

**DİCLE HAVZASINDAKİ BARAJLARIN  
SİSMİK TEHLİKE ve TOPLAM RİSK  
ANALİZLERİ**

**Emre AYDIN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz - 2006**

**SEISMIC HAZARD and TOTAL RISK  
ANALYSES OF DAMS IN DICLE BASIN**

**Emre AYDIN**

**MASTER OF SCIENCE THESIS**

**Department of Civil Engineering**

**July - 2006**

**DİCLE HAVZASINDAKİ BARAJLARIN  
SİSMİK TEHLİKE ve TOPLAM RİSK  
ANALİZLERİ**

**Emre AYDIN**

**Osmangazi Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Geoteknik Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Danışman: Prof. Dr. Hasan TOSUN**

**Temmuz – 2006**

Emre AYDIN' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “DİCLE HAVZASINDAKİ BARAJLARIN SİSMİK TEHLİKE ve TOPLAM RİSK ANALİZLERİ” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof. Dr. Hasan TOSUN

Üye : Prof. Dr. Hasan GÖNEN

Üye : Doç. Dr. Gülgün YILMAZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Barajlar, değişik fiziksel faktörlerin etkisi altında değişik malzemelerden ve değişik amaçlı olarak inşa edilen büyük boyutlu mühendislik yapılarıdır. Bu yapıların güvenliği her aşamada büyük önem arz etmektedir. Yerleşim alanlarına yakın inşa edilen ve büyük rezervuarlara sahip barajlar, mansaptaki canlı yaşamı için büyük risk oluştururlar ve herhangi bir nedenle göçmeleri halinde büyük can ve mal kayıplarına neden olurlar.

Ülkemiz sismolojik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır. Bundan dolayı, güvenli bir baraj tasarımı için, bu yapıların deprem yükleri altındaki davranışı önemli bir noktadır. Bu bakımdan barajlar için kapsamlı bir dinamik analiz yapılmalıdır. Ülkemizde sismik aktivitesi yüksek bölgelerde baraj yapma zorunluluğu olduğundan, baraj sahasının jeolojisi, geoteknik özellikleri, yapı zemin ortak davranışı ve sismik aktiviteleri dikkatlice analiz edilmelidir. Bu amaçla geliştirilmiş toplam risk analizleri ile farklı esaslarda dikkate alınan sismik tehlike analizleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, baraj yeri sismik tehlike analizi ile toplam risk analizlerinin esasları özetlenerek Dicle Havzası'nda yer alan 10 ayrı baraj için gerçek verilere dayalı olarak analizler yapılmıştır. Her bir baraj için kritik zon tespit edilmiş ve kritik zondaki en büyük tasarım depremi tanımlanmıştır. Bu çalışma sonunda görülmüştür ki, düşük sismik tehlike oranlarına sahip olmasına rağmen havza içinde yer alan barajlar yüksek ve çok yüksek risk oranlarına sahiptirler. Havza içinde yer alan bazı barajlarda yakın kaynak zonu etkisi bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, Baraj, Sismik tehlike analizi, Potansiyel risk oranı

## SUMMARY

Dams are large sized engineering structures, which are constructed from different materials for different aims under different physical effects. Safety of these buildings are very important on every stage. However, reservoirs constructed near urban areas have a high potential risk for downstream life and property and at the case of failure, so many people can be died and economical lost can be achieved.

Our country is located on seismically active region. Therefore, for design of safety dam behaviour of these structures under earthquake loads is very important issue. In this respect, should be produced dynamic analysis for dams. In our country there is a necessity to build dams at seismically very active areas. It is need to perform detail geotechnical investigation and to analysis soil-structure interaction in order to realise the rational design. For that case, analysis methods have been developed as based on seismic hazard of dam site and potential risk of dam structure.

In this study, principles of seismic hazard analysis of dam site and total risk analysis of structures are summarized and the detail analysis are realized for 10 different dams which are located at the Dicle Basin. Critical zone determined for each dams and maximum design earthquake at critical zone are defined. As a result of the study, it is observed that; the dams in Dicle Basin has high and very high rate of risk. In basin some dams are under the impact of near source zone.

**Key words:** Earthquake, dam, potential risk ratio, seismic risk analysis

## **TEŞEKKÜR**

Bu tezin hazırlanmasında yoğun çalışma temposu arasında kıymetli vakitlerini ayırarak yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hasan TOSUN' a ve Sayın AraŐ. Gör. Evren SEYREK' e en içten teŐekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemi sağlayan, üzerimde maddi ve manevi emekleri büyük olan aileme, dostlarıma ve değerli hocalarıma da ayrıca teşekkür ederim.

Saygılarımla...

Temmuz-2006

**Emre AYDIN**  
İnşaat Mühendisi

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Amaç .....	1
1.2 Kapsam .....	2
<b>2. DOLGU BARAJ DEPREMSELLİĞİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Sismik Tasarımda Dikkate Alınan Başlıca Faktörler .....	3
2.2 Analiz İçin Depremlerin Seçimi .....	4
2.3 Pik Yer Hareketi Parametreleri .....	6
2.4 Sismik Değerlendirme Parametrelerinin Seçimine Etkileyen Faktörler .....	8
2.4.1 Belli alanların sismik tehlike oranlarının etkisi .....	8
2.4.2 Toplam risk analizi .....	10
<b>3. DEĞERLENDİRME ESASLARI ve YÖNTEM</b> .....	<b>13</b>
<b>4. DİCLE HAVZASI BARAJLARINDA YAPILAN ANALİZLER</b> .....	<b>15</b>
4.1 Havza Karakteristikleri .....	15
4.2 Verilerin Temini ve Dönüştürülmesi .....	17
4.3 Sismik Analizler ve Karakteristik Sismik Parametrelerin Seçimi .....	19
4.3.1 Silvan barajı sismik risk analizi .....	21
4.3.2 Ayşehatun barajı sismik risk analizi .....	26
4.3.3 Göksu barajı sismik risk analizi .....	32
4.3.4 Çukurca barajı sismik risk analizi .....	38

## İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.3.5	Ilısu barajı sismik risk analizi .....	44
4.3.6	Kralkızı barajı sismik risk analizi .....	50
4.3.7	Hakkari barajı sismik risk analizi .....	56
4.3.8	Batman barajı sismik risk analizi .....	62
4.3.9	Cizre barajı sismik risk analizi .....	68
4.3.10	Dicle barajı sismik risk analizi .....	74
<b>5.</b>	<b>TARTIŞMA .....</b>	<b>81</b>
5.1	Sismik Tehlike Analizleri .....	81
5.2	Toplam Risk Analizleri .....	84
<b>6.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>	<b>85</b>
<b>7.</b>	<b>EK AÇIKLAMALAR .....</b>	<b>87</b>
<b>8.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>95</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Dicle Havzası'nda Yer Alan Barajlar .....	16
4.2 Dicle Havzası Sismo-Tektonik Haritası .....	20
4.3 Silvan Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	22
4.4 Silvan Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler.....	23
4.5 Silvan Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	25
4.6 Silvan Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	25
4.7 Silvan Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	26
4.8 Ayşehatun Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	28
4.9 Ayşehatun Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	29
4.10 Ayşehatun Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	31
4.11 Ayşehatun Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	31
4.12 Ayşehatun Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	32
4.13 Göksu Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	34
4.14 Göksu Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	35
4.15 Göksu Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	37
4.16 Göksu Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	37
4.17 Göksu Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	38
4.18 Çukurca Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	40
4.19 Çukurca Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	41
4.20 Çukurca Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	43
4.21 Çukurca Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	43
4.22 Çukurca Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	44
4.23 Ilısu Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler.....	46
4.24 Ilısu Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	47
4.25 Ilısu Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	49

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.26 Ilısu Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	49
4.27 Ilısu Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	50
4.28 Kralkızı Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	52
4.29 Kralkızı Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	53
4.30 Kralkızı Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	55
4.31 Kralkızı Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	55
4.32 Kralkızı Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	56
4.33 Hakkari Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	58
4.34 Hakkari Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	59
4.35 Hakkari Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	61
4.36 Hakkari Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	61
4.37 Hakkari Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	62
4.38 Batman Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	64
4.39 Batman Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	65
4.40 Batman Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	67
4.41 Batman Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	67
4.42 Batman Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	68
4.43 Cizre Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	70
4.44 Cizre Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	71
4.45 Cizre Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	73
4.46 Cizre Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	73
4.47 Cizre Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	74
4.48 Dicle Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler .....	76
4.49 Dicle Barajı LogN - Deprem Büyüklüğü İlişkisi .....	77
4.50 Dicle Barajı Deprem Büyüklüğü - Dönüş Periyodu İlişkisi .....	79

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.51 Dicle Barajı Deprem Büyüklüğü - Aşılma İhtimali İlişkisi .....	79
4.52 Dicle Barajı Deprem Büyüklüğü - Yapı Ömrü - Risk İlişkisi .....	80

## TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Baraj Tipine Bağlı Olmaksızın Baraj Yeri Sismik Tehlike Oranı (ICOLD, 1989) .....	9
2.2 Baraj Karakteristikleri ve Sosyo-Ekonomik Etkilerden Oluşan Potansiyel Risk Değerleri .....	11
2.3 Hesaplanmış Toplam Risk Faktörüne Bağlı Olarak Barajın Risk Sınıfı (ICOLD, 1989) .....	11
4.1 Dicle Havzası'ndaki Barajların Genel Karakteristikleri .....	17
4.2 Çalışmada Dikkate Alınan Depremlerin Dağılımı .....	18
4.3 Silvan Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	21
4.4 Silvan Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	25
4.5 Ayşehatun Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	27
4.6 Ayşehatun Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	30
4.7 Göksu Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	33
4.8 Göksu Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	36
4.9 Çukurca Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	39
4.10 Çukurca Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	42
4.11 Ilısu Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	45
4.12 Ilısu Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	48
4.13 Kralkızı Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	51
4.14 Kralkızı Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	54
4.15 Hakkari Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	57
4.16 Hakkari Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	60
4.17 Batman Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	63
4.18 Batman Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	66
4.19 Cizre Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	69
4.20 Cizre Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	72
4.21 Dicle Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler .....	75
4.22 Dicle Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları .....	78
5.1 Dicle Havzasındaki Barajlara Ait Kritik Kaynak Zonları ve Bu Zonlara Ait Değerler .....	82

## TABLÖLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
5.2 Dicle Havzasındaki Barajlara Ait Gumbel Analiz Sonuçları .....	83
5.3 Baraj Tipine Bağlı Olmaksızın Baraj Yeri Sismik Tehlike Oranları .....	83
5.4 Dicle Havzası Barajları İçin Hesaplanmış Toplam Risk Faktörüne Bağlı Olarak Barajın Risk Sınıfı .....	84

## 1. GİRİŞ

Barajlar, temel zemin özellikleri, iklim koşulları, hidrolojik ve hidrolik esaslar, jeolojik ve topoğrafik koşullara bağlı olarak tasarlanır. Bu yapıların deprem anındaki güvenliği de ayrıca önem arz etmektedir. Depremlerin neden olduğu güçlü yer hareketleri baraj yapısında ilave yüklere neden olmaktadır. Bu hareketler, yapıların mesnetlenmesinde zamana bağlı bir deplasman doğuracak ve dinamik bir etki yaratacaktır. Tosun (2002); deprem oluşma ihtimali olan bölgelerde yapılacak ve yapılmış olan yapıların deprem yükleri altında davranışının tahmin edilmesinde, en başta yapıya dayanak sağlayan temel sisteminin ve bu sistemin bir parçası olan temel zemininin, deprem yükleri altında nasıl davranacağını bilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Baraj mühendisliğinde hızlı bir gelişme kaydedilmiştir. 1970' li yıllardan önce inşa edilen barajların analizlerinde de sismik parametreler dikkate alınmalıdır. Günümüzde inşa edilen barajların çoğunun, işletmeye alınmadan önce deprem yönünden emniyetli olduğu, barajın sismik tasarımı ile gösterilebilmektedir. Özellikle barajların dinamik analizleri, son yıllarda çok daha yeterli veri kullanılarak detaylı olarak yapılabilmektedir. Barajların deprem emniyetinin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için anlamlı sismik parametrelerin kullanılması gerekmektedir. Barajlarda ve ilgili yapılarda oluşan hasarların; direkt olarak baraj temelini kesen veya temele yakın fay hareketlerinden veya barajdan belli bir uzaklıkta oluşan bir depremin baraj temelinde ortaya çıkardığı yer hareketinden kaynaklandığı düşünülürse, yapı emniyeti açısından bu parametrelerin tasarımında kullanılmasının ne denli önemli olduğu açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Tosun, 2002).

### 1.1 Amaç

Bu çalışmada dolgu baraj yeri sismik tehlike analizleri ile toplam risk analizlerinin kısaca anlatılması ve ülkemizdeki önemli bir havzadaki barajlarda uygulamasının yapılması amaçlanmaktadır. Dolgu barajlar için sismik tehlike ve toplam

risk analizlerinin uygulaması için ülkemizin en önemli havzalarından biri olan Dicle Havzası seçilmiştir.

## **1.2 Kapsam**

Bu çalışmada değişik kaynaklardan yararlanılarak barajlar için geliştirilen sismik risk ve toplam risk analizlerinin tanımı yapılmakta ve Dicle Havzasına ilişkin bir uygulama sunulmaktadır. Bölüm 1' de konunun tanımı yapılmakta ve Bölüm 2' de dolgu baraj deprenselliği anlatılmaktadır. Bu çalışmada takip edilen yöntem Bölüm 3' de verilmektedir. Çalışmanın uygulama bölümünü oluşturan Dicle Havzasındaki barajlar ile ilgili analizler Bölüm 2' de değinilen esaslar dahilinde Bölüm 4' de üç ayrı başlık altında sunulmaktadır. Çalışma sonuçları Bölüm 5' de tartışılmakta ve elde edilen sonuç ve öneriler Bölüm 6' da verilmektedir.

## **2. DOLGU BARAJ DEPREMSELLİĞİ**

Barajlar jeolojik ve sismolojik olarak stabil olan alanlar üzerine inşa edilmektedir. Bu yapıların tasarımında, baraj yeri depremselliği önemle incelenmektedir. Bu amaçla yapılacak tasarımda dikkate alınan faktörler kadar, analiz için depremlerin seçimi ile pik yer hareketi parametrelerinin belirlenmesi de önem arz etmektedir. Bu bölümde yer alan bilgiler, bütünüyle Tosun (2002)' den alınmıştır.

### **2.1 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.

## **2.2 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) olduğu 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 oluşan ve belirlenmiş bir en düşük büyüklük değerinden (tipik olarak 4 veya 5) büyük depremlerin, kaynak belirterek dikkate alınması esasına dayanır. Bir kaynakta oluşan her büyüklükte depremlerin muhtemel oluşumu, direkt olarak bir istatistiksel sismik risk analizi 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 etkileyen tüm MCE' lerin en 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 Esaslar 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 yüksekliğe ve büyük rezervuar hacmine (>500 hm<sup>3</sup>) sahip barajlarla sınırlandırılmıştır.

### 2.3 Pik Yer Hareketi Parametreleri

Yer hareketi, ivme, hız ve deplasman değerlerinin pik ve efektif değerleri ile karakterize edilir. Azalım ilişkileri olarak bilinen ampirik bağıntılar; yer hareketi parametrelerinin, enerji boşalım kaynağından uzaklığı ve deprem büyüklüğünü ilişkilendirir. Bu eşitlikler; özellikle yakın ilgi alanında uzaklığın ve büyüklüğün tahmininde hassas sonuçlar verir.

Pik yer ivmesi (PGA); tahmin edilmesindeki bazı eksikliklere rağmen, baraj alanında sismik parametrelerin karakterize edilmesi için en çok kullanılan elemandır. Bu parametreyi doğru tahmin edebilme amacıyla son yıllarda bir çok azalım eşitlikleri geliştirilmiştir.

Gumbel (1981); bir kırılma zonuna 50 km. yakınlıkta kaydedilmiş güçlü yer hareketi verilerine bağlı olarak yatay yer ivmesi karakteristiklerine yaklaşımda bulunmuştur. Büyüklükleri 5,0-7,7 arasında olan ve dünyanın değişik yerlerinde oluşan 27 deprem verisine bağlı olarak en büyük yatay yer ivmesinin bulunmasıyla ilgili olarak bir ilişki önermiştir.

$$PGA = 0.0185e^{1.28M} (R+0.147e^{0.737M})^{-1.75} \dots\dots\dots( 2.1 )$$

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

M = Richter ölçeğinde deprem büyüklüğü.

R = Kırılma zonuna olan mesafe.

Yakın mesafe için güçlü yer ivmesi verilerine bağlı olarak kırılma zonu ile en büyük yatay ivme ve hız değerlerini ilişkilendiren başka ilişkiler de sunulmuştur (Joyner ve Boore, 1981).

$$\text{LogA} = -1.02+0.249M-\text{logr}-0.00255r+0.26P \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{LogV} = -0.67+0.489M-\text{logr}-0.00256r+0.17s+0.26P \dots\dots\dots(2.3)$$

- A = Yer çekimi ivmesi (g) esasında 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 2.2 ve 2.3’de kullanılan “P” değeri, gerçek değer in %50 ve %84 aşılma olasılıklarının olduğu durum için sırasıyla sıfır ve bir alınır. Eşitlik 2.3’ de kullanılan “s” değerinin ise, kaya ortam için sıfır ve zemin ortam için bir alınması önerilmiştir. Aynı eşitliklerde kullanılan “r” değeri ise aşağıda önerilen eşitlikler yardımı ile hesaplanabilir.

$$r = (d^2 + 7.3^2)^{1/2} \quad (5.0 \leq M \leq 7.7 \text{ için}) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$r = (d^2 + 4.0^2)^{1/2} \quad (5.3 \leq M \leq 7.4 \text{ için}) \dots\dots\dots(2.5)$$

Ambraseys (1995); Avrupa kıtasında oluşan depremlere bağlı olarak en büyük yatay ve düşey yer ivmesinin tahmini için bazı eşitlikler önermiştir. Bu eşitlikler, odak derinliğinin dikkate alınıp alınmamasına göre düzenlenmiştir. Odak derinliğinin dikkate alınmadığı durum için eşitlik 2.6 ve eşitlik 2.7, odak derinliğinin dikkate alındığı durum için ise eşitlik 2.8 ve eşitlik 2.9 göz önünde bulundurularak çözüme gidilir.

$$\text{Log}(a_h) = -1.09 + 0.238M_s - 0.00050r - \text{log}(r) + 0.28P \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Log}(a_v) = -1.34 + 0.230M_s - \text{log}(r) + 0.27P \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Log}(a_h) = -0.87 + 0.217M_s - 0.00117r - \text{log}(r) + 0.26P \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Log}(a_v) = -1.10 + 0.200M_s - 0.00015r - \text{log}(r) + 0.26P \dots\dots\dots(2.9)$$

- $a_h$  = En büyük yatay yer ivmesi.  
 $a_v$  = En büyük düşey yer ivmesi.  
 $M_s$  = Yüzeysel dalgası esasında deprem büyüklüğü.

Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan “P” değeri için eşitlik 2.2 ve eşitlik 2.3’de yapılan tanımlama geçerlidir. “r” mesafesi ise aşağıda verilen eşitlik yardımı ile belirlenir. Ancak odak derinliğinin dikkate alınmadığı durum için ise “h” mesafesi 6.0 km alınır.

$$r = (d^2 + h^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.10)$$

d = Kaynak uzaklığı (km)

h = odak derinliği (km)

PGA’ ya ait bir eşitliği kullanmak yerine değişik eşitlikler kullanılarak bulunan ortalama değerin kullanımı daha uygundur ( Tosun, 2002 ).

## **2.4 Sismik Değerlendirme Parametrelerinin Seçimine Etkileyen Faktörler**

### **2.4.1 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 değişimler kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Baraj alanının birincil değerlendirmesi; mevcut sismik zon haritaları kullanılarak yapılabilir. Aşağıda Tablo 2.1’ de sunulan değerler; baraj tipi dikkate alınmaksızın bir baraj alanının sismik tehlikesini belirlemek için kullanılabilir. Bu tablo sismik tehlikenin pratik değerlendirmesi için geçerlidir.

Tablo 2.1 Baraj tipine bağılı olmaksızın baraj yeri sismik tehlike oranı (ICOLD, 1989)

Zemin Şartları	Tehlike Sınıfı ( Tehlike Oranı )
$PGA < 0.10g$	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 )

PGA : En Büyük Yer İvmesi.

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 bağılı 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.

#### **2.4.2 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. Tablo 2.2 ve 2.3' de önerilen hususlar; bu amaçla ABD' de kullanılan tanımlama ve değerler esasında, genel anlamda oluşturulmuştur ( Tosun 2002 ).

Tablo 2.2' de parantez içinde gösterilen dört risk faktörünün her birinin ağırlıklı değerleri; toplam risk faktörünün elde edilmesi için toplanır. Barajın risk sınıfı eşitlik 2.11' de bulunan risk faktörüne göre Tablo 3' de belirlenir.

$$\begin{aligned} \text{Toplam Risk Faktörü} = & \text{Risk Faktörü (kapasite)} \\ & + \text{Risk Faktörü (yükseklik)} \\ & + \text{Risk Faktörü ( boşaltma gereksinimleri)} \\ & + \text{Risk Faktörü (potansiyel mansap hasarı) .....(2.11)} \end{aligned}$$

Tablo 2.2 Baraj karakteristikleri ve sosyo-ekonomik etkilerinden oluşan toplam risk değerleri (ICOLD, 1989)

Baraj Karakteristiği	Risk Faktörü			
	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük
Kapasite (hm <sup>3</sup> )	> 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)

Tablo 2.3 Hesaplanmış toplam risk faktörüne bağlı olarak 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 )

Barajın risk sınıflaması; sismik değerlendirme parametrelerinin seçimi için gereklidir. 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. Düşük veya orta seviyede risk oranına sahip barajlar için respons spektrumu veya pik zemin hareketi parametrelerini kullanan daha basit değerlendirme yöntemleri kabul edilebilir.

### 3. DEĞERLENDİRME ESASLARI VE YÖNTEM

Baraj yeri sismik tehlike analizlerinde genellikle baraj tipinden bağımsız olarak değerlendirme yapılmaktadır. Bu analizlerde sismik bölgelendirme oldukça önem arz etmektedir. Bunlardan birincisi, deterministik yöntemdir ki; belli bir kaynak zonu için Bölüm 2' de verilen depremler dikkate alınarak baraj yerinde oluşacak en büyük yer ivmesi tanımlanır. İkinci esas ise; istatistiksel değerlendirmeye bağlıdır. Bu esaslar, deprem sayısı - deprem büyüklüğü ilişkileri tanımlanarak en büyük deprem büyüklüğü; herhangi bir büyüklükteki dönüş periyodu ve aşılma olasılığı hesaplanır. Bu amaçla geliştirilmiş Gutenberg-Richter, Gumbel, Poisson ve Weibull gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmada ilk yöntem kullanılarak istatistiksel analiz yapılmıştır.

Bu amaçla kullanılan istatistiksel yöntemlerden biri Gutenberg-Richter Yöntemi' dir. Bu yöntemde öncelikle yüzey dalgası esasında tanımlanmış deprem büyüklüklerinin sayısı, deprem büyüklüğü ile ilişkilendirilir ve iki değişken arasında doğrusal bir ilişki tanımlanır. Yöntemde  $M_s$  değeri 4 ve daha büyük olan depremler dikkate alınmıştır. Bu ilişkiden iki ayrı katsayı ( a ve b ) hesaplanır ve bu katsayılara bağlı olarak bölgede oluşacak en büyük deprem büyüklüğü ile herhangi bir periyottaki olası en büyük deprem belirlenir. Ayrıca herhangi bir deprem büyüklüğü için dönüş periyodu ile bu deprem büyüklüğü için aşılma olasılığı bulunur.

İkinci yöntem ise Gumbel Yöntemi' dir ki çalışma için dikkate alınan periyottaki deprem sayıları her yıl için belirlenir. Yöntem  $M_s$  esasında depremleri kullanır (  $M_s \geq 4.0$  ). Deprem olmayan yıllar için deprem büyüklüğü (  $M_s$  ) 4.0 alınır. Gutenberg-Richter Yöntemi' nde olduğu gibi, deprem sayısı-deprem büyüklüğü ilişkisi belirlenir ve buradan iki ayrı katsayı hesaplanır. Bu katsayılara bağlı olarak iki yeni parametre (  $\alpha$  ve  $\beta$  ) bulunur. Dikkate alınan periyot için en büyük deprem büyüklüğü belirlenir. Herhangi bir deprem büyüklüğündeki aşılma olasılığı hesaplanır ve bu büyüklükteki dönüş periyodu bulunur. Bu yöntemde farklı yapı ekonomik ömürleri için deprem büyüklüğüne bağlı olarak aşılma olasılığı hesaplanır.

Bu alışma Gumbel Yöntemi' yle bulunan depremler; Bölüm 2' de tanımlanan En Büyük Tasarım Depremi ( MDE ) olarak alınmış ve çizgisel kaynak esasında pik yer ivmesi değeri hesaplanmıştır. Pik yer ivmesi için Gumbel (1981) Yöntemi ile yerel deprem büyüklüğü (  $M_l$  ), Ambraseys (1995) Yöntemi'yle ise yüzey dalgası esasında belirlenen deprem büyüklüğünün (  $M_s$  ) kullanıldığı belirtilmelidir.

Analiz sonucunda En Büyük Tasarım Depremi (MDE); iki yöntemin ortalaması alınarak bulunmuştur.

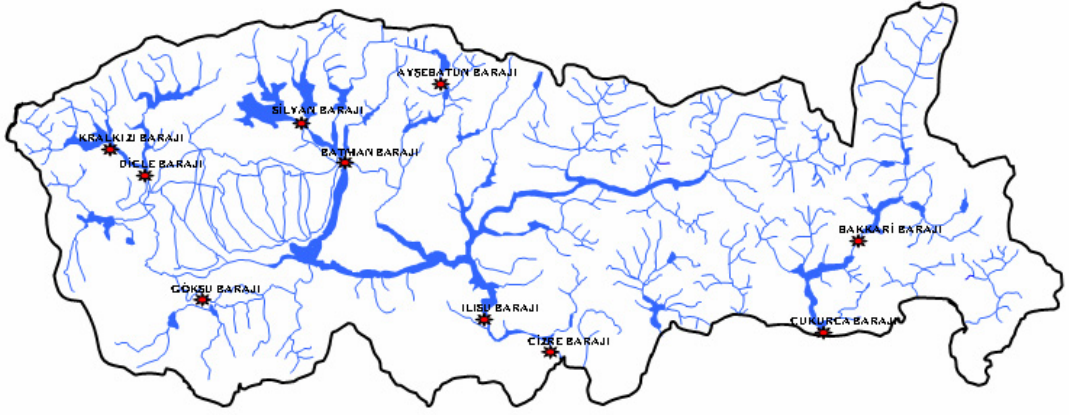
#### 4. DİCLE HAVZASI BARAJLARINDA YAPILAN ANALİZLER

Bu bölümde, Dicle Havzası'nın genel karakteristikleri ile her baraj için yapılan sismik ve tehlike analizleri sonuçları değerlendirilmektedir.

