebilir.

CMCE (Kontrol eden en büyük güvenilir deprem) ; Baraja etkiyen tüm MCE' lerin kritik olanıdır. Dikkate alınan baraj için en ciddi sonuçları veren en büyük güvenilir deprem (MCE), kontrol eden en büyük güvenilir depremi (CMCE) oluşturmaktadır.

MDE (En büyük tasarım depremi) ; Barajın projelendirilebileceği veya analiz edileceği yer hareketinin en büyük seviyesidir. Göçtüğü zaman hasara ve can kaybına neden olabilecek barajlar için MDE; normal olarak baraj alanında oluşması beklenen hareketin seviyesine (CMCE seviyesi) eşit büyüklük ile temsil edilir. Eğer baraj göçmesi; hasara ve can kaybına neden olmuyorsa, MDE için CMCE' den daha düşük hareket seviyesi seçilebilir.

OBE (İşletme esaslı depremler) ; Baraj alanında 100 yıllık ekonomik ömürde %50 aşılma olasılığı olan yer hareketi seviyesini temsil etmektedir. Bundan dolayı OBE;

istatistiksel yöntemler kullanılarak belirlenebilir. Son yıllarda OBE ile ilgili yeni tanımlamalar geliştirilmiştir (FEMA,2005).

RIE (Rezervuarın yarattığı deprem) ; Rezervuarın yarattığı deprem baraj membasında su dolumu, ani düşüm veya rezervuarın varlığından dolayı, ortaya çıkan yer hareketinin en büyük seviyesini temsil eder. RIE' nin dikkate alınması genellikle 100 m' den büyük yükseklığe ve büyük rezervuar hacmine (>500hm³) sahip barajlarla sınırlandırılmıştır.

3.3 Sismik Değerlendirme Parametrelerin Seçimini Etkileyen Faktörler

3.3.1.Belli alanların sismik tehlike oranlarının etkisi

Bir baraj alanının sismik tehlike oranı; değerlendirme gereksinimleri ve sismik değerlendirme parametrelerinin tanımı için gerekli hassasiyetin seviyesini etkiler. Bir baraj alanının sismik tehlikesi; MCE' den elde edilen pik zemin ivmesine (PGA) dayanılarak ve baraj yakınında yer alan aktif faylar dikkate alınarak belirlenir.

Benzer sınıflamalar PGA'dan farklı diğer bazı sismik değişikler kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Baraj alanının birincil değerlendirmesi; mevcut sismik zon haritaları kullanılarak yapılabilir. Aşağıda Çizelge 3.1'de sunulan değerler; baraj tipi dikkate alınmaksızın bir baraj alanının sismik tehlikesini belirlemek için kullanılabilir. Bu çizelge sismik tehlikenin pratik değerlendirmesi için geçerlidir. (*) PGA : En Büyük Yer İvmesi

Çizelge 3.1 Baraj tipine bağlı olmaksızın baraj yeri sismik tehlike oranı (ICOLD, 1989)

Zemin Şartları	Tehlike Sınıfı
PGA < 0.10g	I (Düşük)
0.10 < PGA < 0.25g	II (Orta)
PGA > 0.25g (*) (Baraj yerinin 10 km yakınında aktif fay yok ise)	III (Yüksek)
PGA > 0.25g (Baraj yerinin 10 km yakınında aktif fay var ise)	IV (Çok Yüksek)

Bir baraj yerinin tehlike sınıfı, sismik değerlendirme gereksinimlerinin birincil göstergesini sağlamalıdır. ICOLD (1989); bu konuyla ilgili olarak aşağıda özetlenen değerlendirmeyi yapmıştır.

-I.Tehlike sınıfı içindeki sahalar için sismik değerlendirme parametrelerini, pik yer ivmesi hareketleri ile tanımlamak yeterli olacaktır. En basit analiz yöntemleri kabul edilmelidir. Deneyimlere göre bu tehlike sınıfındaki çoğu baraj, MDE koşulunda hasar görmeyecektir. Eğer barajın MDE' ye göre tahkiki yapılırsa, OBE veya RIE' den herhangi birisinin dikkate alınması gerekmeyebilir.

-II.Tehlike sınıfı içindeki sahalar için sismik değerlendirme parametrelerini, baraj tipine risk oranına ve muhtemel göçme biçimine veya biçimlerine bağlı olarak pik yer hareketi değerleri, respons spektrum veya ivme-zaman tarihçesiyle tanımlanabilir ve OBE' nin dikkate alınması gerekli değildir. II. Tehlike sınıfı içinde projelendirilmiş barajlar, çok küçük hasarla MDE' ye direnç gösterebilecek kapasitede olmalıdır.

-III.Tehlike sınıfı içindeki sahalar için sismik değerlendirme parametrelerini, respons spektrum bazı beton barajların veya baraja yakın yapıların değerlendirilmesi için yeterli olmasına tercihen ivme-zaman tarihçeleri ile sınırlandırılır. MDE, OBE veya RIE' nin ayrı olarak dikkate alınması çoğunlukla gerekmektedir.

-IV.Tehlike sınıfı içinde yer alan alanlar için ivme - zaman tarihçelerinin kullanılması, faya bağlı hareketin temsil edilmesi ve potansiyel kritik temel koşullarının dikkate alınması zorunludur.

3.3.2 Toplam Risk Analizi

Barajlarla ilgili potansiyel risk; yapısal ve sosyo-ekonomik etkileri ihtiva eder. Potansiyel riskin yapısal etkileri; ağırlıklı olarak depolama kapasitesine barajın yüksekliğine dayanır. Sosyo-ekonomik riskler ise tehlike anında boşaltılmasına ihtiyaç

hissedilen insan sayısı ve potansiyel mansap hasarı ile ifade edilir. Bu etkilerin ağırlıklı olarak dikkate alınmasıyla, potansiyel risk nicel olarak tanımlanır.

Değişik ülkeler, sosyo-ekonomik risk katkılarını kendi koşullarına göre benimseme ihtiyacını duymuşlardır. Çizelge 3.2 ve 3.3'te önerilen hususlar; bu amaçla ABD' de kullanılan tanımlama ve değerler esasında, genel anlamda oluşturulmuştur (Tosun, 2002).

Çizelge 3.2'de parantez içinde gösterilen dört risk faktörünün her birinin ağırlıklı değerleri; toplam risk faktörünün elde edilmesi için toplanır. Barajın risk sınıf aşağıdaki eşitlikte verilen değerlerin toplamına göre Çizelge 3.3' de belirlenir.

Toplam Risk Faktörü = Risk Faktörü (kapasite)

+ Risk Faktörü (yükseklik)

+ Risk Faktörü (boşaltma gereksinimleri)

+ Risk Faktörü (potansiyel mansap hasarı)

Etkilerinin her biri göz önünde bulundurularak Toplam Risk Değerlendirmesi yapılır. Baraj karakteristiklerine göre değerlendirecek olursak Çizelge 3.2' de görüldüğü üzere; barajın kapasitesi(rezervuar hacmi), barajın yüksekliği, tahliye gereksinimi esnasında etkilenecek insan sayısı , potansiyel mansapta oluşması beklenen hasarın derecesi puanlama neticesinde belirlenir. Daha sonra belirlenmiş olan tüm bu değerlerin toplamı ile toplam risk sınıflandırması yapılır.

Çizelge 3.2 Baraj karakteristikleri ve sosyo-ekonomik etkilerden oluşan toplam risk değerleri (ICOLD, 1989)

Baraj Karakteristiği	Risk Faktörü			
	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük
Kapasite (hm ³)	>120 (6)	120-1 (4)	1-0.1(2)	<0.1(0)
Yükseklik (m)	>45 (6)	45-30 (4)	30-15 (2)	<15(0)
Tahliye Gereksinimleri (İnsan Sayısı)	>1000 (12)	1000-100 (8)	100-1 (4)	Yok (0)
Potansiyel Mansap Hasarı	Yüksek (12)	Orta (8)	Düşük (4)	Yok (0)

Çizelge 3.3 Hesaplanmış toplam risk faktörüne bağlı olarak barajın risk sınıfı (ICOLD, 1989)

Toplam Risk Faktörü	Risk Sınıfı (Risk Oranı)
(0-6)	I (Düşük)
(7-18)	II (Orta)
(19-30)	III(Yüksek)
(31-36)	IV(Çok Yüksek)

Çizelge 3.2’ de verilen değerler öncelikli olarak risk değeri puanlarını içerir. Hesaplanmış olan toplam risk faktörlerinin değeri ise (ICOLD, 1989)’a göre barajın risk sınıfını belirlemeye yardımcı olur. Çizelge 3.3’te verilen toplam puan neticesinde bir barajın düşük, orta, yüksek veya çok yüksek tehlike sınıfında olup olmadığına karar verilir. Buradaki asıl amaç yapısal ve çevresel faktörler göz önüne alındığında bir barajın sismik bir tehlike anında öncelikli risk sınıfı hakkında bilgi sahibi olmaktır.

Barajın risk sınıflaması; sismik değerlendirme parametrelerinin seçimi için gereklidir. Barajın yer aldığı bölge sismik hareketliliğin yoğun olduğu bir bölgede yer alıyor ise detaylı bir proje safhasından geçip geçmediğinden ve uygulama aşamasında doğru yöntemlerin kullanıldığından emin olmak gerekmektedir. Tüm bunlar istenilen düzeyde olduğu varsayıldığı üzere mevcut barajların gerekli sismik parametreler ile tehlike sınıfını belirlemek anlam kazanacaktır.

Düşük veya orta seviyede risk oranına sahip barajlar için respons spektrumu veya pik zemin hareketi parametrelerini kullanan daha basit değerlendirme yöntemleri kabul edilebilir.

Yüksek risk oranına sahip barajlarda normal olarak değerlendirmenin daha sofistike bir seviyede yapılmasına ihtiyaç duyulabilir.

Yüksek risk oranına sahip barajlar için detaylı bir analiz yöntemi ve ivme-zaman tarihçesinin kullanımı gereklidir. Barajın tehlike sınıfı arttıkça öncelikli müdahale edilmesi gereken risk faktörünü doğurduğu dikkate alınması gereken spesifik ve daha kompleks yaklaşımların gerekeceği unutulmamalıdır. Barajları sismik tehlike ve toplam risk analizi olarak değerlendirmedeki amaç yüksek tehlikeli öncelikli alanı saptamaktır.

4. MATERYAL ve METOT

4.1 Materyal

4.1.1 Akarçay havzasının genel özellikleri

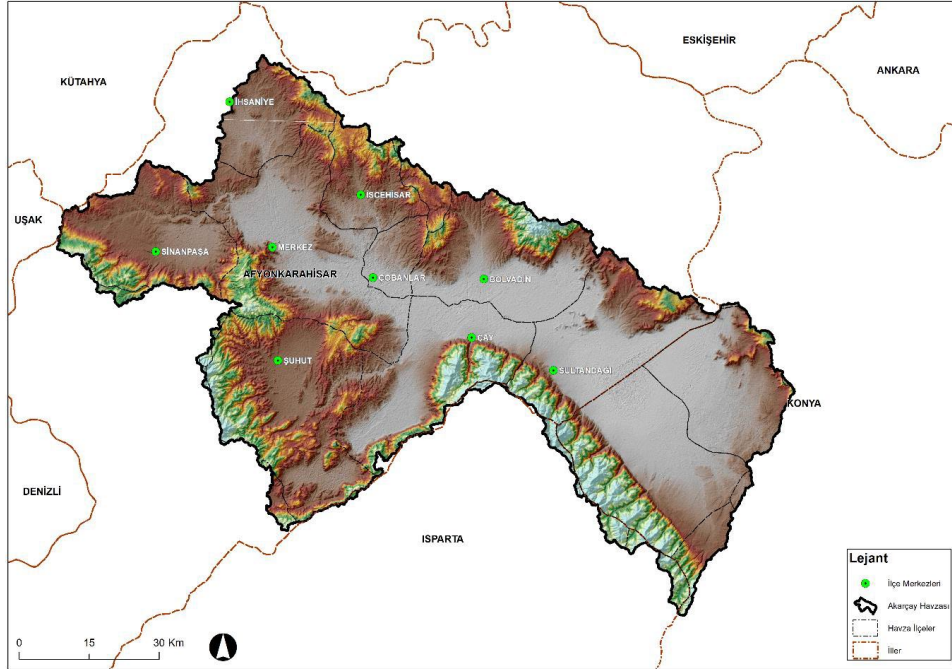
Akarçay havzası Türkiye'nin 25 havzasından biridir ve konum itibariyle İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri arasındadır. Havza uzunluğu kuzeybatı-güneydoğu yönünde ortalama olarak 130 km uzunluğundadır. Havza alanı 7996,13 km² olmakla birlikte genişliği 20 km olan bir çöküntü havzasıdır. Havza yüksekliği 952 metre ile 2610 metre aralığında değişmektedir. Etrafını çevreleyen Emir Dağı, Türkmen Dağı, Ilbudak Dağı, Sultan Dağı, Ahır Dağı ve Kumalar Dağı bulunmaktadır.

Coğrafi koordinatları 38.05-39.10 Kuzey Enlemleri ile 30.00-31.85 Doğu Boyamları arasında kalan Akarçay havzası Afyon, Çobanlar, Bolvadin, Eber, Akşehir, Çay, Şuhut ve Sincanlı alt havzalarından oluşmaktadır (SÇD,2022)



Resim 4.1 Havzanın Türkiye'deki Konumu (SÇD,2022)

Akarçay Havzası güneyinde Akdeniz Havzası ve Konya Kapalı Havzası, batı ve güneybatısında Büyük Menderes Havzası, kuzey ve doğusunda ise Sakarya Havzası ile çevrilidir. Akarçay Havzası'nın Türkiye'deki konumu Resim 4.1 ile verilmiştir. Afyonkarahisar, Konya, Isparta, Kütahya ve Uşak illeri havza sınırlarına dahil olmaktadır. Afyonkarahisar ilinin 13 ilçesi, Konya ilinin 5 ilçesi ve diğer illerden de toplamda 5 ilçe havza sınırlarında tamamı veya bir bölümü dahil olacak şekilde yer almaktadır. Akarçay Havzası'ndaki il ve ilçelerin konumları Resim 4.2 ile gösterilmektedir.

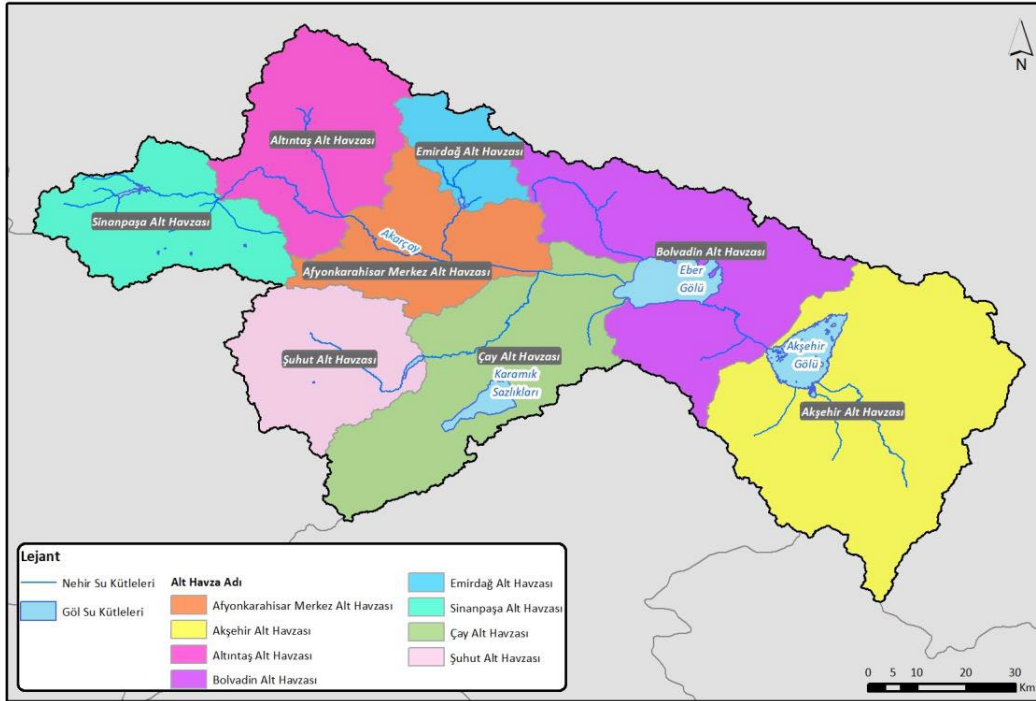


Resim 4.2 Havzadaki İller ve İlçelerin Gösterimi (SÇD,2022)

Akarçay Havzası içerisinde kalan illerin büyük bir kısmını Afyonkarahisar %,77,78 oranı Konya %,20,73 ile kalan kısmını diğer iller %,2'nin altında kalarak oluşturmaktadır. Çizelge 4.1 'de Akarçay Havzası sınırlarına dahil olan iller ve hangi oranda dahil oldukları gösterilmiştir (SÇD, 2022). Akarçay Havzası'nda bulunan illerin havza sınırları içerisinde kalan alan oranlarına bakıldığında; Afyonkarahisar ili %,44,36 ile öne çıkmaktadır. Diğer illerin ise havzada kalan alan oranlarının %,5'in altında kaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.1 Akarçay Havzası 'nda Yer Alan İller ve Alanları

İl Adı	Toplam Alan (km ²)	Havzanın İl İçindeki Alanı (km ²)	Havzaya İlin Dahil olan Kısmı (%)	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Afyonkarahisar	14.020,4	6.219,0	44,36	77,78
Konya	40.813,3	1.657,1	4,06	20,73
Isparta	8.947,1	117,2	1,31	1,47
Kütahya	11.650,7	1,4	0,01	0,02
Uşak	5.567,3	0,6	0,01	0,01

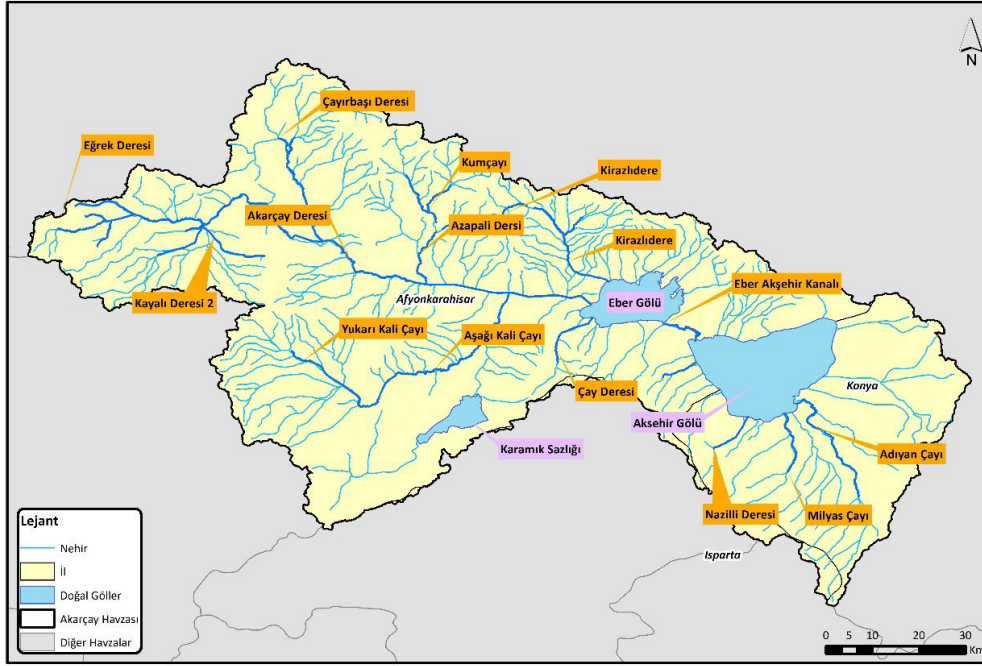


Resim 4.3 Akarçay havzasına ait alt havzalar (SÇD,2022)

Havza içerisinde önemli su kaynakları yer almaktadır. Bunlardan en çok etkili olan Kali Çayı, Çay Deresi ve Adıyan Çayı yan kollarından oluşan Akarçay Nehri'dir. Eber Gölü, Akşehir Gölü ve Karamık Gölü havzada yer alan başlıca gölleri oluşturur. Bu üç göl esasında ana nehirlerin yüzey akışıyla beslenen koruma altındaki sulak alanlardır (AHYP,2013).

Bölge içerisinde nehir yatakları etkisi sebebiyle alüvyon özellikle geniş alanlara yayılmış akarsular tarafından taşınmış tortul zemin özellikleri yer yer kendini göstermiştir.

Tez kapsamında çalışma bölgesi olan Akarçay Havzası'nın içinden Afyonkarahisar iline kuzeybatıdan giren ve şehrin doğusundan çıkan Akarçay Nehri bulunmaktadır. Gücek (2020)' e göre dere yatakları ve alüvyon zeminler geniş alanlar kaplamaktadır ve yapılan sondaj çalışmalarında şehir merkezi yakınlarında ZD ve yer yer ZE yerel zemin sınıfına rastlanılmaktadır.



Resim 4.4 Havzadaki Başlıca nehirler ve göller (AHYP,2013)

4.1.2 Jeolojik ve Tektonik Veriler

Bölgenin jeolojik yapısı, kayalık taban tektonik hareketliliğin etkisi ile deformasyona uğramıştır. Bu birim, uyumsuz olarak gelen sedimanter ve volkanik formasyonlardan oluşmaktadır. Neojen öncesi istifler kayalık tabanı kaplar. Miyosen-Pliyosen yaşlı çökeller, erozyon sonucu oluşmuştur. Göllerde veya havza sınırlarında alüvyon, alüvyon yelpazesi ve moloz birikintileri yer edinmiştir. Bazı volkanik istifler lav ve piroklastik türevlerinden oluşarak Neojen yaşlı maddelerle beraber yer almıştır. Havzadaki jeolojik yapı özetle tanımlayacak olursak alüvyon, alüvyon yelpazesi, göl ve bataklık çökelleri formlarındaki Kuvaterner yaşlı tortullar, tektonik havzaların en genç dolgusunu meydana getirmiştir (NHYP,2013).

Havzasının genel jeolojik özelliklerini değerlendirirsek topografyanın %32'sinin eski ve yeni alüvyonlar oluşturmuştur. Silt taşı, çakıl taşı, konglomera, kum taşı, çamur taşı ve kireç taşının %19'luk kısmı oluşturduğu, andezit, bazalt, trakit, tüf, aglomera, kil taşı ve ayrışmamış piroklastiklerin %15'lik kısmı oluşturduğu ve Tersiyer dönemden daha eski olan birimlerin ise %35'lük kısmı oluşturduğu gözlenmiştir (NHYP,2013).



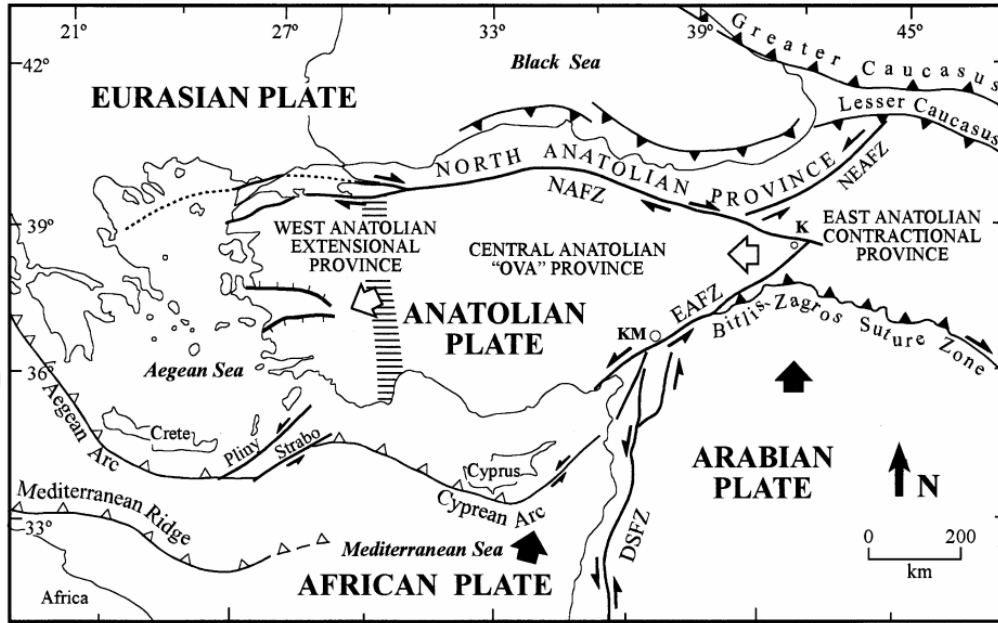
Resim 4.5 Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD,2019)

2019 yılında yayınlanan Resim 4.5 Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda rengin açık sarıdan koyu kırmızıya doğru geçişi ivme değerlerinin ve sismik tehlikenin artış gösterdiğini betimlemektedir. Afyonkarahisar ilini kuzeybatı ve güneydoğu eksenini boyunca sarmakta olan kırmızı renk sismik hareketliliği ihtiva etmektedir.

Bu ivme değerlerine göre, Afyonkarahisar ilinin güney kısmında Başmakçı, Evciler, Dinar, Sinanpaşa, Çobanlar, Dazkırı, Bolvadin, Çay, Sultandağı İlçelerinde tehlike daha yüksek olarak, dışında kalan bölgelerde ise tehlike orta veya düşük olarak gösterilmiştir (IRAP,2020).

Akarçay havzası konumu itibariyle çoğunluğu sismik tehlikenin yoğun olarak gösterildiği kırmızı renkli alanda yer almaktadır. İl merkezi başta olmak üzere fay hattı geçişlerinin yoğun olduğu yerleri içermektedir. Fay hatlarının yer aldığı çalışma bölgesinin ilçe merkezleri içerisindeki yer ivmesi değişimleri detaylı olarak Seyrek (2020) tarafından incelenmiştir. Sinanpaşa, Hocalar ve İhsaniye ilçelerinde yeni sismik tehlike haritasına göre daha yüksek sismik tehlike öngörülmüştür.

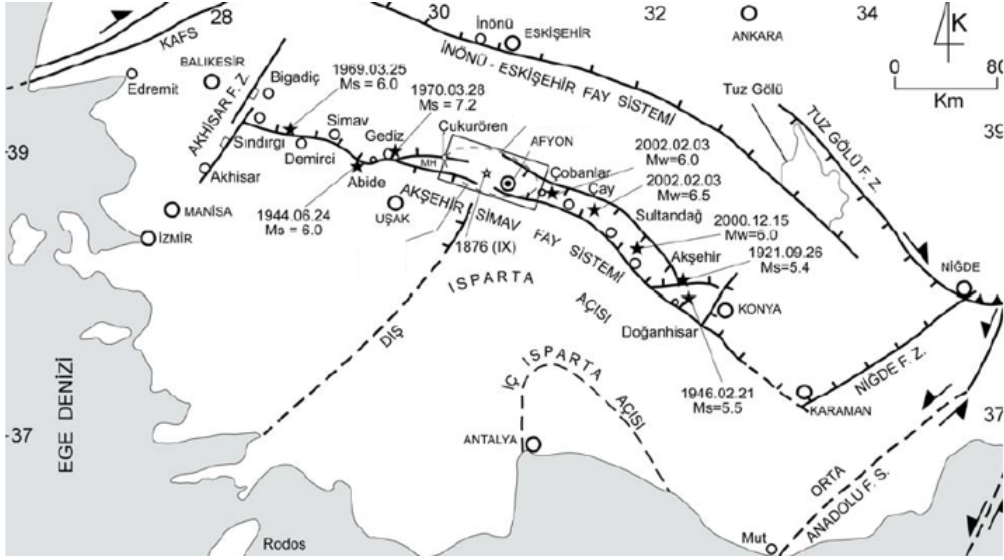
Sismik tehlike yoğunluğunun olduğu yerler ayrıca MTA tarafından yerleri tespit edilen diri fay hatları doğrultusu ile paralellik göstermekte olup plakaların hareketliliğinin etkisiyle aktif neotektonik yer hareketi günümüzde de devam etmektedir.



Resim 4.6 Türkiye'nin ana neotektonik yapılarını gösteren sadeleştirilmiş tektonik haritası (Bozkurt, 2001)

Afyonkarahisar ili, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonu arasında Anadolu plakası içerisinde kalmaktadır. Yıllık ortalama 21 mm hızla batı yönüne hareketini sürdürmektedir. Sismik hareketlilik açısından Batı Anadolu'nun en aktif yapılarından birisi olan Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS), Çivril Graben Sistemi ile Isparta dış açısının birleştiği tektonik bakımdan oldukça önemli bir alandır (İRAP, 2020).

Türkiye Diri Fay Haritası kapsamında inceleme bölgesini etkileyeceği düşünülen Simav ve Sultandağı faylarının oluşturduğu sistem içerisinde birçok aktif fay segmenti bulunmaktadır. Simav fayı ASFS'nin kuzeybatı bölümünü oluşturmakla birlikte 205 km uzunluğundadır. Kuzeybatıdan güneydoğuya doğru, (1) Sındırgı, (2) Çaysimav, (3) Şaphane, (4) Abide, (5) Banaz, (6) Elvanpaşa (7) Sinanpaşa olmak üzere toplam 7 segmentten oluşmaktadır. Işıklar ve Çobanlar Fay Zonu ile ASFS'nin doğusunda yer alan yaklaşık 100 km uzunluğundaki Sultandağı fayına bağlanmaktadır (Emre vd. 2011).



Resim 4.7 İnceleme alanı ve yakın çevresindeki önemli deprem kaynaklarını (fay sistemleri, fay kuşakları ve faylar) ve burada oluşmuş yıkıcı depremleri gösteren harita (Deveci, 2007)

Akşehir Fay sistemi, Dinar Fay sistemi, Gediz Çöküntü sistemi Afyonkarahisar ili ve çevresi açısından tektonik etkilerinin bulunduğu alanlardır. Akşehir-Simav Fay Sisteminin kuzeybatı ve güneydoğu bölümlerinde büyük depremler oluşması sebebiyle bölge sismik tehlike açısından rahatlamıştır (Eyidoğan vd.1996; Koçyiğit ve Deveci, 2007).

Yıldız (2012)'a göre 1970 yılındaki Gediz depremi neticesinde Akşehir-Afyon-Gediz Simav hattı boyunca meydana gelen çöküntünün bölgede deprenselliği artırdığı ileri sürülmüştür.

4.1.3 Afyonkarahisar İlini ve Çalışma Alanını Etkileyen Önemli Depremler

Şengör (1980)' e göre doğu-batı genel uzanımlı horst ve grabenlerin meydana getirdiği bloklu yapı Anadolu'nun batısında ana morfotektonik yapıları oluşturmuştur. Günümüzde ise kuzey-güney genel doğrultu oluşmasına neotektonik dönem etkileri karakteristik şeklini vermiştir.

Afyonkarahisar ili ve yakın çevresi jeolojik süreçlerin etkisiyle ve aktif bir bölgede kaldığı için doğal bir afet olan depremlere maruz kalmıştır. Geçmişten günümüze değin çok sayıda can ve mal kayıplarına neden olan bu depremler;

Tarihsel olarak yıkıcı depremlerden 6.0 ve üzeri deprem büyüklüklerini inceleyecek olursak B.Ü.Kandilli Rasathanesi verilerine göre ;

03.10.1914 Burdur (Halıcılar) Depremi (Ms:6.9),

28.03.1970 Kütahya (Kızık-Çavdarhisar) Depremi (Ms:7.0),

25.05.1971 Kütahya (Tokul-Aslanpaşa) Depremi (Mw:6.0),

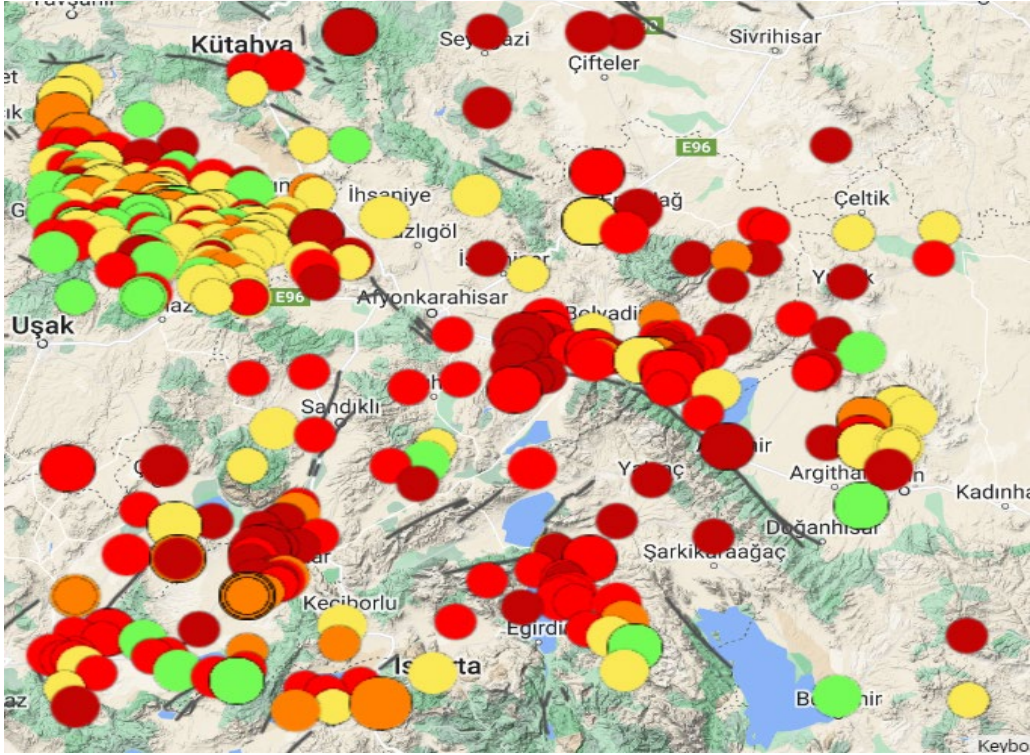
01.10.1995 Dinar (Belenpınar) Depremi (Ms:6.0),

03.02.2002 Sultandağı (Taşköprü) Depremi (Mw:6.0),

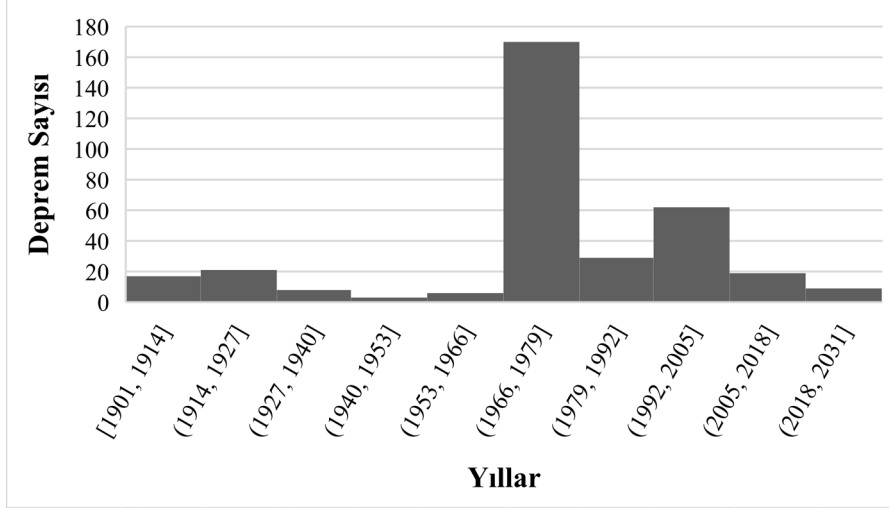
03.02.2002 Çobanlar Depremi (Mw:6.0) , meydana gelmiş önemli depremlerdir.

4.1.4 Akarçay Havzasının Depremselliğinin İncelenmesi

Barajların yer aldığı Akarçay Havzasının sismik hareketliliği B.Ü. Kandilli Rasathanesi BDTİM Deprem Sorgulama Sistemi üzerinden 1900 ve sonrası 4 ve üssü deprem büyüklükleri dikkate alınarak tarihsel depremler incelenmiştir.

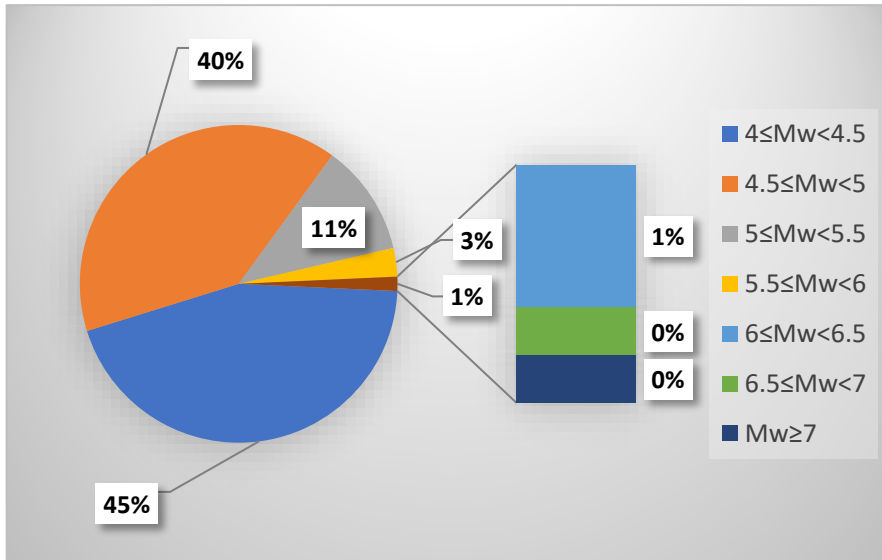


Resim 4.8 Havza alanı ve çevresinde 1900-2023 arası meydana gelmiş 4 ve üstü depremlerin dağılımı (Kandilli BDTİM,2023)



Şekil 4.1 Deprem sayılarının yıllar aralığına göre dağılımı

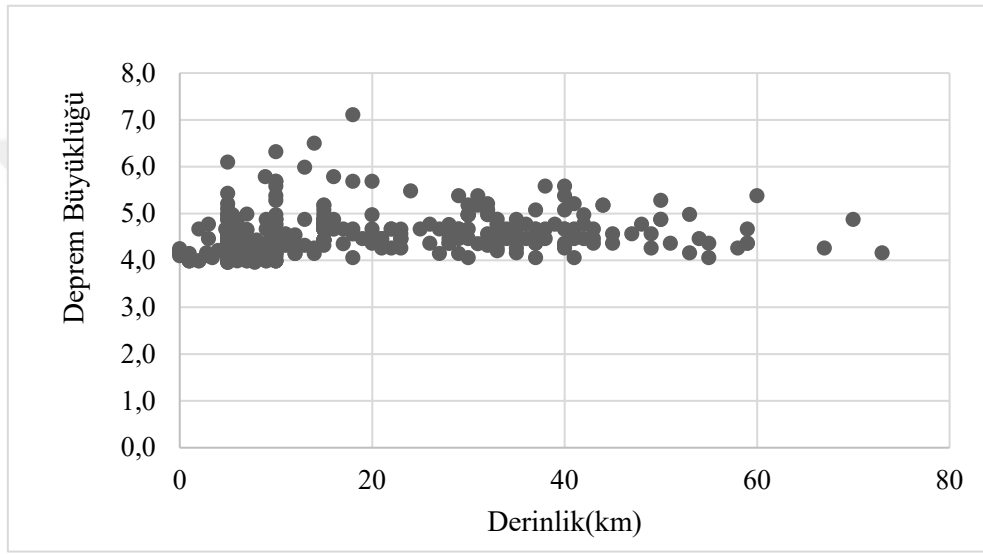
1900 ve sonrası bölgedeki aletsel deprem kataloğu yıllara ve deprem sayısına göre incelendiğinde en çok sismik hareketliliğin 1966-1979 yılları arasında olduğu gözlemlenmektedir. Bunun sebebi olarak deprem istasyonlarının sayılarının artırılması yakından ilişkilidir. Ayrıca bölgede 1970 yılında meydana gelen Kütahya merkezli 7.0 büyüklüğündeki en büyük deprem verisi de bu yıllar arasında kayda geçmiştir.



Şekil 4.2 Deprem Büyüklüklerinin Yüzdeleri Dağılımı

Bölgede %45 oranla en fazla 4.0-4.5 büyüklüğüne sahip depremlerin meydana geldiğini görmekteyiz. Ardından %40 oranla 4.5-5.0 büyüklüğüne sahip depremler sırayı takip etmiştir. En az oranla ise 6.0 büyüklüğü ve üzeri depremler meydana gelmiştir. Deprem büyüklüğü arttıkça meydana gelme ihtimali azalacağı için yüzdelik değerleri de düşüş göstermektedir.

Akarçay havzası ve çevresinin sismik tarihi geçmişinde deprem büyüklüğü, deprem büyüklüğünün sayısı ve gerçekleştiği derinlik arasındaki ilişkiyi inceleyecek olursak;



Şekil 4.3 Deprem Derinliği- Deprem Büyüklüğü arasındaki İlişki

Meydana gelen depremlerin çoğunluğu yüzeye yakın 0-20 km derinlikleri arasında gerçekleşmiştir. Yüzeye yakın gerçekleşen depremler çevresinde daha çok hasar ve tahribata neden olmaktadır (Çağlayan vd,2023).

Daha önceki yıllarda meydana gelmiş deprem büyüklüğü ve gerçekleştiği derinlik arasındaki ilişki incelendiğinde ise ; ardından depremlerin 20-40 km derinliğinde meydana geldiği derinlik arttıkça meydana gelen deprem sayılarında azalma meydana geldiği Şekil 4.3'te görülmektedir. Deprem büyüklüğü olarak 6 ve üstü nispeten daha büyük ve ciddi etkiler oluşturan depremlerin 0-20 km derinlik aralığında yüzey depremi olarak karşımıza çıktığı tespit edilmiştir. Bu durum geçmiş yıllarda getirdiği tahribat ve yıkımla can ve mal kayıplarına neden olmuştur.

4.1.5 Barajların Havza İçine Dağılımı ve Genel Özellikleri



Resim 4.9 Google Earth Programı üzerinde Akarçay havzası içerisinde barajların dağılımı

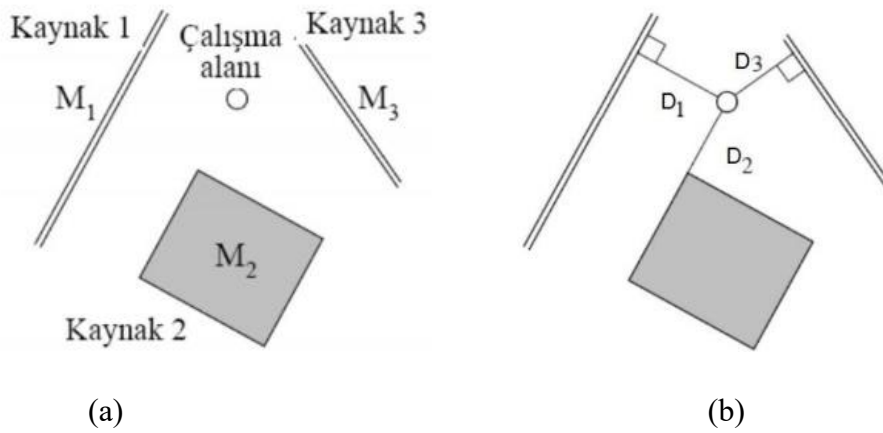
Coğrafi Bilgi Sistemleri lokasyon incelemelerinde sıkça kullanılmaktadır. Devlet Su İşleri 183.şube müdürlüğü bünyesinde belirtildiği şekilde Akarçay Havzası sınırları gösterilmiştir. Havzada yer alan 30 adet baraj koordinat bilgileri kullanılarak Google Earth programı aracılığıyla genel dağılımı sabitlenmiştir.

Akarçay havzası içerisinde yer alan Google Earth Programı üzerinde Resim 4.8'e ait genel dağılımı verilen 30 adet barajın deterministik sismik tehlike analizi değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu barajlar Erkmek barajı, Değirmenayvalı barajı, Işıklar barajı, Akdeğirmen barajı, Tınaztepe barajı, Elvanpaşa barajı, Çayhisar 27 Ağustos barajı, Kırka barajı, Ağzıkara barajı, Kayabelen barajı, Ortapınar barajı, Aydın barajı, Şht. Uz. Çvş. Nurullah Oymak Barajı, Özburun barajı, Ayazini barajı, Karaağaç Barajı, Seydiler barajı, Pazarağaç barajı, Çay barajı, Gölçayır barajı, Yaylabelen barajı, Çakırlar barajı, Kırca Barajı, Şht. Piyade Er Tayfur barajı, Beyköy barajı, Karamık barajı, Karaağaç barajı, Selevir barajı, Seyitler barajı, Gezler barajı olarak yer almaktadır.

4.2 Metot

4.2.1 Sismik Tehlike Analiz Yöntemleri

Baraj yerlerinin sismik tehlike analizleri değerlendirme esasında baraj tipini dikkate alarak yapmaz. Sismik aktivitenin yoğun olduğu alanların inceleme alanına olan etkisi oldukça önem teşkil eder. Sismik tehlike analizinde parametrelere ve çalışma koşullarına göre literatürde çeşitli yöntemler kullanıldığı karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, deterministik yöntemdir ki; çalışılan tüm kaynak ve senaryolar arasında en büyük değeri üreten senaryo, tasarım yer hareketi seviyesi olarak seçilir ve dört aşamalı bir sismik senaryoyu dikkate alır. Bunlar (1) baraj yerine etkisi ve yer hareketi oluşturan deprem kaynaklarının belirlenmesi (2) Kaynak-baraj yeri(saha) mesafesi seçimi (deterministik sismik tehlike analizinde saha ile kaynak arasındaki uzaklıktan en kısa olan uzaklık tercih edilir). (3) baraj yerine etkisi olan depremlerin belirlenmesi (4) baraj yerinde oluşabilecek en büyük yer ivmesi değerinin belirlenmesini içerir (Kramer,1996) Bu yöntem oluşması mümkün en kötü yer hareketi koşulunun değerlendirilmesi için doğrusal bir yaklaşıma dikkat çeker. Campbell (1981) ve Ambraseys (1995)'e ait yaklaşımlar mevcuttur. Baraj yerinin konumu ve kaynak noktasının barağa olan mesafesi deterministik bir çalışma yöntemi için önem ihtiva etmektedir. Birçok uzaklık parametresi arasından hangisi kullanılacağına ilişkin Resim 4.10'da temsili olarak mesafe seçimi tespiti yer almaktadır.



Resim 4.10 (a) DSTA kaynak belirlenmesi, (b). Kaynak bölgeleri arasındaki en kısa mesafenin tespit edilmesi (Kramer, 1996)

İkinci olarak ise (olasılıksal, probabilistik) değerlendirmeye göre analiz yöntemi seçilebilir. Deprem sayısının ve büyüklüğü arasındaki ilişkiyi elde edilen logaritmik fonksiyonlar yardımıyla en büyük deprem büyüklüğü elde edilebilir. Zaman içerisinde herhangi bir depremin tekrardan etme süresi (periyodu) ve aşılma olasılığı ise yine bu yöntemle hesaplanmaktadır. Gutenberg-Richter, Gumbel, Poisson ve Weibull gibi yöntemler yardımıyla istenilen sonuçlara ulaşmak mümkün olmakla birlikte, Akarçay havzası için ilk iki yöntem seçilerek istatistiksel olarak analiz yapılmıştır.

Akarçay havzasının depremselliğinin incelenmesinde istatistiksel yöntemlerden biri Gutenberg-Richter (1942) Yöntemi'dir. Gelecekteki depremlerin büyüklüğünü tahmin etmek için geçmişte meydana gelen herhangi bir depremin hesaplarına dahil edildiği bir istatistiksel şema aracılığıyla bir metodoloji tanımlanmıştır. İlk olarak bu yöntemde yüzey dalgası esasında tanımlanmış deprem büyüklüklerinin sayısı, deprem büyüklüğü ile ilişkilendirilmiştir. Bu iki değişken arasında doğrusal bir ilişki tanımlanmış ve yöntemde M_s değeri 4 ve daha büyük olan depremler dikkate alınmıştır. İki ayrı kat sayısı değeri (a ve b) olmak üzere hesaplanmış ve bölgede oluşma ihtimali olan en büyük deprem büyüklüğü belirlenmiştir. Herhangi bir deprem büyüklüğüne ait bu büyüklüğün aşılma olasılığına ve depremin dönüş periyoduna ulaşılmıştır.