##### 4.1 Havza Karakteristikleri

Ülkemizdeki yıllık ortalama yağış miktarı  $501.0 \text{ km}^3$  olup, bu değer % 37'si akışa geçmektedir. Bir başka ifade ile yer üstü su kaynaklarının yıllık ortalaması  $186.05 \text{ km}^3$  tür. Akışa geçen bu miktar 26 ayrı havzada oluşmaktadır. Dicle nehri Elazığ'ın güneydoğusunda Hazar Gölü yakınlarında doğar, ana kaynaklarını Doğu Anadolu Dağlarından alır. Çok sayıda kaynak koluyla Türkiye toprakları içinde beslenerek Irak topraklarına girer. Burada Fırat Nehri ile birleşerek Şattülarap Nehrini oluşturur ve Basra Körfezine dökülür. Dicle Havzasının yıllık ortalama akış miktarı  $21.33 \text{ km}^3$  dür. Bu değer ülkemizdeki toplam akışa geçen suyun % 11.6'sını oluşturmaktadır. Havzanın yıllık verimi  $8.1 \text{ l/s/km}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Havzada proje ve işletme aşamasında 10 adet büyük baraj bulunmaktadır ( Şekil 4.1 ). Barajlardan 4'ü işletme halindedir. Bu barajlardan Kralkızı, Batman ve Dicle barajları sulama ve elektrik enerjisi için kullanılmaktadır. İşletme halindeki diğer bir baraj ise Göksu barajıdır ve havzadaki sulama amaçlı olarak kullanılan büyük dolgu barajlardan birini oluşturmaktadır. Halen ihale aşamasında olan Ilısu barajı ise, 1200 MW kurulu gücü ile ülkemizin önde gelen enerji amaçlı barajlarından biri arasında yer almaktadır. Proje aşamasında olan barajlar GAP ( Güneydoğu Anadolu Projesi ) kapsamında olup, bitirildiklerinde ülke ekonomisinde ve bölgenin kalkınmasında büyük rol oynayacaklardır. Barajlara ait karakteristik bilgiler aşağıda verilmektedir ( Tablo 4.1 ).



Şekil 4.1 Dicle Havzasında Bulunan Barajlar

Tablo 4.1 Dicle Havzasındaki Barajların Genel Karakteristikleri

Baraj Adı	Tipi	Amacı	Aşama	Yükseklik ( m )	Depolama Hacmi (hm <sup>3</sup> )	Sulama Alanı (ha)	Kurulu Güç (MW)
Silvan	Kaya Dolgu	Sulama+ Enerji	Proje	166,50	6840,00	245372	160
Ayşehatun	Toprak Dolgu	Enerji	Proje	73,00	530,37	-	60
Göksu	Toprak+Kaya Dolgu	Sulama	İşletme	46,00	62,00	3582	-
Çukurca	Kaya Dolgu	Enerji	Proje	103,00	142,80	-	245
Ilisu	Toprak+Kaya Dolgu	Enerji	Proje	130,00	10410,00	-	1200
Kralkızı	Toprak+Kaya Dolgu	Enerji	İşletme	113,00	1919,00	-	90
Hakkari	Kaya Dolgu	Enerji	Proje	170,00	801,45	-	208
Batman	Toprak+Kaya Dolgu	Sulama+ Enerji	İşletme	71,50	1175,00	37774	198
Cizre	Kum+Çakıl Dolgu	Sulama+ Enerji	Proje	46,40	360,00	120000	240
Dicle	Toprak+Kaya Dolgu	Sulama+ Enerji	İşletme	75,00	595,00	126080	110

#### 4.2 Verilerin Temini ve Dönüştürülmesi

Çalışmada kullanılan veriler; Afet İşleri Genel Müdürlüğü kataloğundan temin edilmiş olup, büyüklüğü 4,0' dan büyük depremleri ihtiva etmektedir. Bu kayıtlardan alınan 1902-2002 yılları arasında oluşmuş depremlere ait karakteristik bilgiler Ek'te

sunulmaktadır. Tablodaki  $M_b$ ,  $M_d$ ,  $M_l$ ,  $M_s$ ; sırasıyla cisim dalgası büyüklüğünü, süreye bağlı büyüklüğü, yerel büyüklüğü ve yüzey dalgası büyüklüğünü ifade etmektedir. Oluşan depremlerin dağılımı ise özet olarak Tablo 4.2’ de verilmektedir. Çalışmada bölgesel bir değerlendirme yapılarak deprem dağılımına ulaşılmış ve jeolojik faktörlere bağlı olarak kaynak zonları belirlenmiştir ( Şekil 4.2 ). Bu işlemden sonra baraj yeri merkez alınarak, 100 km yarıçaplı bir daire içinde 1902-2002 yılları arasında oluşan depremler dikkate alınarak Gumbel Yöntemi ile Sismik Risk Analizi yapılmıştır.

Deprem kataloğunda verilen kayıtlar farklı esasta sunulmuştur. Çalışma kapsamında bu verilerin bir esasa göre dönüştürülmesi üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan çalışmalara ait ampirik ilişkiler sunulmaktadır. Kalafat (2002); Türkiye koşulları için süreye bağlı büyüklüklerin yüzey dalgası ve cisim dalgası büyüklüğüne dönüştürülmesi yönünde çalışmış ve çalışma sonucu eşitlik 4.1 ve eşitlik 4.2’ de sunulan ampirik ilişkiyi ortaya koymuştur. Yu-Xian vd. (1996) ise; Çin için, yerel büyüklüğe bağlı olarak yüzey dalgası büyüklüğünün tanımlanabileceği bir ilişki sunmuştur (Eşitlik 4.3 ).

$$M_s = ( M_d - 1.59 ) / 0.67 \dots\dots\dots (4.1)$$

$$M_b = ( M_d - 0.67 ) / 0.81 \dots\dots\dots (4.2)$$

$$M_s = 1.13M_l - 1.08 \dots\dots\dots (4.3)$$

Tablo 4.2 Çalışma alanında 100 yıllık periyotta oluşan depremlerin dağılımı

Deprem Büyüklüğü	Deprem Sayısı	Yüzde (%)
4.0 - 5.0	294	81,6
5.0 - 6.0	58	16,3
6.0 - 7.0	7	1,9
>7.0	1	0,2
<b>Toplam</b>	360	100

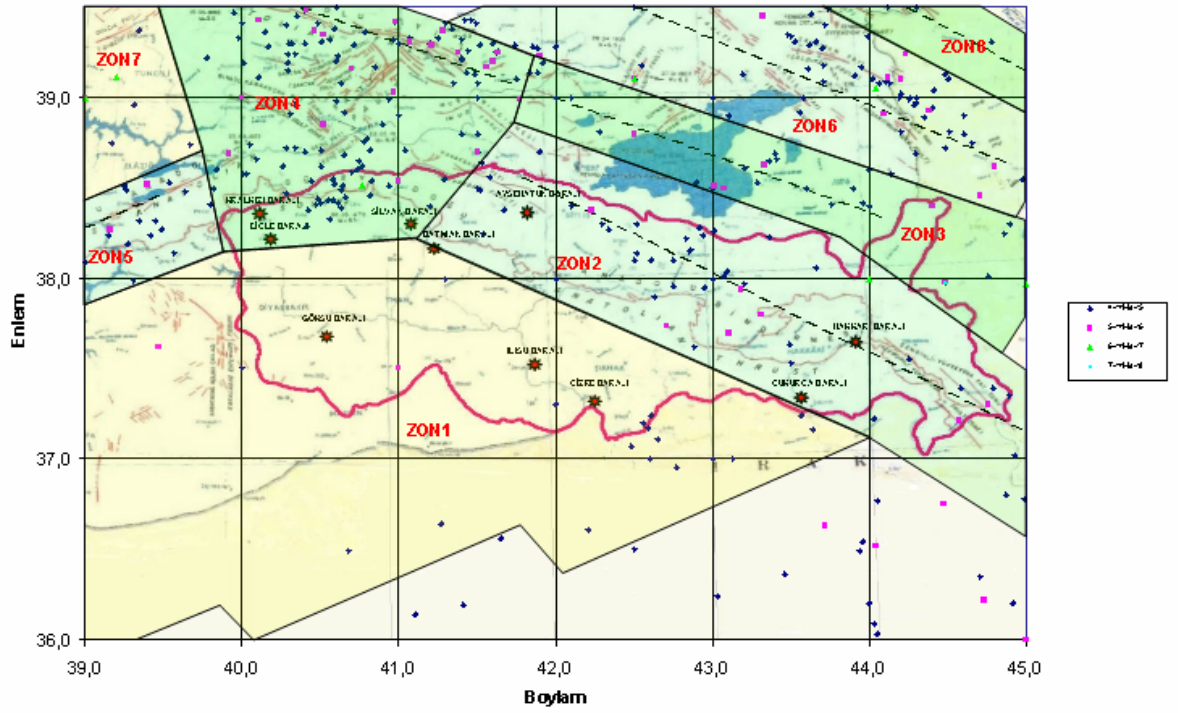
### 4.3 Sismik Analizler ve Karakteristik Sismik Parametrelerin Seçimi

Dicle Havzası barajları sismik tehlike analizi Gumbel Yöntemi ile yapılmıştır. Gumbel Yönteminde, her yıl meydana gelen en büyük deprem, deprem olmayan yıllarda ise bu çalışma için elde edilen deprem kataloğunda alt sınır olan  $M_s = 4.0$  değeri esas alınmıştır.

Baraj yeri merkez olmak üzere 100 km' lik etki alanı ile kritik kaynak zonunun keşiştiği bölge içinde kalan depremler, ilgili yöntemde kullanılacak deprem verileri olarak alınmalıdır. Bununla birlikte ilgili depremlerin baraj aks yerinde yarattığı en büyük yer ivmesi değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Böylece bölgenin tektonik haritası üzerine oluşan depremler işaretlenerek ve kritik kaynak zonları belirlenerek bölgenin sismo-tektonik haritası oluşturulmuştur.

Çalışma alanı 8 ayrı kaynak zonuna ayrılmıştır. Bölge faylanma açısından fazla karmaşık bir yapıya sahip olmamakla birlikte Güneydoğu Anadolu Bindirmesi havzanın tam ortasından geçmektedir. Havzanın güneydoğusunda da Şemdinli – Yüksekova Fay zonu bulunmaktadır. İlgili zonlar Şekil 4.2' de ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

Karakteristik sismik parametrelerin belirlenmesinde Bölüm 2.3' de anlatılan Gumbel (1981) ile Ambraseys (1995) ilişkileri kullanılmıştır. Bölgede karakteristik depremler tanımlanarak ( MDE ) ivme hesabı yapılmıştır. Sismik tehlike ve toplam risk analizleri her baraj için ayrı ayrı yapılmıştır. Analizlerde kritik zon tanımlanmış ve her kritik zon için çizgisel, alansal esasta değerlendirmeler yapılmıştır. Her bir baraj için yapılan analizlere ait sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 4.7 Dicle Havzası Sıno-Teltoek Haritası

### 4.3.1 Silvan barajı sismik risk analizi

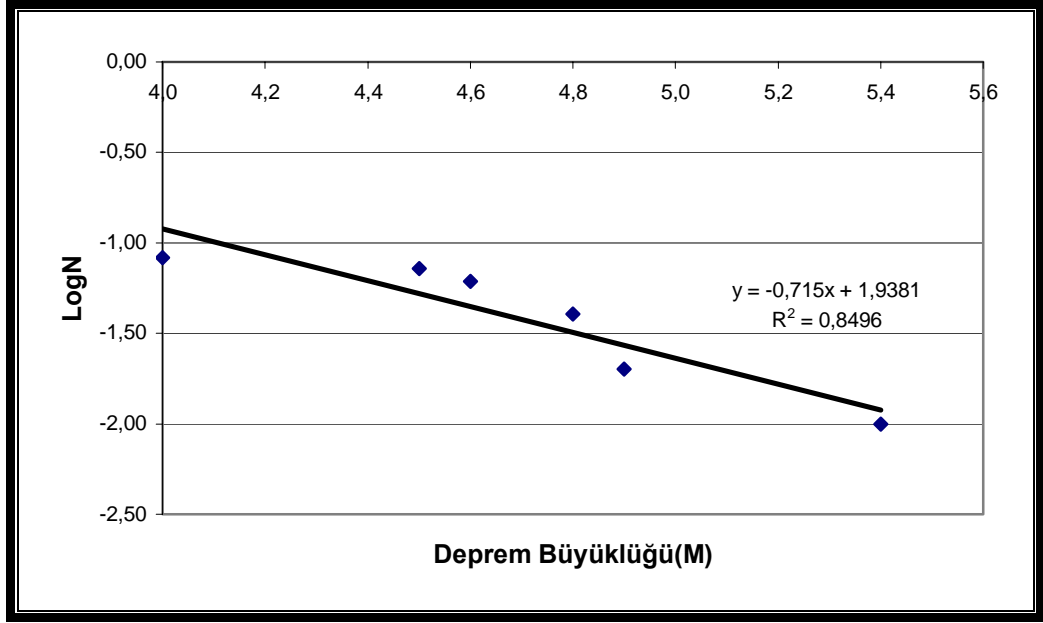
Proje aşamasında olan Silvan Barajı, Batman ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, kaya dolgu tipinde inşa edilecektir. Sulama ve enerji amacıyla yapılacak olan barajın gövde hacmi  $12,5 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 166,50 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $177,44 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $6840 \text{ hm}^3$ ' tür. Toplam sulama alanı 245372 hektar, 160 MW kurulu gücü ile barajın yıllık enerji üretimi 667,00 GWh' tir. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.3' de sunulmaktadır.

Tablo 4.3 Silvan Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,5	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,9	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,9	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,8	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	5,4	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	4,0	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,0	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,8	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,0	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0

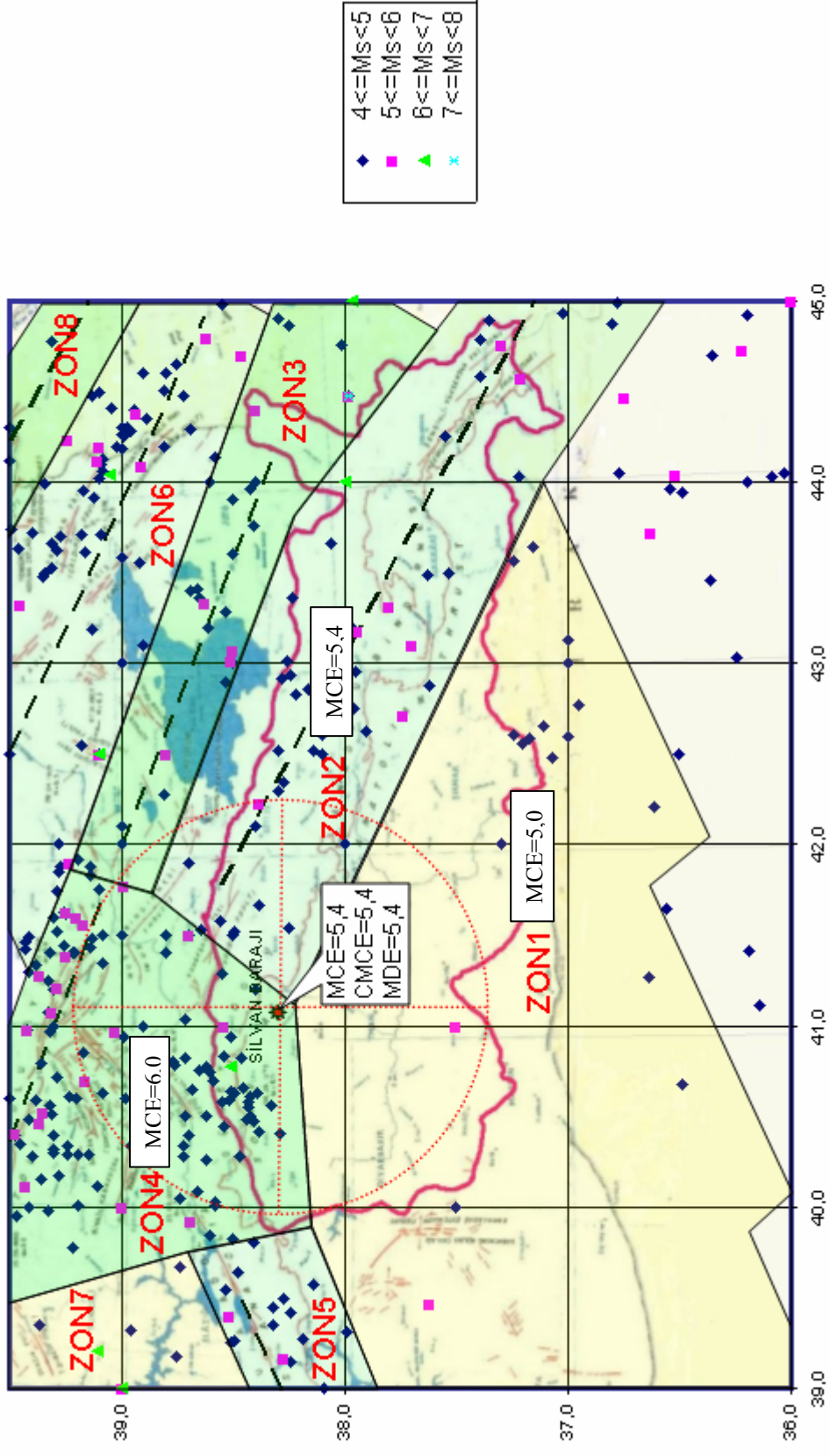
Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yonteme göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.3’ de sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} a &= 1,9381 & \alpha &= 86,716 \\ b &= 0,7150 & \beta &= 1,646 \end{aligned}$$



Şekil 4.3 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

Silvan Barajı; 1, 2 ve 4 no’ lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Her bir kaynak zonu değeri için MCE değeri bulunmuştur. Bu değerler sırasıyla 5,0; 5,4 ve 6,0’ dır. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 2’ dir, MDE değeri ise 5,4’ tür (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Silvan Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağlı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,5$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 4,8$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 4,8 ve 5,5 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu (  $T_r$  ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp (- \alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,19$$

$$T_r = 1 / R = 84 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı (  $R_D$  ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp (-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,4 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 23,65$$

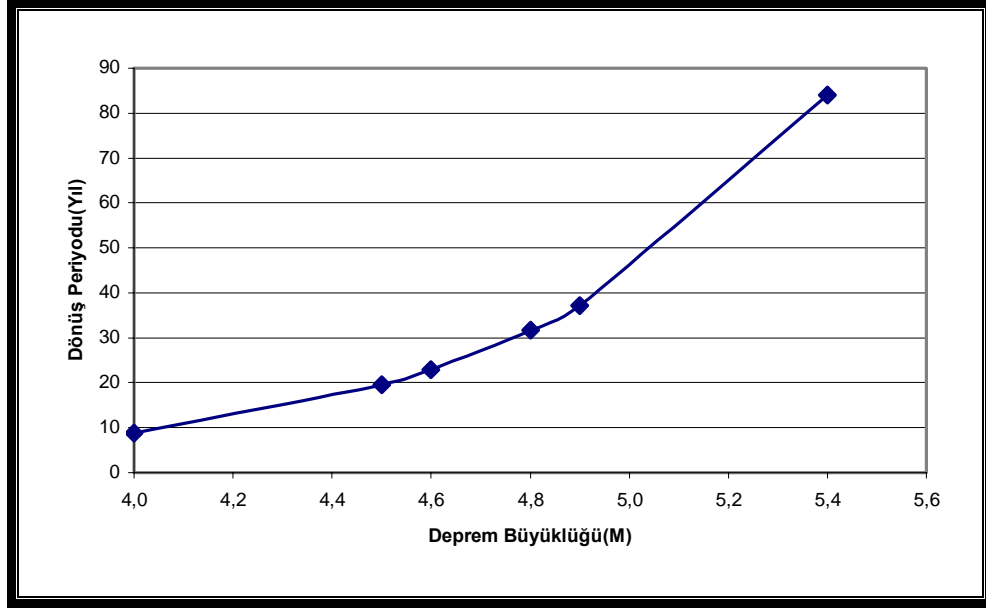
$$R_{50} = 41,71$$

$$R_{100} = 66,00$$

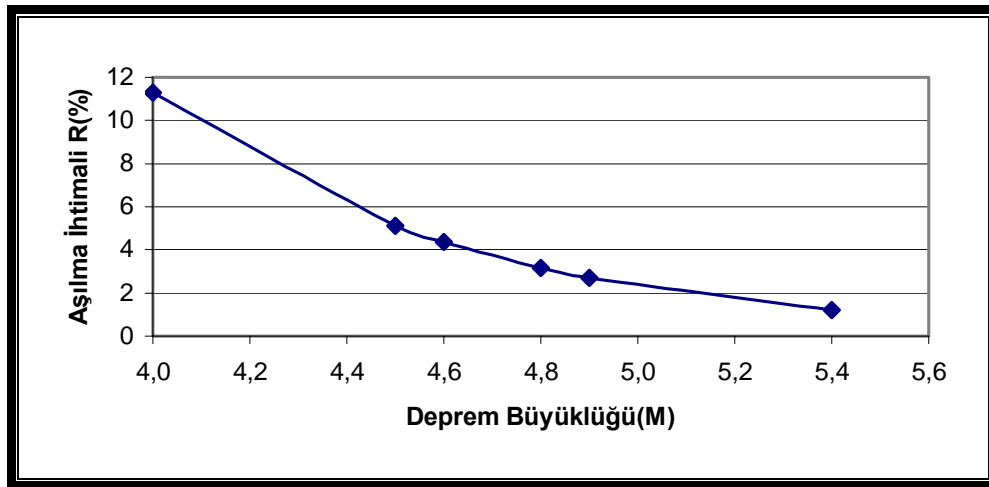
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem  $MDE = 5,4$  olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.4' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır ( $PGA = 0,195g$ ). Bu değere göre, baraj yeri orta tehlike sınıfı ( II ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.4 Silvan Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

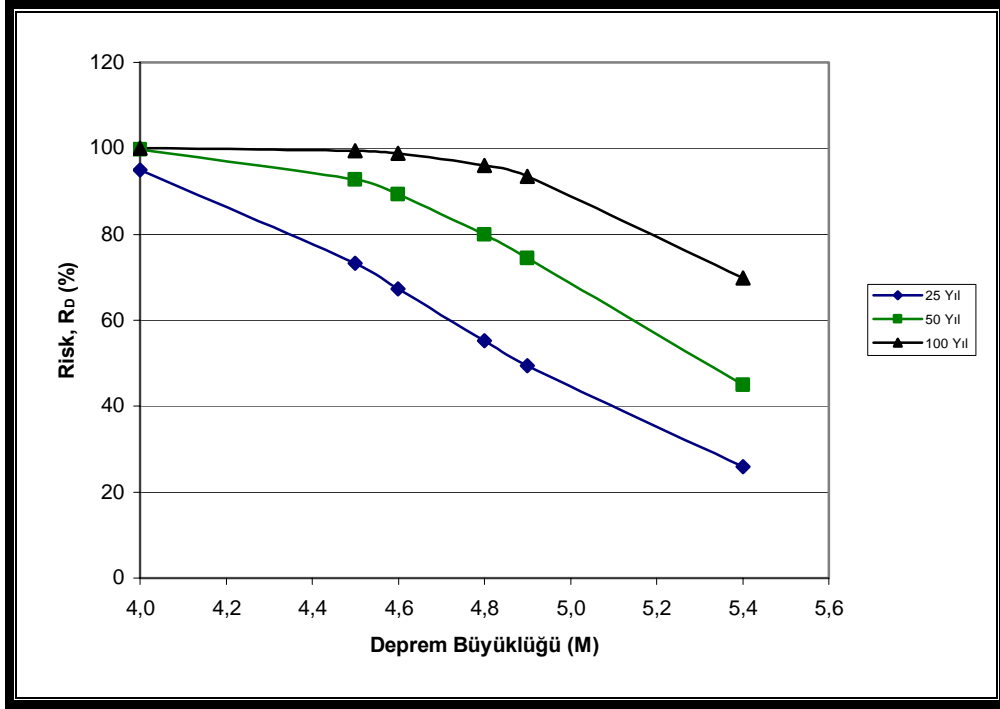
	Deprem Büyüklüğü		$a_{max}$ (g) Gumbel	$a_{max}$ (g) Ambraseys	Ortalama $a_{max}$ (g)
	$M_s$	$M_I$			
<b>MDE</b>	5,4	5,7	0,213	0,178	0,195



Şekil 4.5 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.6 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.7 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk İlişkisi

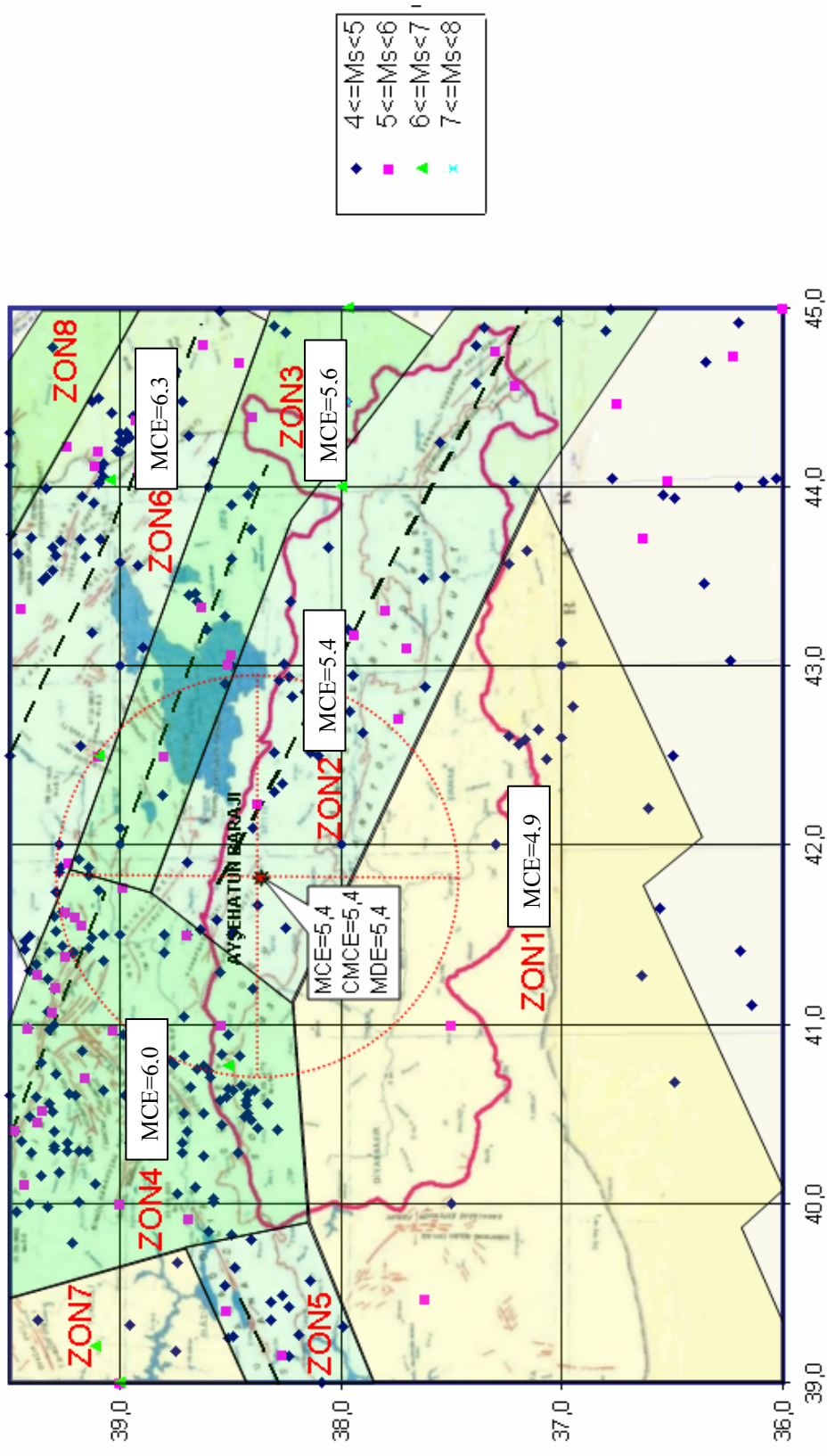
### 4.3.2 Ayşehatun barajı sismik risk analizi

Proje aşamasında olan Ayşehatun Barajı Bitlis ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, toprak dolgu tipinde inşa edilecektir. Enerji amacıyla yapılacak olan barajın gövde hacmi  $1,26 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 73,00 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $18,46 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $530,37 \text{ hm}^3$ ’ tür. 60 MW kurulu gücü ile barajın yıllık enerji üretimi 278,00 GWh’ tir.