İkinci yöntem ise Gumbel Yöntemi (1958)'dir. Her yıl için oluşan deprem sayıları çalışma alanında incelenir ve ($M_s \geq 4.0$) olmak üzere depremler kullanılmaktadır. Deprem olmayan yıllar için deprem büyüklüğü (M_s) 4.0 alınır. Gutenberg-Richter Yöntemi'ne benzer şekilde deprem sayısı-deprem büyüklüğü ilişkisi belirlenir daha sonra buradan kat sayısı değerleri bulunur. Kat sayılardan hareketle (α ve β) parametreleri bulunur. Belirlenen zaman dilimi periyot olarak seçilir. Bu periyot için en büyük deprem büyüklüğü tespit edilir. Seçilen herhangi bir deprem büyüklüğündeki aşılma olasılığı hesaplanır. Bu büyüklükteki dönüş periyodu bulunur. Yapıya ait farklı ekonomik ömürler için deprem büyüklüğü takibinde aşılma ihtimalleri elde edilir.

Extrem Değerler Teorisi maksimum depremlerin oluşma olasılıklarının tespit edilebileceğine dair ilk çalışma Nordquist (1945) tarafından ortaya atılmıştır. Burton (1979)'a göre en büyük deprem büyüklüklerine uygulanan Gumbell teorisi çoğu araştırmacının çalışmasında rapor olarak kullanılmıştır. Gumbel (1958) tarafından

bulunan extrem değerler teorisi deprem oluşunlarının istatistiksel analizinde verilerin eksik olduğu durumlarda kullanılması açısından avantajlıdır. Tezcan 1996' a gore herhangi bir yıla ait maksimum deprem büyüklüğü belirlenerek eksikliklerin yeri doldurulmaktadır.

Rasyonel ozmler sunması açısından Gumbel yonteminin ilgili yonetmeliklerde ve şartnamelerde sıkça kullanılması onerilmesi sebebiyle bu yontem seçilerek analize karar verilmiştir. Diğer yandan birbirine çok yakın sonuçlar ihtiva eden Gumbel ve Gutenberg-Richter yontemleri birbiri arasında tutarlıdır (İnce,2007).

4.2.2 Pik Yer Hareketi Parametreleri

İvme, hız ve deplasmana ait pik ve efektif değerler yardımıyla yer hareketi karakterize edilmektedir. Azalım ilişkileri olan ampirik bağıntılar; yer hareketi değerleri, deprem büyüklüğü ve enerji boşalım kaynağına olan mesafesi etkisine gore belirlenmektedir. Burada zellikle eşitliğin hassas sonuç vermesi için ilgili kaynağa olan yakınlığı ve büyüklüğün tahmini etki etmektedir.

Pik yer ivmesi (PGA); tahmin konusunda eksiklikler içerebilir. Buna rağmen bir baraj alanının sismik değerlerini karakterize eden yaygın uygulanan bir parametredir. Sismik tehlike analizi değerlendirmelerinde sıkça kullanılır. Doğru bir tahmine ilişkin son yıllarda birçok azalım eşitlikleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada ise yaygın olarak kullanılan yatay en yüksek yer ivmesi değerini elde etmek için iki farklı tahmin ilişkisi kullanılmıştır (Campbell, 1981; Ambraseys, 1995).

Campbell (1981) tarafından yatay yer ivmesi karakteristiklerine yaklaşım onerileri ortaya atılmıştır. Bir kırılma zonunun 50 km çevresinde kaydedilmiş güçlü yer hareketi verilerine bağlı olan ve büyüklükleri 5.0-7.7 arasında değişen, dünyanın farklı yerlerinde meydana gelmiş 27 deprem verisine bağlı bir ilişki sunmuştur. Yakın ilgi alanında uzaklık ve büyüklük tahmini için hassas sonuçlar vermektedir. Yer ekimi esasında oluşan en büyük yatay yer ivmesi hesabı (PGA) eşitlik 4.1'de verilmiştir.

$$PGA = 0.0185e^{1.28M}(R + 0.147 \cdot e^{0.737M})^{-1.75} \quad (4.1)$$

PGA = Yer çekimi ivmesi (g) esasında oluşan en büyük yatay yer ivmesi

M = Richter ölçeğinde deprem büyüklüğü.

R = Kırılma zonuna olan mesafe.

Joyner ve Boore (1981) tarafından yakın mesafelerde güçlü yer ivmelerinin yol açtığı en büyük yatay ivme ve hız değerlerini ilişkilendiren farklı bağıntı önerileri de ortaya atılmıştır.

$$\text{Log}A = -1.02 + 0.249M - \text{log}r - 0.00255r + 0.26P \quad (4.2)$$

$$\text{Log}V = -0.67 + 0.489M - \text{log}r - 0.00256r + 0.17s + 0.26P \quad (4.3)$$

A = Yer çekimi ivmesi (g) esasında oluşan en büyük yatay yer ivmesi.

V = En büyük yatay hız (cm/s).

M = Deprem Büyüklüğü (Moment)

d = Kayıt noktasından kırılma zonuna olan en yakın mesafe (km).

Eşitlik 4.2 ve 4.3'te bulunan "P" değeri, gerçek değerlerin %50 ve % 84 aşılma olasılıklarının olduğu durum için sırasıyla 0 ve 1 alınır yatay yer ivmesi karakteristiklerine yaklaşımda bulunmuştur. Baraj yerine ait deterministik sismik tehlike analizlerinde sıklıkla orta değerlerin %50 ve/veya %84 aşılma ihtimalinin olduğu duruma karşılık bir seçim yapılır. Bu çalışma kapsamında P değeri 0 olarak alınmıştır.

Kaya ortam için 0 ve zemin ortam için 1 alınması önerilen Eşitlik 4.3' de kullanılan "s" değeri verilmiştir. Aşağıda önerilen eşitlikler yardımı ile "r" değeri hesaplanabilir.

$$r = (d^2 + 7.3^2)^{\frac{1}{2}} \quad (5.0 \leq M \leq 7.7 \text{ için}) \quad (4.4)$$

$$r = (d^2 + 4.0^2)^{\frac{1}{2}} \quad (5.3 \leq M \leq 7.4 \text{ için}) \quad (4.5)$$

Ambraseys (1995); Avrupa kıtasında meydana gelen depremler için yatay ve düşey yer ivmesinin tahmin edilmesine yönelik bazı eşitlikler ileri sürmüştür. Bu eşitlikler, odak derinliğinin dikkate alınıp alınmamasına bağlı olarak ayrılmıştır. Odak derinliğinin dikkate alınmadığı durum için eşitlik 4.6 ve eşitlik 4.7 kullanılmaktadır. Odak derinliğinin dikkate alındığı durum için ise eşitlik 4.8 ve eşitlik 4.9 göz önüne alınır.

$$\text{Log}(a_h) = -1.09 + 0.238M_s - 0.00050r - \log(r) + 0.28P \quad (4.6)$$

$$\text{Log}(a_v) = -1.34 + 0.230M_s - \log(r) + 0.27P \quad (4.7)$$

$$\text{Log}(a_h) = -0.87 + 0.217M_s - 0.00117r - \log(r) + 0.26P \quad (4.8)$$

$$\text{Log}(a_v) = -1.10 + 0.200M_s - 0.00015r - \log(r) + 0.26P \quad (4.9)$$

a_h = En büyük yatay yer ivmesi.

a_v = En büyük düşey yer ivmesi.

M_s = Yüzey dalgası esasında deprem büyüklüğü.

Eşitliklerde bulunan “P” değeri için eşitlik 4.2 ve eşitlik 4.3’te yapılan önerme geçerlidir. “r” mesafesine ise aşağıda verilen eşitlik aracılığı ile ulaşılır. Eğer odak derinliği göz önüne alınmıyorsa “h” mesafesi 6.0 km alınır.

$$r = (d^2 + h^2)^{\frac{1}{2}} \quad (4.10)$$

d = Kaynak uzaklığı (km)

h = odak derinliği (km)

Yer hareketi parametresi bulmaya yönelik tahmin ilişkilerinde ivme, hız, yer değiştirme veya spektral ivme parametre olarak kullanılmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde en sık, yatay yer ivmesi belirlemeye yönelik çalışmaların olduğu dikkat çekmiştir. Düşey bileşenlere dayalı regresyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir ama mühendislik çalışmalarının çoğunda daha önemli olan yatay bileşenle ilgilenmektedir (Gürel,2021).Campbell (1981) yönteminde pik yer ivmesi için yerel deprem büyüklüğü (M_L), Ambraseys (1995) için yüzey dalgası esasında belirlenen deprem büyüklüğü (M_s) kullanılmaktadır. Değişik eşitliklerin birlikte kullanımı ve ortalama bir değer belirlenmesi tek bir eşitlikten elde edilen sonuca göre daha uygundur (Tosun, 2002).

4.2.3 Verilerin Temini ve Dönüştürülmesi

Dünya üzerinde çeşitli lokasyonlarda meydana gelen depremler için araştırmacıların kullanımına açık deprem katalogları mevcuttur.Bunlara örnek olarak International Seismological Centre (ISC), U.S. European Mediterranean Seismological Centre (EMSC), National Earthquake Information Center (NEIC), United States Geological Survey (USGS) verilebilir. Ülkemize bakacak olursak İçişleri Bakanlığına bağlı AFAD Deprem Dairesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, tarafından ülke genelindeki sismik kayıtlara erişim sağlanılabilmektedir.

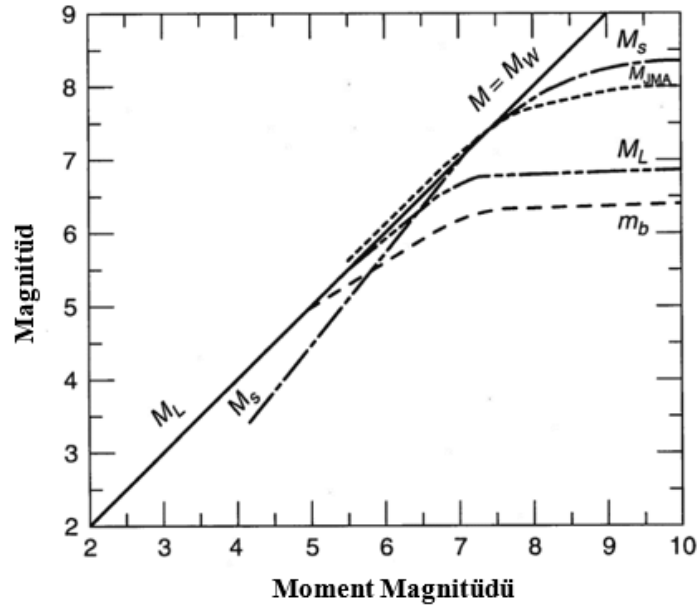
Katalogda verilen deprem değerleri farklı esaslarda sunulmaktadır. İlgili alan için seçilen metot ışığında kullanılan bu veriler bir esasa dönüştürülmüştür. Tan (2021); Türkiye koşulları için süreye bağlı moment magnitüd büyüklüğü ile yüzey ve cisim dalgası büyüklüğünün birbirine dönüşümü üzerinde homojen deprem katalogu ile çalışmış ve aşağıdaki bağıntıları önermiştir.

$$M_w = +1.111 * M_d - 0.459 \quad (4.11)$$

$$M_w = +1.017 * M_l - 0.012 \quad (4.12)$$

$$M_w = +1.043 * M_b - 0.080 \quad (4.13)$$

$$M_w = +0.827 * M_s + 1.181 \quad (4.14)$$



Şekil 4.4 Farklı magnitüd ölçeklerinin doyması (Kramer, 1996).

4.2.4 Guttenberg-Richter Yöntemi

Bu yönteme göre seçilen bir zaman aralığı için yüzey dalgası esasında tanımlanmış deprem büyüklüklerinin sayısı, deprem büyüklüğü ile ilişkilendirilir. Bu ilişki neticesinde doğrusal bir bağıntı elde edilir. Çalışma alanı içerisinde kalan $M_s \geq 4$ olan deprem büyüklükleri dikkate alınmıştır. Bağıntıdan hareketle (a ve b) olmak üzere iki ayrı kat sayı değeri bulunur (eşitlik 4.16).

$$\log N = a - bM_s \quad (4.16)$$

N = Deprem sayısı

M_s=Yüzey dalgası esastındaki deprem büyüklüğü

Belirlenmiş olan (a ve b) bağılı bölgede oluşması muhtemel en büyük deprem büyüklüğü ve (T₂) zaman diliminde oluşacak deprem sayısı hesaplanır. Herhangi bir zaman dilimi (T₁) periyodu içinde oluşması beklenen deprem büyüklüğü elde edilir (eşitlik 4.17 ve 4.18).

$$M_{maks} = \frac{a}{b} \quad (4.17)$$

$$M_{maks} = \frac{\left[a + \log \left(\frac{T_1}{T_2} \right) \right]}{b} \quad (4.18)$$

Yöntem içinde tanımlamalar mevcuttur. Her yıl (T₁=1 yıl) oluşması muhtemel ortalama deprem büyüklüğü (M_m) elde edilebilir (eşitlik 4.19). İnceleme alanı içinde olan en büyük deprem (M_d) değeri ile dönüş periyodu (T_d) bulunur (eşitlik 4.20). Adından en büyük depremin bir yıl içinde meydana gelme olasılığı (R) hesaplanır (eşitlik 4.21).

$$M_m = \frac{a - \log T_2}{b} \quad (4.19)$$

$$T_d = 10^{\left[\log T_2 - (a - bM_d) \right]} \quad (4.20)$$

$$R(\%) = \frac{1}{T_d} * 100 \quad (4.21)$$

$M_m = T_1$ zamanı içinde oluşacak ortalama deprem büyüklüğü

$T_d = M_d$ depremi için dönüş periyodu (yıl)

$R = M_d$ depreminin aşılma olasılığı (%)

Daha önce gerçekleşmiş en küçük deprem büyüklüğü ile en büyük deprem büyüklüğü arasındaki ara değerler için dönüş periyotları elde edilir. Daha sonrası için depremlerin o büyüklükte oluşma olasılığını hesaplanır bir tablo şeklinde düzenlenir. Elde edilen parametrelerin grafiksel olarak tanımlanması, uygulanan alışlagelmiş bir yöntemdir.

4.2.5 Gumbel Yöntemi

Mevcut katalogda eğer eksik veriler varsa bu boşlukları doldurmak esasına bir tanımlama yapılabilir. Yıl içerisinde meydana gelmiş en büyük deprem ele alınır. Çalışma alanı için oluşturulmuş kataloğa ait herhangi bir yılda deprem mevcut değilse o yıla ait bir deprem büyüklüğü tanımlanır ($M_s=4.0$). Gutenberg-Richter yönteminde Bölüm 4.2.4'e benzer şekilde deprem sayısı-deprem büyüklüğü arasında (eşitlik 4.22) doğrusal bir ilişki belirlenir. Bu ilişkiye göre iki kat sayı tanımlanır (a ve b). Daha sonra bu katsayılarından yeni değerlere (α ve β) geçilir (eşitlik 4.23 ve 4.24).

$$\log N = a - bM_s \quad (4.22)$$

$$\alpha = 10^a \quad (4.23)$$

$$\beta = \frac{b}{\log e} \quad (4.24)$$

Eşitlik 4.25 aracılığıyla her yıl içinde meydana gelen ortalama deprem büyüklüğü (M_m) hesaplanır. Oluşması en sık beklenen yıllık deprem büyüklüğü elde edilir (eşitlik 4.26).

$$M_m = M_{min} + \frac{1}{\beta} \quad (4.25)$$

$$M_{m \text{ maks}} = \frac{\ln \alpha}{\beta} \quad (4.26)$$

Çalışma kapsamında ele alınan sismik tarihçe (T_r) dahilinde, (eşitlik 4.27) yardımı ile meydana gelebilecek en büyük deprem büyüklüğü (M_{maks}) belirlenir. Büyüklüğü M olan bir depremin aşılma olasılığı belirlenir (eşitlik 4.28).

$$M_{max} = \frac{a + \log T_r}{b} \quad (4.27)$$

$$R = 1 - G(M) = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) \quad (4.28)$$

Eşitlik 4.29 kullanılarak büyüklüğü M olan bir depremin dönüş periyodu (T_r) elde edilir. Eşitlik 4.30 aracılığı ile belli zaman aralığı (T_d) içinde oluşması mümkün en büyük deprem büyüklüğü bulunur. Belirlenen süreler içinde oluşacak depremlerin

gerçekleşme ihtimalleri yapı ömürleri göz önünde bulundurularak belirlenir (eşitlik 4.31).

$$T_r = \frac{1}{R} \quad (4.29)$$

$$M_{max} = \frac{\ln(\alpha * T_d)}{\beta} \quad (4.30)$$

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad (4.31)$$

Depremi aşılma olasılığı ve dönüş periyodları tablo ve grafik halinde gösterilir. Çalışma alanı için dikkate alınan o yıl meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğü değeri ve diğer deprem büyüklükleri değerleri için risk değerleri hesaplanarak gösterilir.

5.BULGULAR

5.1 Olasılıksal -İstatistik (Probabilistik) Yönteme Ait Bulgular

Üzerinde çalışma yapılan Akarçay havzası barajların yer aldığı aktif tektonik bölgeyi tanımlamaktadır. Çalışma bölgesi 37.41-39.51 K° enlemleri ve 29.26-32.07 D° boylamları arasında kalan dikdörtgen alan ile sınırlandırılmıştır. Bu alan içerisinde son 100 yıllık bir periyod için depremler dikkate alınmıştır. Çalışma alanının depremselliği olasılıksal bir değerlendirme yöntemi olan Gutenberg-Richter ve Gumbel yöntemleri ile sismik risk analizi belirlenmiştir. Coğrafi koordinatlar sınırları içerisinde meydana gelmiş tarihi depremlere B.Ü Kandilli Rasathanesine ait deprem kataloglarına ve dönüştürülmüş deprem kayıtlarına Ek.1’de yer verilmiştir.

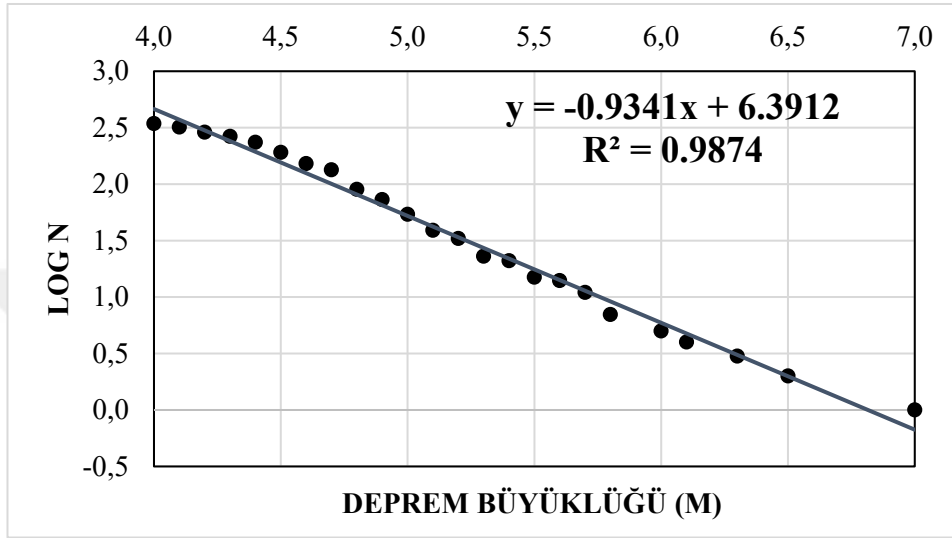
5.1.1. Gutenberg-Richter yöntemi ile yapılan analizler

Katalog bilgileri doğrultusunda veriler sismik olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 5.1 aracılığı ile değerlendirilen depremler verilmiştir. Şekil 5.1 de ise deprem sayısı (N) ile deprem büyüklüğü (M) arasındaki ilişki gösterilmiştir. Eşitlik 4.16 kullanılarak doğrusal bir ilişki elde edilmiş ve çalışmada kullanılan katsayılar ($T_2=100$ yıl için) hesaplanmıştır (i:satır numarası, J:deprem sıklığı)

Çizelge 5.1 Deprem büyüklüklerine karşı deprem sayıları

i	M	J	N	logN
1	4	24	344	2.53656
2	4.1	32	320	2.50515
3	4.2	23	288	2.45939
4	4.3	30	265	2.42325
5	4.4	44	235	2.37107
6	4.5	39	191	2.28103
7	4.6	18	152	2.18184
8	4.7	44	134	2.12710
9	4.8	17	90	1.95424
10	4.9	19	73	1.86332
11	5	15	54	1.73239
12	5.1	6	39	1.59106
13	5.2	10	33	1.51851
14	5.3	2	23	1.36173
15	5.4	6	21	1.32222
16	5.5	1	15	1.17609
17	5.6	3	14	1.14613
18	5.7	4	11	1.04139
19	5.8	2	7	0.84510
20	6	1	5	0.69897
21	6.1	1	4	0.60206
22	6.3	1	3	0.47712
23	6.5	1	2	0.30103
24	7.0	1	1	0.00000
		k=344		

Çalışma alanının depremselliği 100 yıllık incelendiğinde katalog verilerine göre 4.0-7.0 deprem büyüklüğü (M) değerlerine ve gerçekleşme sıklığı (j) değerine Çizelge 5.1’de yer verilmiştir. Toplamda 344 adet deprem büyüklüğüne ait dataya ulaşılmış ve deprem sayılarının kümülatif değerlendirilmesi sonucu deprem sayısı N olmak üzere logaritma değerleri (log N) elde edilmiştir.



Şekil 5.1 Gutenberg -Richter Yöntemine göre Log N-Deprem Büyüklüğü İlişkisi

$$a = 6,3912 \quad b = 0,9341$$

Çalışma için belirlenen zaman dilimi ($T_2=100$ yıl için) oluşabilecek en büyük deprem $M_{maks}=6.8$ olarak bulunmuştur (eşitlik 4.17).

Gutenberg- Richter yöntemi esasına göre Eşitlik 4.18 kullanılarak meydana gelebilecek en büyük deprem büyüklüğü 50 yıllık bir zaman dilimi için 6.5 olarak bulunmuştur. Her yıl meydana gelecek ortalama deprem büyüklüğü (M_m) 4.7 olarak belirlenmiştir (eşitlik 4.19). Tarihi deprem verilerinde çalışılan 100 yıllık periyot içerisinde yıkıcı hasarlara sahip büyüklükte depremlerde süre gelmiştir. Bunlardan geçmiş depremlerde oluşan en büyük deprem (7.0) için dönüş periyodu (T_d) ve bir yıl içinde gerçekleşme ihtimali $R(\%)$ sırasıyla;

$$T_d=140 \text{ yıl}$$

$$R(\%)=0.714$$

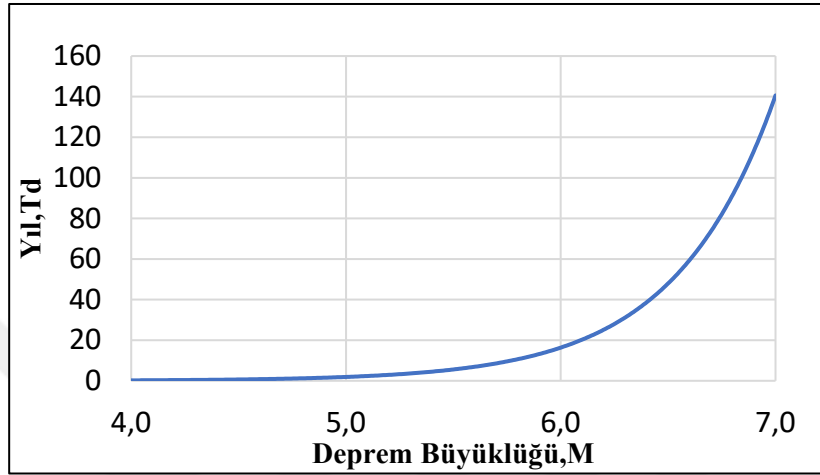
olarak hesaplanmıştır. Sismik kayıtlar içerisinde gerçekleşmiş olan farklı deprem büyüklüklerine ait bahsi geçen o büyüklükteki bir depreme ait dönüş periyodu elde edilmiştir. Bu büyüklükteki bir depremin bir yıl içinde oluşma olasılıkları Çizelge 5.2’de verilmiştir. Belirtilen verilerin deprem büyüklüğüne göre dağılımı ise Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de sunulmaktadır.

Çizelge 5 2 Deprem büyüklüğü ile dönüş periyodu ve oluşma riski ilişkisi

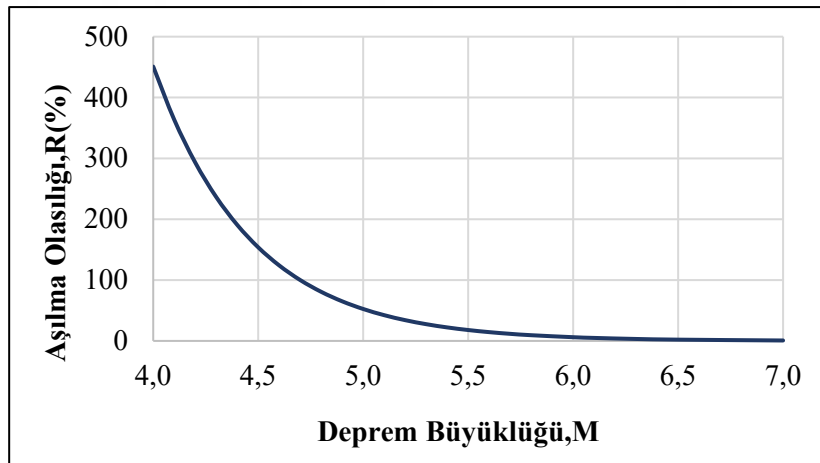
M	T_d(Yıl)	R(%)=1/T_d
4.0	0.22	450.82
4.1	0.28	363.58
4.2	0.34	293.22
4.3	0.42	236.48
4.4	0.52	190.72
4.5	0.65	153.82
4.6	0.81	124.05
4.7	1.00	100.05
4.8	1.24	80.69
4.9	1.54	65.07
5.0	1.91	52.48
5.1	2.36	42.33
5.2	2.93	34.14
5.3	3.63	27.53
5.4	4.50	22.20
5.5	5.58	17.91
5.6	6.92	14.44
5.7	8.59	11.65
5.8	10.65	9.39
6.0	16.37	6.11
6.1	20.30	4.93
6.3	31.20	3.20
6.5	47.97	2.08
7.0	140.60	0.71

Deprem büyüklüğü değeri arttıkça o değerdeki bir depremin tekkerrür etme periyodu da artmaktadır. Çizelge 5.2’ ye göre; 4.0 ve. 5.0 gibi nispeten daha küçük büyüklükteki depremlerin tekkerrür etme yılı iki yılda bir rast gelme olasılığı yüksek iken daha büyük ve yıkıcı etki doğuracak deprem büyüklük değerlerinin kendini gösterme süreleri giderek büyümektedir.Örneğin deprem katoloğuna bakıldığında 6.0 büyüklüğünde 2002 yılında meydana gelmiş bir depremin tekrar oluşma periyodu 16 yıl bulunurken, 7.0

büyükliğünde 1970 yılında meydana gelen bir depremin tekrar oluşma periyodu 140 yıl olarak bulunmuştur. Deprem büyüklüğü değeri arttıkça bir yıl içinde gerçekleşme ihtimali $R(\%)$ değerinin giderek azaldığı tespit edilmiştir. Yıkıcılığı yüksek 7.0 büyüklüğündeki bir depremin bir yıl içinde meydana gelme ihtimali % 0,71 değerinde elde edilmiştir.



Şekil 5.2 Gutenberg-Richter yöntemine göre deprem büyüklüğü-dönüş periyodu ilişkisi



Şekil 5.3 Gutenberg-Richter yöntemine göre deprem büyüklüğü-aşılma olasılığı ilişkisi

5.1.2 Gumbel yöntemi ile yapılan analizler

Ek-1'de verilen veriler kullanılmakla birlikte Gumbel yöntemi deprem olmayan yıllar için en düşük deprem tanımlaması yapmaktadır. (Çizelge 5.3) de yıllık meydana gelen

en büyük deprem büyüklüğü değeri 100 yıllık periyod için gösterilmiştir. Çizelge 5.4’de ise depremlerin frekans dağılım hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.3 1924-2023 yılları arasında meydana gelen dikkate alınan en büyük (M_s) deprem büyüklükleri

YIL	M (max)	YIL	M (max)	YIL	M (max)	YIL	M (max)
1924	5.5	1949	4.0	1974	4.0	1999	4.0
1925	5.5	1950	4.0	1975	4.3	2000	5.8
1926	4.6	1951	4.0	1976	4.0	2001	4.5
1927	4.9	1952	4.0	1977	4.5	2002	6.2
1928	4.0	1953	4.0	1978	4.0	2003	3.4
1929	4.3	1954	4.0	1979	4.0	2004	4.0
1930	4.0	1955	4.0	1980	4.1	2005	4.1
1931	4.6	1956	4.3	1981	4.4	2006	4.0
1932	4.0	1957	4.0	1982	4.0	2007	4.6
1933	5.3	1958	4.3	1983	4.1	2008	4.3
1934	5.0	1959	4.0	1984	4.0	2009	4.0
1935	4.0	1960	4.5	1985	4.4	2010	4.0
1936	4.5	1961	4.0	1986	4.1	2011	4.5
1937	4.0	1962	4.0	1987	4.4	2012	4.0
1938	4.0	1963	4.0	1988	4.5	2013	4.0
1939	4.0	1964	4.0	1989	4.1	2014	4.0
1940	4.0	1965	4.0	1990	4.0	2015	4.0
1941	4.0	1966	4.9	1991	4.6	2016	4.0
1942	4.0	1967	4.3	1992	4.0	2017	4.0
1943	4.0	1968	4.6	1993	4.0	2018	4.0
1944	5.1	1969	4.1	1994	4.0	2019	5.6
1945	4.0	1970	7.0	1995	4.6	2020	4.0
1946	5.1	1971	5.6	1996	4.0	2021	4.6
1947	4.0	1972	5.3	1997	4.0	2022	4.0
1948	4.0	1973	4.3	1998	4.3	2023	4.0

Tarihi deprem kataloğu incelendiğinde 1924-2023 tarihleri arasında meydana gelmiş 100 yıllık inceleme periyodu içerisindeki depremler; o yıl meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğü dikkate alınarak Çizelge 5.3 hazırlanmıştır.

Çizelge 5.4’te meydana gelen yıllık maksimum deprem büyüklüklerinin ve ilgili depreme ait oluşma sıklığı neticesinde elde edilen gerekli frekans bağıntıları dikkate alınarak gerekli a ve b katsayılarına daha sonra bu kat sayılar yardımı ile ise α ve β değerlerine ulaşılmıştır. Şekil 5.4’te Gumbel yöntemine göre hazırlanmış logaritmik dağılım eğrisi elde edilmiştir.

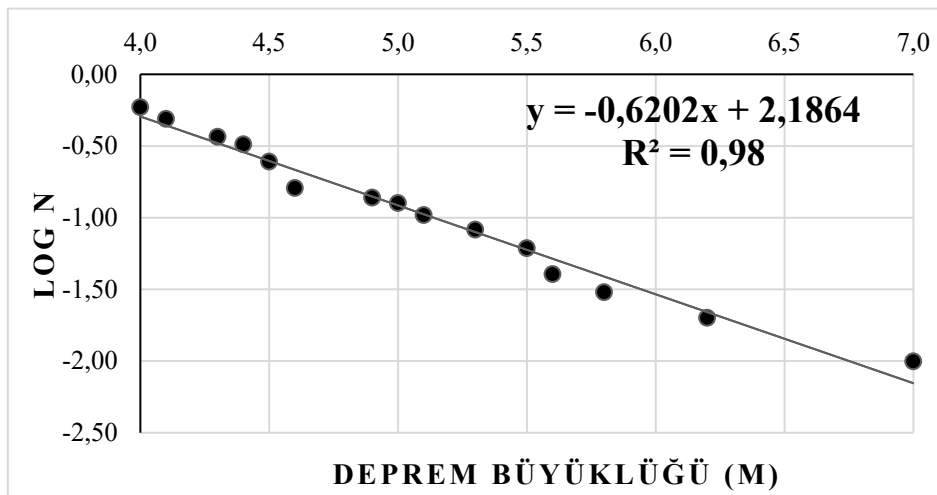
Çizelge 5.4 1924-2023 yılları arasında meydana gelen depremlerin Gumbel yıllık maksimum dağılım hesapları

M	J	$f=j/(n+1)$	G(M)	N=-LnG	LOGN
4.0	56	0.55445545	0.55446000	0.58976061	-0.22932424
4.1	6	0.05940594	0.61386594	0.48797871	-0.31159912
4.3	8	0.07920792	0.69307386	0.36661870	-0.43578538
4.4	3	0.02970297	0.72277683	0.32465477	-0.48857821
4.5	6	0.05940594	0.78218277	0.24566684	-0.60965346
4.6	7	0.06930693	0.85148970	0.16076787	-0.79380074
4.9	2	0.01980198	0.87129168	0.13777848	-0.86081863
5.0	1	0.00990099	0.88119267	0.12647898	-0.89798165
5.1	2	0.01980198	0.90099465	0.10425596	-0.98189913
5.3	2	0.01980198	0.92079663	0.08251608	-1.08346143
5.5	2	0.01980198	0.94059861	0.06123878	-1.21297345
5.6	2	0.01980198	0.96040059	0.04040480	-1.39356708
5.8	1	0.00990099	0.97030158	0.03014834	-1.52073653
6.2	1	0.00990099	0.98020257	0.01999602	-1.69905643
7.0	1	0.00990099	0.99010356	0.00994573	-2.00236330

Şekil 5.4'de veriler arasındaki ilişki grafik halinde gösterilmiştir. Elde edilen ilişki neticesinde aşağıda verilen doğrudan ve dolaylı kat sayılar belirlenmiştir.

$$a = 2,1864 \quad \alpha = 158,48$$

$$b = 0.6202 \quad \beta = 1,4280$$



Şekil 5.4 Gumbel yöntemine göre Log N-Deprem Büyüklüğü İlişkisi

Her yıl meydana gelebilecek ortalama deprem büyüklüğü 4.7'dir. Oluşması beklenen en sık yıllık deprem büyüklüğü 3.6'dır.

Sismik tarihçe ($T_d=100$ yıl) içinde meydana gelebilecek en büyük deprem büyüklüğü ile herhangi bir periyotta ($T_d=50$ yıl) meydana gelebilecek olası en büyük deprem büyüklüğü eşitlik 4.27 ve eşitlik 4.30 kullanılarak sırasıyla aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$M_{maks}=6.8$$

$$M_{maks}=6.3$$

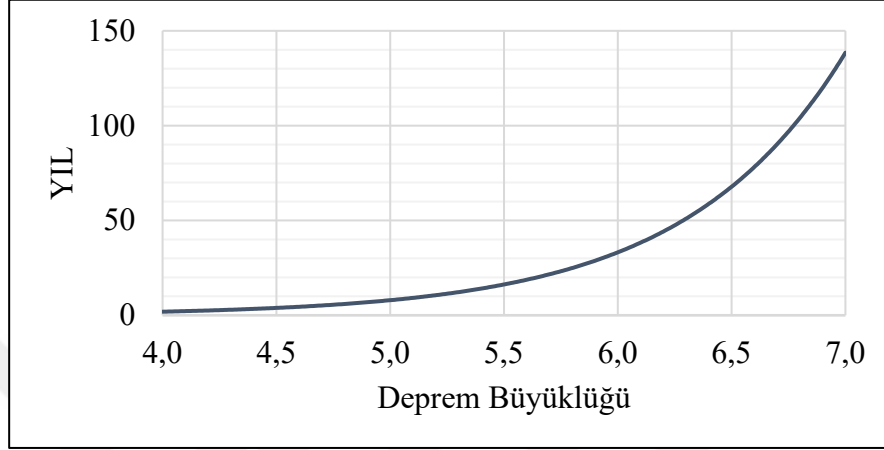
olarak bulunmuştur. Yani yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması durumunda gerçekleşmesi beklenen en büyük deprem büyüklüğü sırası ile 6.3 ve 6.8 olarak hesaplanmıştır. Daha sonra ise periyot değerleri bulunmuştur.

Eşitlik 4.28 ve 4.29 yardımıyla her deprem değeri için aşılma olasılığı ($R\%$) bulunmuştur. Olasılık değerine bağlı her bir deprem için dönüş periyodu (T_r) hesaplanmıştır.

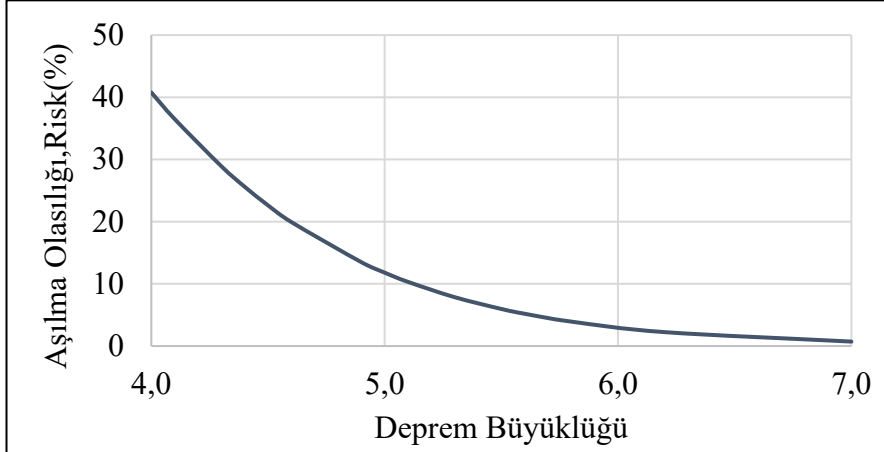
Çizelge 5.5 Deprem büyüklüğü ile dönüş periyodu ve oluşma riski ilişkisi

M	R(%)	T_r(Yıl)
4.0	40.78	1.91
4.1	36.50	2.20
4.3	28.92	2.93
4.4	25.61	3.38
4.5	22.63	3.90
4.6	19.94	4.50
4.9	13.49	6.90
5.0	11.80	7.96
5.1	10.32	9.18
5.3	7.86	12.22
5.5	5.97	16.26
5.6	5.19	18.76
5.8	3.93	24.96
6.2	2.24	44.18
7.0	0.72	138.48

Akarçay havzasında yapılan bu sismik risk analiz bölgesinin depremselliği incelemek ve diğer analizlere veri temini sağlayabilmek adına yapılmıştır. Bölgedeki geoteknik veriler coğrafi bilgi sistemi ile modellenip değerlendirildiği zaman daha anlamlı sonuçlar sunacaktır.



Şekil 5.5 Gumbel yöntemine göre deprem büyüklüğü-dönüş periyodu ilişkisi



Şekil 5.6 Gumbel yöntemine göre deprem büyüklüğü-aşılma olasılığı ilişkisi

Bölgenin sismik hareketliliği tarihsel deprem verileri gözetilerek yapılan hesaplamalar neticesinde Gutenberg-Richter ve Gumbel yöntemine göre analizler yapılmıştır. Zaman dilimi olarak 100 yıl içine meydana gelebilecek en büyük deprem büyüklüğü her iki analiz sonucunda 6.8 olarak hesaplanmıştır. 50 yıl içinde meydana gelmesi muhtemel en

büyük deprem büyüklükleri ise Gutenberg-Richter yöntemine göre 6.5, Gumbel yöntemine göre ise 6.3 olarak bulunmuştur.

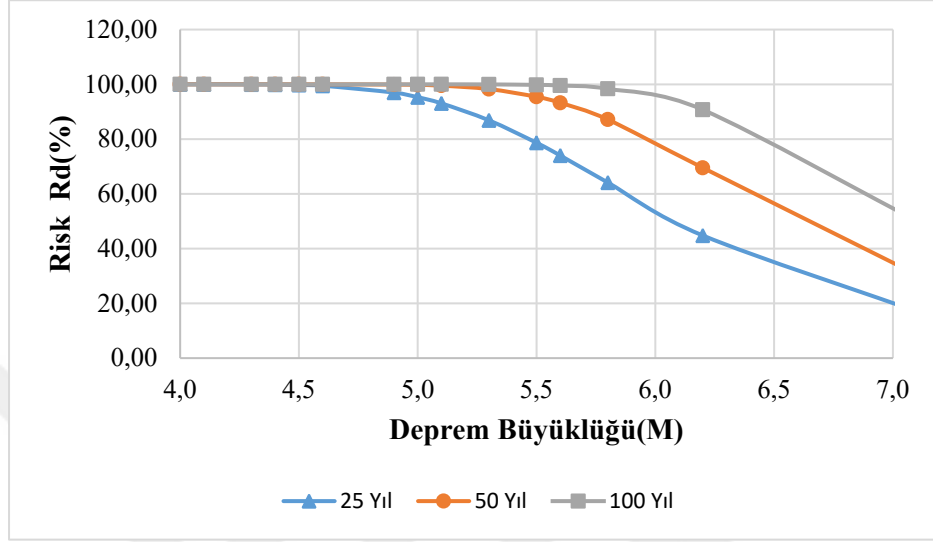
Tarihsel depremlerde meydana gelmiş olan en büyük 7.0 büyüklüğündeki bir depremin ise Gutenberg-Richter yöntemine göre 140 yıl sonra tekrar beklendiği ve Gumbel yöntemine göre ise 138 yıl sonra tekrar beklenme ihtimalini gösterebileceği tespit edilmiştir. Değerlendirmeler incelendiğinde Guttenberg-Richter ile Gumbel yönteminin yakın sonuçlar vermiş olması tutarlılık açısından iki analizi birbirleri arasında destekler niteliktedir.

Çizelge 5.6 Deprem büyüklüğü ile yapı ömrü ve risk arasındaki ilişki

	R_D(%)	R_D(%)	R_D(%)
(M)	25 yıl	50 yıl	100 yıl
4.0	99.9998	100.0000	100.0000
4.1	99.9988	100.0000	100.0000
4.3	99.9803	100.0000	100.0000
4.4	99.9386	100.0000	100.0000
4.5	99.8358	99.9997	100.0000
4.6	99.6146	99.9985	100.0000
4.9	97.3263	99.9285	99.9999
5.0	95.6706	99.8126	99.9996
5.1	93.4251	99.5677	99.9981
5.3	87.0706	98.3283	99.9721
5.5	78.5067	95.3804	99.7866
5.6	73.6270	93.0447	99.5162
5.8	63.2743	86.5122	98.1808
6.2	43.2088	67.7476	89.5978
7.0	16.5153	30.3031	51.4234

Yapı ömürleri 25, 50 ve 100 yıl olması halinde Çizelge 5.6'da belirtilen deprem büyüklüğünün oluşma riski yüzdesel olarak incelenmiştir. Yapının yapıldığı tarihten itibaren üzerinden daha çok zaman geçtikçe meydana gelmesi muhtemel deprem büyüklüklerinin de gerçekleşme riski artmaktadır. En büyük değer olan 7.0

büyükliğündeki bir depremin 100 yıllık yapı ömrü sürecinde meydana gelme riski %51'dir.



Şekil 5.7 Yapı ömrüne göre deprem büyüklüğü-oluşma riski ilişkisi

Deprem büyüklüğü değer olarak arttıkça meydana gelme riskinin yüzdesi azalmaktadır.

5.2 Deterministik Yönteme Ait Bulgular

Bu bölümde, Akarçay Havzası'nın içerisine homojen olarak dağılmış, seçilen 30 adet baraja ait yapılan deterministik sismik tehlike ve toplam risk analiz sonuçları değerlendirilmektedir.

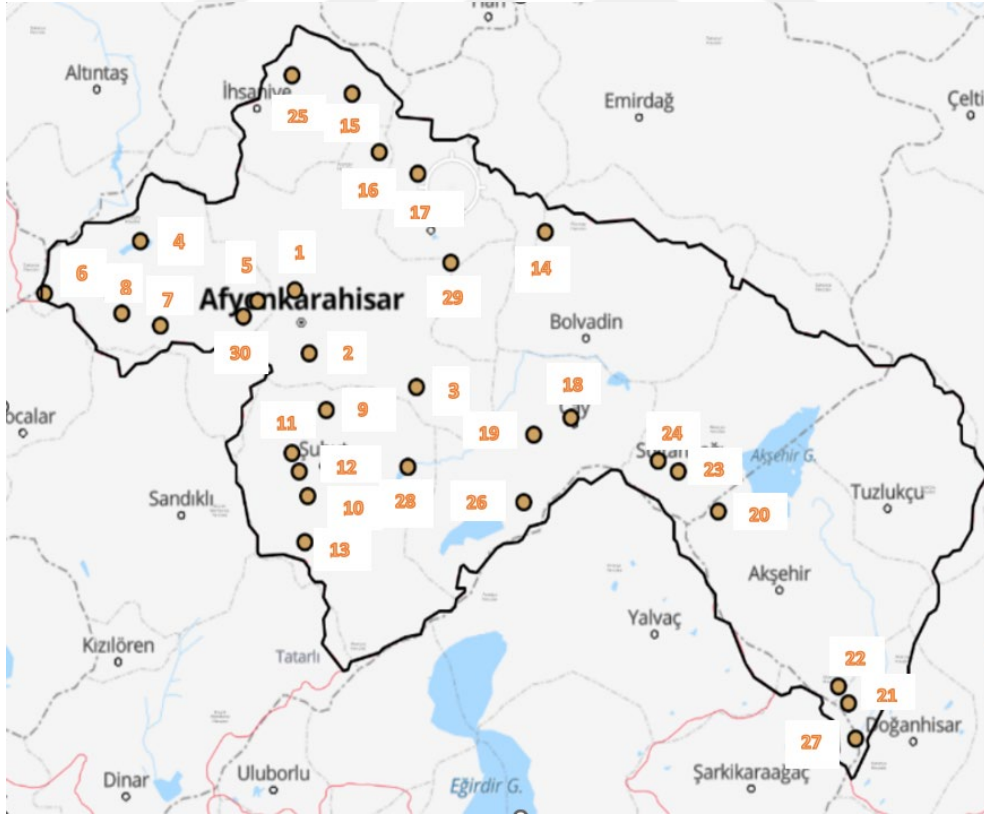
Bölgedeki diri faylar yoğun bir sismisiteyi barındırmaktadır. Tarihsel kayıtlarda haritada bulunan fay kaynakları oldukça fazla depreme enerji oluşturmuştur. MTA genel müdürlüğüne diri faylara ilişkin rapor yayınlanmış ve Türkiye Diri Fay Haritası kamuoyunun kullanımına sunulmuştur.

Fay parametreleri Emre vd. (2013, 2016) ve Duman vd. (2013) çalışmalarına dayalı olarak hazırlanmıştır. Bu parametreler sismik tehlike analizlerinde ihtiyaç duyulan

çizgisel deprem kaynağı aktif faylar için ihtiyaç duyulan bilgileri sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

5.2.1 Barajların Genel Karakteristik Özellikleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birimleri adına Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) kapsamında coğrafi veriler ATLAS Basic (2023) Uygulaması üzerinden elde edilmiş olup Akarçay havzası içerisinde yer alan 30 adet baraj konumları (Resim 5.1)'de işaretlenip barajlar (Çizelge 5.7)'de numaralandırılmıştır.



Resim 5.1 Baraj Lokasyonlarının Numaralandırılması (ATLAS,2023)

Çizelge 5.7 İncelen barajların isimleri

1-Erkmen Barajı	16-Karaağaç Barajı
2-Değirmenayvalı Barajı	17-Seydiler Barajı
3-Işıklar Barajı	18-Pazarağaç Barajı
4-Akdeğirmen Barajı	19-Çay Barajı
5-Tınaztepe Barajı	20-Gölçayır Barajı
6-Elvanpaşa Barajı	21-Yaylabelen Barajı
7-27 Ağustos Barajı	22-Çakırlar Barajı
8-Kırka Barajı	23-Kırca Barajı
9-Ağzıkara Barajı	24-Şehit Piyade Er Tayfur Barajı
10-Kayabelen Barajı	25-Beyköy Barajı
11-Ortapınar Barajı	26-Karaağa Barajı
12-Aydın Barajı	27-Karamık Barajı
13-Şehit Uzm. Çvş. Nurullah Oymak Brj.	28-Selevir Barajı
14-Özburun Barajı	29-Seyitler Barajı
15-Ayazini Barajı	30-Gezler Barajı

Devlet Su İşleri (DSİ) 183.Şube Müdürlüğü tarafınca Akarçay havzasında yer alan barajların genel karakteristik özelliklerine ulaşılmış ve Çizelge 5.8’de düzenlenmiştir.

Baraj lokasyonlarının numaralandırması incelendiğinde Afyonkarahisar şehir merkezine yakın konumda yer alan barajların yer aldığı görülmektedir. Bunlardan 1,2 ,5 ve 30 numaralı sırasıyla Erkmen barajı, Değirmenayvalı barajı, Tınaztepe barajı ve Gezler barajı demografik ve çevre etkisi olarak merkezi yerlere hitap etmektedir.

Sismik tehlike ve toplam risk analizleri belirlenmek üzere seçilen 30 adet barajın çoğunluğu zonlu toprak dolgu niteliği taşımaktadır. Homojen toprak dolgu, Kil çekirdekli zonlu toprak dolgu ve Ön yüzü beton kaplamalı zonlu toprak dolgu olmak üzere baraj tipinin gövde dolgusu özellikleri yer almaktadır.