Ayşehatun Barajı; 1, 2, 3, 4 ve 6 no’lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Her bir kaynak zonu değeri için MCE değeri bulunmuştur. Bu değerler sırasıyla 4,9; 5,4; 5,6; 6,0 ve 6,3’ tür. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo.4.5’ de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 2’ dir, MDE değeri ise 5,4’ tür (Şekil 4.8).

Tablo 4.5 Ayşehatun Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

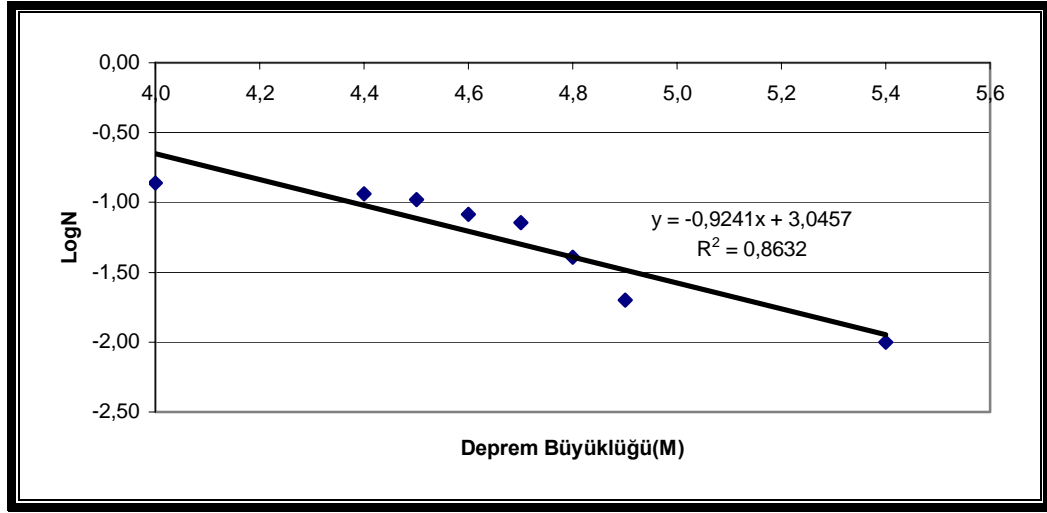
TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,5	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,9	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,9	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,8	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	5,4	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	4,0	1940	4,8	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,7	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,8	1968	4,4	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,6	1973	4,4	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.8 Ayşehatun Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.9’ da sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$a = 3,0457 \quad \alpha = 1110,964$$
$$b = 0,9241 \quad \beta = 2,128$$



Şekil 4.9 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,5$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 5,1$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 5,1 ve 5,5 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu (  $T_r$  ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,13$$

$$T_r = 1 / R = 89 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı (  $R_D$  ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,4 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 24,71$$

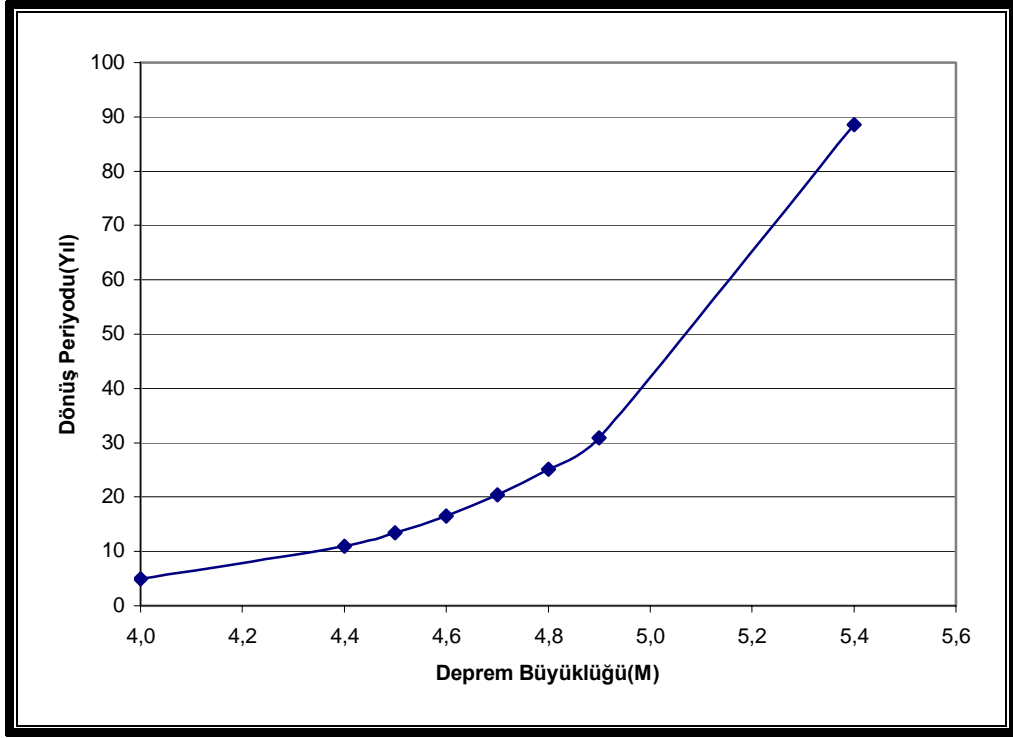
$$R_{50} = 43,32$$

$$R_{100} = 67,87$$

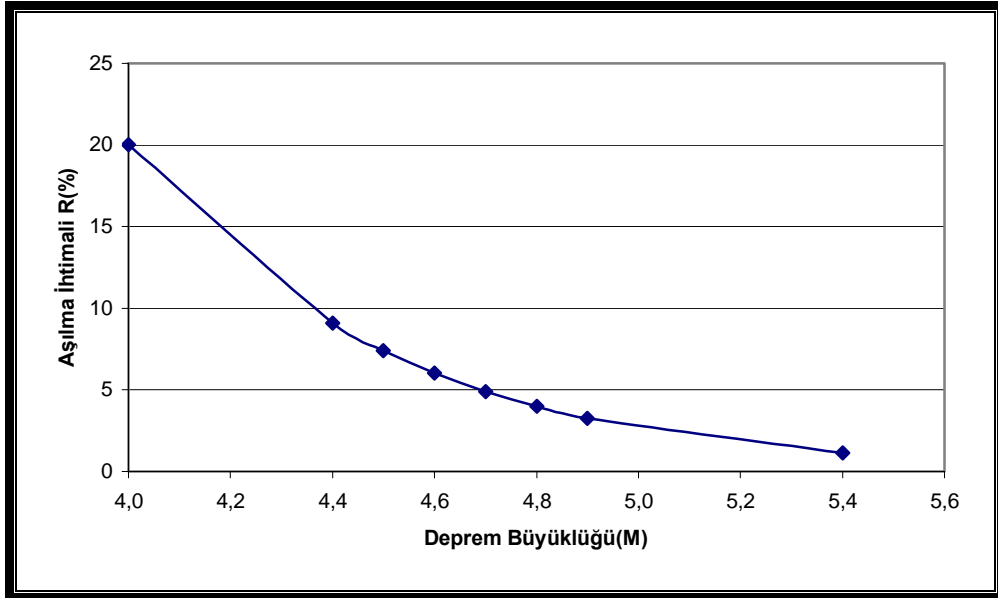
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 5,4 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.6' da verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,093g ). Bu değere göre, baraj yeri düşük tehlike sınıfı ( I ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.6 Ayşehatun Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

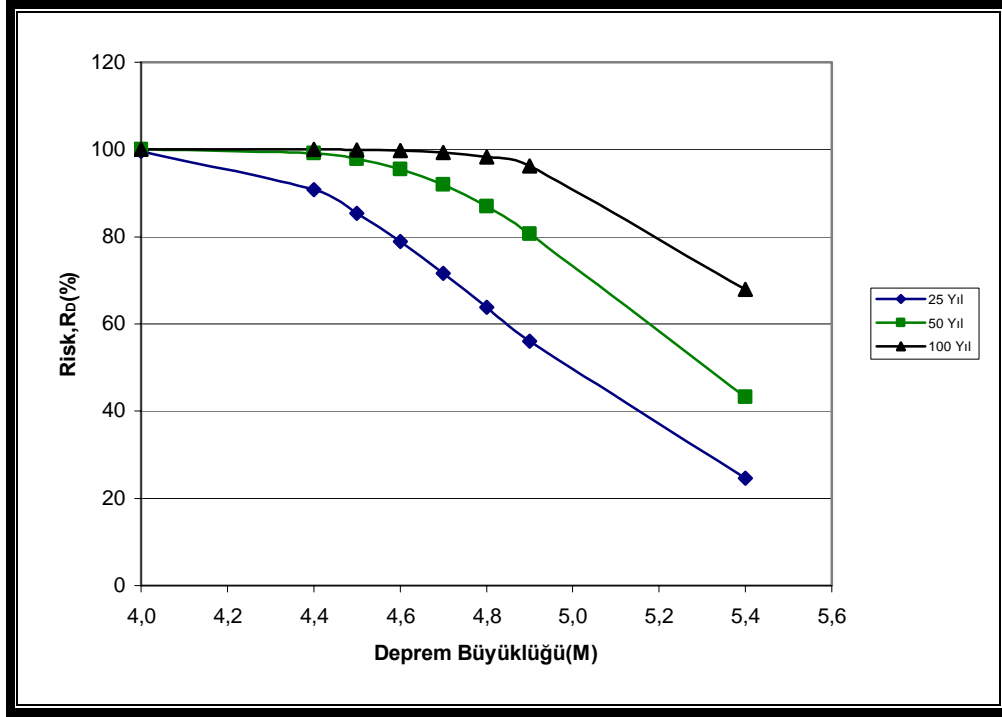
	Deprem Büyüklüğü		$a_{max}$ (g) Gumbel	$a_{max}$ (g) Ambraseys	Ortalama $a_{max}$ (g)
	$M_s$	$M_l$			
<b>MDE</b>	5,4	5,7	0,096	0,091	0,093



Şekil 4.10 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.11 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.12 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk Oranı İlişkisi

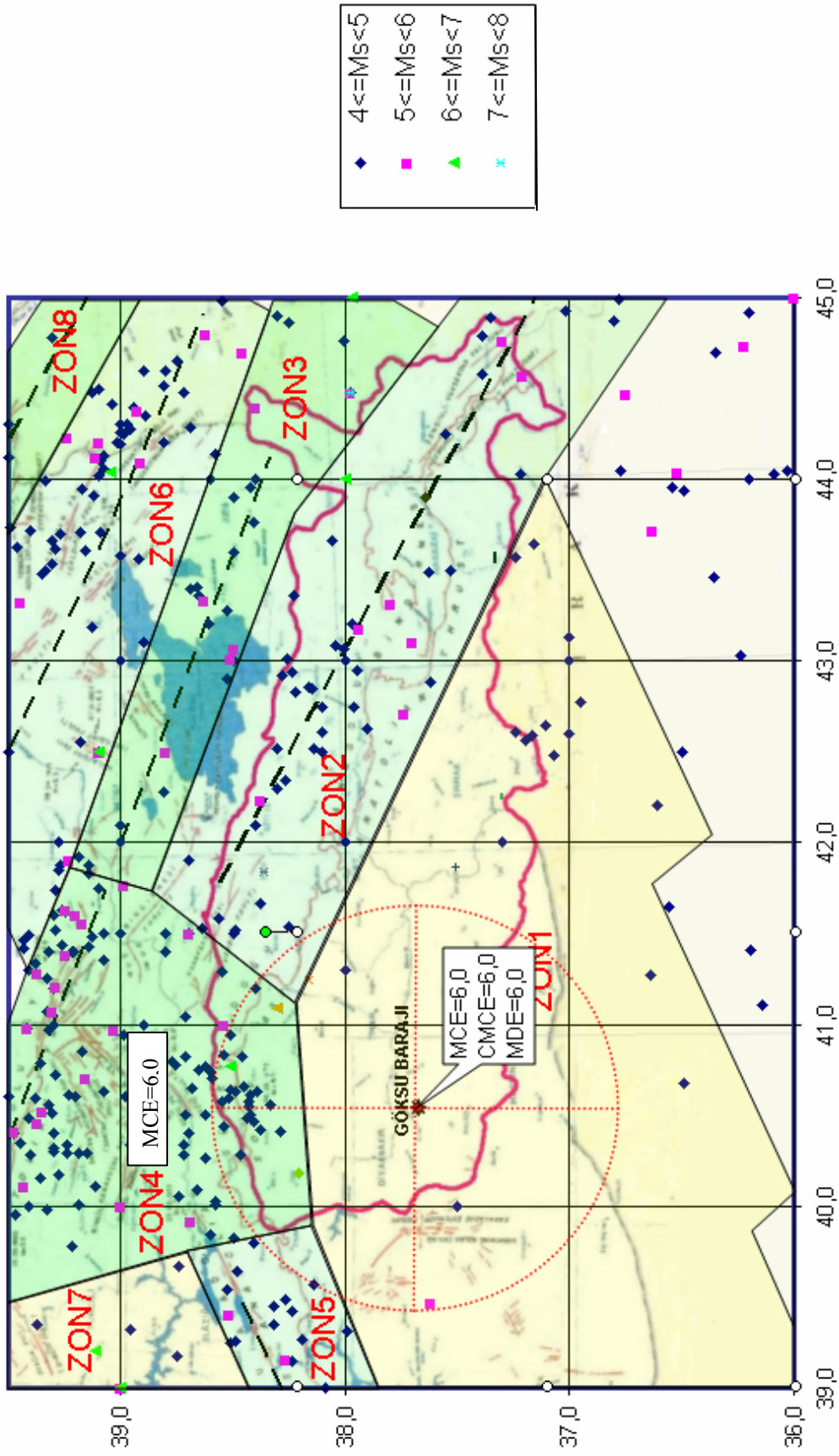
### 4.3.3 Göksu barajı sismik risk analizi

Göksu Barajı Diyarbakır ili sınırları içerisinde, Göksu nehri üzerinde, 1987 – 1991 yılları arasında, toprak + kaya dolgu tipinde inşa edilmiştir. Sulama amacıyla yapılan barajın gövde hacmi  $1,87 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 46,00 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $3,90 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $62,00 \text{ hm}^3$  tür. Barajın toplam sulama alanı 3582 hektardır.

Göksu Barajı; 4 no' lu kaynak zonunun etkisi altındadır. Bu kaynak zonu değeri için MCE değeri 6,0 bulunmuştur. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan deprem verileri Tablo 4.7' de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 4'tür, MDE değeri ise 6,0' dır (Şekil 4.13).

Tablo 4.7 Göksu Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

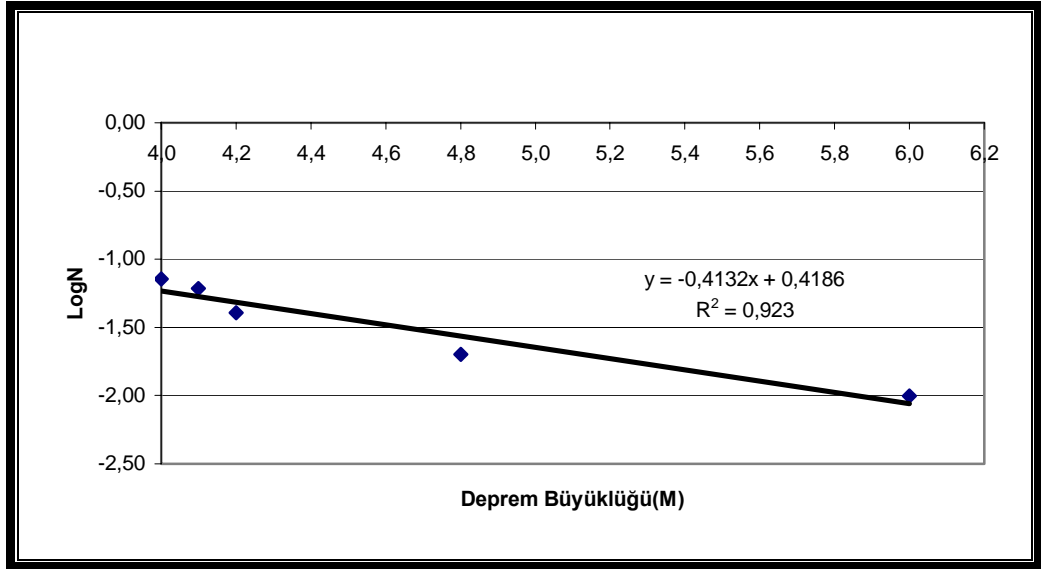
TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,0	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,0	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,2
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,2
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,0	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,8
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	4,0	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,1	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,0	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,0	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	6,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,8	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.13 Göksu Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.14’ de sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} a &= 0,4186 & \alpha &= 2,622 \\ b &= 0,4132 & \beta &= 0,951 \end{aligned}$$



Şekil 4.14 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,9$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 5,1$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 5,1 ve 5,9 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 0,87$$

$$T_r = 1 / R = 115 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 6,0 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 19,59$$

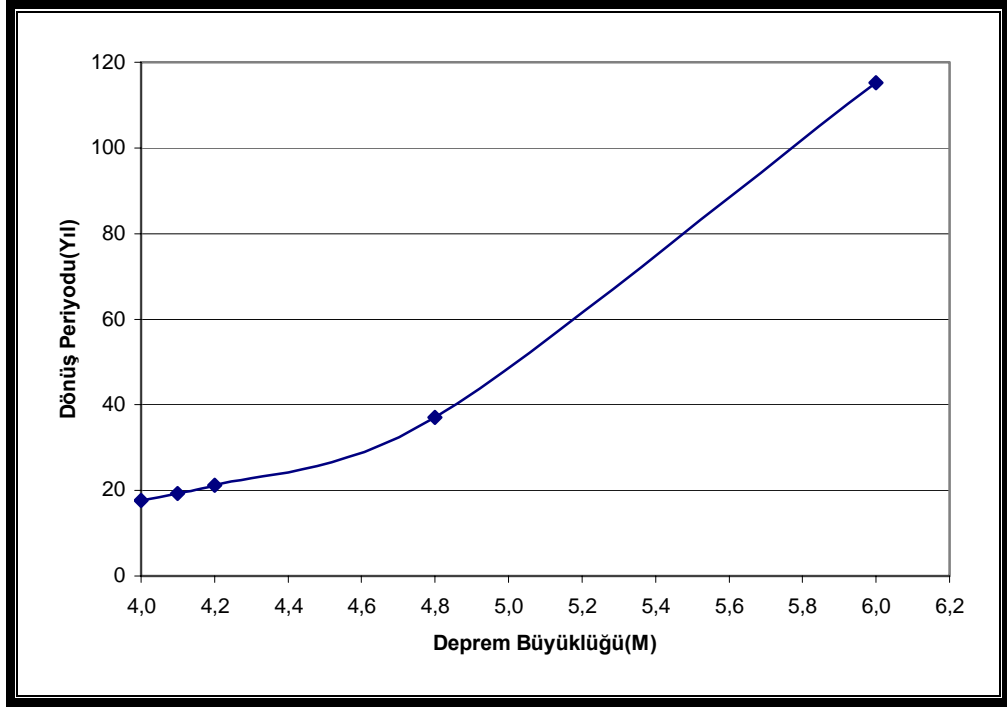
$$R_{50} = 35,34$$

$$R_{100} = 58,19$$

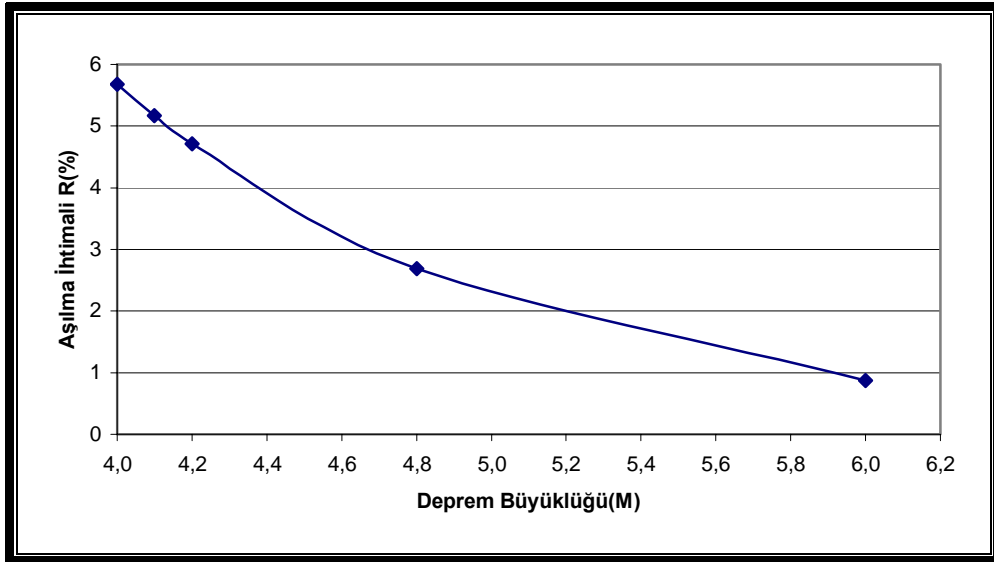
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.15, 4.16 ve 4.17' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 6,0 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.8' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,007g ). Bu değere göre, baraj yeri düşük tehlike sınıfı ( I ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.8 Göksu Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

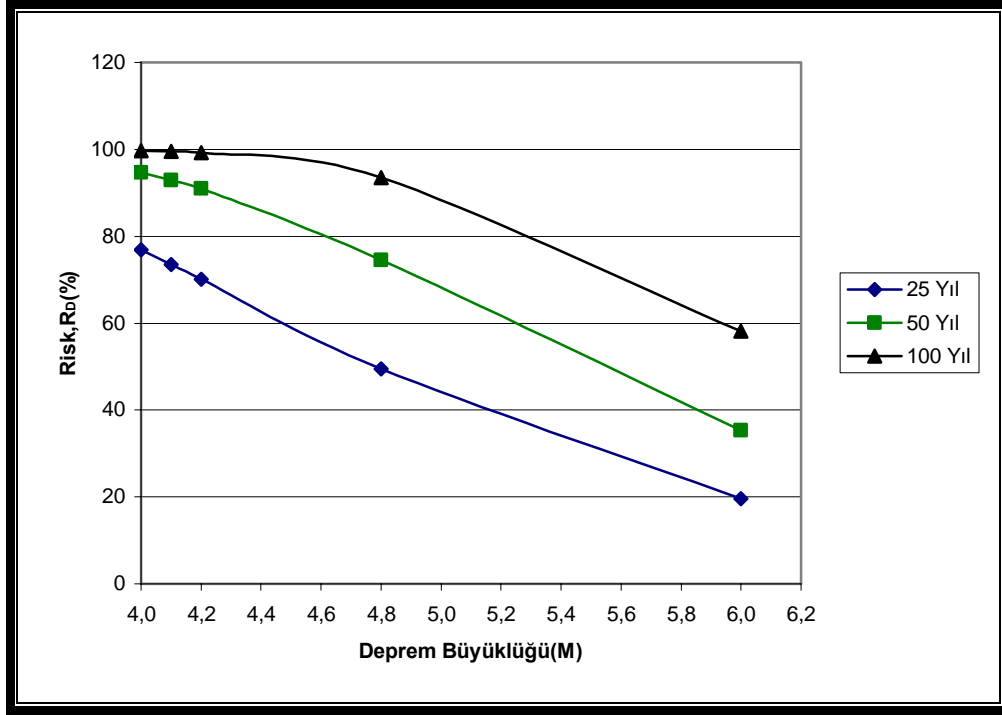
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	6,0	6,3	0,005	0,009	0,007



Şekil 4.15 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.16 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.17 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk Oranı İlişkisi

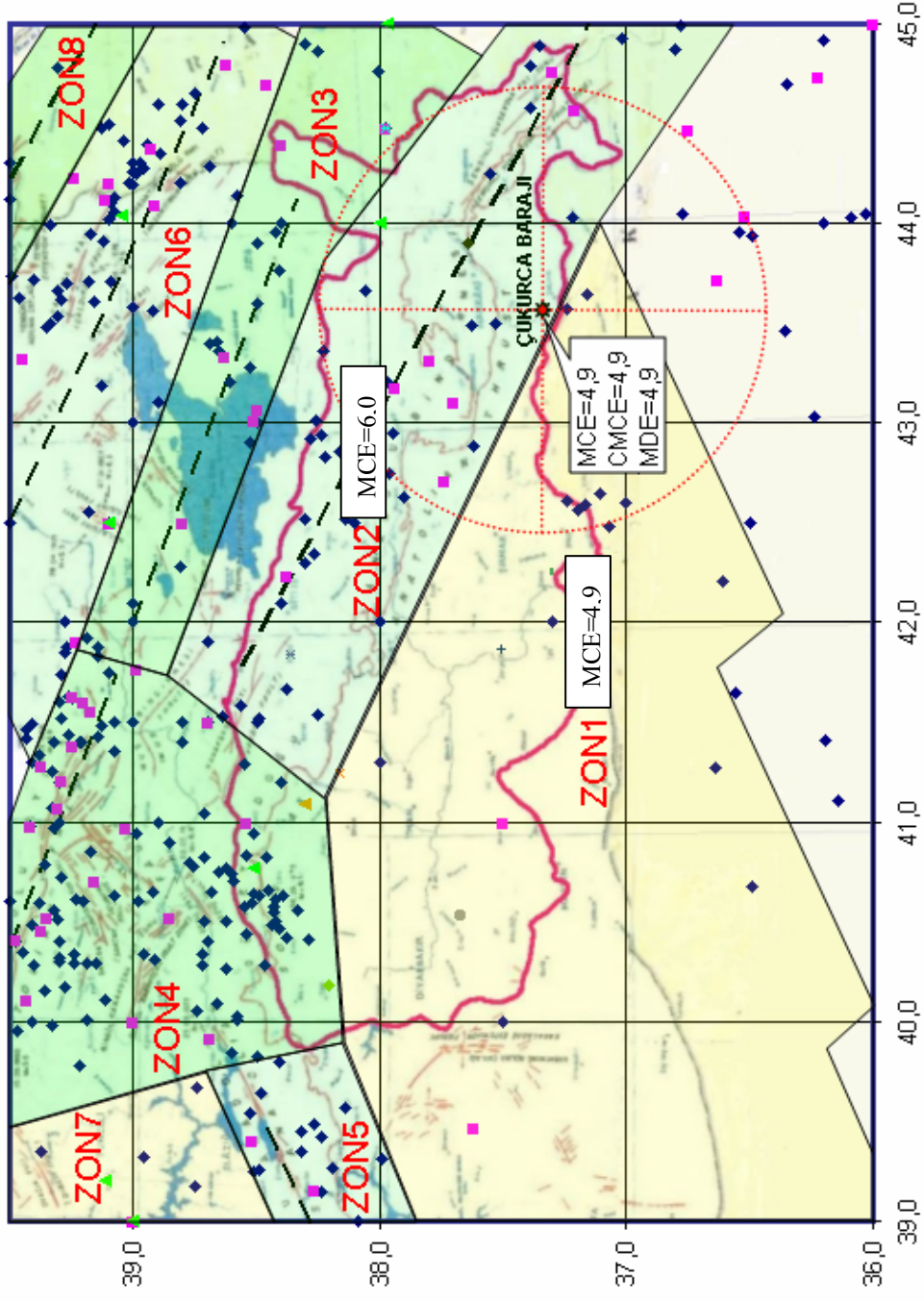
#### 4.3.4 Çukurca barajı sismik risk analizi

Proje aşamasında olan Çukurca Barajı Hakkari ili sınırları içerisinde, Zap suyu üzerinde, kaya dolgu tipinde inşa edilecektir. Enerji amacıyla yapılacak olan barajın gövde hacmi  $4,3 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 103,00 m., normal su seviyesindeki göl hacmi ise  $142,87 \text{ hm}^3$  tür. 245 MW kurulu gücü ile barajın yıllık enerji üretimi 796,00 GWh' tir.

Çukurca Barajı; 1 ve 2 no' lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Her bir kaynak zonu değeri için MCE değeri bulunmuştur. Bu değerler sırasıyla 4,9 ve 6,0' dir. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.9' da sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 1' dir, MDE değeri ise 4,9' dur (Şekil 4.18).

Tablo 4.9 Çukurca Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,5	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,0	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,6
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,4
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,8	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	4,0	1940	4,9	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,0	1991	4,7
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,0	1968	4,8	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,3
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,0	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0

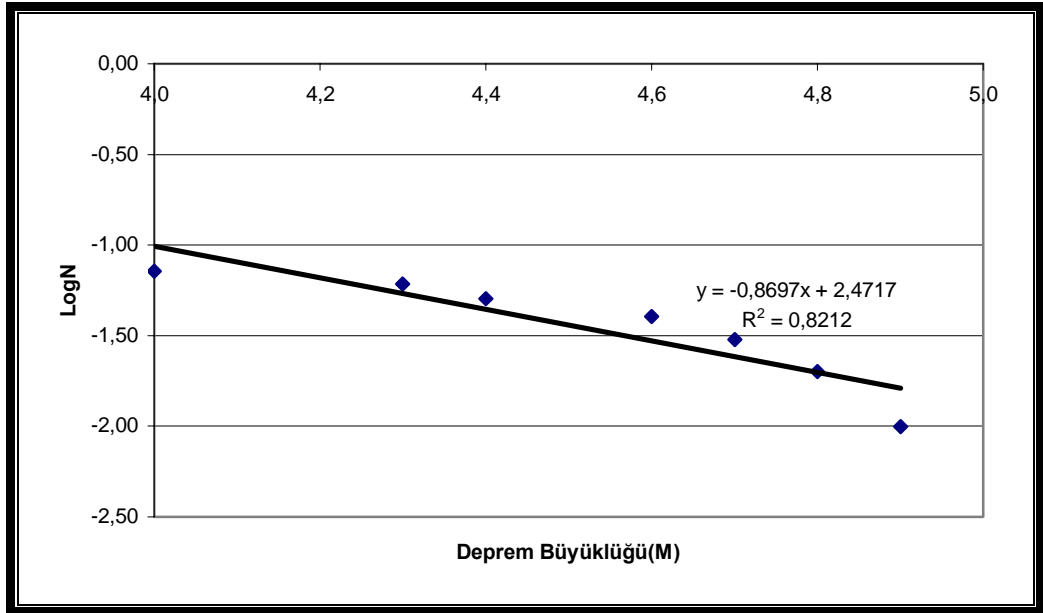


Şekil 4.18 Çukurca Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.19’ da sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$a = 2,4717 \quad \alpha = 296,278$$

$$b = 0,8697 \quad \beta = 2,003$$



Şekil 4.19 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,1$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 4,8$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 4,8 ve 5,1 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,61$$

$$T_r = 1 / R = 62 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 4,9 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 33,28$$

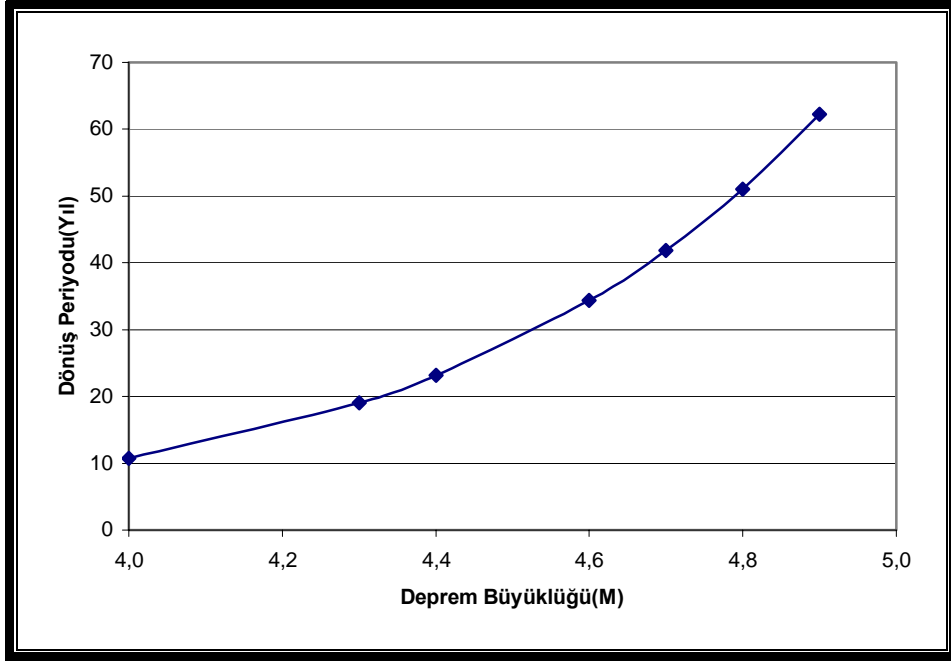
$$R_{50} = 55,49$$

$$R_{100} = 80,19$$

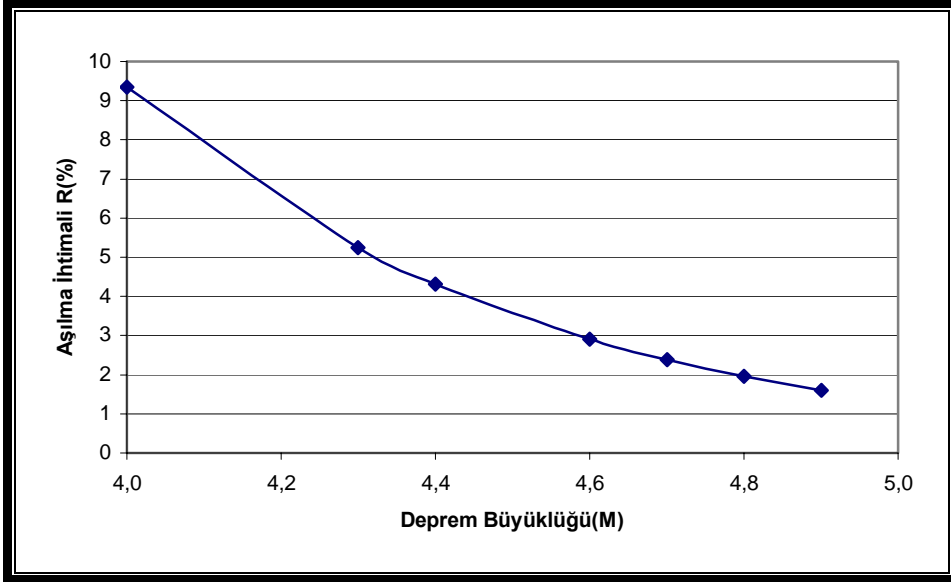
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.20, 4.21 ve 4.22' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 4,9 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.10' da verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,181g ). Bu değere göre, baraj yeri orta tehlike sınıfı ( II ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.10 Çukurca Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

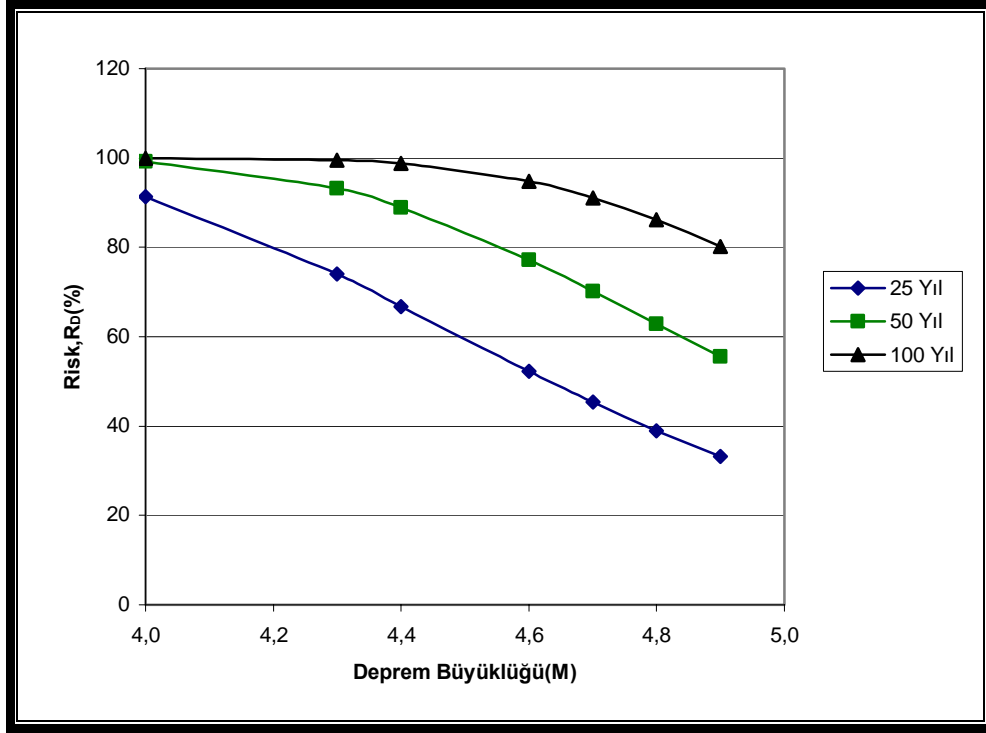
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	4,9	5,3	0,208	0,154	0,181



Şekil 4.20 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.21 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.22 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk İlişkisi

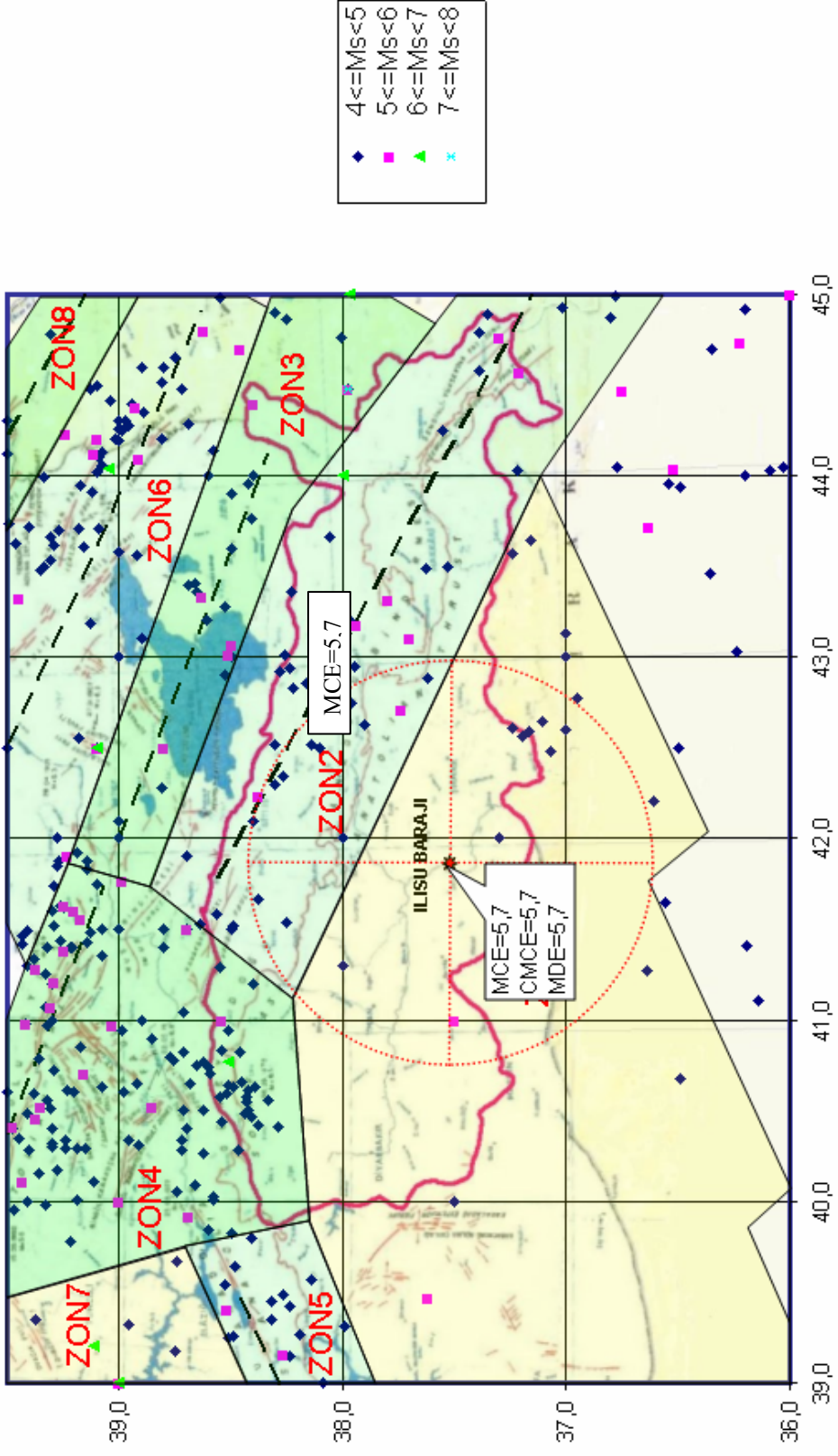
#### 4.3.5 İlısu barajı sismik risk analizi

Proje aşamasında olan İlısu Barajı Mardin ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, toprak + kaya dolgu tipinde inşa edilecektir. Enerji amacıyla yapılacak olan barajın gövde hacmi  $33,50 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 130,00 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $299,50 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $10410 \text{ hm}^3$  tür. 1200 MW kurulu gücü ile barajın yıllık enerji üretimi  $3830,00 \text{ GWh}$  tir.

İlısu Barajı; 2 no' lu kaynak zonunun etkisi altındadır. Bu kaynak zonu değeri için MCE değeri 5,7' dir. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.11' de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 2' dir, MDE değeri ise 5,7' dir (Şekil 4.23).

Tablo 4.11 Iısu Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

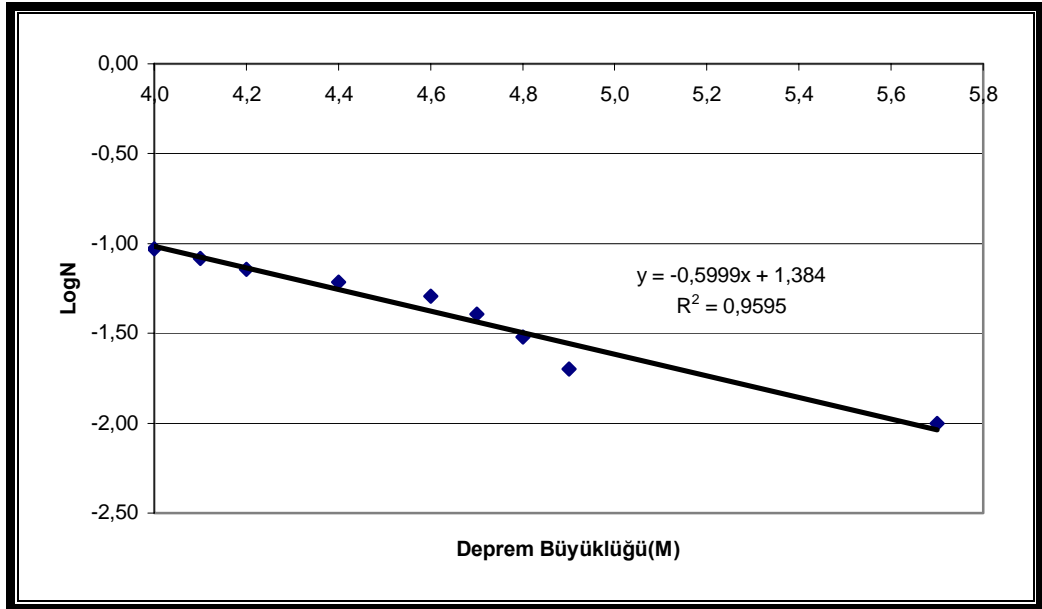
<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,0	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,9	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,1
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,2	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	4,0	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,7	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,8	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	5,7
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,6
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,4	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.23 Ilisu Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yönteme göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.24’ de sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} a &= 1,3840 & \alpha &= 24,210 \\ b &= 0,5999 & \beta &= 1,384 \end{aligned}$$



Şekil 4.24 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,6$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 5,1$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 5,1 ve 5,6 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 0,90$$

$$T_r = 1 / R = 111 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,7 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 20,30$$

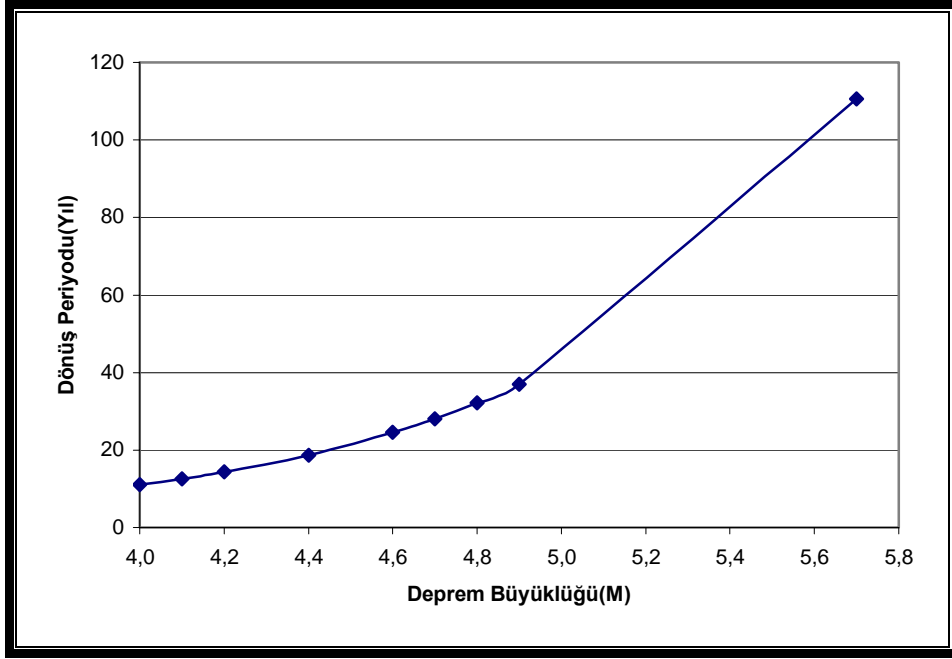
$$R_{50} = 36,48$$

$$R_{100} = 59,65$$

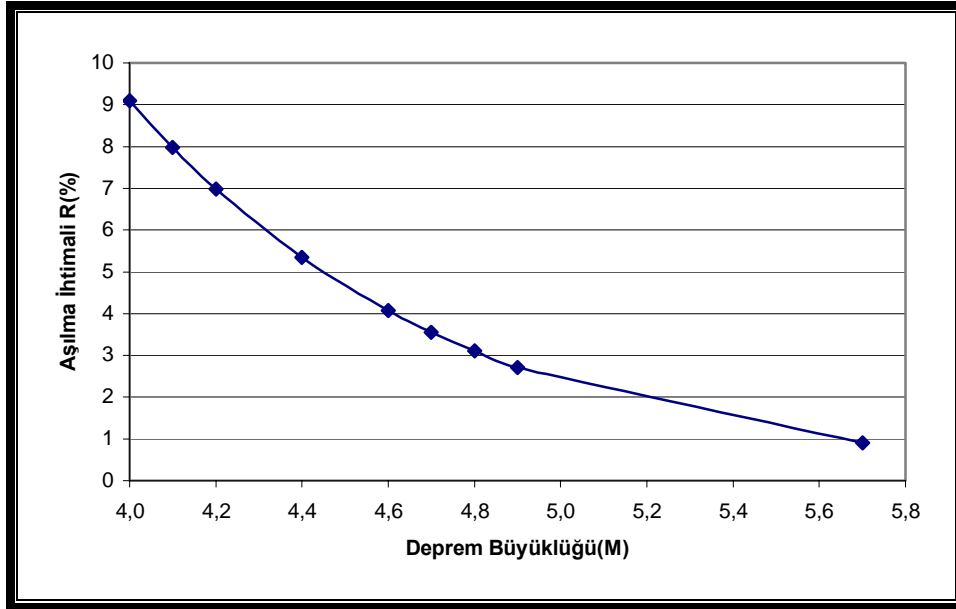
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.25, 4.26 ve 4.27' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 5,7 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.12' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,014g ). Bu değere göre, baraj yeri düşük tehlike sınıfı ( I ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.12 Ilısu Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

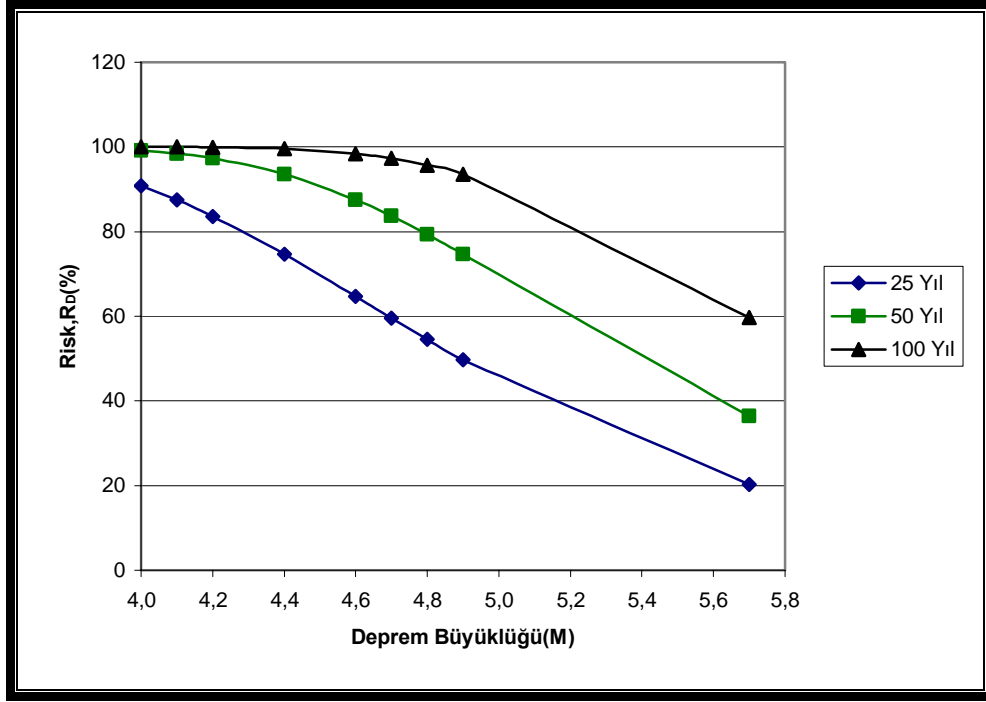
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	5,7	6,0	0,011	0,017	0,014



Şekil 4.25 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.26 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.27 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk İlişkisi