Kullanım amacı olarak geneli taşkın koruma ve sulama amacıyla inşa edilmiş ve işletme safhasında bulunan barajlardır. Bunlardan Akdeğirmen barajı Afyonkarahisar ilinin içme suyu ihtiyacını karşılamaktadır ve talvegden yüksekliği 34,50 m’dir aynı zamanda depolama hacmi 50,4 hm³ tür. Talvegden yüksekliği 15 m olmak üzere Beyköy barajı

en düşük, Çay barajı 75 m olmak üzere en yüksek barajı oluşturmaktadır. Depolama hacmi açısından Akdeğirmen ve Selevir barajları yüksek depolama hacmine sahiptir.

Çizelge 5.8 Akarçay havzasındaki barajların genel karakteristikleri

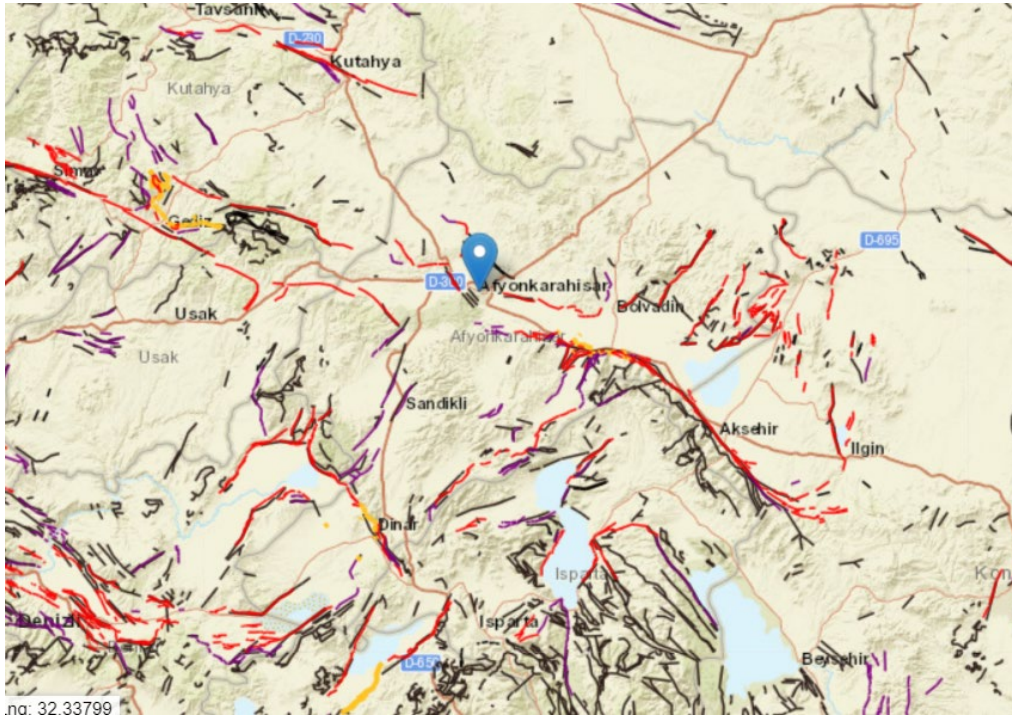
Baraj Adı	Baraj Tipi*	Amacı	Aşama	Talvegden Yükseklik (m)	Depo Hacmi (hm ³)	Sulama Fayda (ha)
1-Erkmen	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	23,50	0,297	66
2-Değirmenayvalı	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	30,00	0,740	143
3-Işıklar	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	28,30	1,333	266
4-Akdeğirmen	Kil Ç.Z.D	T.K+İ.S	İşletme	34,50	50,10	-
5-Tınaztepe	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	20,60	1,600	620
6-Elvanpaşa	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	20,50	1,180	187
7-Çayhisar 27 Ağustos	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	29,40	3,270	1063
8-Kırka	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	29,75	1,850	528
9-Ağzıkara	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	32,30	1,110	245
10-Kayabelen	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	20,00	2,450	580
11-Ortapınar	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	18,50	1,270	315
12-Aydın	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	31,00	1,920	470
13-Şht.Uz.Çvş.N.Oymak	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	25,00	1,410	391
14-Özburun	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	30,80	1,690	625
15-Ayazini	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	25,50	1,320	133
16-Karaağaç	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	23,50	1,090	256
17-Seydiler	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	21,50	1,340	195
18-Pazarağaç	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	43,70	0,970	227
19-Çay	Ö.Y.K.B	Sulama+T.K	İşletme	75,00	14,90	1885
20-Gölçayır	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	36,90	2,440	335
21-Yaylabelen	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	36,50	2,500	426
22-Çakırlar	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	43,00	1,350	401
23-Kırca	Ö.Y.K.B	Sulama+T.K	İşletme	39,30	0,413	113
24-Şht.Er Tayfur Çankaya	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	33,00	1,130	223
25-Beyköy	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	15,00	0,780	141
26-Karamık	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	44,10	1,020	227
27-Karaağa	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	31,00	2,000	710
28-Selevir	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	31,40	65,00	9192
29-Seyitler	Kil Ç.Z.D	Sulama+T.K	İşletme	26,50	36,70	32,22
30-Gezler	Homojen T.D	Sulama+T.K	İşletme	27,00	0,883	182

*Homojen T.D: Homojen toprak dolgu, Kil Ç.Z.D: Kil çekirdekli zonlu dolgu, ÖYBK: Ön yüzü beton kaplamalı dolgu, T.K: Taşkın koruma

5.2.2 Havza İçindeki Fay Hatlarının Karakteristikleri

Akarçay Havzasında yer alan 30 baraj koordinatı merkez olmak üzere her bir baraj için 50 km yarıçaplı daire içerisinde dahil olan diri fay kaynakları özellikleri MTA sitesinin interaktif yer şekilleri gösteren haritasında ID numaraları ile tespit edilmiş ve fayların üretebileceği maksimum moment deprem büyüklüğü (Mw) değerleri ile birlikte Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü adına Diri Fay Parametreleri Ek.1.1 özel yayın serisinden elde edilmiştir.

Sırasıyla Erkmen, Gecek, Sandıklı, Yarıkkaya, Uluborlu, Koçbeyli, Düzbel, Karadilli, Arızlı, Akharım, Işıklar, Kumdanlı, Aslıhanlar, Gazlıgöl, Kali, Yazlıca, Senirkent, Çukurcak, Çobanlar, Tatarlı, Gelendost, Banaz, Sultandağı, Yunak, Elvanpaşa, Sinanpaşa, Ilgın, Dinar, B.Karabağ, Çukurören, Örenkaya, Kızılören, Beyşehirgölü, Çatkuyu, Kütahya fayları ve güncel yer alan diri faylar dahilinde 35 adettir. İnceleme bölgesindeki bu fayların oluşturabileceği maksimum deprem büyüklük değerleri 6.05-7.04 arasında değişmektedir. Fayların uzunlukları ise 8- 48 km arasında değişiklik göstermektedir (Duman vd. 2017).



Resim 5.2 Fayların Akarçay havzası içinde genel görünümü (MTA)

Akarçay havzasında yer alan 30 adet baraj çevresinde sismik tehlike oluşturabilecek fay parametrelerine ait bilgiler Çizelge 5.9’da verilmektedir.

Çizelge 5.9 Barajlarda Sismik tehlike oluşturabilecek fayların genel özellikleri ve meydana getirebileceği en büyük deprem büyüklükleri (MTA, 2017)

No	ID No	Fay İsmi	Sınıflandırma	Uzunluk(km)	Max Deprem Büyüklüğü
1	126-3	Erkmen Fayı	Holosen Fayı	8	6.05
2	125	Gecek Fayı	Holosen Fayı	10	6.18
3	111	Sandıklı Fayı	Kuvaterner Fayı	11	6.23
4	97	Yarıkkaya Fayı	Kuvaterner Fayı	11	6.23
5	96	Uluborlu Fayı	Holosen Fayı	11	6.23
6	99	Koçbeyli Fayı	Holosen Fayı	13	6.33
7	109	Düzbel Fayı	Kuvaterner Fayı	13	6.33
8	101	Karadilli Fayı	Holosen Fayı	14	6.37
9	100	Arızlı Fayı	Holosen Fayı	15	6.41
10	112	Akharım Fayı	Kuvaterner Fayı	14	6.44
11	126-4	Işıklar Fay Zonu	Holosen Fayı	12,16	6.45
12	94	Kumdanlı Fayı	Holosen Fayı	16	6.45
13	122	Aslihanlar Fayı	Holosen Fayı	15	6.48
14	126-2	Gazlıgöl Fayı	Holosen Fayı	19	6.55
15	126-5	Kali Fay Zonu	Holosen Fayı	16,12,13	6.55
16	126-14	Yazlıca Fayı	Holosen Fayı	20	6.58
17	95	Senirkent Fayı	Kuvaterner Fayı	20	6.58
18	126-9	Çukurcak Fayı	Holosen Fayı	23	6.66
19	126-6	Çobanlar F.Zonu	Holosen Fayı	23,21	6.66
20	102	Tatarlı Fayı	Holosen Fayı	24	6.70
21	93	Gelendost Fayı	Holosen Fayı	25	6.71
22	30-5	Banaz Fayı	Holosen Fayı	24	6.71
23	126-1	Sultandağı Fayı	Holosen Fayı	18,11,22,26,20,18	6.73
24	126-10	Yunak Fay Zonu	Holosen Fayı	9,18,27,20	6.75
25	30-6	Elvanpaşa Fayı	Holosen Fayı	27	6.76
26	30-7	Sinanpaşa Fayı	Holosen Fayı	18	6.76
27	126-13-1	İlgın Fayı	Holosen Fayı	27	6.76
28	104	Dinar Fayı	Holosen Fayı	28,12,12,16	6.77
29	126,8	B.Karabağ Fayı	Holosen Fayı	29	6.79
30	121	Çukurören Fayı	Holosen Fayı	29	6.79
31	110	Örenkaya Fayı	Kuvaterner Fayı	29	6.79
32	108	Kızılören Fayı	Kuvaterner Fayı	29	6.79
33	92	Beyşehirgözü Fayı	Kuvaterner Fayı	32	6.85
34	124	Çatkuyu Fayı	Holosen Fayı	10	7.00
35	131	Kütahya Fayı	Holosen Fayı	48	7.04

5.2.3 Barajların (PGA)'ya Göre Sismik Tehlike Sınıfının Belirlenmesi

Bu bölümde Akarçay Havzasında yer alan 30 adet baraj için Campbell (1981) ve Ambraseys (1955) en yüksek yer ivmesi tahmin ilişkilerine dayanarak eşitlik 4.1 ve 4.6 yardımı ile (PGA) değerleri bulunmuştur. Merkez olarak belirlenen her baraj için 50 km yarıçaplı dairesel bir alanda gerçekleşecek sismik hareketlilik göz önüne alınarak pik yer hareketi ivmeleri hesaplanmıştır. Baraj çevresindeki fayların baraja olan mesafesi (MTA)'da yer alan coğrafi bilgi sistemine dayalı interaktif harita yardımıyla elde edilmiştir. İlgili fayların üretebilecekleri en büyük magnitud değerleri (M_L) ve (M_S) bölüm 4.2.3'te verilen dönüşüm denklemleri aracılığıyla elde edilmiştir. Her iki metot için elde edilen (PGA) değerlerinin ortalaması alınarak max (PGA) değeri belirlenmiştir. ICOLD tarafından önerilen yöntemde yapı tipi dikkate alınmadan baraj yeri sismik tehlikesi dört ana grupta incelenmiştir. Çizelge 3.1'e göre barajın sismik tehlike sınıfı belirlenmiştir. Tehlike sınıfı belirlenirken ise $PGA < 0.10g$ ise I (Düşük) - $0.10 < PGA < 0.25g$ ise II (Orta) - ve Baraj yerinin 10 km yakınında aktif fay yok ise III (Yüksek) - $PGA > 0.25g$ ve Baraj yerinin 10 km yakınında aktif fay var ise IV (Çok Yüksek) olarak değerlendirmesi yapılmıştır (Bu çalışma kapsamında P değeri 0 olarak alınmıştır).

5.2.3.1 Erkmen Barajı

Erkmen Barajı, $38^{\circ}45'11''$ N- $30^{\circ}29'23''$ E coğrafi lokasyonlarında, Afyonkarahisar ili merkez ilçe konumunda Erkmen deresi üzerinde yer alır. Sulama amacı ile 1990-1992 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Homojen toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 187.000 m^3 , talvegden yüksekliği 23,5 normal su kotunda depolama hacmi $0,297 \text{ hm}^3$, baraj göl alanı $3,32 \text{ km}^2$ 'dir. Baraj 66 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.10 Erkmen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a_{maks} (g) Campbell (1981)	a_{maks} (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a_{maks} (g)
	M_S	M_L			
MDE	5,9	6,0	0,381	0,321	0,351

Erkmen barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,351g ile Erkmen Fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.2 Değirmenayvalı Barajı

Değirmenayvalı Barajı, 38°39'57"N-30°30'56"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ili merkez ilçe konumunda Baliçayırı deresi üzerinde yer alır. Sulama amacı ile 2015-2017 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 230.000 m³, talvegden yüksekliği 30 m, normal su kotunda depolama hacmi 0,74 hm³, baraj göl alanı 0,063 km²'dir. Baraj 143 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.11 Değirmenayvalı barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,6	6,5	0,167	0,176	0,171

Değirmenayvalı barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,171g ile Çobanlar fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.3 Işıklar Barajı

Işıklar Barajı, 38°37'07" N- 30°43'21"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ili merkez ilçe konumunda Değirmendere deresi üzerinde yer alır. Sulama amacı ile 2013-2014 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 173.800 m³, talvegden yüksekliği 28,3 m, normal su

kotunda depolama hacmi 1,33 hm³, baraj göl alanı 1,597 km²'dir. Baraj 266 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.12 Işıklar barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,4	6,3	0,415	0,423	0,419

Işıklar barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,419g ile Işıklar fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.4 Akdeğirmen Barajı

Akdeğirmen Barajı, 38°49'12" N- 30°12'47" E coğrafi lokasyonarında Afyonkarahisar ilinin Sinanpaşa ilçesi konumunda Akarçay deresi üzerinde yer alır. Şehre içme suyu temini amacı ile 1998-2008 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1.086.000 m³,talvegden yüksekliği 34,5 m, normal su kotunda depolama hacmi 50,1 hm³,baraj göl alanı 4,48 km²'dir. Baraj 15,63 hm³ içme suyu hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.13 Akdeğirmen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,8	6,6	0,313	0,382	0,347

Akdeğirmen barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,347g ile Sinanpaşa fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.5 Tınaztepe Barajı

Tınaztepe Barajı, 38° 43' 0" N- 30° 23' 23" E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Sinanpaşa ilçesi konumunda Koru deresi üzerinde yer alır. Sulama amacı ile 1989-1991 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 390.000 m³, talvegden yüksekliği 20,6 m,normal su kotunda depolama hacmi 1,6 hm³,baraj göl alanı 1,597 km²'dir. Baraj 620 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.14 Tınaztepe barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	7,0	6,9	0,219	0,247	0,233

Tınaztepe barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,233g ile Çatkuyu fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.6 Elvanpaşa Barajı

Elvanpaşa Barajı, 38°45'5" N- 30°00'43"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Sinanpaşa ilçesi konumunda Canyon deresi üzerinde yer alır. Sulama amacı ile 2017-2018 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Homojen Toprak Dolgu gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 203.000 m³, talvegden yüksekliği 20,5 m,normal su kotunda depolama hacmi 1,18 hm³,baraj göl alanı 0,08 km²'dir. Baraj 187 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.15 Elvanpaşa barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,8	6,7	0,403	0,500	0,452

Elvanpaşa barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,452g ile Elvanpaşa fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.7 Çayhisar 27 Ağustos Barajı

27 Ağustos Barajı, 38°43'04" N- 30°09'18"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Sinanpaşa ilçesi konumunda Kamışlı deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2012-2014 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 570.000 m³, talvegden yüksekliği 29,4 m, normal su kotunda depolama hacmi 3,27 hm³, baraj göl alanı 0,24 km²'dir. Baraj 1063 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.16 Çayhisar 27 Ağustos barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,8	6,6	0,437	0,526	0,481

Çayhisar 27 Ağustos barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,481g ile Sinanpaşa fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.8 Kırka Barajı

Kırka Barajı, 38°42'20" N- 30°13'54"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Sinanpaşa ilçesi konumunda Değirmendere deresi üzerinde yer alır. Sulama amacı ile 1991-1997 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 540.000 m³, talvegden yüksekliği 29,75 m, normal

su kotunda depolama hacmi 1,85 hm³, baraj göl alanı 18,4 km²'dir. Baraj 528 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.17 Kırka barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,8	6,6	0,434	0,524	0,478

Kırka barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,478g ile Sinanpaşa fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.9 Ağzıkara Barajı

Ağzıkara Barajı, 38°35'22" N- 30°32'49" E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Şuhut ilçesi konumunda Bağlar deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2005-2006 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Homojen toprak dolgu gövde tipi olan barajın gövde hacmi 440.000 m³, talvegden yüksekliği 32,3 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,2 hm³,baraj göl alanı 11,2 km²'dir.Baraj 245 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.18 Ağzıkara barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,4	6,3	0,186	0,195	0,191

Ağzıkara barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,191g ile Işıklar fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur

5.2.3.10 Kayabelen Barajı

Kayabelen Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 38°27'56" N- 30°30'49"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Şuhut ilçesi konumunda Ellez deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacına göre sulama amacı ile 1986-1992 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 390.000 m³, talvegden yüksekliği 20 m, normal su kotunda depolama hacmi 0,25 hm³, baraj göl alanı 0,29 km²'dir. Baraj 580 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.19 Kayabelen barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,3	6,2	0,132	0,138	0,135

Kayabelen barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,135g ile Karadilli fayı etkisinde "ORTA" bulunmuştur.

5.2.3.11 Ortapınar Barajı

Ortapınar Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 38°27'56" N- 30°29'12"E coğrafi lokasyonlarında yer almaktadır. Afyonkarahisar ilinin Şuhut ilçesi konumunda Sinir deresi üzerinde yer alan Ortapınar barajı kullanım amacına göre sulama amacı ile 2006-2009 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Barajın gövde tipi özellikleri zonlu toprak dolgu çeşitlerinden olan Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipindedir ve barajın gövde hacmi 290.000 m³, talvegden yüksekliği 18,5 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,27 hm³, baraj göl alanı 0,21 km²'dir. Baraj 315 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.20 Ortapınar barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,8	6,6	0,138	0,142	0,140

Ortapınar barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,140g ile Örenkaya fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.12 Aydın Barajı

Aydın Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 38°30'11" N- 30°30'03"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Şuhut ilçesi sınırları içerisindedir. Konum itibariyle Karağıl deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacı olarak sulama amacı ile 2013-2017 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Zonlu toprak dolgu çeşitlerinden Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipine sahip bir barajdır. Barajın gövde hacmi 370.000 m³, talvegden yüksekliği 31 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,92 hm³,baraj göl alanı 0,01 km²'dir. Baraj 470 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.21 Aydın barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,4	6,3	0,156	0,162	0,159

Aydın barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,159g ile Işıklar fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.13 Şht Uz.Çvş. Nurullah Oymak Barajı

Şehit. Uz. Çvş. Nurullah Oymak Barajı, 38°24'12" N- 30°30'31"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Şuhut ilçesi konumunda Kurucaova deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2012-2014 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 890.000 m³, talvegden yüksekliği 25 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,410 hm³,baraj göl alanı 0,24 km²'dir. Baraj 391 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.22 Şht Uz. Çvş. Nurullah Oymak barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,3	6,2	0,148	0,154	0,151

Şht.Uz.Çavuş Nurullah Oymak barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,151g ile Karaadilli fayı etkisinde "ORTA" bulunmuştur.

5.2.3.14 Özburun Barajı

Özburun Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 38°49'59" N- 30°58'31"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Bolvadin ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Konumu itibariyle baraj Değirmendere deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacına göre sulama amacı ile 2007-2009 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Gövde tipi olarak homojen toprak dolgu gövde tipi olan barajın gövde hacmi 410.000 m³, talvegden yüksekliği 30,8 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,69, Baraj 625 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır. Baraja ait en büyük yer ivmesi sonuçlarına Çizelge 5.23'te yer verilmiştir.

Çizelge 5.23 Özburun barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,6	6,5	0,137	0,143	0,141

Özburun barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,141g ile Çobanlar fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.15 Ayazini Barajı

Ayazini Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 39°01'39" N- 30°35'56"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin İhsaniye ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Konumu itibariyle Bağlar deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacına göre sulama amacı ile 2001-2007 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Gövde tipi olarak Homojen toprak dolgu gövde tipi özelliği taşımaktadır. Barajın gövde hacmi ise 171.000 m³, talvegden yüksekliği 25,5 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,32 hm³,baraj göl alanı 0,16 km²'dir. Baraj 133 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır. Baraja ait en büyük yer ivmesi sonuçlarına Çizelge 5.24'te yer verilmektedir.

Çizelge 5.24 Ayazini barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,5	6,4	0,196	0,209	0,203

Ayazini barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,203g ile Gazlıgöl fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.16 Karaağaç Barajı

Karaağaç Barajı, 38°54'54" N - 30°43'39"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin İscehisar ilçesi konumunda Böcekçi deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2013-2014 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 380.000 m³, talvegden yüksekliği 23,5 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,9 hm³, baraj göl alanı 0,22 km²'dir. Baraj 256 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.25 Karaağaç barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,5	6,6	0,144	0,150	0,147

Karaağaç barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,147g ile Çobanlar fayı etkisinde "ORTA" bulunmuştur.

5.2.3.17 Seydiler Barajı

Seydiler Barajı, 38°53'30" N- 30°51'05"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin İscehisar ilçesi konumunda Kabız deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2017-2018 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Homojen toprak dolgu gövde tipi olan barajın gövde hacmi 750.000 m³, talvegden yüksekliği 21,5 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,340 hm³, baraj göl alanı 0,19 km²'dir. Baraj 195 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.26 Seydiler barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,6	6,5	0,151	0,158	0,154

Seydiler barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,154g ile Çobanlar fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.18 Pazarağaç Barajı

Pazarağaç Barajı, 38°33'05" N- 30°56'52"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Çay ilçesi konumunda Değirmendere deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2013-2015 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 1.090.000 m³, talvegden yüksekliği 43,7 m, normal su kotunda depolama hacmi 0,970 hm³,baraj göl alanı 0,06 km²'dir. Baraj 227 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.27 Pazarağaç barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,5	6,4	0,459	0,467	0,464

Pazarağaç barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,464g ile Kali Çayı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.19 Çay Barajı

Çay Barajı, 38°34'24" N 31°01'20"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Çay ilçesi konumunda Çay deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2018-2022 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Ön yüzü beton kaplamalı kil çekirdekli kaya dolgu gövde tipi olan barajın gövde hacmi 2.840.000 m³, talvegden yüksekliği 75 m,normal su kotunda depolama hacmi 14,9 hm³,baraj göl alanı 52 km²'dir.Baraj 1885 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.28 Çay barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,7	6,6	0,447	0,524	0,484

Çay barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,484g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.20 Gölçayır Barajı

Gölçayır Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 38°26'37" N- 31°18'05"E coğrafi lokasyonlarında Konya ilinin Akşehir ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Konumu itibariyle Kocadere deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacına göre sulama amacı ile 2017-2018 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 386.000 m³, talvegden yüksekliği 36,9 m,normal su kotunda depolama hacmi 2,44 hm³,baraj göl alanı 1,32 km²'dir. Baraj 335 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.29 Gölçayır barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,7	6,6	0,471	0,529	0,500

Gölçayır barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,500g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.21 Yaylabeleden Barajı

Yaylabeleden Barajı, 38°12'11" N- 38°12'11" N coğrafi lokasyonlarında Konya ilinin Akşehir ilçesi konumunda Kapıkaya deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2016-2017 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 405.000 m³, talvegden yüksekliği 36,5 m,normal su kotunda depolama hacmi 2,5 hm³,baraj göl alanı 0,183 km²'dir.Baraj 426 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.30 Yaylabeleden barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,7	6,6	0,402	0,490	0,446

Yaylabeleden barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,446g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.22 Çakırlar Barajı

Çakırlar Barajı, enlem ve boylam bilgileri olarak 38°14'39" N- 38°14'39" N coğrafi lokasyonlarında Konya ilinin Akşehir ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Konumu itibariyle Kalaycı deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacına göre sulama amacı ile inşa edilmiş bir barajdır. Gövde tipi olarak Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 458.000 m³, talvegden yüksekliği 43 m,normal su kotunda depolama hacmi 1,35 hm³,baraj göl alanı 0,09 km²'dir.Baraj 401 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.31 Çakırlar barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,7	6,6	0,426	0,509	0,467

Çakırlar barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,467g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.23 Kırca Barajı

Kırca Barajı, enlem ve boylam bilgisi olarak 38°30'02" N- 31°13'34"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Sultandağı ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Konumu itibariyle Kırca deresi üzerinde yer almaktadır. Kullanım amacı olarak sulama amacı ile 2013-2014 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Gövde tipi olarak Ön yüzü beton kaplamalı kil çekirdekli kaya dolgu gövde tipi olan barajın talvegden yüksekliği 39,3 m,normal su kotunda depolama hacmi 0,413 hm³ dür. Baraj 103 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.32 Kırca barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,7	6,6	0,496	0,531	0,514

Kırca barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,514g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.24 Şht.Piyade Er Tayfur Çankaya Barajı

Şht.Piyade Er Tayfur Çankaya Barajı, 38°31'22" N- 31°11'21"E coğrafi lokasyonlarında,Afyonkarahisar ilinin Sultandağı ilçesi konumunda Dört deresi üzerinde yer almaktadır.Sulama amacı ile 2015-2017 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 290.000 m³, talvegden yüksekliği 33 m,normal su kotunda depolama hacmi 1,13 hm³,baraj göl alanı 0,09 km²'dir.Baraj 223 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.33 Şht.Piyade Er Tayfur Çankaya barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995)	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L		P=0	
MDE	6,7	6,6	0,475	0,529	0,502

Şht.Piyade Er Tayfur Çankaya barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,502g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.25 Beyköy Barajı

Beyköy Barajı, enlem ve boylam bilgisi olarak 39°03'12" N- 30°28'59"E coğrafi lokasyonlarında, Afyonkarahisar ilinin İhsaniye ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Konumu itibariyle Kızıkadın deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2015 yılı içerisinde inşa edilmiş bir barajdır. Homojen toprak dolgu gövde tipi olan barajın barajın gövde hacmi 160.000 m³, talvegden yüksekliği 15 m, normal su kotunda depolama hacmi 0,16 hm³,baraj göl alanı 0,13 km²'dir. Baraj 141 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.34 Beyköy barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,5	6,4	0,222	0,241	0,232

Beyköy barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,232g ile Gazlıgöl fayı etkisinde “ORTA” bulunmuştur.

5.2.3.26 Karamık Barajı

Karamık Barajı, 38°27'29" N- 30°55'45"E coğrafi lokasyonlarında, Afyonkarahisar ilinin Çay ilçesi konumunda Karamık deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 2014-2017 yıl inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 290.000 m³, talvegden yüksekliği 44,1 m, normal su kotunda depolama hacmi 1,02 hm³, Baraj 227 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.35 Karamık barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,2	6,3	0,326	0,339	0,332

Karamık barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,332g ile Koçbeyli fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.27 Karaağa Barajı

Karaağa Barajı, 38°07'21" N- 31°33'47"E coğrafi lokasyonlarında, Konya ilinin Doğanhisar ilçesinde yer almaktadır.Sulama amacı ile 2014-2023 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın talvegden yüksekliği 31 m, normal su kotunda depolama hacmi 2 hm³ Baraj 710 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.36 Karaağa barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,7	6,6	0,290	0,344	0,317

Karaağa barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,317g ile Sultandağı fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.28 Selevir Barajı

Selevir Barajı, 38°30'32" N- 30°42'47"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Şuhut ilçesi konumunda Gali deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 1960-1964 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 650.000 m³, talvegden yüksekliği 31,4 m,normal su kotunda depolama hacmi 65 hm³,baraj göl alanı 5,04 km²'dir. Baraj 9192 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.37 Selevir barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,4	6,3	0,392	0,409	0,401

Selevir barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,401g ile Akharım fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.29 Seyitler Barajı

Seyitler Barajı, 38°47'37" N- 30°47'14"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Merkez ilçesi konumunda Seyitler deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile 1961-1964 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Kil çekirdekli zonlu toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 470.000 m³, talvegden yüksekliği 26,5 m,normal su kotunda depolama hacmi 36,7 hm³,baraj göl alanı 4,5 km²'dir.Baraj 3222 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.38 Seyitler barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	6,6	6,5	0,315	0,373	0,344

Seyitler barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,344g ile Çobanlar fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.

5.2.3.30 Gezler Barajı

Gezler Barajı, 38°44'23" N- 30°25'10"E coğrafi lokasyonlarında Afyonkarahisar ilinin Sinanpaşa ilçesi konumunda Sazağın deresi üzerinde yer almaktadır. Sulama amacı ile

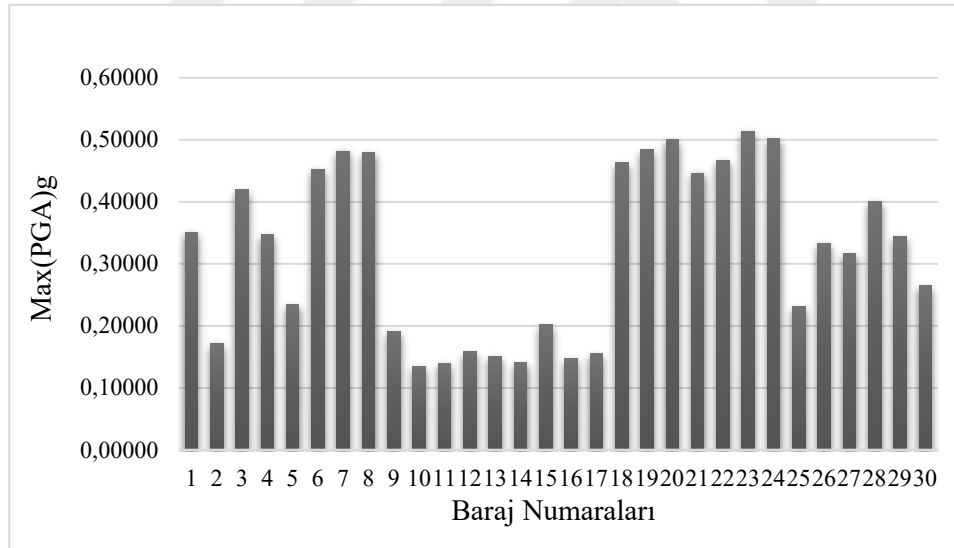
2011-2013 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Homojen toprak dolgu gövde tipi olan barajın gövde hacmi 50.000 m³, talvegden yüksekliği 27 m, normal su kotunda

depolama hacmi 0,883 hm³,baraj göl alanı 0,103 km²'dir. Baraj 182 hektarlık bir alana sulama hizmeti sağlamaktadır.

Çizelge 5.39 Gezler barajı en büyük yer ivmesi analizi sonuçları

Deprem Seçimi	Deprem Büyüklüğü		a maks (g) Campbell (1981)	a maks (g) Ambraseys (1995) P=0	Ortalama a maks (g)
	M _S	M _L			
MDE	5,8	5,9	0,271	0,259	0,265

Gezler barajı için yapılan analizler sonucunda sismik tehlike sınıfı ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0,265g ile Erkm en fayı etkisinde “ÇOK YÜKSEK” bulunmuştur.



Şekil 5.8 En büyük yer ivmesi max (PGA) değerlerinin baraj numaralarına göre dağılımı

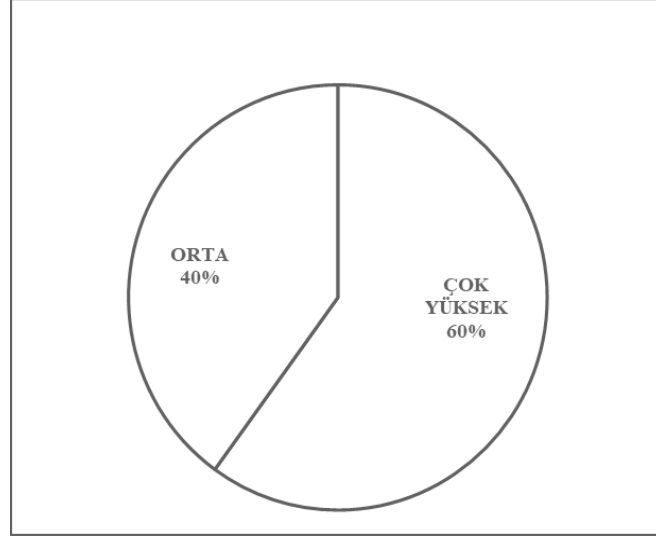
*1.Erkmen barajı, 2.Değirmenayvalı barajı, 3.Işıklar barajı, 4.Akdeğirmen barajı, 5.Tınaztepe barajı, 6.Elvanpaşa barajı, 7.27 Ağustos barajı, 8.Kırka barajı, 9.Ağzıkara barajı, 10.Kayabelen barajı, 11.Ortapınar barajı, 12.Aydın barajı, 13.Şht. Uz. Çvş. Nurullah Oymak Barajı, 14.Özburun barajı, 15.Ayazini barajı, 16.Karaağaç Barajı, 17.Seydiler barajı, 18.Pazarağaç barajı, 19.Çay barajı, 20.Gölçayır barajı, 21.Yaylabeleden barajı, 22.Çakırlar barajı, 23.Kırca Barajı, 24.Şht. Piyade Er Tayfur barajı, 25.Beyköy barajı, 26.Karamık barajı, 27.Karaağa barajı, 28.Selevir barajı, 29.Seyitler barajı, 30.Gezler barajı

Çizelge 5.40 Barajların en büyük pik yer hareketi ivmesi değeri max(PGA) değerine göre sismik tehlike sınıfı (ICOLD,1989)

Baraj Adı	Max PGA(g)	10 Km Fay (Var/Yok)	Tehlike Sınıfı
1-Erkmen Barajı	0.35122	VAR	ÇOK YÜKSEK
2-Değirmenayvalı Barajı	0.17155	YOK	ORTA
3-Işıklar Barajı	0.41949	VAR	ÇOK YÜKSEK
4-Düzağaç Akdeğirmen Barajı	0.34785	VAR	ÇOK YÜKSEK
5-Tınaztepe Barajı	0.23384	VAR	ORTA
6-Elvanpaşa Barajı	0.45216	VAR	ÇOK YÜKSEK
7-Çayhisar 27 Ağustos Barajı	0.48182	VAR	ÇOK YÜKSEK
8-Kırka Barajı	0.47898	VAR	ÇOK YÜKSEK
9-Ağzıkara Barajı	0.19102	YOK	ORTA
10-Kayabelen Barajı	0.13494	YOK	ORTA
11-Ortapınar Barajı	0.14021	YOK	ORTA
12-Aydın Barajı	0.15892	YOK	ORTA
13-Şehit Uz.Çvş Nurullah Oymak Brj.	0.15099	YOK	ORTA
14-Özburun Barajı	0.14066	VAR	ORTA
15-Ayazini Barajı	0.20274	YOK	ORTA
16-Karaağaç Barajı	0.14743	YOK	ORTA
17-Seydiler Barajı	0.15479	YOK	ORTA
18-Pazarağaç Barajı	0.46367	VAR	ÇOK YÜKSEK
19-Çay Barajı	0.48448	VAR	ÇOK YÜKSEK
20-Gölçayır Barajı	0.50020	VAR	ÇOK YÜKSEK
21-Yaylabelen Barajı	0.44643	VAR	ÇOK YÜKSEK
22-Çakırlar Barajı	0.46746	VAR	ÇOK YÜKSEK
23-Kırca Barajı	0.51416	VAR	ÇOK YÜKSEK
24-Şehit Piyade Er Tayfur Çankaya Brj.	0.50267	VAR	ÇOK YÜKSEK
25-Beyköy Barajı	0.23176	VAR	ORTA
26-Karamık Barajı	0.33262	VAR	ÇOK YÜKSEK
27-Karaağa Barajı	0.31755	VAR	ÇOK YÜKSEK
28-Selevir Barajı	0.40114	VAR	ÇOK YÜKSEK
29-Seyitler Barajı	0.34434	VAR	ÇOK YÜKSEK
30-Gezler Barajı	0.26521	VAR	ÇOK YÜKSEK

Baraj tipine bağlı olmaksızın 30 adet barajın pik yer hareketi ivmesi (PGA) değerine ve barajın 10 km yakınında fay olup ve olmama durumu (Çizelge 3.1)'e göre sismik tehlike sınıfı incelenmiştir. 18 adet barajın sismik tehlike sınıfı IV (çok yüksek), 12 adet barajın ise II (orta) olarak bulunmuştur.

En büyük pik yer hareketi ivmesi değeri 0,51416 g değeri ile Kırca barajına ait, en düşük pik yer hareketi ivmesi değeri ise 0,13494 g değeri ile Kayabelen barajına ait bulunmuştur.



Şekil 5.9 Barajların max PGA değerlerine göre sismik tehlike sınıflarının yüzdelik dağılımı

Genel yüzdelik dağılımına bakılacak olursa sadece (PGA) değerlerine göre 30 adet barajın %60'ı çok yüksek, %40'ı orta sismik tehlike sınıfında bulunmuştur.

5.2.4 Barajların Toplam Risk Analizi Değerlendirilmesi

ICOLD tarafından önerilen diğer bir yöntem ise barajın karakteristik özellikleri ile potansiyel riski belirlemektir. Çizelge 3.2 ve 3.3'te gösterildiği üzere Rezervuarın kapasitesi, barajın yüksekliği, tahliye gereksinimi ve potansiyel mansap hasarına göre bu risk belirlenir. Bu dört değerlendirmenin ayrı ayrı toplamı ile potansiyel risk faktörüne ulaşılır .

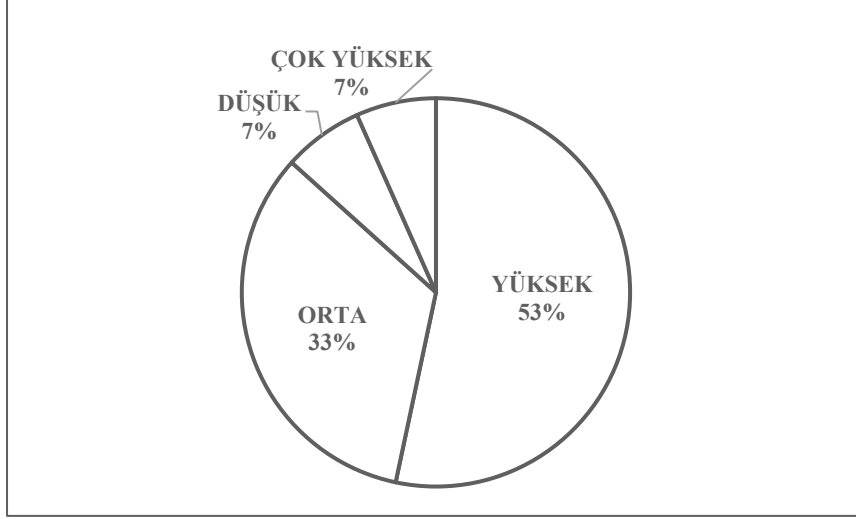
Çalışma kapsamında incelenen barajların baraj karakteristikleri ve sosyo ekonomik etkileri neticesinde değerlendirilerek Çizelge 5.41'de puanlama değerleri sunulmuştur. Mevcut demografik şartlar göz önüne alınıp tahliye esnasında bölgeyi boşaltması gereken insan sayısı, arazi koşullarına göre bir barajın sismik bir tehlike anında mansap kısmında oluşacak hasar ve suyun taşması halinde izleyebileceği yol arazi eğim şartlarına göre tehlike durumu incelenmiştir. Akdeğirmen ve Çay barajları değerlendirme neticesinde çok yüksek risk sınıfına girmiştir.

Çizelge 5.41 Baraj karakteristikleri ve sosyo-ekonomik etkilerden oluşan toplam risk sınıfı (ICOLD, 1989)

No*	Kapasite (hm ³)	Puan 1	Yükseklik (m)	Puan 2	Tahliye Gerektiren İnsan Sayısı	Puan 3	Potansiyel Mansap Hasarı	Puan 4	Toplam	Risk Sınıfı
1	0,30	2	23,5	2	>1000	12	YÜKSEK	12	28	YÜKSEK
2	0,74	2	30	2	1000-100	8	ORTA	8	20	YÜKSEK
3	1,33	4	28,3	2	1-100	4	DÜŞÜK	4	14	ORTA
4	50,0	4	34,5	4	>1000	12	YÜKSEK	12	32	ÇOK YÜKSEK
5	1,60	4	20,6	2	>1000	12	ORTA	8	26	YÜKSEK
6	1,18	4	20,5	2	100-1	4	DÜŞÜK	4	14	ORTA
7	2,86	4	29,4	2	1000-100	8	DÜŞÜK	4	18	ORTA
8	1,85	4	29,75	2	>1000	12	YÜKSEK	12	30	YÜKSEK
9	1,20	4	32,3	4	1000-100	8	YÜKSEK	12	28	YÜKSEK
10	0,25	2	20	2	1-100	4	DÜŞÜK	4	12	ORTA
11	1,27	4	18,5	2	1000-100	8	DÜŞÜK	4	18	ORTA
12	1,81	4	31	4	100-1	4	DÜŞÜK	4	16	ORTA
13	1,54	4	25	2	YOK	0	YOK	0	6	DÜŞÜK
14	1,69	4	30,8	2	>1000	12	ORTA	8	26	YÜKSEK
15	1,32	4	25,5	2	100-1000	8	ORTA	8	22	YÜKSEK
16	1,60	4	23,5	2	100-1000	8	ORTA	8	22	YÜKSEK
17	1,13	4	21,5	2	100-1000	8	ORTA	8	22	YÜKSEK
18	1,12	4	43,7	4	100-1000	8	ORTA	8	24	YÜKSEK
19	14,9	4	75	6	>1000	12	YÜKSEK	12	34	ÇOK YÜKSEK
20	2,44	4	36,9	4	100-1000	8	DÜŞÜK	4	20	YÜKSEK
21	2,50	4	36,5	4	100-1000	8	DÜŞÜK	4	20	YÜKSEK
22	1,35	4	43	4	100-1000	8	DÜŞÜK	4	20	YÜKSEK
23	0,41	2	39,3	4	>1000	12	ORTA	8	26	YÜKSEK
24	1,13	4	33	4	100-1	4	YOK	0	12	ORTA
25	0,16	2	15	1	100-1	4	YOK	0	7	DÜŞÜK
26	1,02	4	44,1	4	100-1	4	YOK	0	12	ORTA
27	2,00	4	31	4	100-1	4	YOK	0	12	ORTA
28	65,0	4	31,4	4	100-1000	8	ORTA	8	24	YÜKSEK
29	36,7	4	26,5	2	>1000	12	ORTA	8	26	YÜKSEK
30	0,79	2	27	2	100-1	4	DÜŞÜK	4	12	ORTA

*1.Erkmen barajı, 2.Değirmenayvalı barajı, 3.Işıklar barajı, 4.Akdeğirmen barajı, 5.Tınaztepe barajı, 6.Elvanpaşa barajı, 7.27 Ağustos barajı, 8.Kırka barajı, 9.Ağzıkara barajı, 10.Kayabelen barajı, 11.Ortapınar barajı, 12.Aydın barajı, 13.Şht. Uz. Çvş. Nurullah Oymak Barajı, 14.Özburun barajı, 15.Ayazini barajı, 16.Karaağaç Barajı, 17.Seydiler barajı, 18.Pazarağaç barajı, 19.Çay barajı, 20.Gölçayır barajı, 21.Yaylabelen barajı, 22.Çakırlar barajı, 23.Kırca Barajı, 24.Şht. Piyade Er Tayfur barajı, 25.Beyköy barajı, 26.Karamık barajı, 27.Karaağaç barajı, 28.Selevir barajı, 29.Seyitler barajı, 30.Gezler barajı

Toplam risk sınıfı sosyo-ekonomik etkiler ve baraj karakteristikleri dikkate alındığında 30 adet barajın %7'si çok yüksek, %53'ü yüksek, %33'ü orta, %7'si düşük risk sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.



Şekil 5.10 Barajların toplam risk sınıfı dağılım yüzdeleri

Sismik tehlike analizi çalışması baraj karakteristikleri göz önüne alınarak gerçekleştirilen toplam risk analizleri sonuçları birlikte incelenmiştir. Sismik tehlike modellerinin farklılığının risk sınıfı sonuçlarında afaki değişikliklere neden olmadığı ve yakın olan bir alt ya da bir üst risk sınıfına kaydığı ya da risk sınıfının aynı kaldığı gözlemlenmiştir.

Risk sınıfı azalan barajlar olarak; Erkmen, Kırka, Pazarağaç, Gölçayır, Yaylabelen, Çakırlar, Kırca, Selevir, Seyitler barajları “çok yüksek-risk” sınıfında yer alırken “yüksek-risk” grubuna dahil olmuştur. Işıklar, Elvanpaşa, 27 Ağustos, Şehit.Piyade Er Tayfur Çankaya, Karamık, Karaağaç, Gezler barajları “çok yüksek-risk” sınıfında yer alırken “orta-risk” grubuna dahil olmuştur. Şehit. Uzman Çavuş Nurullah Oymak, Beyköy barajları “orta-risk” sınıfında yer alırken “düşük-risk” grubuna dahil olmuştur.

Risk sınıfı artan barajlar olarak; Değirmenayvalı, Tınaztepe, Ağzıkara, Özburun, Ayazini, Karaağaç, Seydiler barajları “orta-risk” sınıfında yer alırken “yüksek-risk” sınıfına dahil olmuştur.

Risk sınıfı aynı kalan barajlar olarak; Akdeğirmen ve Çay barajları “çok yüksek-risk” sınıfında yer alırken aynı grupta yer almaya devam etmiştir. Kayabelen, Ortapınar, Aydın barajları ise “orta-risk” sınıfında yer alırken aynı grupta yer almaya devam etmiştir.

6.TARTIŞMA ve SONUÇ

*Bu araştırmada Afyonkarahisar ili Akarçay havzası ve havzada yer alan 30 adet baraj için sismik tehlike ve toplam risk analizi çalışması yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

*Akarçay havzası ve çevresi için yapılan istatistiksel sismik tehlike analizi çalışmasında yapılan iki ayrı yöntemde birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Şu ana kadar meydana gelmiş depremlerden 1970 yılında meydana gelmiş olan (Ms:7.0) depremin Gutenberg Richter yöntemine göre 140 yıl, Gumbel yöntemine göre ise 138 yıl sonra tekerrür edeceği hesaplanmıştır. Aynı zamanda 100 yıl içinde oluşabilecek en büyük deprem büyüklüğü her iki analiz sonucunda 6.8 olarak hesaplanmıştır. 50 yıllık bir periyod içinde oluşabilecek en büyük deprem büyüklükleri ise Gutenberg-Richter yöntemine göre 6.5, Gumbel yöntemine göre ise 6.3 olarak bulunmuştur.

*2002 yılında meydana gelmiş Çay (Mw:6.0) ve Sultandağı (Mw:6.0) depremleri büyük yıkımlara ve kayıplara yol açmıştır. Bu büyüklükteki bir depremin tekrarlamaya periyodu yapılan analizler sonucunda 16 yıl bulunmuştur. Hiçyılmaz ve Sezer (2020) bölge için yaptığı çalışmalarda bu değer 19 yıl olarak bulunmuştur. Yakın değerler bulunması çalışmayı destekler niteliktedir. Bu durum günümüzde bu deprem periyodunun dolduğunu ve herhangi bir sismik hareketliliğin her an olabileceğine dikkat çekmektedir.

*Sultandağı fayının batı kesimi için sismik bir hareketlilik öngörülmüştür. Sonraki yıllarda 2002 yılında meydana gelen deprem büyüklüklerine benzer büyüklükte bir depremin oluşabileceği yönünde tahminler elde edilmiştir (Tiryakioğlu vd, 2019). Bu bölgede yer alan Pazarağaç, Çay, Kırca ve Şehit Piyade Er Tayfur Çankaya barajları merkez üssü konumundadır. Ayrıca çok yüksek tehlike sınıfında yer almaktadır.

*Deterministik analize göre çalışma boyunca yapılan iki ayrı yöntem birbirine yakın değerlerde (PGA) sonuçları vermiştir. Sonuçlar barajların mesafe olarak yakın kaynak noktasına ve baraj çevresindeki fayın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğünün etki ettiği alanlarda daha fazladır.