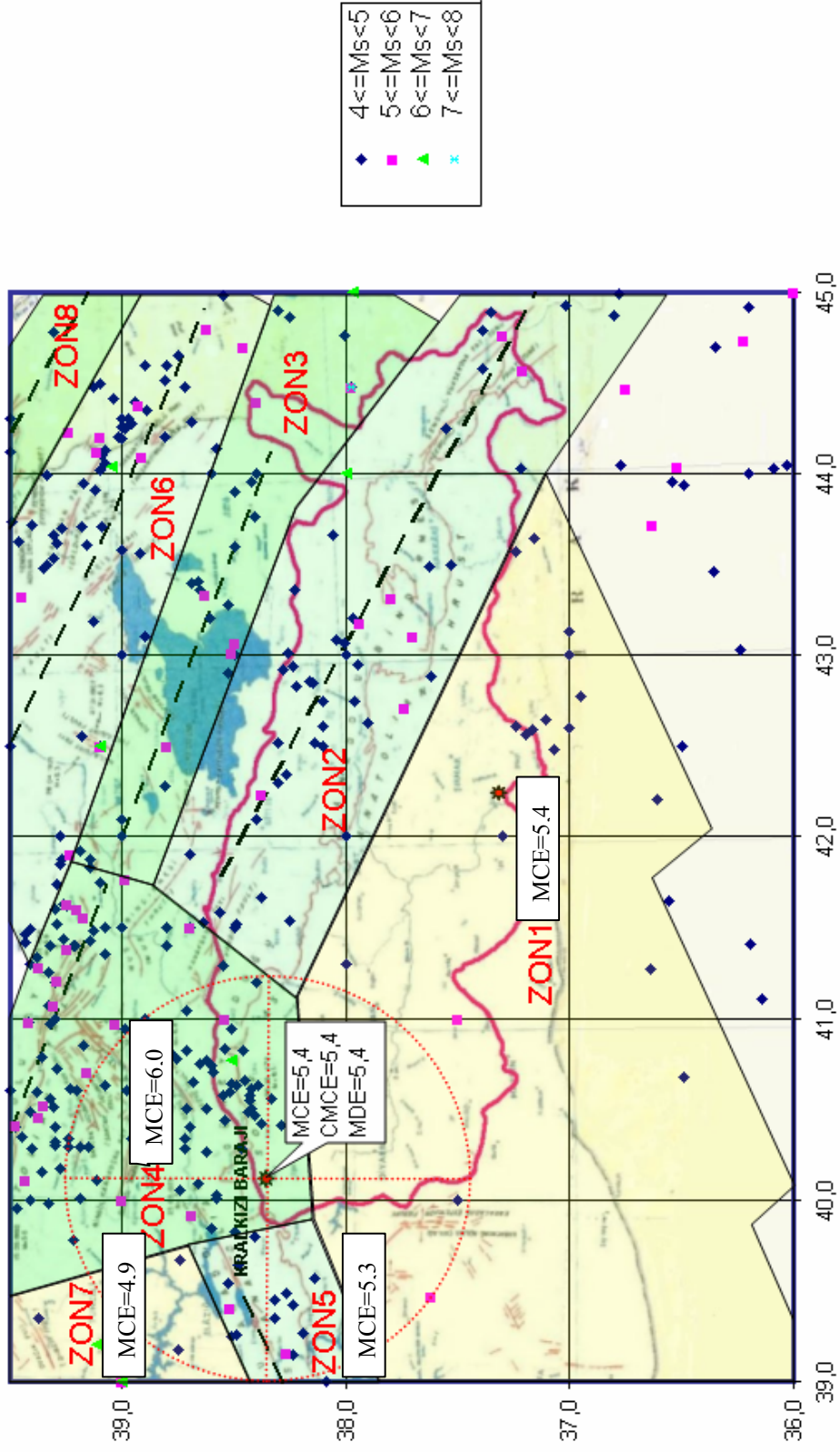
#### 4.3.6 Kralkızı barajı sismik risk analizi

Kralkızı Barajı Batman ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, 1985–1997 yılları arasında, toprak + kaya dolgu tipinde inşa edilmiştir. Enerji amacıyla yapılan barajın gövde hacmi  $12,70 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 113,00 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $57,50 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $1919,00 \text{ hm}^3$  tür. 90 MW kurulu gücü ile barajın yıllık enerji üretimi  $146,00 \text{ GWh}$  tir.

Kralkızı Barajı; 1; 4; 5 ve 7 no' lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Bu kaynak zonu değerleri için MCE değerleri sırasıyla 5,4; 6,0; 5,3 ve 4,9 bulunmuştur. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.13' de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 1' dir, MDE değeri ise 5,4' tür (Şekil 4.28).

Tablo 4.13 Kralkızı Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

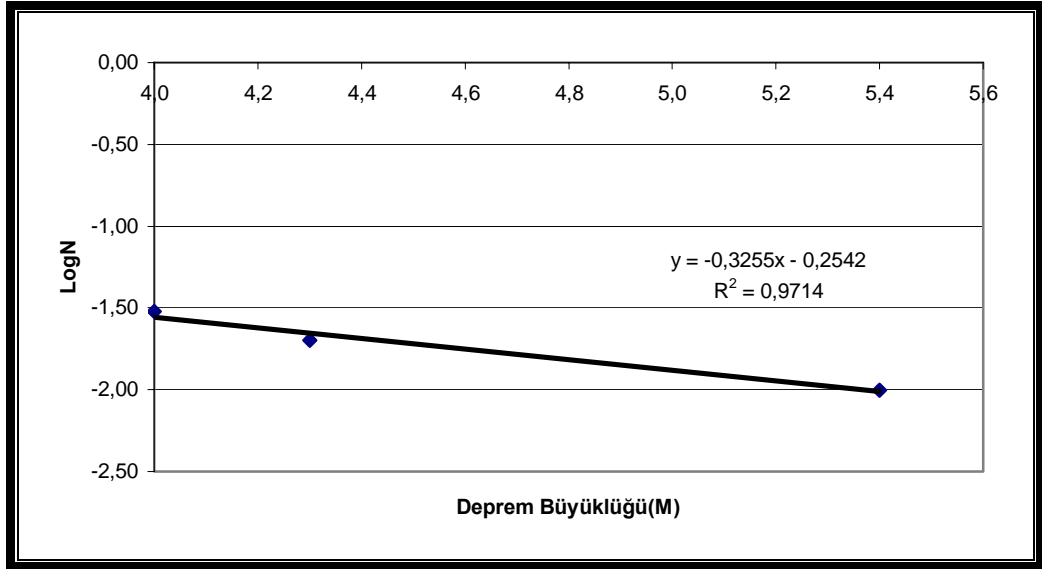
<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,0	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,0	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,0	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,3	1989	4,0
1915	5,4	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,0	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,0	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,0	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.28 Kralikızı Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yonteme göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.29’ da sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} a &= -0,2542 & \alpha &= 0,557 \\ b &= 0,3255 & \beta &= 0,750 \end{aligned}$$



Şekil 4.29 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (a + \log T_r) / b = 5,4 \\ M_{\max} &= \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 4,4 \end{aligned}$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 4,4 ve 5,4 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 0,97$$

$$T_r = 1 / R = 104 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,4 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 21,54$$

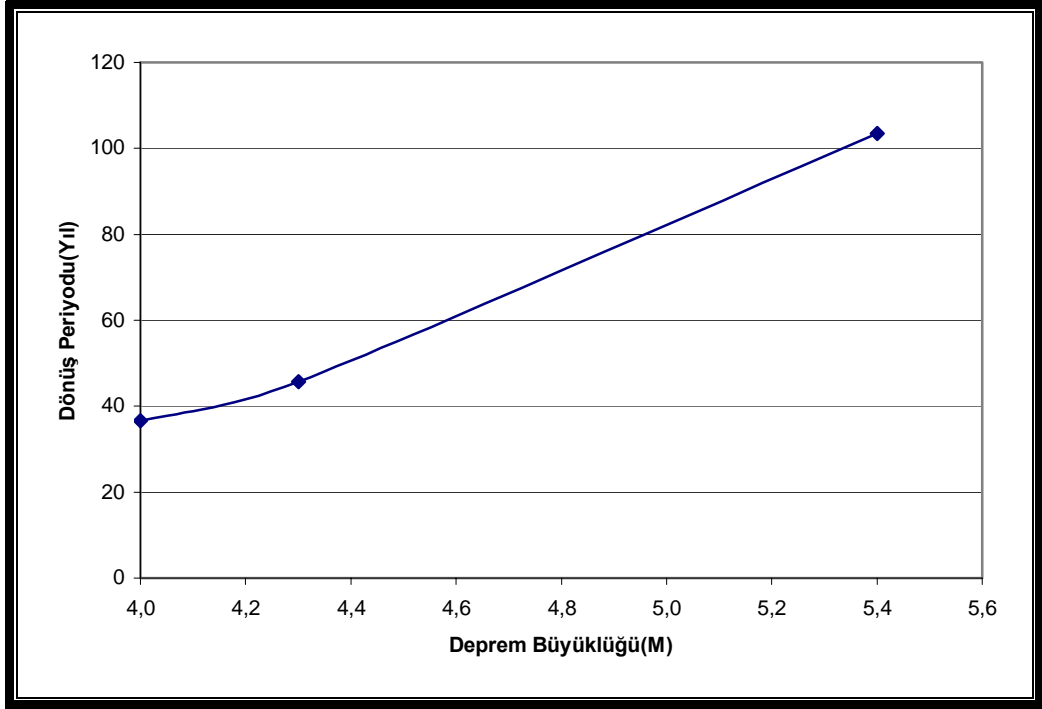
$$R_{50} = 38,44$$

$$R_{100} = 62,11$$

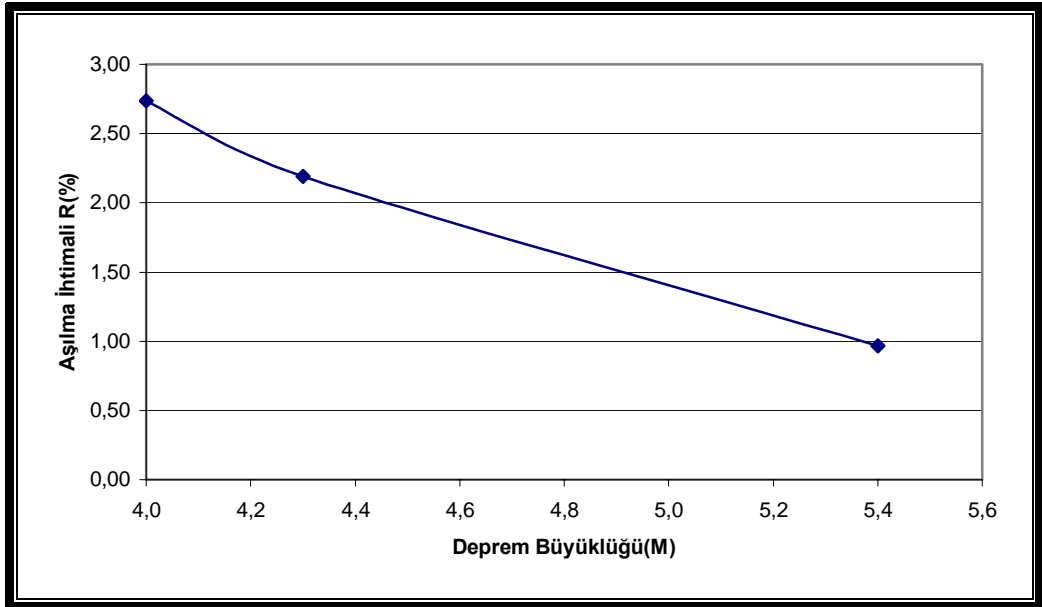
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.30, 4.31 ve 4.32' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 5,4 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.14' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,071g ). Bu değere göre, baraj yeri düşük tehlike sınıfı ( I ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.14 Kralkızı Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

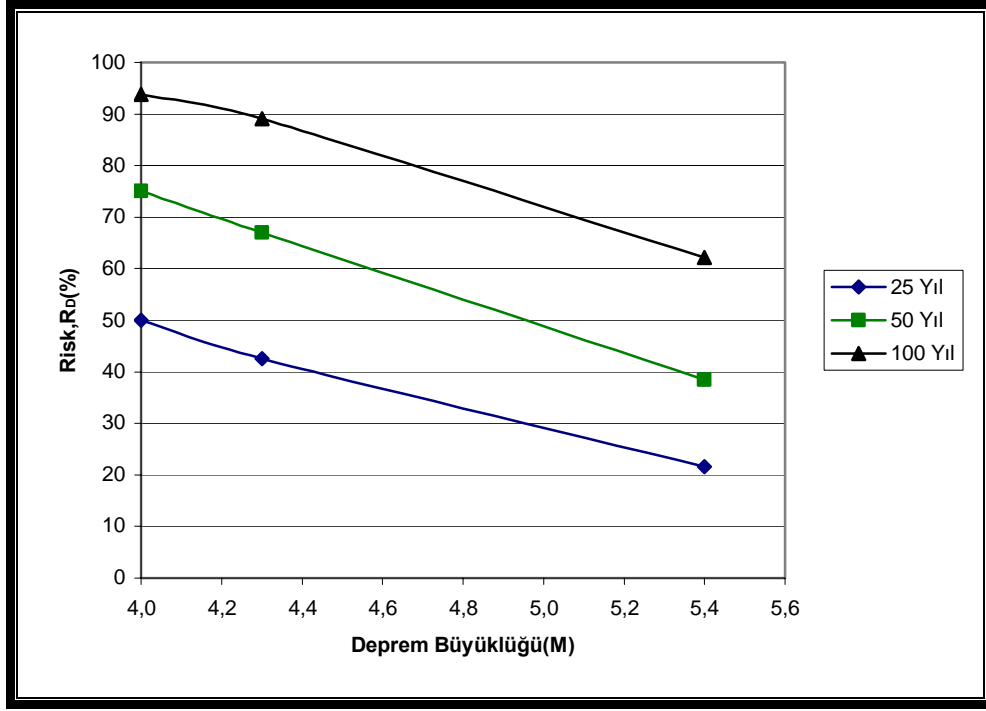
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	5,4	5,7	0,071	0,071	0,071



Şekil 4.30 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.31 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.32 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk Oranı İlişkisi

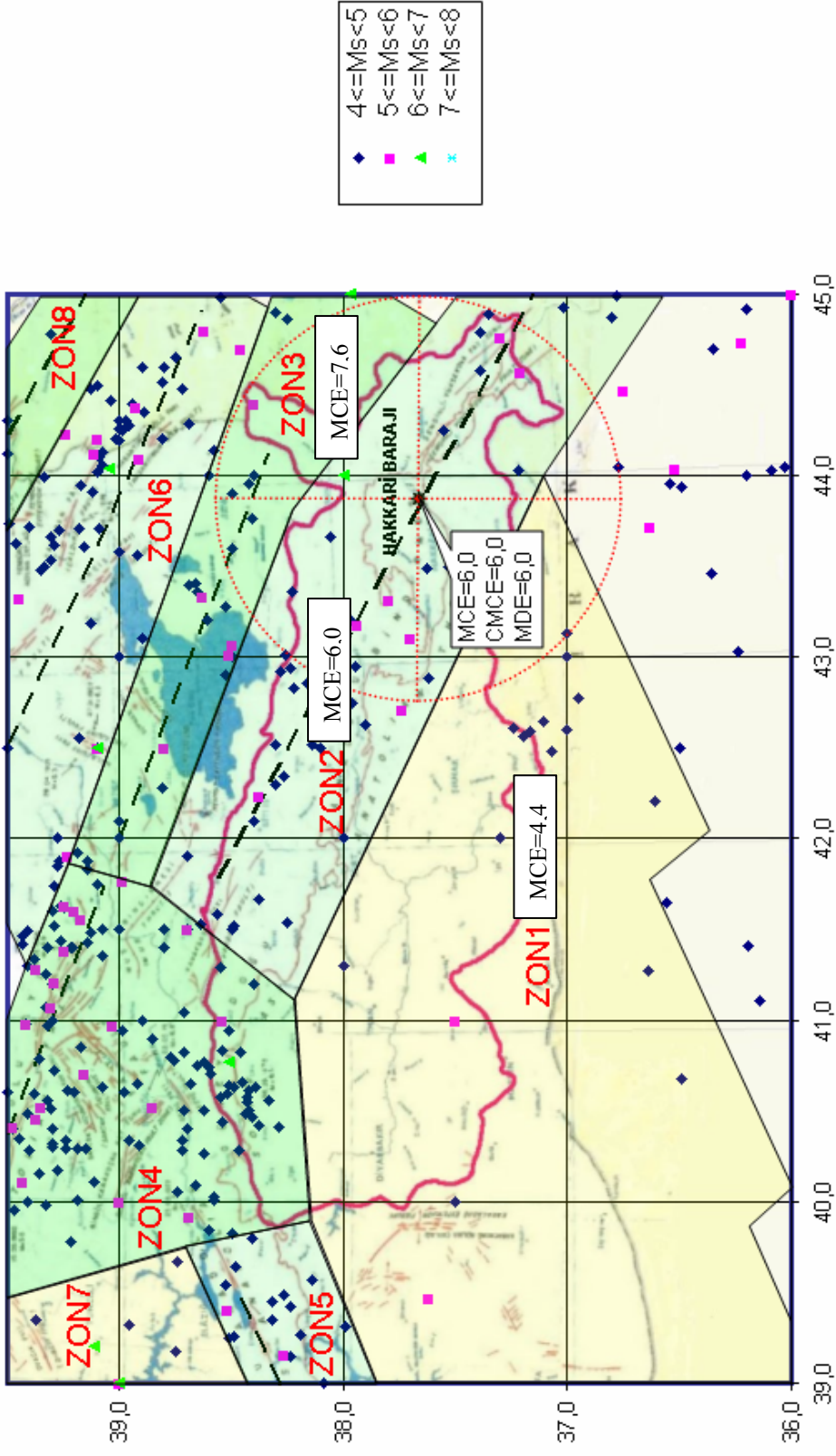
#### 4.3.7 Hakkari barajı sismik risk analizi

Proje aşamasında olan Hakkari Barajı Hakkari ili sınırları içerisinde, Zap suyu üzerinde, kaya dolgu tipinde inşa edilecektir. Enerji amacıyla yapılacak olan barajın gövde hacmi  $19,3 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 170,00 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $14,2 \text{ km}^2$ , bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $801,45 \text{ hm}^3$  tür. 208 MW kurulu gücü ile barajın yıllık enerji üretimi 625,00 GWh' tir.

Hakkari Barajı; 1; 2 ve 3 no' lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Her bir kaynak zonu değeri için MCE değeri bulunmuştur. Bu değerler sırasıyla 4,4; 6,0 ve 7.6' dır. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.15' de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 2' dir, MDE değeri ise 6,0' dır (Şekil 4.33).

Tablo 4.15 Hakkari Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

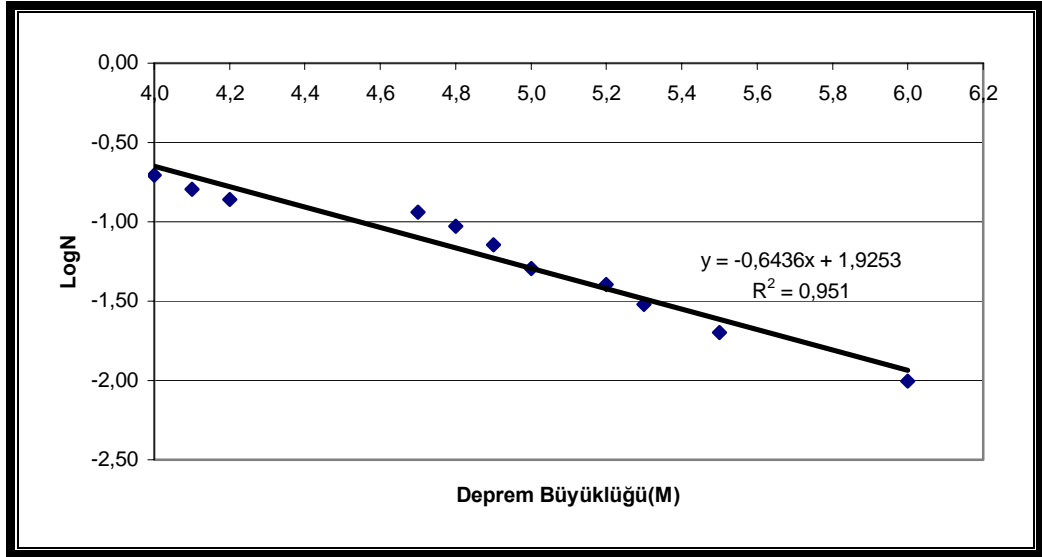
<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,0	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,0	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	5,5	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,8	1956	4,0	1981	4,1
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	6,0	1933	4,0	1958	4,7	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	5,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,0	1985	4,2
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,1
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	5,3	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,0	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,0	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,9	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	5,0	1972	4,7	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,1	1998	4,2
1924	4,9	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	5,2
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,8



Şekil 4.33 Hakkari Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yönteme göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.34’ de sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} a &= 1,9253 & \alpha &= 84,198 \\ b &= 0,6436 & \beta &= 1,482 \end{aligned}$$



Şekil 4.34 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (a + \log T_r) / b = 6,1 \\ M_{\max} &= \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 5,6 \end{aligned}$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 5,6 ve 6,1 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,15$$

$$T_r = 1 / R = 87 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 6,0 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 25,13$$

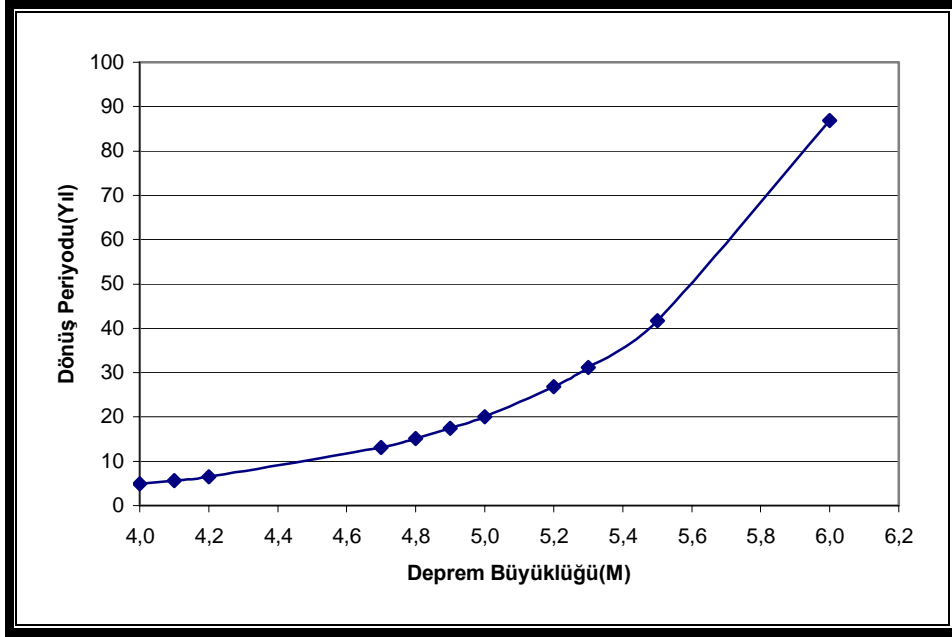
$$R_{50} = 43,94$$

$$R_{100} = 68,58$$

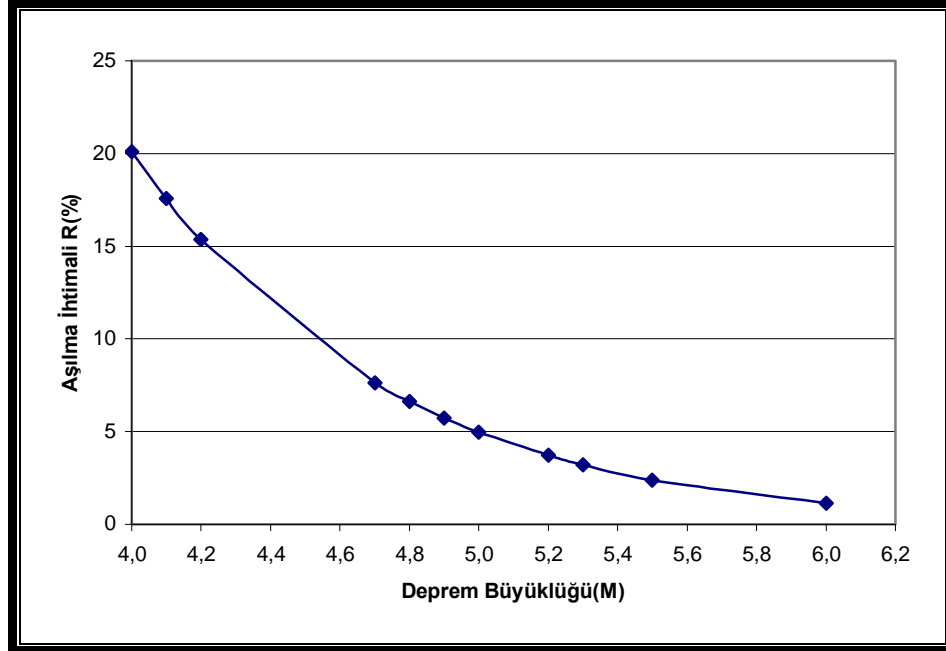
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.35, 4.36 ve 4.37' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 6,0 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.16' da verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,337g ). Bu değere göre, baraj yeri çok yüksek tehlike sınıfı ( IV ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.16 Hakkari Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