*Havzadaki 30 adet barajın sismik tehlike analizi sonuçlarında en yüksek yer ivmesinin (PGA) geniş bir aralıkta (0,134 g ve 0,514 g) değiştiği görülmektedir. ICOLD (1989) sınıflandırmasına göre PGA değeri 0,25 g'den yüksek ve baraj alanı enerji kaynağına 10 km'den daha yakın olduğu için 18 adet baraj çok yüksek tehlike sınıfı IV olarak sınıflandırılmıştır.

*Havzanın güney doğusunda yer alan Pazarağaç barajı, çay barajı, Gölçayır barajı, Yaylabelen barajı, akırlar barajı, Kırca barajı ve şht.Piyade Er Tayfur barajı, IV. tehlike sınıfına aittir. Aynı zamanda bu barajlar 2002 yılında gerçekleşen ve yıkıcı depremlerden (Mw:6.0) olan Sultandağı (Taşköprü) depremi ve obanlar depremlerinin merkez üssüne çok yakın alanlarda konumlanmaktadır. Bunlardan en büyük yer ivmesi Kırca barajı 0,514 g PGA ve şht Piyade Er Tayfur ankaya barajı 0,502 g PGA ile takip etmektedir ve bu değerlerde maksimum yer ivmesi değerine maruz kalabileceğini göstermektedir.

“ Son depremlerden sonra yüzey kırıklarının inceleyen araştırmalarda ise yakın gelecekte Sultandağı fayının çay'ın batı kesiminde yer alan bölümünde yüksek sismik risk oluşturduğuna dikkat çekmişlerdir (zden vd 2002; Emre vd 2003; Yürür vd 2003; Ulusay vd 2004; Akyüz vd 2006)

*Havzada bulunan barajlar kapasite, yükseklik, tahliye gereksinimi ve potansiyel hasarı neticesinde analiz edildiğinde %53 oranında potansiyel riskin yüksek olduğu görülmektedir. Deprem anında bu risk değeri mansaptaki canlı yaşamı için tehlike oluşturmaktadır. Havzadaki barajların çoğunun zonlu toprak dolgu baraj olduğunu göz önüne alırsak tasarımında şev göçmesi, üstten göçme, borulanma gibi önemli göçme biçimlerinin analizlerini yapmak, önem oluşturmaktadır.

*Tüm bu baraj karakteristikleri, sosyo-ekonomik ve faylanma etkilerini değerlendirecek olursak 30 adet barajdan Akdeğerimen ve çay barajlarının risk sınıfının sismik tehlike ve toplan risk faktörü sınıfı için çok yüksek olma riskini koruduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Akdeğerimen barajı Afyonkarahisar ilinin içme suyu ihtiyaını karşıladığı için olası tehlikelerden büyük kayıplar oluşturabilir. ay barajı eski bir baraj olmamakla birlikte tehlike sınıfı çok yüksek olduğu için bakım-işletme safhalarının dikkatli incelenmesinde fayda vardır.

*Afyonkarahisar ili batı Anadolu fay hattı kırıklarını ve oldukça fazla diri fay hatlarının olduğu hali hazırda jeotermal kaynaklarında sismik hareketliliği tetikleyebileceği bir alanda bulunmaktadır. ASFS'nin Çobanlar-Çukurören kesiminde uzun yıllar (en azından 148 yıldır) deprem olmaması ve sismik boşluk bulunduğunun özellikle büyük deprem üretme potansiyeline sahip fayların bulunduğu dikkat çeken Deveci (2007)'nin bahsettiği alanda sismik tehlike analizi sonuçlarına göre orta ve yüksek tehlike sınıfında barajlar bulunmaktadır. Bu barajlardan Değirmenayvalı, Özburun, Karaağaç, Seydiler ve Seyitler barajları Çobanlar fayı etkisinde en büyük pik yer ivmesi (PGA) değeri bulunmuştur.

*Çalışma alanında çok sayıda barajın yerleşim merkezlerine yakın alanlarda olduğu gözlemlenmiştir ve demografik kalabalıklık potansiyel risk değerlendirilmesinde puanlamaya fazla etki etmiştir.

*Barajın yüksekliği, rezervuar hacmi ve yaşına bağlı olarak belirlenen kapasite risk faktörü değerleri toplanarak ortaya konulmaktadır. Mansap hasarı etkisi canlı yaşamı üzerindeki riske bağlı puanlanması yapıldığından ve tahliye gereksinimi insan sayısı demografik göçlerin değişebileceği göz önüne alınarak puanlaması yapıldığından daha sonraki yapılacak olan toplam sismik tehlike analizi çalışmalarında güncel gelişmeler yakından takip edilmelidir.

*Ülkemizde işletme, yapım ve planlama aşamasındaki diğer barajlar içinde benzer çalışmaların yapılması baraj güvenlikleri açısından önem teşkil etmektedir. Baraj yapılarının sismik tasarımı için seçilen parametreler birçok statik ve dinamik etkiyi beraberinde inceleme gerektirir. Detaylı sismik analizlerin yapılması yüksek riske sahip barajlar için önerilmektedir (Seyrek ve Tosun, 2013).

ÖNERİLER

*Toplan risk analizi için kullanılan yöntemin bazı eksiklikleri olduğu görülmektedir (ICOLD, 1989). Özellikle baraj tipi ile baraj yaşını da sınıflandırmalarda dikkate almak gerekmektedir.

*Çalışma kapsamında yer hareketi tahmin denklemlerinin sürekli güncelleşme ve geliştirilme aşamasında olduğuna dikkat çekmek gerekir. Aynı zamanda yeni nesil azalım ilişkilerinin kullanılması, güncellenen deprem katalogları ve zaman içerisinde güncellenen diri fay haritalarının bilgisinin artmasıyla beraber daha sonra yapılacak olan Türkiye sismik tehlike analizi çalışmalarının takip edilmesi gerektiğini görmekteyiz.

*Deprem önlenemez bir doğa olayıdır. Bölgede daha önce meydana gelmiş depremlerin yol açtığı kayıplarla tekrar doğal bir afete dönüşmemesi için bölgenin yıkıcı depremler üretecek potansiyeli olduğu gerçeği unutulmamalı ve uygun yapılaşma faaliyetlerinde bulunulması gerekmektedir.

*Türkiye’de barajlar ve yardımcı yapılar için Ulusal Baraj Güvenliği Programı’nın uygulanması büyük önem taşımaktadır. İnceleme ve değerlendirmede en yüksek öncelik, aktif sismik bölgelere yakın barajlara ayrılmalıdır. Tüm yüksek riskli barajlar depreme dayanıklılık sağlayacak şekilde yeniden tasarlanmalı ve gerektiğinde rehabilite edilmelidir. Bu kamu güvenliğinin ve mülkiyetinin korunması hedefine doğru büyük bir adım olacaktır (Tosun vd, 2007).

7. KAYNAKLAR

- Akarçay Havzası Kuraklık Yönetim Planı, Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) Taslak Kapsamı Belirleme Raporu, Ankara, Haziran,2022.
- Akyüz S, Uçarkuş G, Şatır D, Dikbaş A ve Kozacı Ö, 2006, 3 Şubat 2002 Çay Depreminde Meydana Gelen Yüzey Kırığı Üzerinde Paleosismolojik Araştırmalar. *Yerbilimleri*, 27 (1), 41-52.
- Ambraseys N N, 1995, The Prediction of Earthquake Peak Ground Acceleration in Europe, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 24, 467–490
- Anonim, 2019, Akarçay Havzası Taşkın Yönetim Planı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2020, Afyonkarahisar İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP), T.C. Afyonkarahisar Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Afyonkarahisar.
- Bozkurt E, 2001, Neotectonics of Turkey – a Synthesis. *Geodinamica Acta*, vol. 14, no. 1–3, Taylor and Francis, pp. 3–30.
- Bureau G J, 2003, Chenh WF, Scawthorn C, Dams and Appurtenant Facilities in *Earthquake Engineering Handbook*, CRS press, Bora Raton, pp. 26.1–26.47.
- Burton P W, 1979, Seismic Risk İn Southern Europe Through to India Examined Using Gumbel’s Third Distribution Of Extreme Values,*Geophys J R, Asır. Soc.* 59, 249-280
- Campbell K W, 1981, Near-source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration, *Bulletin of the Seismological Society of America* 71 (6), 2039–2070
- Çağlayan P, Demirbaş O, Günay V, Kepsutlu G, Kaymak E, Tezer A, 2023, Deprem Zararlarının Yönetimi; Saha Gözlemlerinden Örnekler,2023, Işık Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, sayfa 1-14
- Deveci Ş, 2007, Çukuören-Çobanlar (Afyon) Arasındaki Deprem Kaynaklarının (Aktif Fayların) Belirlenmesi, Rapor No:106 Y 209, 77s.

- Emre Ö, Duman T Y, Doğan A, Özalp S, Tokay F ve Kuşcu İ, 2003, Surface Faulting Associated with the Sultandağı Earthquake (Mw6.5) of 3 February 2002, Southwestern Turkey. *Seismological Research Letters* 74 (4), 382-392.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Olgun G and Elmacı H, 2011, Active Fault Map of Turkey (Scale 1:250,000), General Directorate of Mineral Research and Exploration Special Publication Series, Afyon (NJ 36-5) Quadrangle, MTA Ankara, 16
- Eyidoğan H ve Barka A, 1996, The 1 October 1995 Dinar Earthquake, SW Turkey, *Terra Nova*, 8, 479-485.
- FEMA, 2005, Federal Guidelines For Dam Safety, U.S. Department of Homeland Security (FEMA), 45p.
- Gutenberg B, Richter C F, 1942, Earthquake Magnitude, İntensity, Energy and Acceleration, *Bulletin of Seismological Society of America*, vol. 32, no.3.
- Gücek S, 2020, Arazi Deneilerine Dayalı Zemin Büyütmesi ve Sıvılaşma Analizleri: Afyonkarahisar-Uyduket Yerleşim Alanı Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 162s, Afyonkarahisar.
- Gürel E, 2021, Yerel Yer Hareketi Tahmin Denklemlerinin Performansının Ege Bölgesi İçin İncelenmesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğiti Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98s, Kütahya.
- Hiçyılmaz M, Sezer S, 2020, Afyonkarahisar İli İçin Poisson ve Gumbel Dağılım Modelleri ile Deprem Tehlike Analizi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25, DOI: 10.17482/uumfd.610282
- ICOLD, 1989. Selecting Parameters for Large Dams—Guidelines and Recommendations, ICOLD Committee on Seismic Aspects of Large Dams, *Bulletin*, vol. 72
- İrinyemi S A, Lombaardi D, Ahmad S M, 2021, Seismic Risk Analysis For Large Dams In West Coast Basin, Souther Ghana, *J Seismol*, 26.101-116. <https://doi.org/10.1007/s10950-021-10045-w>

- İnce G, 2007, Yeşilirmak Havzasındaki Barajların Sismik Tehlike ve Toplam Risk Analizleri, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 163s, Eskişehir.
- Joyner W, Boore D M, 1981, Peak Horizontal Acceleration and Velocity From Strong Motion Records Including Records From The 1979 Imperial Valley, California.
- Koçyiğit A ve Deveci Ş, 2007, ANS Trending Active Extensional Structure, The Şuhut (Afyon) Graben: Commencement Age of The Extensional Neotectonic Period in The Isparta Angle, SW Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 16, 391-416.
- Kramer S.L, Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996. 653 p.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2017).Türkiye Sismotektonik Haritası Diri Fay Parametreleri Eki-Ek 1. Özel Yayın Serisi 34 Ankara ISBN:978-605-9516-19-8
- Nordquist J M, 1945, Theory of Largest Values Applied to Earthquake Magnitudes, Trans. Am. Geophys. Un., 26, 29-31.
- Özden S, Kavak K Ş, Koçbulut F, Över S ve Temiz H, 2002, 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) Depremleri, Türkiye Jeoloji Bülteni, 45 (2), 49-56.
- Seed H B, Lee K L, Idriss I M and Makdisi F, 1975, Analysis of The Slides in the San Fernando Dams During the Earthquake of Feb. 9, 1971. College of Engineering, University of California.
- Selçuk C, 2019, Dolgu Barajların Deprem Analizleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, İstanbul.
- Sevimli S, 2019, Batman Çevresinin Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Değerlendirilmesi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 109s, Batman.
- Seyrek E, 2020, Yeni Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Ege Bölgesi İçin Değerlendirilmesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9, 414-423.

- Seyrek E, Baraj Yeri Sismik Tehlike Analizlerinde Sayısal Çözümleme Modelleri ve Bir Uygulama, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- Seyrek E, Orhan A ve Tosun H, Ceyhan Havzası Baraj Yerleri Deterministik Sismik Tehlike Analizi, II. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, Eskişehir, 575-582, 13-15 Mayıs,2009.
- Seyrek E, Tosun H, 2013, Sismik Tehlike Analiz Yöntemlerinin Ülkemizdeki Büyük Beton Barajların Toplam Riski Üzerindeki Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28, 67-75
- Sezer S, Hiçyılmaz M, 2019, Dinar ve Çevresi İçin Deprem Risk Analizi, International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technology (ICIVILTECH 2019), 23-25 October 2019, Afyonkarahisar-Turkey.
- Şengör A, M.C, 1980, Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları, TJK yayını, 40s.
- Tan O, 2021, A Homogeneous Earthquake Catalogue for Turkey. Natural Hazards and Earth System Sciences, 21(7), 2059-2073. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-2059-2021>
- Tezcan S, 1996, Probability Analysis of Earthquake Magnitudes. Turkish Earthquake Foundation TDV TR96.00. 25 pp.
- Tiryakioğlu İ, Yiğit C O, Özkaymak Ç, Baybura T, Yılmaz M, Uğur M A, Yalçın M, Poyraz F, Sözbilir H and Güllal V E, 2019. Active Surface Deformations Detected By Precise Levelling Surveys In The Afyon-Akşehir GrabenWestern Anatolia, Turkey. Geofizika, 36, 33-52
- Tosun H, 2002, Dolgu Baraj Depremselliği ve Tasarım Esasları, DSİ Genel Müdürlüğü, 207 s, Ankara.
- Tosun H ve Önder T B, 2018, Safety Assessment For Existing Large Reservoirs Constructed in Istanbul Metropolitan Area.
- Tosun H, Zorluer İ, Orhan A, Seyrek E, Savaş H ve Türköz M, 2007, Seismic Hazard and Total Risk Analyses for Large Dams in Euphrates Basin, Turkey, Engineering Geology, 89, 155-170, <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2006.10.003>

- Tosun H ve Seyrek E, 2007, Baraj Yeri Sismik Tehlike ve Toplam Risk Analiz Esasları Ceyhan Havzasi İçin Yapılan Uygulamalar, 2. Geoteknik Sempozyumu (pp.14). Adana, Turkey
- Ulusay R, Aydan Ö, Erkan A, Tuncay E, Kumsar H ve Kaya Z, 2004, An Overview of Geotechnical Aspects of the Çay-Eber (Turkey) Earthquake,” Engineering Geology, vol.73, pp.51-70
- Yıldız A, Dumlupınar Ç, Bağcı M, Ulutürk Y, Başaran C, Erdoğan E, 2012, Afyonkarahisar ve Çevresinin Depremselliği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi.
- Yürür T, Köse O, Demirbağ H, Özkaymak Ç ve Selçuk L, 2003, Could The Coseismic Fractures of A Lake İce Reflect the Earthquake Mechanism? (Afyon Earthquakes of 2 March 2002, Central Anatolia, Turkey). Geodinamica Acta 16, 83-87.

İnternet Kaynakları

- 1-<http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx> , 19.10.2023
- 2-http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/veri_bank/mainw.html), 19.10.2023
- 3-<https://basic.atlas.gov.tr/> 19.10.2023

EKLER

EK 1. Çalışmada dikkate alınan Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsüne ait (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _i	M _w	M _s	M _b
31.05.22	15:45:44.15	38.98	29.71	5.4	4.4	0	4.4	4.3	0	0
31.01.22	09:30:34.95	37.89	32.10	2.8	4.1	0	4.1	4.1	0	0
31.08.21	11:04:25.98	38.97	30.20	5	5	0	4.9	5	0	0
14.02.21	21:08:14.94	38.18	30.04	5	4	0	3.9	4	0	0
09.02.21	15:53:55.97	38.60	31.65	5.4	4.3	0	4.3	4.2	0	0
09.02.21	15:51:53.57	38.61	31.66	4.8	4.6	0	4.6	4.5	0	0
16.06.20	19:18:12.01	37.80	30.00	5.3	4	0	3.8	4	0	0
20.08.19	04:37:08.29	37.84	29.73	7.7	4.1	0	4.1	4	0	0
08.08.19	11:25:29.18	37.90	29.60	8.9	5.7	0	5.7	5.6	0	0
08.08.19	11:19:35.88	37.88	29.58	8.9	4.2	0	4.2	4.1	0	0
05.10.17	13:43:21.40	37.90	29.50	7.8	4	0	3.9	4	0	0
29.03.17	18:10:42.82	38.20	31.08	5	4.1	0	4	4.1	0	0
07.08.13	05:20:31.81	39.20	29.45	9.5	4.4	0	4.4	4.2	0	0
29.03.12	10:13:32.43	38.58	30.00	5.6	4.2	0	4.2		0	0
10.12.11	05:15:01.81	38.84	30.21	5	4.1	0	4.1		0	4.1
27.07.11	09:58:13.10	38.34	31.87	5	4.8	0	4.8		0	4.8
18.01.09	19:39:12.05	38.83	31.40	3.4	4	0	4		0	0
30.09.08	07:30:00.83	38.99	29.86	5.4	4.6	0	4.6		0	4.4
14.07.08	10:32:06.90	37.97	30.92	5	4.1	0	3.9		0	4.1
18.11.07	10:48:23.68	38.96	29.83	5.4	4.1	0	4.1		0	0
19.04.07	13:21:59.31	38.55	31.22	5.3	4	0	4		0	0
11.04.07	10:06:38.60	38.04	30.93	5	4.3	0	4.3		0	0
11.04.07	09:57:59.12	38.05	30.92	6	4.2	0	4.2		0	0
10.04.07	22:00:34.00	38.00	30.94	5.5	4.9	0	4.9		0	0
10.04.07	21:39:18.33	38.01	30.95	6	4.7	0	4.7		0	0
31.03.07	01:21:03.27	38.01	30.91	8.9	4.3	0	4.2		0	4.3
30.03.07	20:49:25.42	37.98	30.95	7.5	4.1	0	3.8		0	4.1
30.03.07	19:23:56.13	37.99	30.91	5.7	4.7	0	4.7		0	0
30.03.07	16:56:53.37	38.00	30.92	5.7	4.8	0	4.8		0	0
18.01.07	13:06:36.50	37.93	30.61	7.8	4.3	0	4.2		0	4.3
15.05.05	10:54:26.92	38.62	30.78	5	4.5	0	4.5		0	0
29.01.05	14:48:02.34	38.23	29.69	6.9	4.1	0	4.1		0	0
16.09.04	05:07:26.10	38.69	31.20	10	4.2	4.1	4.2		0	4.1
07.09.04	18:05:35.50	38.68	31.22	10	4.4	0	4.4		0	0
03.07.04	20:29:05.20	38.49	31.33	10	4.3	0	4.3		0	4.1
09.06.04	03:15:42.50	38.43	30.20	7	4.3	4.1	4.3		0	4.1

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİNLİK (KM)	xM	M _d	M _l	M _w	M _s	M _b
17.04.04	03:38:40.40	39.14	29.48	6	4.1	4	4.1		0	0
22.01.04	11:15:43.20	38.41	31.69	5	4.2	4.2	0		0	0
03.10.02	07:25:10.20	38.65	31.34	10	4.2	4	0		0	4.2
05.08.02	04:57:12.60	38.69	31.25	10	4.4	4.4	0		0	4.2
28.06.02	10:47:53.80	38.63	31.30	10	4.3	4.3	0		0	4.3
26.06.02	21:31:19.60	38.63	31.27	5	4	4	0		0	4
13.05.02	11:42:49.80	38.67	31.22	5	4.4	4.4	0		0	4.4
05.04.02	07:38:48.40	37.74	30.23	7	4	4	0		0	0
03.04.02	22:57:50.40	37.76	30.33	9	4.3	4.1	0		0	4.3
01.03.02	11:47:55.80	38.66	30.94	6	4.1	4.1	0		0	0
26.02.02	16:30:42.70	38.67	30.80	5	4.3	4.1	0		0	4.3
24.02.02	19:41:47.80	38.60	31.22	10	4.4	4.1	0		0	4.4
21.02.02	18:04:06.20	38.68	30.88	2	4.2	4	0		0	4.2
17.02.02	06:23:22.80	38.58	30.83	1	4	4	0		0	0
03.02.02	14:40:55.20	38.61	31.23	10	4.3	4	0		0	4.3
03.02.02	11:54:34.50	38.63	31.01	10	4.8	4.5	0		0	4.8
03.02.02	11:39:55.10	38.65	31.01	10	5.1	4.6	0		0	5.1
03.02.02	10:15:42.50	38.69	30.81	10	4	3.5	0		0	4
03.02.02	10:00:14.70	38.61	31.20	10	4.3	4	0		0	4.3
03.02.02	09:55:58.60	38.59	30.87	2	4	4	0		0	4
03.02.02	09:26:44.10	38.68	30.82	5	6	5.9	0	6	0	0
03.02.02	07:14:36.40	38.70	30.87	10	5.6	5.2	5.6		0	5.5
03.02.02	07:11:28.60	38.58	31.25	10	6.1	6.1	0	6	0	0
30.03.01	15:30:49.20	38.74	30.86	10	4.2	4.2	0		0	0
22.03.01	06:21:17.60	38.74	30.87	10	4.8	4.8	0		0	0
02.02.01	09:51:37.90	37.75	30.17	10	4.2	4.2	0		0	0
15.12.00	16:44:44.20	38.63	31.19	13	5.8	5.8	0		0	0
26.08.99	05:37:57.50	37.97	30.80	5	4	4	0		0	0
04.04.98	16:16:47.20	38.12	30.04	7	4.6	4.6	0		0	0
25.02.98	06:58:01.50	37.79	29.56	10	4.2	4.2	0		0	0
01.04.97	11:25:35.20	38.31	31.18	0	4.2	4.2	0		0	0
29.06.96	08:14:54.80	38.05	30.11	12	4.5	4.5	0		0	0
01.05.96	07:33:32.20	38.24	30.15	9	4	4	0		0	0
29.04.96	16:01:59.50	39.03	29.69	9	4	4	0		0	0
18.03.96	07:30:07.70	38.20	30.11	3	4.1	4.1	0		0	0
13.10.95	03:45:59.60	38.13	30.15	1	4	4	0		0	0
11.10.95	04:44:59.10	38.13	30.09	0	4.1	4.1	0		0	0
06.10.95	16:15:57.70	38.03	30.09	8	4.4	4.4	0		0	0

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _l	M _w	M _s	M _b
05.10.95	16:15:21.40	38.04	30.10	7	4.6	4.6	0		0	0
03.10.95	07:38:10.60	38.01	30.05	11	4.3	4.3	0		0	0
02.10.95	19:53:08.10	38.06	30.08	1	4	4	0		0	0
01.10.95	22:21:19.70	38.15	30.07	0	4.2	4.2	0		0	0
01.10.95	21:14:41.60	38.04	30.09	4	4.2	4.2	0		0	0
01.10.95	18:23:01.90	38.16	30.21	10	4	4	0		0	0
01.10.95	18:02:55.90	38.10	30.02	7	4.9	4.9	0		0	0
01.10.95	15:57:13.10	38.11	30.05	5	6	0	0		6	0
28.09.95	13:26:45.60	38.56	30.47	6	4	4	0		0	0
27.09.95	14:15:54.40	38.11	30.02	10	4.7	4.7	0		0	0
26.09.95	15:18:22.50	38.09	30.01	3	4.1	4.1	0		0	0
26.09.95	14:58:08.70	38.04	30.03	5	4.6	4.6	0		0	0
18.08.95	05:44:48.70	37.83	29.46	7	4.3	4.3	0		0	0
18.08.95	00:52:23.80	37.84	29.43	6	4.8	4.8	0		0	0
25.07.95	20:31:33.60	38.84	31.75	5	4.3	4.3	0		0	0
15.06.94	19:54:04.80	37.84	29.77	10	4.2	4.2	0		0	0
06.12.93	14:25:35.10	39.20	30.18	33	4.1	0	0		0	4.1
01.11.93	18:17:22.30	38.95	29.94	13	4.7	4.3	0		0	4.7
30.10.93	09:39:30.20	38.35	30.42	8	4.1	4.1	0		0	4.1
05.01.92	05:31:46.60	37.85	30.00	17	4.2	0	0		0	4.2
09.02.91	18:58:12.20	38.65	31.79	53	4.8	0	0		0	4.8
13.09.89	09:36:51.50	37.70	30.25	28	4.3	0	0		0	4.3
15.02.89	04:01:16.90	39.05	29.71	23	4.4	0	0		0	4.4
18.11.88	20:04:46.90	38.45	30.08	37	4.5	0	0		0	4.5
23.06.88	15:39:33.10	39.08	30.18	12	4	0	0		0	4
13.01.88	07:58:45.00	38.34	30.83	9	4.7	0	0		0	4.7
16.12.87	00:34:39.00	37.91	30.99	10	4.2	0	0		0	4.2
27.11.87	05:44:23.10	37.98	31.08	10	4.6	0	0		0	4.6
26.11.87	23:00:22.00	37.93	31.10	16	4.5	0	0		0	4.5
28.10.87	19:09:35.00	37.87	30.27	12	4.2	0	0		0	4.2
19.06.87	11:14:39.30	38.58	30.62	10	4	0	0		0	4
26.02.86	05:45:01.90	38.98	31.52	10	4.4	0	0		0	4.4
22.02.86	20:03:11.70	38.99	31.49	10	4.2	0	0		0	4.2
17.01.86	02:11:52.30	38.55	31.37	39	4.6	0	0		0	4.6
29.04.85	11:38:39.00	38.35	29.76	3	4.6	0	0		0	4.6
07.02.85	13:18:45.00	39.02	29.88	36	4.6	0	0		0	4.6
08.09.84	20:22:30.40	38.12	30.89	32	4.3	0	0		0	4.3
01.09.84	21:50:11.30	37.83	29.49	10	4.1	0	0		0	4.1

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _l	M _w	M _s	M _b
23.06.84	13:31:23.00	38.90	32.00	10	4	0	0		0	4
16.06.84	03:48:25.00	38.40	30.55	21	4.3	0	0		0	4.3
27.04.84	03:02:58.50	38.90	31.41	12	4	0	0		0	4
31.03.84	02:05:05.30	38.04	30.70	10	4	0	0		0	4
24.06.83	14:47:48.40	37.84	29.50	10	4.4	0	0		3.8	4.4
14.03.82	15:09:09.00	38.64	31.06	5	4.2	0	0		0	4.2
25.03.81	04:46:38.30	37.73	31.72	42	4.6	0	0		0	4.6
02.10.80	23:21:36.30	38.12	30.90	1	4	0	0		0	4
02.10.80	23:08:11.50	38.07	30.84	6	4.4	0	0		0	4.4
26.05.80	21:29:42.00	38.97	31.77	29	4	0	0		0	4
27.04.78	05:14:13.10	38.74	31.60	10	4	0	0		0	4
27.11.77	20:42:04.20	37.72	32.10	31	4.2	0	0		0	4.2
19.10.77	14:14:17.70	39.01	29.60	10	4.8	0	4.8		0	4
25.09.77	19:56:56.90	38.64	31.03	18	4.4	0	0		0	4.4
21.04.77	03:25:54.00	38.74	31.20	14	4	0	0		0	4
23.01.77	06:58:02.40	37.91	29.86	0	4	0	0		0	4
07.09.76	21:17:03.00	38.30	30.50	0	4	0	0		0	4
23.07.76	06:44:46.60	38.16	31.36	0	4.1	0	0		0	4.1
14.05.76	01:23:13.20	37.75	29.47	21	4.2	0	4.2		0	4
21.01.76	18:15:13.00	39.11	29.61	27	4	0	0		0	4
28.10.75	23:41:40.00	38.71	31.01	23	4.3	0	0		4.3	4.3
30.08.75	17:05:52.80	38.60	30.18	8	4	0	0		0	4
21.01.75	17:50:25.00	39.07	30.67	23	4.5	0	0		0	4.5
27.02.74	00:18:59.50	38.86	30.82	30	4.2	4	4	4.2	3.7	4.1
10.11.73	18:26:11.20	37.89	31.06	23	4.5	4.3	4.2	4.5	4.2	4.4
27.02.73	17:10:10.50	38.83	29.87	30	4.6	4.6	4.6	4.3	4.5	4
04.10.72	06:14:25.80	39.14	29.44	34	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
27.07.72	12:08:10.90	38.97	29.95	18	4.3	4.1	4	4.3	3.9	4.2
28.05.72	03:14:36.20	38.96	30.04	29	5.1	4.8	4.6	5.1	4.8	4.8
14.03.72	14:05:46.60	39.32	29.47	38	5.6	0	5.5	5.6	5.2	5.3
06.11.71	19:43:47.50	39.02	29.78	16	5.3	5	4.8	5.3	5.1	5
21.10.71	07:11:36.80	37.92	30.28	33	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6
06.10.71	01:46:38.80	38.22	30.14	19	4.9	4.7	4.4	4.9	4.6	4.6
05.10.71	18:53:09.90	38.93	29.61	30	4.8	4.6	4.4	4.8	4.5	4.5
03.10.71	07:44:27.70	38.94	29.92	26	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8
07.08.71	17:07:24.50	38.87	29.91	20	4.8	4.4	4.6	4.8	4.6	4.5
10.06.71	09:31:53.90	39.02	29.63	33	5.3	4.5	4.7	5.3	5.1	5
25.05.71	06:18:45.70	38.89	29.74	33	4.7	4.4	4.6	4.7	4.6	4.4

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _l	M _w	M _s	M _b
25.05.71	05:53:28.60	39.05	29.69	13	4.8	0	4.8	4.6	4.3	4.5
25.05.71	05:43:26.10	39.05	29.71	16	6	5.8	5.7	6	5.9	5.7
23.05.71	00:27:38.50	37.69	30.14	14	4.5	4.3	4.2	4.5	4.2	4.4
12.05.71	06:33:44.00	37.70	29.50	5	4.6	4.6	0		0	0
10.05.71	07:32:32.70	38.87	29.62	10	4.2	4	4	4.2	3.8	4.1
06.05.71	04:24:35.70	39.04	29.75	34	5	4.7	4.5	5	4.7	4.7
13.04.71	12:52:38.70	39.03	29.80	41	5.4	5.1	0	5.4	5.2	5.1
26.12.70	13:34:31.70	39.10	29.50	5	4	4	0		0	0
13.12.70	20:18:04.60	39.10	29.60	5	4	4	0		0	0
21.09.70	19:08:02.00	38.80	30.00	27	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.2
09.09.70	05:25:58.80	38.97	29.52	33	5.1	4.8	0	5.1	4.8	4.8
07.08.70	04:53:24.30	39.08	30.01	41	4.8	4.6	0	4.8	4.5	4.5
20.06.70	06:04:27.20	38.85	29.87	47	4.8	4.6	4.5	4.8	4.5	4.5
18.06.70	12:40:26.70	38.90	29.90	5	4	4	0		0	0
10.06.70	17:44:57.00	39.07	30.20	37	4.2	4	4	4.2	3.7	4.1
10.06.70	05:17:15.50	39.15	29.46	43	4.7	4.6	4.4	4.7	4.5	4.4
09.06.70	14:40:19.60	38.80	30.00	10	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.2
01.06.70	06:43:13.00	39.00	29.70	54	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
29.05.70	23:38:51.00	39.11	29.68	21	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
28.05.70	02:52:17.90	38.95	30.03	34	4.9	4.7	4.4	4.9	4.6	4.6
26.05.70	05:51:51.20	38.92	29.44	59	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.4
20.05.70	12:37:33.00	38.99	30.00	49	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6
14.05.70	21:34:07.00	38.84	30.00	35	4.3	4.1	4.1	4.3	3.9	4.2
11.05.70	16:28:30.00	38.95	29.90	20	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.2
08.05.70	14:00:41.10	38.93	30.07	35	4.2	4	4.2	4.2	3.7	4.1
08.05.70	10:10:28.70	38.93	29.99	37	4.6	4.4	4.4	4.6	4.3	4.5
08.05.70	10:06:21.00	38.99	29.50	38	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.2
08.05.70	06:58:59.00	38.91	30.01	29	4.5	4.3	4.4	4.5	4.2	4.4
08.05.70	02:49:14.60	38.93	29.98	20	4.7	4.6	4.3	4.7	4.5	4.6
06.05.70	21:02:05.00	38.93	29.94	33	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.2
06.05.70	05:50:03.00	38.90	31.30	5	4.1	4.1	0		0	0
30.04.70	23:59:09.00	39.09	29.59	29	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6
28.04.70	00:22:05.70	39.17	29.70	5	4.1	4.1	0		0	0
27.04.70	22:24:43.00	39.06	29.54	11	5	4.7	4.5	5	4.7	4.7
27.04.70	09:35:13.10	38.96	29.58	33	4.8	4.7	4.7	4.8	4.7	4.8
27.04.70	09:34:34.00	38.98	30.02	32	5	0	5	4.6	4.3	4.5
27.04.70	09:34:03.40	38.98	32.02	32	4.3	4.3	0		0	0
27.04.70	01:54:12.60	38.94	29.81	37	4.7	4.5	4.6	4.7	4.6	4.6

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _i	M _w	M _s	M _b
26.04.70	23:15:02.00	38.86	29.94	18	4.6	4.3	4.6	4.5	4.2	4.4
26.04.70	15:36:06.10	39.03	29.77	5	4	4	0		0	0
25.04.70	05:52:02.60	39.00	29.56	7	4	4	0		0	0
24.04.70	22:52:49.70	39.12	29.68	10	4.4	0	4.4	4.2	3.7	4.1
24.04.70	05:52:00.80	39.01	29.72	45	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
24.04.70	03:33:39.30	39.01	29.70	44	5.4	5.1	5.1	5.4	5.1	5.1
24.04.70	00:40:01.40	39.01	29.85	32	5.1	4.8	5	5.1	4.8	4.8
23.04.70	07:18:31.80	38.94	30.01	32	5.2	4.9	4.9	5.2	4.9	4.9
22.04.70	18:38:50.10	39.08	29.43	48	4.9	4.8	4.7	4.9	4.8	4.6
22.04.70	05:24:06.00	39.02	29.77	37	5.3	5	5	5.3	5	5
22.04.70	04:51:00.20	38.87	29.98	36	4.6	4.4	4.4	4.6	4.3	4.5
21.04.70	18:04:11.10	38.91	29.91	49	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
21.04.70	17:12:33.00	38.90	29.70	23	4.6	4.4	4.4	4.6	4.3	4.5
21.04.70	08:29:38.00	39.00	29.50	10	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6
21.04.70	07:36:58.00	39.08	29.90	25	4.8	4.6	4.6	4.8	4.5	4.7
21.04.70	01:33:01.00	38.89	30.18	28	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
20.04.70	18:33:14.50	38.89	30.30	33	4.3	4.1	4.3	4.3	3.9	4.2
20.04.70	18:00:33.00	38.84	29.92	23	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
20.04.70	07:19:07.00	38.98	29.60	59	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
20.04.70	02:23:26.70	38.98	30.09	35	4.8	4.6	4.6	4.8	4.5	4.5
19.04.70	22:05:52.00	38.87	30.20	10	4.6	4.4	4.4	4.6	4.3	4.5
19.04.70	14:22:01.30	38.20	29.90	5	4.4	4.4	0		0	0
19.04.70	14:14:02.00	39.50	31.00	5	4.5	4.5	0		0	0
19.04.70	13:47:35.00	39.03	29.80	24	5.8	5.6	5.4	5.7	5.8	5.4
19.04.70	13:29:36.50	39.03	29.76	18	5.8	5.5	5.6	5.8	5.7	5.5
18.04.70	23:06:29.40	38.80	29.90	33	4.1	3.9	3.8	4.1	3.6	4
18.04.70	18:14:04.90	38.70	31.70	5	4	4	0		0	0
18.04.70	12:31:09.80	38.80	29.70	45	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6
18.04.70	01:54:19.00	38.80	29.70	73	4.3	4.1	4.1	4.3	3.9	4.2
17.04.70	20:27:22.00	38.92	29.71	51	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
16.04.70	12:59:18.00	38.99	29.50	67	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
16.04.70	11:43:22.30	38.98	29.95	43	4.9	4.7	4.6	4.9	4.7	4.8
16.04.70	10:42:22.30	39.02	29.91	31	5.7	5.3	5.3	5.7	5.4	5.4
15.04.70	16:27:53.00	39.27	29.70	41	4.2	4	4	4.2	3.7	4.1
15.04.70	00:36:02.20	39.01	29.77	40	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
12.04.70	08:39:05.10	39.50	31.00	5	4.2	4.2	0		0	0
11.04.70	17:24:25.00	39.09	29.76	22	4.9	4.7	4.6	4.9	4.6	4.6
07.04.70	22:58:55.00	39.01	30.11	21	4.6	4.4	4.4	4.6	4.3	4.5

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _i	M _w	M _s	M _b
05.04.70	19:48:04.80	39.20	31.70	5	4.2	4.2	0		0	0
05.04.70	05:47:27.30	38.88	29.89	32	4.6	4.4	4.5	4.6	4.3	4.5
04.04.70	16:48:10.00	38.90	29.90	33	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6
04.04.70	12:06:04.70	38.90	30.30	5	4.5	4.5	0		0	0
03.04.70	23:19:38.00	38.90	29.70	3	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
03.04.70	12:16:45.80	38.95	29.50	10	4.5	0	4.5	4.3	3.9	4.2
02.04.70	20:35:09.00	39.05	29.72	35	4.9	4.7	4.6	4.9	4.6	4.6
02.04.70	02:45:47.00	38.96	29.44	10	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
02.04.70	00:28:32.30	39.11	29.57	28	4.5	4.3	4.5	4.5	4.2	4.4
01.04.70	17:55:14.00	39.01	29.69	41	4.5	4.3	4.4	4.5	4.2	4.4
31.03.70	21:20:34.00	39.12	29.51	20	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.2
31.03.70	16:08:22.50	39.03	29.49	37	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
31.03.70	11:57:59.90	38.89	29.73	41	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
31.03.70	05:40:44.00	39.11	29.77	9	4.7	4.5	4.3	4.7	4.4	4.6
31.03.70	04:47:01.70	39.00	30.10	15	4.4	4.4	0		0	0
31.03.70	04:45:55.00	39.11	29.90	10	4.5	4.3	4.4	4.5	4.2	4.4
31.03.70	03:46:51.10	39.03	29.79	35	5	4.8	4.8	5	4.8	4.7
31.03.70	03:38:01.50	39.10	30.00	5	4.3	4.3	0		0	0
30.03.70	21:42:31.00	39.03	29.90	35	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
30.03.70	20:38:05.00	39.05	29.62	28	4.8	4.7	0	4.8	4.6	4.5
30.03.70	16:32:36.50	39.09	29.59	30	5.1	4.9	5.1	5	4.9	4.7
30.03.70	11:27:58.00	39.20	30.30	53	4.3	4.1	4.1	4.3	3.9	4.2
30.03.70	08:08:58.00	39.40	30.00	10	4.4	4.1	4.4	4.3	3.9	4.2
30.03.70	05:20:03.50	39.20	29.80	5	4.1	4.1	0		0	0
30.03.70	05:06:18.00	39.20	29.50	10	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
30.03.70	02:22:34.00	39.14	29.80	58	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
30.03.70	01:23:37.20	39.18	29.60	10	4.5	4.3	4.4	4.5	4.2	4.4
30.03.70	00:15:44.50	38.96	29.73	55	4.6	4.4	4.3	4.6	4.3	4.5
29.03.70	09:40:12.50	39.01	30.00	10	4.3	4.1	4.3	4.3	3.9	4.2
29.03.70	09:00:35.70	39.08	29.50	42	4.4	4.2	4.4	4.4	4	4.3
29.03.70	06:56:24.40	39.06	29.74	29	5.4	5.3	5.3	5.4	5.4	5.1
29.03.70	03:55:40.50	39.36	29.51	38	4.8	4.6	4.6	4.8	4.6	4.7
29.03.70	03:10:46.70	39.06	29.68	37	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
29.03.70	02:54:52.00	39.12	29.53	22	4.3	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3
29.03.70	02:45:51.00	38.35	30.00	40	4.4	4.2	4.3	4.4	4	4.3
29.03.70	02:45:05.10	39.35	30.00	40	4.3	4.3	0		0	0
29.03.70	02:40:35.40	38.92	29.70	33	4.6	4.4	4.4	4.6	4.5	4.5
29.03.70	02:37:11.80	39.01	30.40	33	4.6	4.6	0		0	0

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _l	M _w	M _s	M _b
29.03.70	02:27:11.80	39.01	30.40	33	4.7	4.5	4.5	4.7	4.4	4.6
29.03.70	01:28:55.00	38.80	29.50	55	4.2	4	4	4.2	3.7	4.1
28.03.70	23:44:00.10	39.07	29.76	32	5.3	5.1	0	5.3	5.2	5
28.03.70	23:30:52.00	38.90	29.90	10	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
28.03.70	23:28:27.70	39.23	29.50	50	4.8	0	4.8	4.5	4.2	4.4
28.03.70	23:11:43.40	39.15	29.56	31	5.5	5.1	5.1	5.5	5.2	5.2
28.03.70	22:40:15.90	39.02	29.43	43	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
28.03.70	22:05:28.20	38.81	29.71	7	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
28.03.70	21:59:10.90	39.28	29.46	17	5.1	4.8	4.6	5.1	4.8	4.8
28.03.70	21:55:14.00	38.70	30.60	10	4.1	3.9	3.8	4.1	3.6	4
28.03.70	21:52:01.50	39.50	31.10	5	4.4	4.4	0		0	0
28.03.70	21:45:01.10	38.90	31.50	5	4.4	4.4	0		0	0
28.03.70	21:41:20.00	39.13	29.53	42	4.9	4.6	4.9	4.8	4.5	4.5
28.03.70	21:37:04.70	38.70	31.40	5	4.8	4.8	0		0	0
28.03.70	21:32:10.00	38.80	30.00	10	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
28.03.70	21:30:03.60	38.90	30.70	5	4.3	4.3	0		0	0
28.03.70	21:19:02.00	39.50	30.70	5	4.4	4.4	0		0	0
28.03.70	21:18:01.20	38.20	30.10	5	4.4	4.4	0		0	0
28.03.70	21:13:02.40	39.30	30.70	5	4.6	4.6	0		0	0
28.03.70	21:12:01.00	39.50	30.30	5	5.3	5.3	0		0	0
28.03.70	21:10:02.50	38.90	29.70	5	5.1	5.1	0		0	0
28.03.70	21:02:23.50	39.21	29.51	18	7	0	7	6.2	7	6
15.11.69	02:54:37.10	37.78	29.91	6	4.8	4.7	4.5	4.8	4.6	4.7
24.04.69	02:49:37.00	38.40	31.90	26	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
23.04.69	21:19:29.30	38.40	31.90	33	4.4	4.2	4.2	4.4	4	4.3
14.01.69	03:22:13.00	39.40	30.10	10	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
08.01.69	03:04:52.00	37.80	31.10	33	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
28.03.68	00:57:54.70	38.10	31.00	10	5.3	5	4.9	5.3	5	5
30.06.67	04:24:02.50	37.79	30.54	28	4.5	4.3	4.3	4.5	4.2	4.4
13.06.67	12:54:07.00	39.03	31.14	2	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.5
03.11.66	13:17:53.00	38.97	31.10	9	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
25.09.66	03:10:31.20	37.77	29.97	44	5.2	5.1	5.1	5.1	5.2	4.8
25.04.64	01:11:04.50	37.80	29.80	59	4.7	4.3	4.3	4.7	4.2	4.6
01.12.60	04:02:37.40	38.36	30.52	50	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
19.12.58	03:27:32.50	37.81	29.52	40	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6
22.06.56	00:46:53.80	38.48	31.94	40	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
16.07.46	19:45:30.50	38.63	31.15	40	5.3	5	5	5.3	5.1	5.1
21.02.46	15:43:12.20	38.24	31.79	60	5.6	5.4	5.3	5.6	5.5	5.4

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİN LİK (KM)	xM	M _d	M _l	M _w	M _s	M _b
25.06.44	06:57:49.50	38.97	29.87	40	5.6	5.4	5.3	5.6	5.5	5.4
02.08.36	22:41:04.30	38.11	29.65	10	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
02.08.36	18:21:08.60	37.88	29.70	70	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
19.06.34	18:43:15.60	37.86	31.13	50	5.5	5.2	5.2	5.5	5.3	5.2
19.07.33	20:07:09.80	38.19	29.79	40	5.8	5.5	5.5	5.8	5.7	5.5
12.01.31	15:55:34.00	38.50	31.90	30	5.3	5	4.9	5.3	5	5
12.01.31	15:06:12.40	38.47	31.80	20	5.3	5	4.9	5.3	5	5
19.08.29	23:17:05.10	38.00	29.50	15	4.4	4.4	0		0	0
08.05.29	12:27:30.00	38.00	29.50	15	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6
07.02.27	06:04:36.00	39.00	31.00	15	5.4	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1
20.12.26	10:31:06.00	39.00	31.00	30	5.2	4.9	4.9	5.2	4.9	4.9
20.09.25	18:06:52.00	39.00	31.00	30	5.2	4.9	4.9	5.2	4.9	4.9
14.09.25	09:06:45.00	39.00	31.00	30	5.2	4.9	4.9	5.2	4.9	4.9
28.08.25	08:58:01.00	38.00	30.00	15	4.3	4.3	0		0	0
19.08.25	05:13:04.00	38.10	29.80	5	4.9	4.9	0		0	0
16.08.25	20:58:24.00	38.00	30.00	15	5.3	5	5	5.3	5.1	5.1
12.08.25	00:05:02.00	38.00	30.00	15	4.4	4.4	0		0	0
09.08.25	17:16:40.00	38.00	30.00	15	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
08.08.25	03:04:12.00	38.00	30.00	15	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
07.08.25	18:02:01.00	38.00	30.00	15	4.4	4.4	0		0	0
07.08.25	17:32:01.00	38.00	30.00	15	4.4	4.4	0		0	0
07.08.25	16:12:56.00	38.00	30.00	15	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6
07.08.25	06:46:37.00	38.10	29.80	20	5.9	5.7	5.6	5.9	5.9	5.6
05.08.25	05:01:00.00	38.10	29.80	30	5.3	5	4.9	5.3	5	5
20.11.24	20:27:45.00	38.55	30.78	10	5.9	5.7	5.6	5.9	5.9	5.6
11.09.23	10:14:48.00	38.00	29.50	22	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
26.09.21	09:26:10.10	38.42	31.79	10	5.5	5.3	5.3	5.5	5.4	5.3
13.04.21	04:54:05.00	38.40	31.80	30	5.4	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1
27.05.19	10:35:15.20	39.13	31.02	10	5.5	5.2	5.2	5.5	5.3	5.2
16.01.18	07:13:28.50	38.34	29.48	10	5.8	5.5	5.5	5.8	5.7	5.5
17.10.14	00:13:00.00	38.00	30.00	15	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
13.10.14	20:38:00.00	38.00	30.00	15	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6
11.10.14	09:45:00.00	38.00	30.00	15	5.4	5.1	5.1	5.4	5.2	5.1
10.10.14	13:13:00.00	38.00	30.00	15	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
08.10.14	16:13:00.00	38.00	30.00	15	4.9	4.8	4.8	4.9	4.8	4.9
06.10.14	12:30:00.00	38.00	30.00	15	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
05.10.14	12:09:00.00	38.00	30.00	15	4.8	4.7	4.6	4.8	4.6	4.7
04.10.14	20:28:00.00	38.00	30.00	15	4.7	4.6	4.6	4.7	4.5	4.6

EK 1. (Devam) (1900-2023) arası aletsel dönem deprem büyüklüğü verileri

TARİH	ZAMAN (UTC)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİNLİK (KM)	xM	M _d	M _i	M _w	M _s	M _b
04.10.14	18:10:00.00	38.00	30.00	15	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8
04.10.14	17:50:01.00	38.00	30.00	15	4.4	4.4	0		0	0
04.10.14	16:20:01.00	38.00	30.00	15	4.4	4.4	0		0	0
04.10.14	15:50:00.00	38.00	30.00	15	5.3	5	4.9	5.3	5	5
04.10.14	02:07:00.00	38.00	30.00	15	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8
04.10.14	00:22:00.00	38.00	30.00	15	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8
03.10.14	23:23:00.00	38.00	30.00	15	4.9	4.7	4.7	4.9	4.7	4.8
03.10.14	22:07:02.40	37.70	30.40	14	6.9	6.5	6.4	6.6	6.9	6.4
01.04.01	00:00:01.00	38.40	31.40	5	5	5	0		0	0