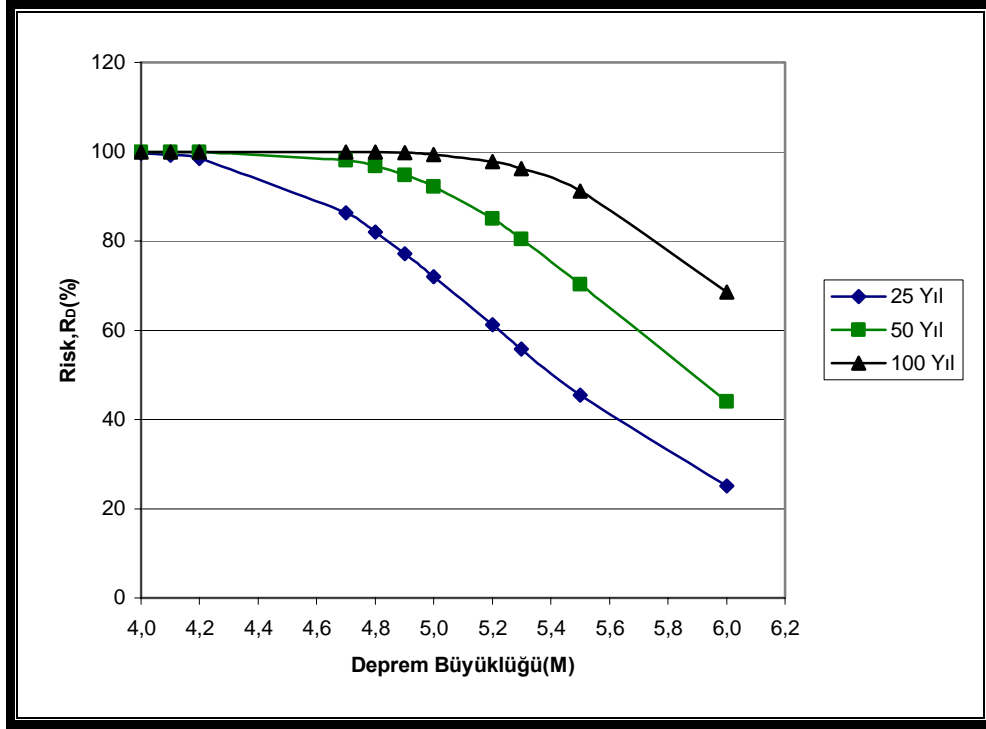
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	6,0	6,3	0,356	0,318	0,337



Şekil 4.35 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.36 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.37 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk İlişkisi

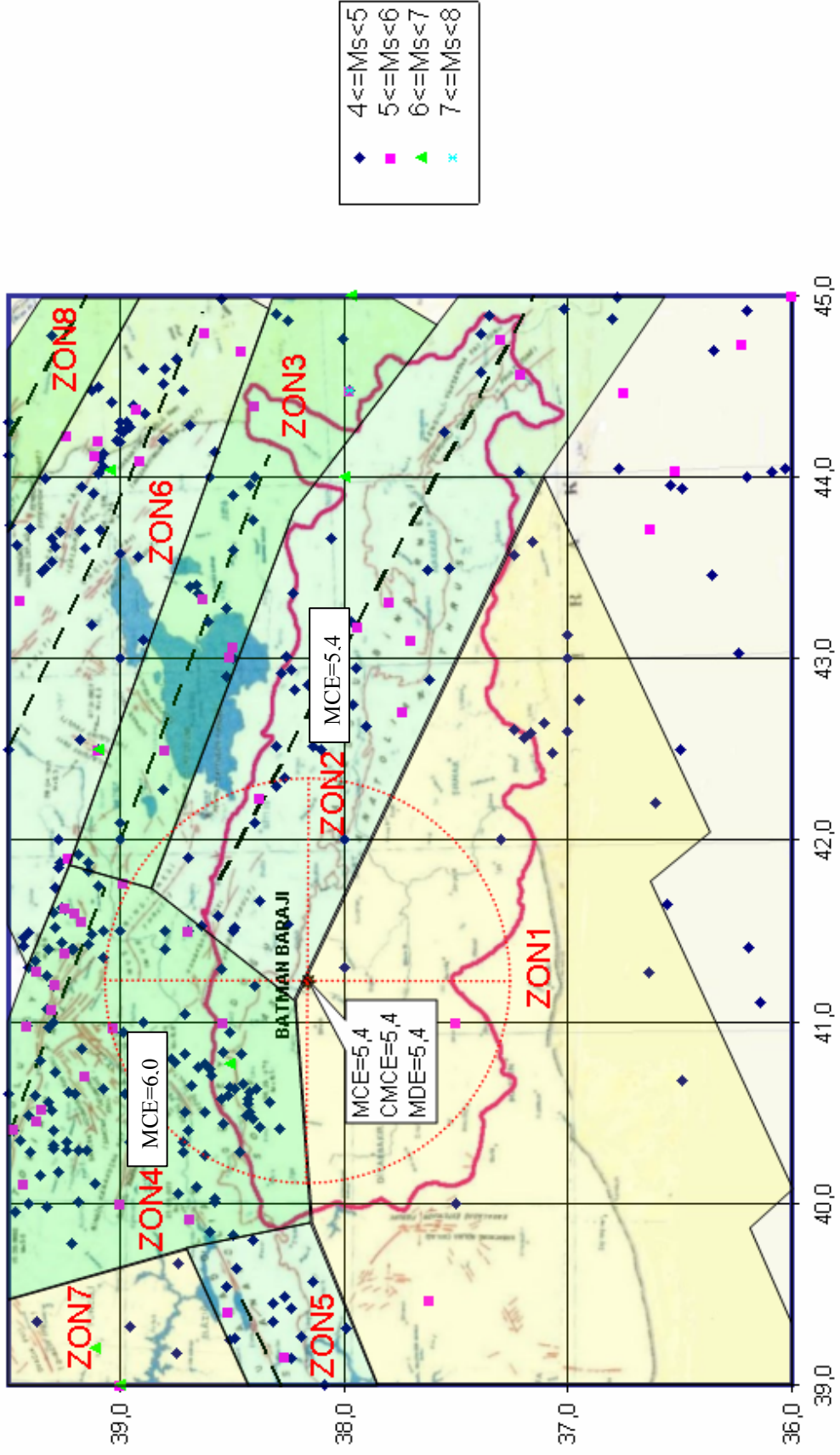
#### 4.3.8 Batman barajı sismik risk analizi

Batman Barajı Batman ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, 1986 – 1998 yılları arasında, toprak + kaya dolgu tipinde inşa edilmiştir. Sulama ve enerji amacıyla yapılan barajın gövde hacmi  $5,40 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 71,50 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $49,25 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $1175,00 \text{ hm}^3$  tür. Barajın toplam sulama alanı 37774 hektar, 198 MW kurulu gücü ile yıllık enerji üretimi ise 483,00 GWh' tir.

Batman Barajı; 2 ve 4 no' lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Bu kaynak zonu değerleri için MCE değerleri sırasıyla 5,4 ve 6,0' dır. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.17' de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 2' dir, MDE değeri ise 5,4' tür (Şekil 4.38).

Tablo 4.17 Batman Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

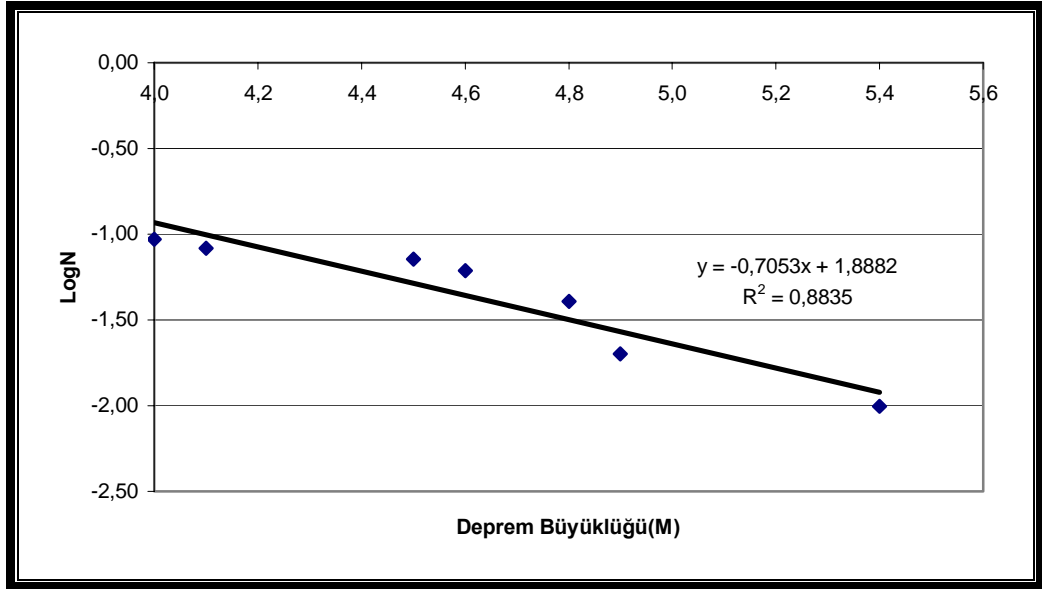
TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M	TARİH	M
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,5	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,9	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,9	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,8	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	5,4	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	4,0	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,1	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,8	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,6	1973	4,0	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.38 Batman Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.39’ da sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} a &= 1,8820 & \alpha &= 77,303 \\ b &= 0,7053 & \beta &= 1,624 \end{aligned}$$



Şekil 4.39 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,5$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 5,1$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 5,1 ve 5,5 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,19$$

$$T_r = 1 / R = 84 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,4 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 25,94$$

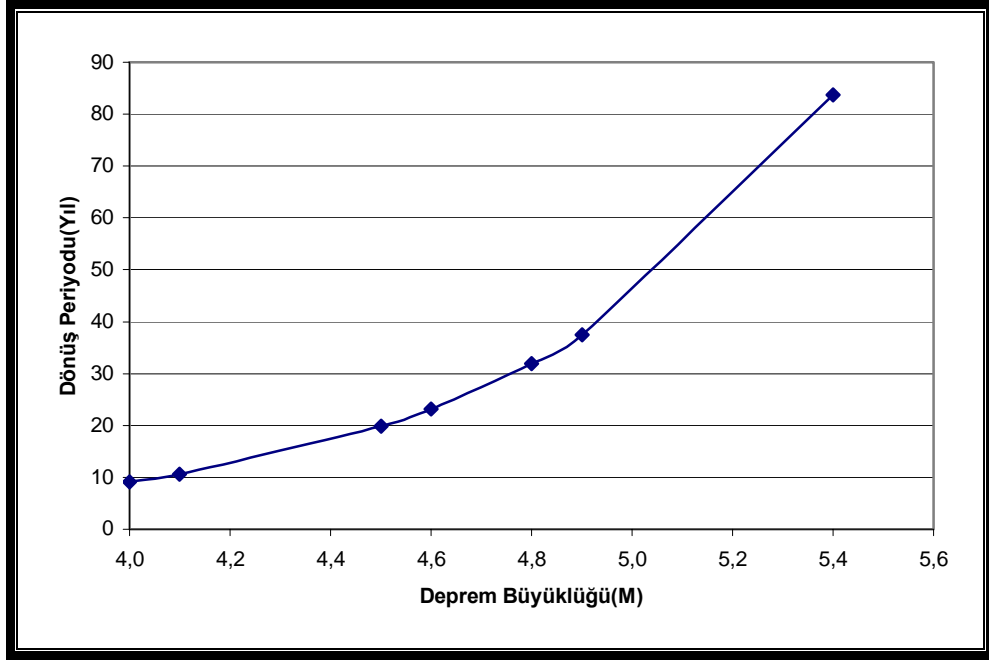
$$R_{50} = 45,15$$

$$R_{100} = 69,92$$

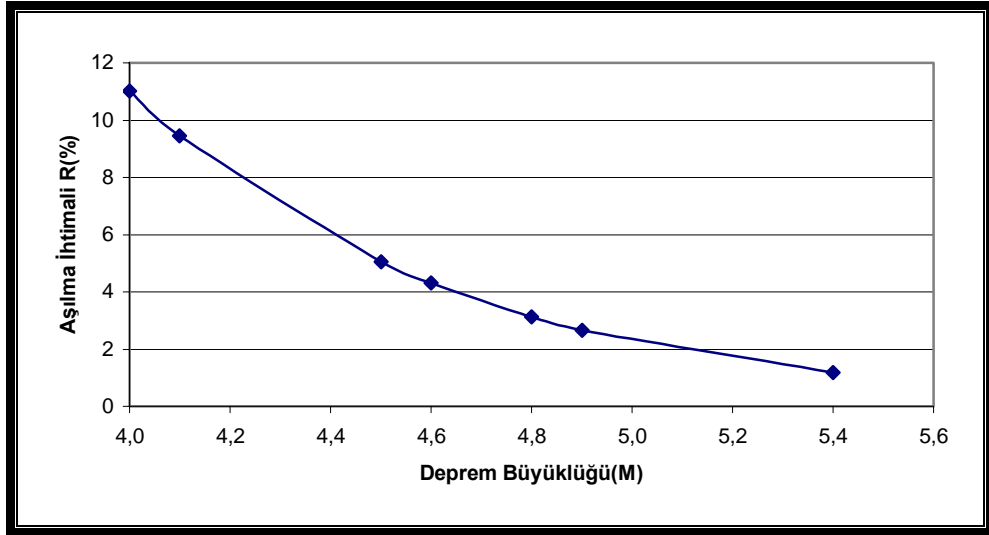
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.40, 4.41 ve 4.42' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 5,4 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.18' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,020g). Bu değere göre, baraj yeri düşük tehlike sınıfı ( I ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.18 Batman Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

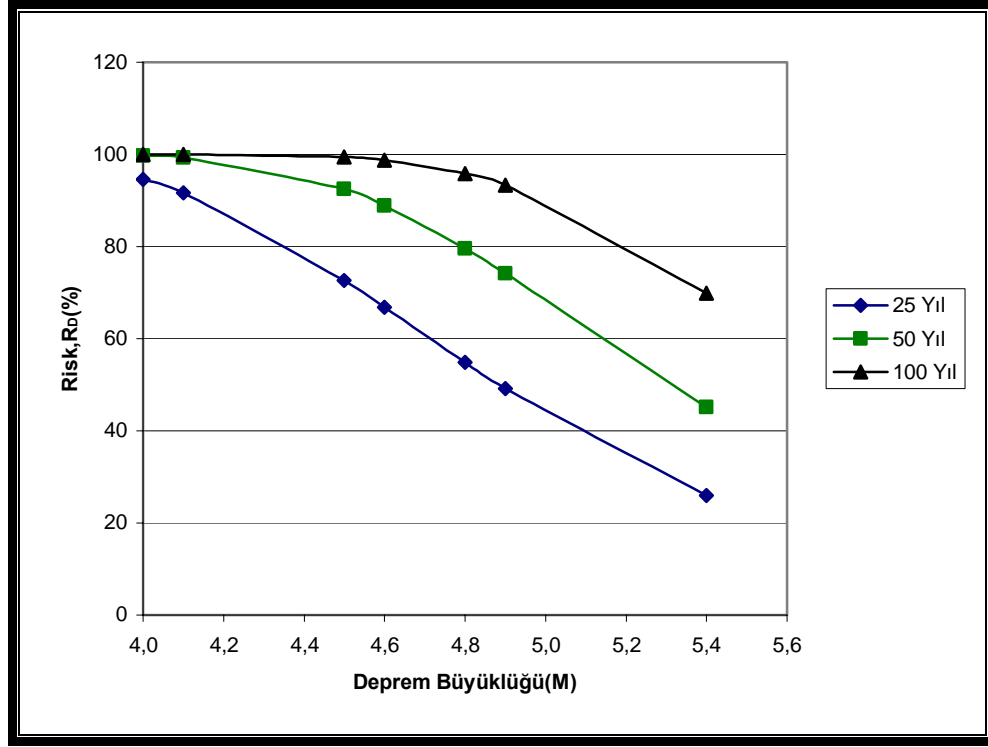
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>I</sub>			
<b>MDE</b>	5,4	5,7	0,017	0,024	0,020



Şekil 4.40 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.41 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.42 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk Oranı İlişkisi

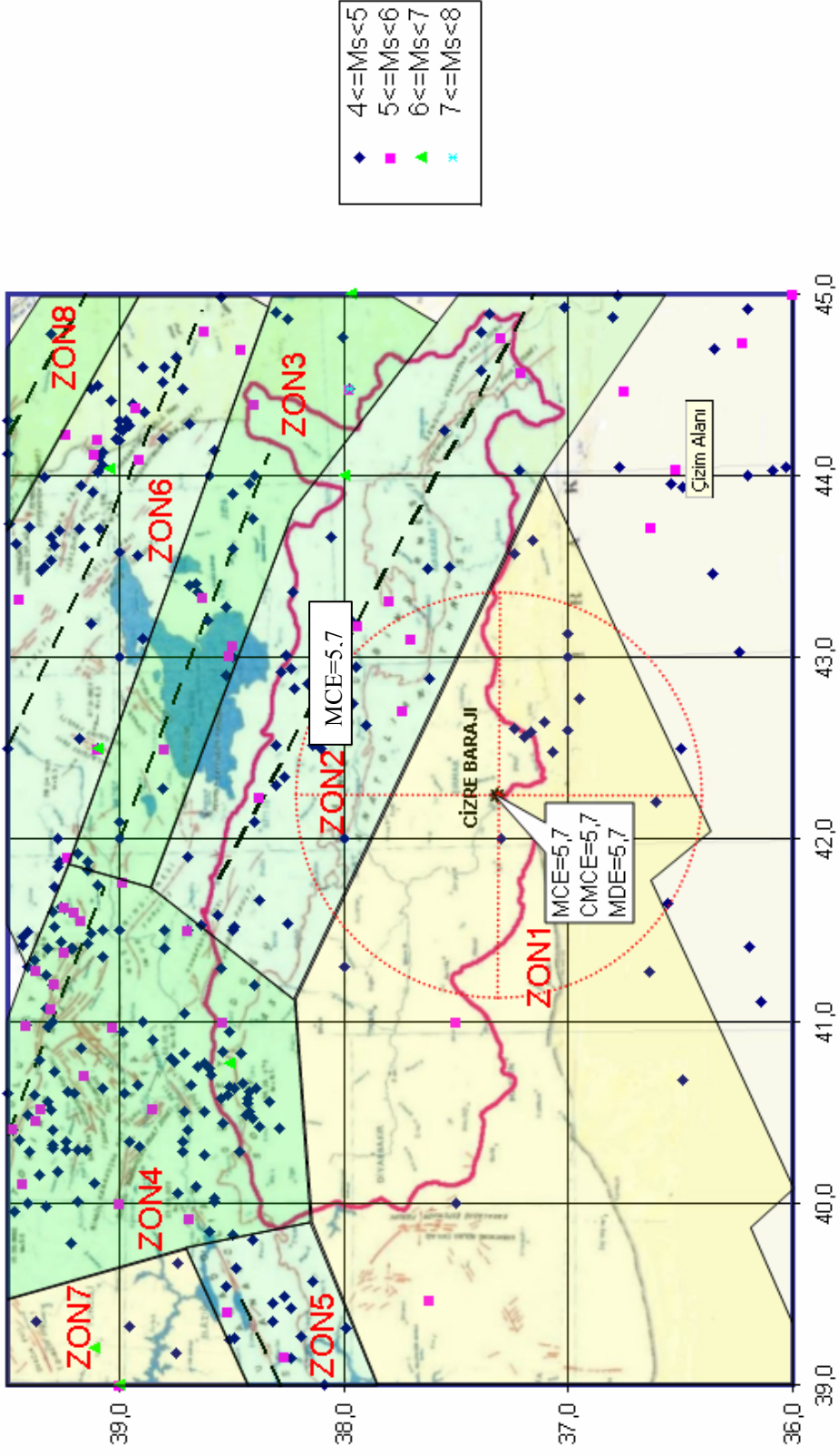
### 4.3.9 Cizre barajı sismik risk analizi

Proje aşamasında olan Cizre Barajı Mardin ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, kum + çakıl dolgu tipinde inşa edilecektir. Sulama ve enerji amacıyla yapılacak olan barajın gövde hacmi  $3,30 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 46,40 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $21,00 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $360,00 \text{ hm}^3$  tür. Barajın toplam sulama alanı 120000 hektar, 240 MW kurulu gücü ile yıllık enerji üretimi ise 1208 GWh' tir.

Cizre Barajı; 2 no' lu kaynak zonunun etkisi altındadır. Bu kaynak zonu değeri için MCE değeri 5,7' dir. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.19' da sunulmuştur. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 2' dir, MDE değeri ise 5,7' dir (Şekil 4.43).

Tablo 4.19 Cizre Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

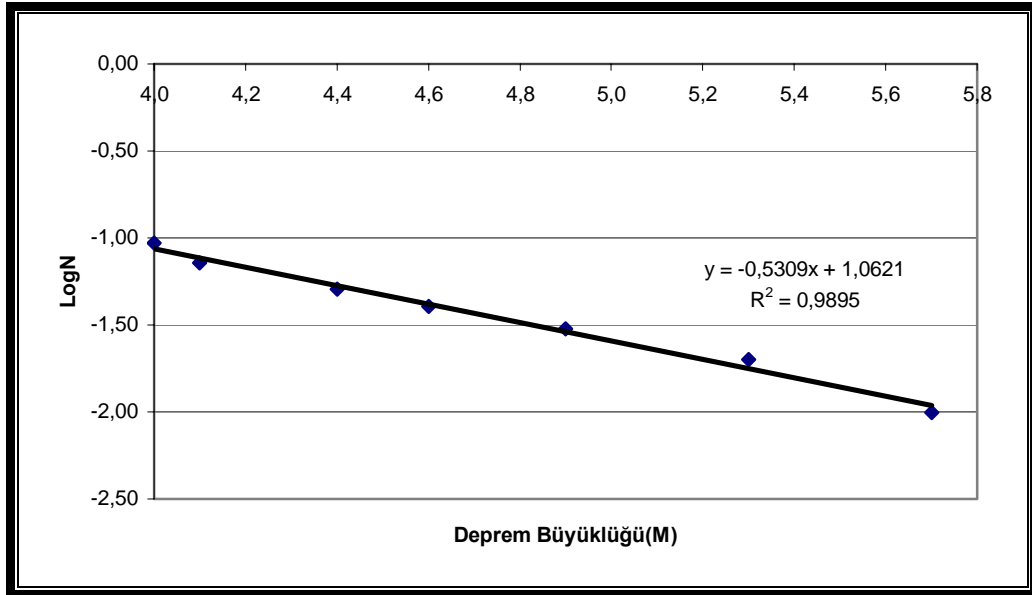
<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,0	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,9	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,1
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,2	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,1
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,0	1989	4,0
1915	5,3	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,4	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,0	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	5,7
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,6
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,4	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,0	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.43 Cizre Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.44’ de sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$a = 1,0621 \quad \alpha = 11,537$$
$$b = 0,5309 \quad \beta = 1,222$$



Şekil 4.44 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,8$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 5,2$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 5,2 ve 5,8 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,08$$

$$T_r = 1 / R = 92 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,7 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 23,84$$

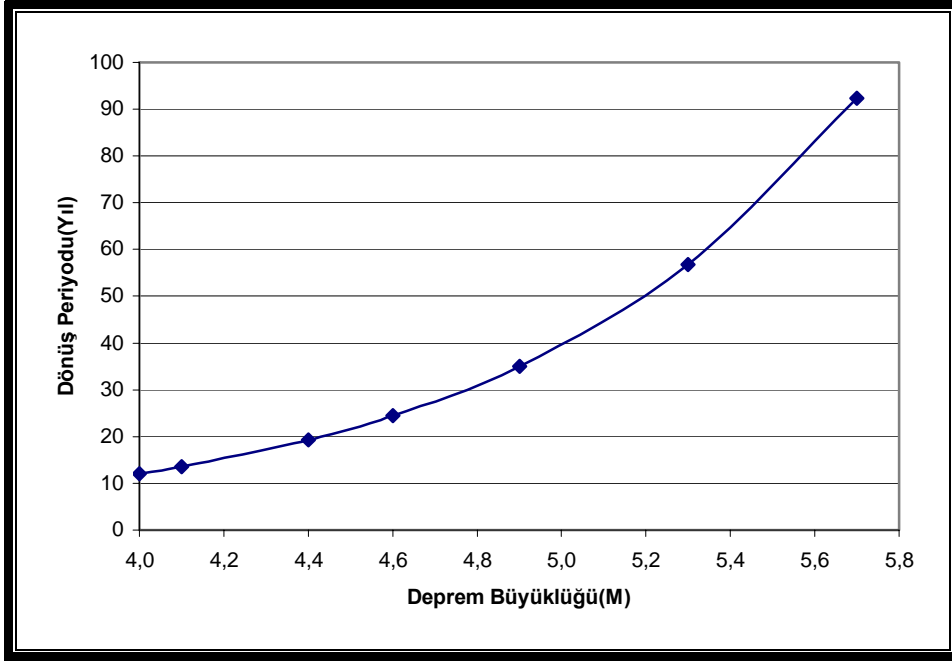
$$R_{50} = 41,99$$

$$R_{100} = 66,35$$

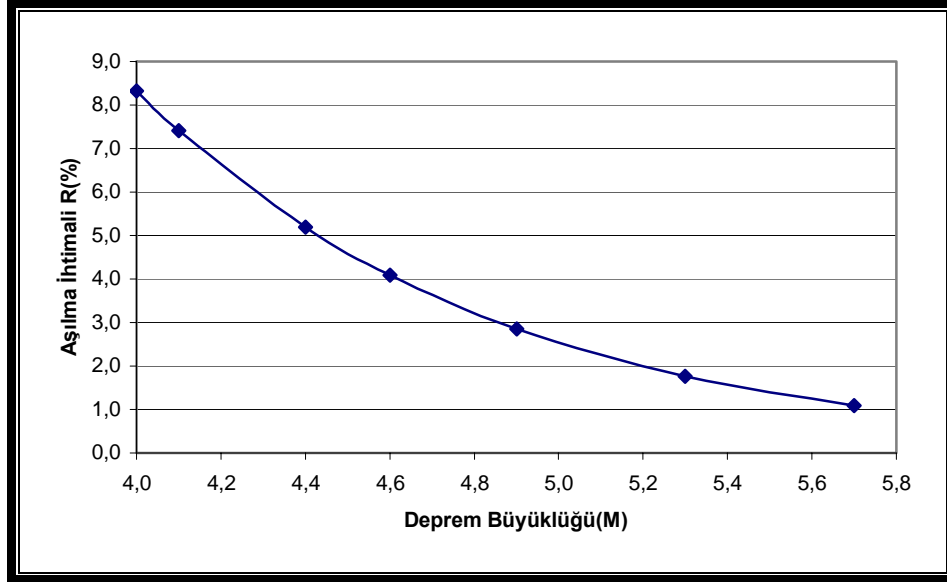
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.45, 4.46 ve 4.47' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 5,7 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.20' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,013g). Bu değere göre, baraj yeri düşük tehlike sınıfı ( I ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.20 Cizre Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

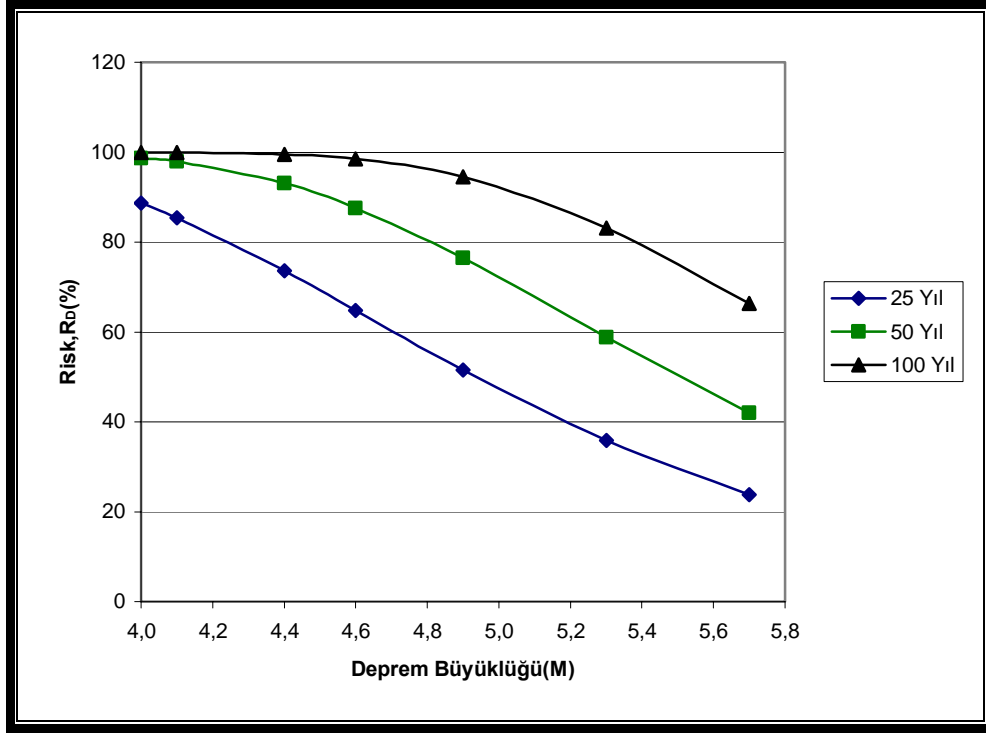
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	5,7	6,0	0,011	0,016	0,013



Şekil 4.45 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.46 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.47 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk İlişkisi

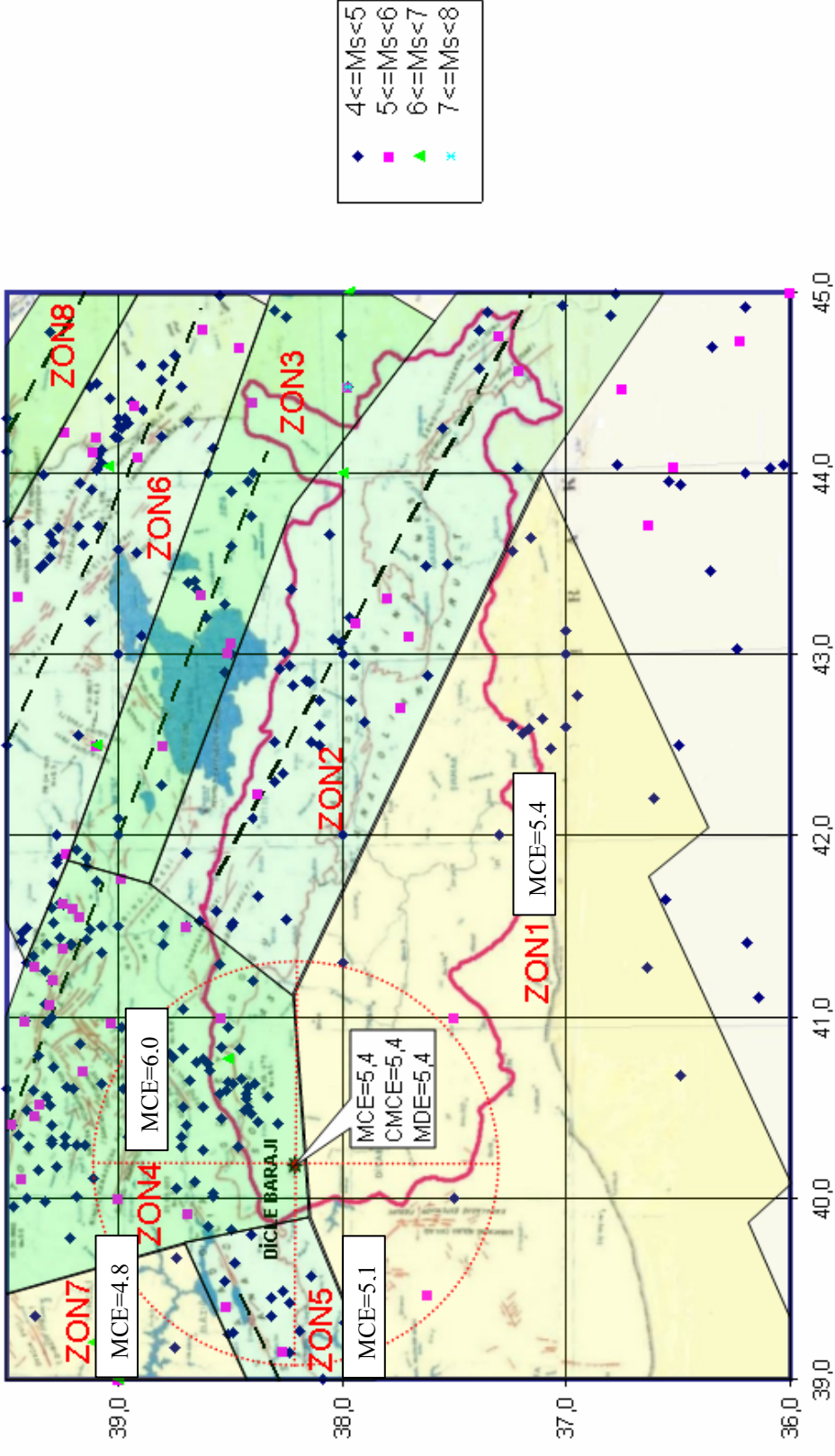
#### 4.3.10 Dicle barajı sismik risk analizi

Dicle Barajı Diyarbakır ili sınırları içerisinde, Dicle nehri üzerinde, 1986 – 1997 yılları arasında, toprak + kaya dolgu tipinde inşa edilmiştir. Sulama ve enerji amacıyla yapılan barajın gövde hacmi  $2,18 \text{ hm}^3$ , talvegten yüksekliği 75,00 m., normal su seviyesindeki göl alanı  $24,00 \text{ km}^2$  ve bu su seviyesindeki göl hacmi ise  $595,00 \text{ hm}^3$  tür. Barajın toplam sulama alanı 126080 hektar, 110 MW kurulu gücü ile yıllık enerji üretimi ise 298,00 GWh' tir.

Dicle Barajı; 1; 4; 5 ve 7 no' lu kaynak zonlarının etkisi altındadır. Bu kaynak zonu değerleri için MCE değerleri sırasıyla 5,4; 6,0; 5,1 ve 4,8 bulunmuştur. Baraj yeri için en kritik zon belirlenmiş ve analiz için kullanılan CMCE ve MDE değerleri bulunmuştur. Analizler için kullanılan depremler Tablo 4.21' de sunulmaktadır. Baraj yeri için en kritik kaynak zonu; Zon 1'dir, MDE değeri ise 5,4' tür (Şekil 4.48).

Tablo 4.21 Dicle Barajı Sismik Risk Analizi İçin Dikkate Alınan Depremler

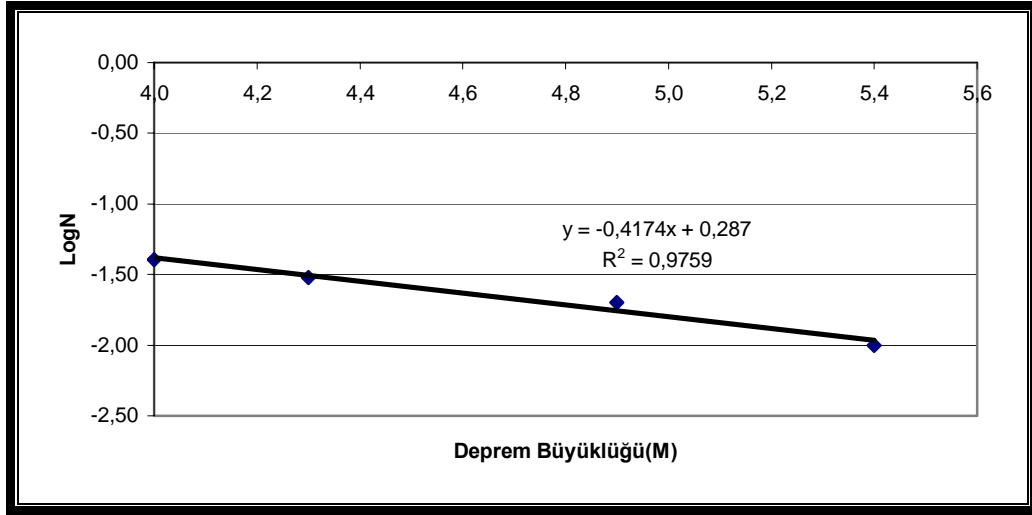
<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>	<b>TARİH</b>	<b>M</b>
1903	4,0	1928	4,0	1953	4,0	1978	4,0
1904	4,0	1929	4,0	1954	4,0	1979	4,0
1905	4,0	1930	4,0	1955	4,0	1980	4,0
1906	4,0	1931	4,0	1956	4,0	1981	4,0
1907	4,0	1932	4,0	1957	4,0	1982	4,0
1908	4,0	1933	4,0	1958	4,0	1983	4,0
1909	4,0	1934	4,0	1959	4,0	1984	4,0
1910	4,0	1935	4,0	1960	4,0	1985	4,0
1911	4,0	1936	4,0	1961	4,0	1986	4,0
1912	4,0	1937	4,0	1962	4,0	1987	4,0
1913	4,0	1938	4,0	1963	4,0	1988	4,0
1914	4,0	1939	4,0	1964	4,3	1989	4,0
1915	5,4	1940	4,0	1965	4,0	1990	4,0
1916	4,0	1941	4,0	1966	4,0	1991	4,0
1917	4,0	1942	4,0	1967	4,0	1992	4,0
1918	4,0	1943	4,0	1968	4,0	1993	4,0
1919	4,0	1944	4,0	1969	4,0	1994	4,0
1920	4,0	1945	4,0	1970	4,0	1995	4,0
1921	4,0	1946	4,0	1971	4,0	1996	4,0
1922	4,0	1947	4,0	1972	4,0	1997	4,0
1923	4,0	1948	4,0	1973	4,0	1998	4,0
1924	4,0	1949	4,0	1974	4,0	1999	4,0
1925	4,0	1950	4,0	1975	4,9	2000	4,0
1926	4,0	1951	4,0	1976	4,0	2001	4,0
1927	4,0	1952	4,0	1977	4,0	2002	4,0



Şekil 4.48 Dicle Barajı Sismik Kaynak Zonlarındaki Depremlerin Dağılımı ve Karakteristik Depremler

Analizlerde kullanılan deprem verilerine bağı olarak Gumbel Yöntemi ile istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu yöntemle göre elde edilen deprem sayısı – deprem büyüklüğü ilişkisi Şekil 4.49’ da sunulmaktadır. Bu ilişki sonunda elde edilen doğrusal ilişkilerle ilgili katsayılar hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıda verilmektedir.

$$a = 0,2870 \quad \alpha = 1,936$$
$$b = 0,4170 \quad \beta = 0,961$$



Şekil 4.49 LogN – Deprem Büyüklüğü İlişkisi

İncelemede dikkate alınan sismik tarihçe ( $T_d = 100$  yıl) için meydana gelebilecek en büyük deprem ile herhangi bir periyotta ( $T_d = 50$  yıl) meydana gelebilecek olası en büyük depremin büyüklüğü, yukarıda verilen parametrelere bağı olarak aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\max} = (a + \log T_r) / b = 5,5$$

$$M_{\max} = \text{Ln} (\alpha * T_d) / \beta = 4,8$$

Yapı ömrü 50 ve 100 yıl olması halinde beklenecek en büyük deprem büyüklükleri, sırasıyla 4,8 ve 5,5 olarak hesaplanmıştır. Her bir büyüklükteki bir depremin aşılma olasılığı ( R % ) ve herhangi bir büyüklükteki bir depremin dönüş periyodu ( T<sub>r</sub> ) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$R = 1 - G = 1 - \exp(-\alpha * e^{-\beta * M}) = \% 1,07$$

$$T_r = 1 / R = 93 \text{ Yıl}$$

Herhangi bir büyüklükteki deprem için dikkate alınacak belli yapı ömrü esasında depremlerin oluşma olasılığı ( R<sub>D</sub> ) hesaplanmıştır.

$$R_D = 1 - \exp(-\alpha * T_d * e^{-\beta * M}) \quad M = 5,4 \text{ için;}$$

$$R_{25} = 23,65$$

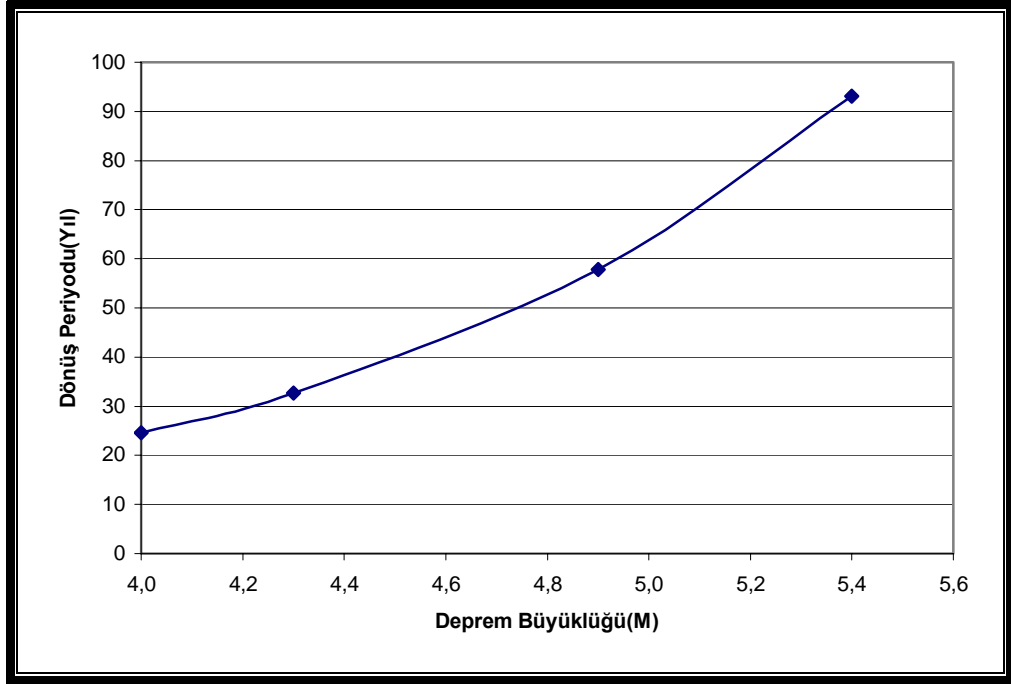
$$R_{50} = 41,71$$

$$R_{100} = 66,02$$

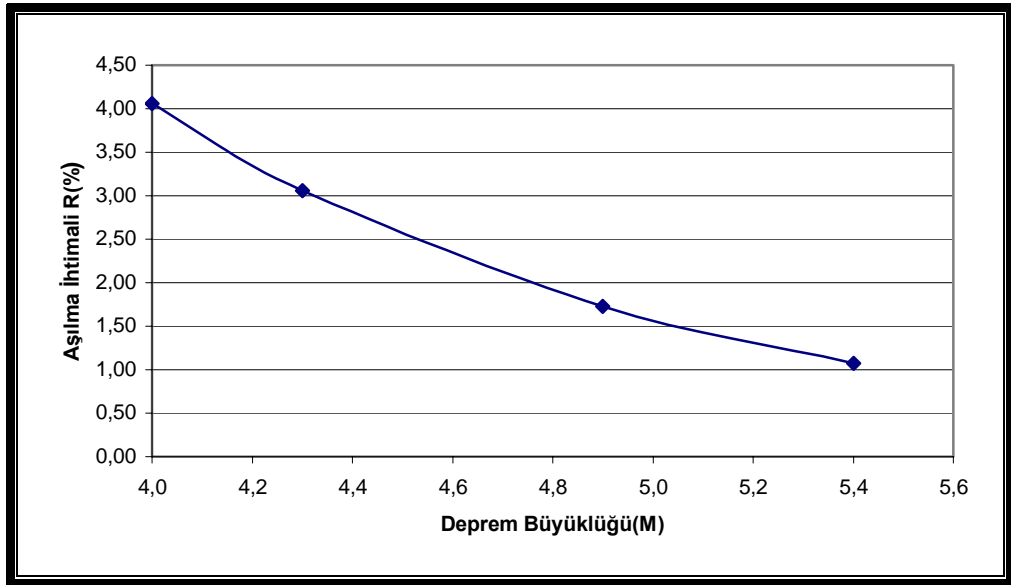
Bu yöntem esasında oluşturulan grafiksel analizler, Şekil 4.50, 4.51 ve 4.52' de sunulmaktadır. Analizler sonucunda, en kritik kaynak zonunda karakteristik deprem MDE = 5,4 olarak belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen en büyük yer ivmesi Tablo 4.22' de verilmektedir. Çözümde uç en büyük ivme ortalama bir değer olarak alınmıştır (PGA = 0,195g). Bu değere göre, baraj yeri orta tehlike sınıfı ( II ) ile temsil edilebilir.

Tablo 4.22 Dicle Barajı En Büyük Yer İvmesi Analizi Sonuçları

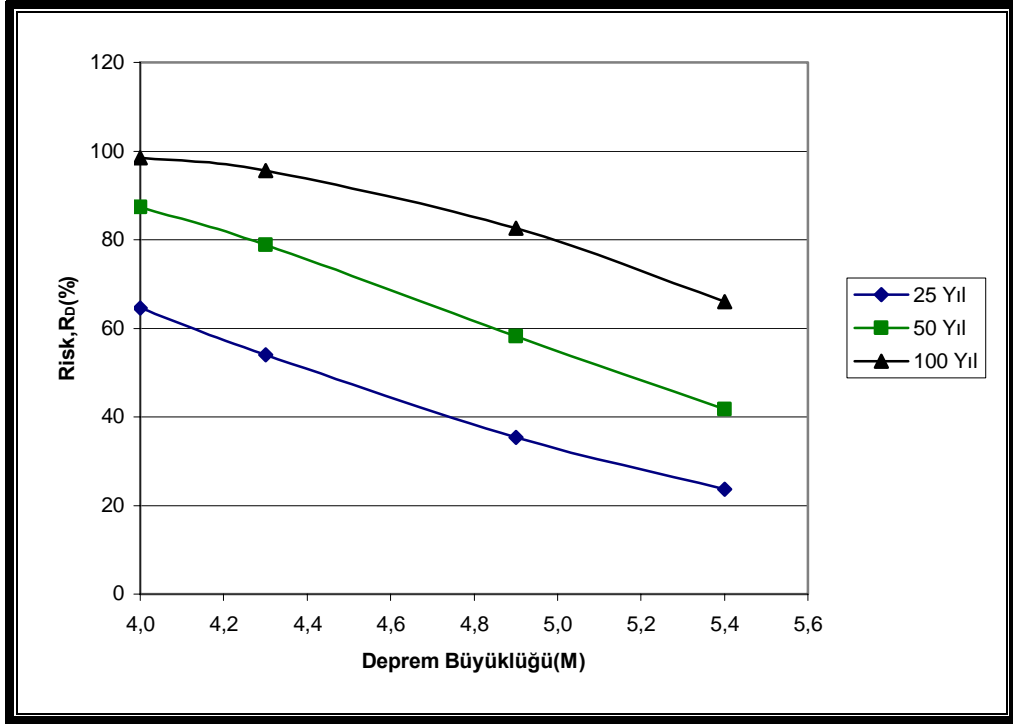
	Deprem Büyüklüğü		a <sub>max</sub> (g) Gumbel	a <sub>max</sub> (g) Ambraseys	Ortalama a <sub>max</sub> (g)
	M <sub>s</sub>	M <sub>l</sub>			
<b>MDE</b>	5,4	5,7	0,213	0,178	0,195



Şekil 4.50 Deprem Büyüklüğü – Dönüş Periyodu İlişkisi



Şekil 4.51 Deprem Büyüklüğü – Aşılma İhtimali İlişkisi



Şekil 4.52 Deprem Büyüklüğü – Yapı Ömrü – Risk Oranı İlişkisi

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada Dicle Havzası'nda yer alan 10 büyük baraj yeri için sismik analiz yapılmış, tehlike sınıfları belirlenmiş ve toplam risk oranları bulunmuştur. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak bu bölümde tartışılacaktır.

### 5.1 Sismik Tehlike Analizleri

Dicle Havzası'nda yer alan, proje ve işletme aşamalarında olan büyük barajların yerleri, sismik aktivite yönünden Bölüm 4' de detaylı olarak incelenmiştir. Tablo 5.1' de Gumbel ve Ambraseys yöntemleriyle yapılan analiz sonuçları ve kritik zonlar belirtilmektedir. Gumbel yöntemine göre havza için bulunan değerler özet olarak Tablo 5.2' de sunulmaktadır. Bölgede jeolojik verilere ve sismik aktiviteye göre 8 ayrı kaynak zonu oluşturulmuştur. Bölge için en kritik kaynak zonları zon 2 ve zon 4' dür. Zon 2 Güneydoğu Anadolu Bindirmesini, zon 4 ise ülkemizde yüksek aktiviteye sahip olduğu bilinen Kuzey Anadolu Fayının son bölümünü oluşturmaktadır. Bu zonlarda MDE değerleri 5,4 ile 6,0 arasında değişmektedir. Silvan, Ayşehatun, Göksu, Ilisu, Hakkari, Batman ve Cizre barajları için bu zonlar kritiktir. İlgili zonlar içindeki MDE büyüklüğündeki bir değerın tekrarlanan periyodu 84–115 yıl arasında değişmektedir. Bölgedeki ilgili zonlardan 1 no' lu zondaki MDE değerleri 4,9–5,4 arasında değişmektedir. Bölgede Silvan, Ayşehatun, Çukurca, Kralkızı, Hakkari, Batman ve Dicle barajları yakın kaynak zonu etkisi altındadır. Baraj tipine bağlı olmaksızın baraj yeri sismik tehlike oranlarına baktığımızda Hakkari barajının maruz kaldığı ivme bakımından çok yüksek tehlike oranına sahip olduğu görülmektedir (Tablo 5.3).

Tablo 5.1 Dicle Havzasındaki Barajlara Ait Kritik Kaynak Zonları ve Bu Zonlara Ait Değerler

Baraj Adı	Kaynak Zonları	GUMBEL			AMBRASEYS			a <sub>ort</sub> (g)	Kritik Zon
		M <sub>1</sub>	R(km)	PGA(g)	M <sub>s</sub>	r	ah		
Silvan	1	5,4	7,93	0,147	5,0	9,94	0,125	0,136	
	2	5,7	6,34	0,213	5,4	8,73	0,178	0,195	X
	4	6,3	103,10	0,013	6,0	103,28	0,019	0,016	
Ayşehatun	1	5,3	41,24	0,018	4,9	41,68	0,027	0,023	
	2	5,7	15,86	0,096	5,4	16,96	0,091	0,093	X
	3	5,9	71,38	0,016	5,6	71,63	0,022	0,019	
	4	6,3	38,07	0,054	6,0	38,54	0,054	0,054	
	6	6,5	142,76	0,011	6,3	142,88	0,015	0,013	
Göksu	4	6,3	185,59	0,005	6,0	185,68	0,009	0,007	X
Çukurca	1	5,3	4,76	0,208	4,9	7,66	0,154	0,181	X
	2	6,3	42,83	0,047	6,0	43,25	0,048	0,047	
İhsu	2	6,0	98,34	0,011	5,7	98,53	0,017	0,014	X
Kralkızı	1	5,7	20,62	0,071	5,4	21,48	0,071	0,071	X
	4	6,3	126,90	0,010	6,0	127,04	0,015	0,012	
	5	5,6	23,79	0,055	5,3	24,54	0,059	0,057	
	7	5,3	50,76	0,013	4,9	51,11	0,022	0,018	
Hakkari	1	4,8	50,76	0,008	4,4	51,11	0,017	0,012	
	2	6,3	3,17	0,356	6,0	6,79	0,318	0,337	X
	3	7,7	77,72	0,079	7,6	77,96	0,061	0,070	
Batman	2	5,7	60,28	0,017	5,4	60,57	0,024	0,020	X
	4	6,3	111,03	0,012	6,0	111,20	0,017	0,015	
Cizre	2	6,0	103,10	0,010	5,7	103,28	0,016	0,013	X
Dicle	1	5,7	6,34	0,213	5,4	8,73	0,178	0,195	X
	4	6,3	138,00	0,008	6,0	138,13	0,013	0,011	
	5	5,5	26,97	0,040	5,1	27,62	0,047	0,043	
	7	5,2	66,62	0,008	4,8	66,89	0,016	0,012	

Tablo 5.2 Dicle Havzasındaki Barajlara Ait Gumbel Analiz Sonuçları

Baraj Adı	Kritik Kaynak Zonu	GUMBEL ANALİZİ						
		MDE	R (%)	T <sub>d</sub> (Yıl)	M <sub>m, max</sub>		R <sub>50</sub> (%)	R <sub>100</sub> (%)
			MDE için	MDE için	T <sub>d</sub> =50 Yıl	T <sub>d</sub> =100 Yıl	MDE için	MDE için
Silvan	Zon 2	5,4	1,19	84	4,8	5,5	42	66
Ayşehatun	Zon 2	5,4	1,13	89	5,1	5,5	43	68
Göksu	Zon 4	6,0	0,87	115	5,1	5,9	35	58
Çukurca	Zon 1	4,9	1,61	62	4,8	5,1	55	80
İhsu	Zon 2	5,7	0,90	111	5,1	5,6	36	60
Kralkızı	Zon 1	5,4	0,97	104	4,4	5,4	38	62
Hakkari	Zon 2	6,0	1,15	87	5,6	6,1	44	69
Batman	Zon 2	5,4	1,19	84	5,1	5,5	45	70
Cizre	Zon 2	5,7	1,08	92	5,2	5,8	42	66
Dicle	Zon 1	5,4	1,07	93	4,8	5,5	42	66

Tablo 5.3 Baraj Tipine Bağlı Olmaksızın Baraj Yeri Sismik Tehlike Oranı

Baraj Adı	PGA (g)	Tehlike Sınıfı	Tehlike Oranı
Silvan	0,195	II	Orta
Ayşehatun	0,093	I	Düşük
Göksu	0,007	I	Düşük
Çukurca	0,181	II	Orta
İhsu	0,014	I	Düşük
Kralkızı	0,071	I	Düşük
Hakkari	0,337	IV	Çok Yüksek
Batman	0,020	I	Düşük
Cizre	0,013	I	Düşük
Dicle	0,195	II	Orta

## 5.2 Toplam Risk Analizleri

Çalışma kapsamında yer alan her baraj için esasları Bölüm 2.4.2’ de belirtilen potansiyel risk analizi yapılmıştır. Barajın kapasitesine, yüksekliğine, tahliye gereksinimine, potansiyel mansap hasarına bağlı toplam risk faktörü hesaplanmış, risk sınıfı belirlenmiş ve risk oranı tanımlanmıştır. Analiz sonuçları toplu olarak Tablo 5.4’ de verilmektedir. Bu esaslar kapsamında dikkate alınan 10 büyük barajın tümü yüksek veya çok yüksek potansiyel risk oranına sahiptir. Bu barajlar için detaylı sismik tehlike analizlerinin yapılması ve inşaat önlemlerinin alınması yönünde çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalar yapılırken havza bütünlüğü dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır.

Tablo 5.4 Dicle Havzası Barajları İçin Hesaplanmış Toplam Risk Faktörüne Bağlı Olarak Barajın Risk Sınıfı

Baraj Adı	RİSK FAKTÖRLERİ				TOPLAM RİSK FAKTÖRÜ	Risk Sınıfı	Risk Oranı
	Kapasite (hm <sup>3</sup> )	Yükseklik (m)	Tahliye Gereksinimleri (İnsan Sayısı)	Potansiyel Mansap Hasarı			
Silvan	6840 (6)	166,50 (6)	12	12	36	IV	Çok Yüksek
Ayşehatun	530,37 (6)	73,00 (6)	8	12	32	IV	Çok Yüksek
Göksu	62,00 (4)	46,00 (6)	8	8	26	III	Yüksek
Çukurca	142,80 (6)	103,00 (6)	8	8	28	III	Yüksek
İlisu	10410,00 (6)	130,00 (6)	12	12	36	IV	Çok Yüksek
Kralkızı	1919,00 (6)	113,00 (6)	12	12	36	IV	Çok Yüksek
Hakkari	668,00 (6)	170,00 (6)	8	8	28	III	Yüksek
Batman	1175,00 (6)	71,50 (6)	12	12	36	IV	Çok Yüksek
Cizre	360,00 (6)	46,40 (6)	12	12	36	IV	Çok Yüksek
Dicle	595,00 (6)	75,00 (6)	12	8	32	IV	Çok Yüksek

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada baraj yeri sismik tehlike ve potansiyel risk analiz esasları değerlendirilmiş ve ülkemizin en önemli havzalarından biri olan ve önümüzdeki yıllarda büyük barajlar inşa edilmesi planlanan Dicle Havzası için uygulama yapılmıştır. Çalışmada aşağıda özetlenen sonuçlara ulaşılmıştır.

- Çalışmada deterministik esasa göre yapılan iki ayrı yöntemde de birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar yakın kaynak zonu etkisindeki barajlarda daha fazladır.
- Bu çalışmada en büyük tasarım depremi ( MDE ) dikkate alınarak, 25, 50 ve 100 yıllık periyotlarda bu depremin meydana gelme olasılıkları hesaplanmıştır. Havzada her 100 yılda bir büyüklüğü 5,4–6,0 arasında değişen depremin olma olasılığı ortalama olarak % 67' dir.
- Analizlerde her baraj için baraj tipine bağlı olmaksızın baraj yeri sismik tehlike oranları tanımlanmıştır. Havza içinde yer alan 10 büyük barajın %60' ı düşük, %30' u orta, %10' u ise çok yüksek tehlike oranına sahiptir. Özellikle çok yüksek tehlike oranına sahip olan barajlarda detaylı sismik tehlike analizi yapılmalı ve bu analizlerde barajın özellikleri de dikkate alınmalıdır.
- Havzadaki 7 barajda yakın kaynak zonu etkisi görülmektedir. Kuzey Anadolu Fayının son bölümüne denk gelen zon 4 ve onun devamı olan Güneydoğu Anadolu Bindirmesini kapsayan zon 2' de ki barajların tümünde yakın kaynak zonu etkisi mevcuttur.
- Havzada bulunan barajlar kapasite, yükseklik, tahliye gereksinimi ve potansiyel mansap hasarı esasında analiz edildiğinde, tümünün çok yüksek

potansiyel risk taşıdığı görülmektedir. Bu risk mansaptaki canlı yaşamı için tehlike oluşturduğundan ilgili barajlar üstten aşma, şev göçmesi ve borulanma gibi önemli göçme biçimleri için analiz edilmelidir. Havzada bulunan barajların çoğunun toprak + kaya dolgu baraj olduğu göz önüne alınırsa bu analizleri yapmak, tasarımda önemli rol oynayacaktır.

- Toplam risk analizleri için kullanılan yöntemin bazı eksiklikleri olduğu görülmektedir (ICOLD, 1989). Özellikle baraj tipi ile baraj yaşını da sınıflandırmada dikkate almak gereklidir.

## 7. EK AÇIKLAMALAR

### EK AÇIKLAMALAR-A

#### ÇALIŞMADA DİKKATE ALINAN DEPREMLER

TARİH	KAY NAK	ZAMAN (GMT)	ENLEM (N)	BOYLAM (E)	DERİNLİK (Km)	KAY NAK	Mb	Md	MI	Ms
07.02.1996	ISC	12:27:05.00	38,49	39,26	0	ISC	4,3			4,0
01.06.1994	ISC	11:33:08.80	38,27	39,49	10	ISC	4,3			4,0
19.01.1989	ISC	17:28:18.0	38,14	39,57	10	ISC	4,3			4,0
02.09.2001	GS	21:42:29.31	38,60	39,84	33	GS	4,3			4,0
07.12.1971	ISC	15:00:34.0	39,11	40,11	71	ISC	4,3			4,0
22.08.1999	ISC	11:12:58.68	39,28	40,17	28,2	ISC	4,3			4,0
02.10.1986	ISC	15:53:35.0	38,91	40,31	9	ISC	4,3			4,0
22.05.1971	ISC	17:32:34.0	38,96	40,34	80	ISC	4,3			4,0
30.03.1988	ISC	21:42:04.0	39,24	40,34	10	ISC	4,3			4,0
13.03.1968	ISC	00:53:42.0	39,48	40,40	71	ISC	4,3			4,0
06.09.1975	ISC	22:42:51.0	38,38	40,42	32	ISC	4,3			4,0
08.11.1975	ISC	12:54:11.0	38,54	40,44	51	ISC	4,3			4,0
11.12.1982	ISC	16:25:59.0	38,43	40,58	33	ISC	4,3			4,0
16.09.1975	ISC	12:51:16.0	38,51	40,64	35	ISC	4,3			4,0
13.01.1976	ISC	20:58:44.0	38,60	40,74	68	ISC	4,3			4,0
08.01.1989	ISC	07:07:49.0	38,77	40,80	10	ISC	4,3			4,0
23.07.1969	ISC	02:54:11.0	38,90	41,00	169	ISC	4,3			4,0
13.08.1978	ISC	17:20:25.0	39,33	41,07	128	ISC	4,3			4,0
03.07.1995	ISC	00:34:17.80	39,08	41,35	13	ISC	4,3			4,0
28.03.1982	ISC	01:34:03.0	39,14	41,88	0	ISC	4,3			4,0
19.03.1982	ISC	23:14:35.0	39,27	41,88	33	ISC	4,3			4,0
03.11.1997	ISC	08:46:51.10	38,81	42,28	89	ISC	4,3			4,0
06.01.1974	ISC	21:37:24.0	38,28	42,92	28	ISC	4,3			4,0
12.10.1997	ISC	05:06:11.10	38,53	43,28	60	ISC	4,3			4,0
27.05.1969	ISC	01:03:33.0	38,69	43,40	65	ISC	4,3			4,0
28.01.1982	ISC	09:36:14.0	37,24	43,57	33	ISC	4,3			4,0
07.02.1978	ISC	02:05:25.0	39,00	43,58	55	ISC	4,3			4,0
28.12.1976	ISC	17:55:16.0	39,46	43,63	51	ISC	4,3			4,0
21.04.1982	ISC	16:57:58.0	36,09	44,03	33	ISC	4,3			4,0
12.08.2001	GS	00:42:10.94	37,22	44,03	55	GS	4,3			4,0
21.09.1971	ISC	01:04:19.0	38,58	44,14	17	ISC	4,3			4,0
11.08.1983	ISC	13:44:15.0	39,02	44,20	40	ISC	4,3			4,0
26.11.1976	ISC	22:37:59.0	38,99	44,25	33	ISC	4,3			4,0
06.12.1976	ISC	04:06:04.0	39,04	44,41	51	ISC	4,3			4,0
29.12.1985	ISC	00:55:26.0	38,72	44,48	33	ISC	4,3			4,0
19.02.1999	ISC	18:00:16.00	38,81	44,51	77	ISC	4,3			4,0
14.05.1969	ISC	00:44:35.0	38,90	44,60	57	ISC	4,3			4,0
01.02.2001	GS	02:42:56.94	38,75	44,65	33	GS	4,3			4,0
29.07.1993	ISC	07:39:35.30	36,80	44,87	33	ISC	4,3			4,0
24.06.1987	ISC	06:53:23.0	38,32	39,35	33	ISC	4,7			4,0

01.01.1986	ISC	06:09:06 .0	39,14	41,83	36	ISC	4,8		4,0
09.02.1963		17:18	39,00	42,10	15				4,0
14.10.1920			36,20	44,00	0				4,0
01.05.1950		08:15	39,00	44,30	15				4,0
25.08.1986	ISC	01:21:56 .0	37,02	44,93	10	ISC	4,6		4,0
18.02.2001	ISK	00:07:15.49	38,19	39,27	8	ISK		4,3	4,0
10.11.1998	ISC	05:39:34	39,15	40,29	24	ISK		4,3	4,0
28.04.1998	ISC	03:51:58.00	38,70	40,40	10	ISK		4,3	4,0
23.06.1996	ISK	08:54:54.10	39,41	40,48	5	ISK		4,3	4,0
25.12.1996	ISK	22:48:23.70	38,59	40,70	10	ISK		4,3	4,0
31.12.1967	LAO	03:28:59 .0	39,00	42,00	0	LAO		4,3	4,0
20.04.1997	ISC	21:17:32.00	37,00	42,60	33	ISK		4,3	4,0
14.03.1970	LAO	02:00:54 .0	39,10	44,50	0	LAO		4,3	4,0
22.05.2000	GS	19:48:51.14	38,24	39,42	10	GS	4,4		4,1
24.08.1970	ISC	16:36:03 .0	38,32	39,45	27	ISC	4,4		4,1
13.03.1992	ISC	20:15:17 .0	39,22	39,78	10	ISC	4,4		4,1
29.05.1971	ISC	12:06:23 .0	39,33	39,98	33	ISC	4,4		4,1
09.07.1976	ISC	09:34:40 .0	38,29	40,41	10	ISC	4,4		4,1
06.09.1975	ISC	12:24:02 .0	38,44	40,48	44	ISC	4,4		4,1
07.10.1975	ISC	04:59:56 .0	38,71	40,50	40	ISC	4,4		4,1
24.05.1971	ISC	18:32:14 .0	39,38	40,59	62	ISC	4,4		4,1
22.05.1971	ISC	18:43:41 .0	39,23	40,61	50	ISC	4,4		4,1
06.09.1975	ISC	10:11:01 .0	38,62	40,77	166	ISC	4,4		4,1
17.09.1975	ISC	09:12:48 .0	38,76	40,78	51	ISC	4,4		4,1
19.09.1975	ISC	12:00:32 .0	38,71	40,82	52	ISC	4,4		4,1
19.08.1966	ISC	21:38:56 .0	38,40	41,20	172	ISC	4,4		4,1
21.04.1970	ISC	14:51:53 .0	39,22	41,40	28	ISC	4,4		4,1
09.05.1966	ISC	04:31:31 .0	38,30	42,30	92	ISC	4,4		4,1
09.05.1966	ISC	04:34:44 .0	38,27	42,34	33	ISC	4,4		4,1
02.05.1966	ISC	20:40:44 .0	38,10	42,75	49	ISC	4,4		4,1
02.04.1984	ISC	21:59:32 .0	37,62	42,88	43	ISC	4,4		4,1
15.11.2000	GS	16:06:14.69	38,53	42,90	60	GS	4,4		4,1
16.11.2000	GS	21:13:46.69	38,26	43,01	20	GS	4,4		4,1
05.11.1973	ISC	20:12:01 .0	38,01	43,07	69	ISC	4,4		4,1
10.02.2001	GS	20:42:22.97	38,92	43,56	10	GS	4,4		4,1
12.03.1974	ISC	06:53:51 .0	38,42	43,96	40	ISC	4,4		4,1
28.11.1976	ISC	11:13:24 .0	39,08	44,06	33	ISC	4,4		4,1
30.05.1977	ISC	18:06:57 .0	38,94	44,40	57	ISC	4,4		4,1
06.12.1976	ISC	03:58:06 .0	39,13	44,48	58	ISC	4,4		4,1
17.03.1993	ISC	23:59:15 .0	38,25	44,86	26	ISC	4,4		4,1
29.04.1981	ISC	19:48:49 .0	37,35	44,89	0	ISC	4,4		4,1
30.10.1985	ISC	21:53:16 .0	36,20	44,92	10	ISC	4,4		4,1
20.12.1998	ISC	03:21:15,0	38,58	40,01	10	ISC	4,3		4,1
29.02.1960		00:26	38,64	41,53	10				4,1
13.10.1982	ISC	03:51:31 .0	39,19	41,92	41	ISC	4,7		4,1
07.12.1987	ISC	00:07:32 .0	37,95	42,95	33	ISC	4,8		4,1
07.05.1946		04:27	38,90	43,10	15				4,1
08.07.1988	ISC	16:56:31 .0	36,77	44,05	56	ISC	4,9		4,1

21.04.1988	ISC	10:01:47 .0	39,09	44,10	40	ISC	4,6			4,1
08.10.1998	ISC	20:48:09	38,72	40,34	18	ISK		4,4		4,2
06.07.1993	ISC	19:48:09.00	37,99	39,31	41	ISC	4,5			4,2
12.09.1979	ISC	16:14:53 .0	38,41	39,80	35	ISC	4,9			4,2
12.03.1963		12:38	39,36	40,15	10					4,2
09.12.1982	ISC	22:31:43 .0	38,42	40,61	41	ISC	4,9			4,2
11.07.1980	ISC	12:33:31 .0	38,54	40,83	53	ISC	5,1			4,2
30.08.1960		22:34	39,26	41,63	50					4,2
21.03.1932		19:53	36,56	41,65	40					4,2
24.02.1960		18:55	38,38	41,67	10					4,2
09.07.1961		00:11	39,50	42,50	0					4,2
19.08.1962		06:20	38,50	43,00	0					4,2
27.02.1985	ISC	16:34:19 .0	38,04	43,09	40	ISC	4,7			4,2
07.08.1998	ISC	01:36:15,4	37,63	43,49	34	ISC	4,4			4,2
07.05.1930		05:42	37,98	44,48	0					4,2
10.05.1930		23:59	37,98	44,48	0					4,2
23.06.1974	ISC	21:06:13 .0	38,75	39,17	75	ISC	4,5			4,2
21.03.1979	ISC	05:04:16 .0	38,53	39,54	10	ISC	4,5			4,2
14.03.1964	ISC	23:02:11 .0	38,50	39,82	44	ISC	4,5			4,2
14.05.1977	ISC	21:43:37 .0	38,74	40,05	4	ISC	4,5			4,2
30.12.1975	ISC	16:00:22 .0	38,47	40,28	40	ISC	4,5			4,2
17.07.1971	ISC	21:45:23 .0	38,72	40,28	26	ISC	4,5			4,2
01.01.1983	ISC	23:06:22 .0	39,45	40,35	33	ISC	4,5			4,2
30.12.1975	ISC	14:36:07 .0	38,62	40,50	28	ISC	4,5			4,2
20.08.1966	ISC	15:17:34 .0	39,31	40,51	34	ISC	4,5			4,2
21.09.1975	ISC	20:06:07 .0	38,39	40,63	18	ISC	4,5			4,2
13.09.1966	ISC	20:23:51 .0	39,17	40,85	46	ISC	4,5			4,2
27.08.1983	ISC	11:46:05 .0	38,71	41,04	0	ISC	4,5			4,2
31.08.1965	USCGS	05:57:03 .0	39,30	41,20	33	USCGS	4,5			4,2
19.08.1966	ISC	21:42:46 .0	38,80	41,40	33	ISC	4,5			4,2
13.08.1968	ISC	04:40:32 .0	39,43	41,46	62	ISC	4,5			4,2
12.07.1966	ISC	00:04:10 .0	39,25	41,62	40	ISC	4,5			4,2
06.10.1966	ISC	07:48:50 .0	39,10	41,75	46	ISC	4,5			4,2
09.04.1989	ISC	02:54:04 .0	36,61	42,21	33	ISC	4,5			4,2
08.12.1984	ISC	03:19:11 .0	37,97	43,20	51	ISC	4,5			4,2
24.11.1976	ISC	13:12:28 .0	39,16	43,61	33	ISC	4,5			4,2
16.10.1988	ISC	23:35:24 .0	38,01	44,76	33	ISC	4,5			4,2
29.12.1980	ISC	21:53:07 .0	38,55	44,98	66	ISC	4,5			4,2
14.07.1992	ISC	04:26:30 .0	39,29	41,74	47	ISC	4,5			4,3
09.08.1997	ISC	03:16:13.10	36,95	42,77	42	ISC	4,7			4,3
21.07.1957		15:08	39,00	43,00	9					4,3
07.05.1930		04:58	37,98	44,48	0					4,3
14.05.1930		02:59	37,98	44,48	0					4,3
19.09.1964	ISC	16:57:10 .0	37,50	40,00	0	ISC	4,6			4,3
17.09.1975	ISC	11:21:24 .0	38,41	40,47	38	ISC	4,6			4,3
12.09.1975	ISC	00:41:26 .0	38,43	40,55	25	ISC	4,6			4,3
24.05.1971	ISC	02:20:14 .0	38,98	40,60	33	ISC	4,6			4,3
24.09.1975	ISC	15:41:17 .0	38,68	40,65	38	ISC	4,6			4,3

03.10.1975	ISC	14:58:16 .0	38,45	40,66	50	ISC	4,6			4,3
23.08.1966	ISC	01:35:45 .0	39,32	40,97	30	ISC	4,6			4,3
22.08.1966	ISC	20:36:13 .0	39,32	41,40	40	ISC	4,6			4,3
17.01.1978	ISC	00:09:33 .0	39,43	41,42	139	ISC	4,6			4,3
30.01.1967	ISC	12:25:04 .0	39,41	41,49	76	ISC	4,6			4,3
21.08.1966	ISC	00:15:06 .0	39,28	41,85	54	ISC	4,6			4,3
25.12.1969	ISC	02:07:14 .0	39,18	42,55	66	ISC	4,6			4,3
02.05.1966	ISC	13:55:05 .0	38,10	42,61	55	ISC	4,6			4,3
14.06.1966	ISC	02:45:57 .0	38,16	42,86	39	ISC	4,6			4,3
17.11.2000	GS	00:28:00.13	38,24	42,94	33	GS	4,6			4,3
23.08.1984	ISC	20:26:46 .0	36,24	43,03	22	ISC	4,6			4,3
05.06.1964	ISC	00:11:51 .0	39,13	43,19	42	ISC	4,6			4,3
24.11.1976	ISC	18:52:31 .0	39,49	43,74	0	ISC	4,6			4,3
18.12.1980	ISC	16:40:58 .0	36,03	44,05	0	ISC	4,6			4,3
26.03.1983	ISC	10:51:48 .0	38,81	44,20	44	ISC	4,6			4,3
23.09.1984	ISC	11:32:43 .0	36,35	44,70	54	ISC	4,6			4,3
28.11.1969	ISC	01:29:31 .0	36,78	44,99	34	ISC	4,6			4,3
20.02.1960		14:40	38,56	41,58	70					4,4
11.04.1979	ISC	12:14:27 .0	39,12	43,91	44	ISC	4,9			4,4
21.05.1931		12:00	39,50	44,30	24					4,4
09.05.1930		08:00	37,98	44,48	0					4,4
28.04.1958		18:14	39,31	44,78	40					4,4
10.09.1973	ISC	03:02:04 .0	38,48	39,64	39	ISC	4,7			4,4
02.10.1976	ISC	10:06:02 .0	39,47	39,95	53	ISC	4,7			4,4
01.10.1969	ISC	20:33:37 .0	39,32	40,56	17	ISC	4,7			4,4
15.11.1975	ISC	06:45:16 .0	38,49	40,63	50	ISC	4,7			4,4
22.05.1971	ISC	18:35:31 .0	39,08	40,63	41	ISC	4,7			4,4
22.05.1971	ISC	17:34:18 .0	38,92	40,65	26	ISC	4,7			4,4
23.09.1968	ISC	21:27:22 .0	36,49	40,68	49	ISC	4,7			4,4
14.11.1975	ISC	12:32:05 .0	38,65	40,75	45	ISC	4,7			4,4
26.12.1966	ISC	04:21:01 .0	38,85	40,90	28	ISC	4,7			4,4
07.01.1983	ISC	07:25:54 .0	36,14	41,11	45	ISC	4,7			4,4
19.08.1966	ISC	14:03:55 .0	39,21	41,40	14	ISC	4,7			4,4
19.08.1966	ISC	18:41:17 .0	39,13	41,48	50	ISC	4,7			4,4
21.08.1966	ISC	02:25:10 .0	39,08	41,50	69	ISC	4,7			4,4
02.05.1966	ISC	23:12:24 .0	38,10	42,50	50	ISC	4,7			4,4
02.02.1991	ISC	06:54:42 .0	37,20	42,56	26	ISC	4,7			4,4
30.08.1973	ISC	07:36:25 .0	37,96	42,75	45	ISC	4,7			4,4
11.06.1968	ISC	06:09:27 .0	38,15	42,85	53	ISC	4,7			4,4
17.02.1970	ISC	02:59:56 .0	38,65	43,36	47	ISC	4,7			4,4
17.02.1970	ISC	16:16:52 .0	38,66	43,41	41	ISC	4,7			4,4
01.01.1977	ISC	22:26:41 .0	39,35	43,48	24	ISC	4,7			4,4
03.10.1983	ISC	11:15:09 .0	37,16	43,64	48	ISC	4,7			4,4
24.07.1991	ISC	18:37:02 .0	36,49	43,94	42	ISC	4,7			4,4
24.07.1991	ISC	10:08:38 .0	36,54	43,96	47	ISC	4,7			4,4
17.05.1967	ISC	04:28:53 .0	38,69	44,29	54	ISC	4,7			4,4
25.12.1976	ISC	22:19:10 .0	38,97	44,30	47	ISC	4,7			4,4
10.11.1998	ISC	08:42:34,1	39,19	40,01	10	ISK		4,6		4,5

22.10.2002	DAD	15:52:12.90	39,30	40,32	10	DAD		4,6		4,5
04.03.1997	ISC	14:23:00.90	39,29	40,72	46	ISC	4,1			4,5
09.08.1960		22:01	38,99	40,94	10					4,5
19.03.1960		14:53	36,64	41,27	10					4,5
01.08.1962		16:38	36,19	41,41	20					4,5
14.10.1953		20:13	38,70	41,90	0					4,5
23.03.1936		19:46	39,00	42,00	0					4,5
14.02.1953		20:52	38,50	43,60	20					4,5
16.04.1930		21:25	38,06	43,66	20					4,5
29.05.1982	ISC	14:22:01 .0	39,40	43,72	33	ISC	4,8			4,5
09.01.1955		04:31	38,50	43,90	0					4,5
07.05.1930		09:29	37,98	44,48	0					4,5
09.05.1930		21:08	37,98	44,48	0					4,5
27.07.1958		17:14	38,80	44,60	10					4,5
19.04.1961		14:20	38,30	44,90	20					4,5
04.09.1964	ISC	03:39:36 .0	39,40	40,28	54	ISC	4,8			4,6
06.09.1975	ISC	12:10:43 .0	38,33	40,56	2	ISC	4,8			4,6
08.10.1976	ISC	17:11:55 .0	38,52	40,59	27	ISC	4,8			4,6
21.08.1966	ISC	22:36:35 .0	39,26	41,44	22	ISC	4,8			4,6
20.08.1966	ISC	02:13:28 .0	39,30	41,60	27	ISC	4,8			4,6
19.09.1966	ISC	02:03:38 .0	38,30	42,52	35	ISC	4,8			4,6
01.01.1982	ISC	19:30:23 .0	37,24	42,61	10	ISC	4,8			4,6
26.03.1977	ISC	05:04:36 .0	39,34	43,50	25	ISC	4,8			4,6
12.12.1976	ISC	07:54:20 .0	39,00	44,26	41	ISC	4,8			4,6
09.12.1959		16:53	38,09	39,00	60					4,6
14.10.1935		07:27	39,20	40,60	0					4,6
23.08.1949		13:40	39,42	40,98	10					4,6
19.05.1948		17:52	39,30	41,20	0					4,6
12.10.1948		12:57	38,50	41,50	0					4,6
15.12.1953		18:25	39,00	41,50	0					4,6
17.02.1944		18:36	37,30	42,00	0					4,6
30.01.1991	ISC	19:42:54 .0	37,11	42,65	28	ISC	4,7			4,6
19.04.1962		11:55	38,60	44,00	15					4,6
06.05.1988	ISC	00:14:43 .0	39,10	44,02	17	ISC	4,2			4,6
09.05.1930		01:43	37,98	44,48	0					4,6
03.07.1996	ISC	15:05:35.00	37,90	42,63	12	ISK		4,7		4,6
06.09.1975	ISC	10:13:10 .0	38,55	40,58	47	ISC	4,9			4,7
19.08.1966	ISC	13:15:13 .0	39,41	41,30	62	ISC	4,9			4,7
27.04.1966	ISC	19:48:51 .0	38,14	42,52	28	ISC	4,9			4,7
02.02.1991	ISC	09:09:01 .0	37,17	42,59	21	ISC	4,9			4,7
12.01.1976	ISC	22:41:51 .0	38,61	43,20	56	ISC	4,9			4,7
16.07.1972	ISC	02:46:51 .0	38,23	43,36	46	ISC	4,9			4,7
03.11.1977	ISC	19:46:16 .0	39,31	43,53	38	ISC	4,9			4,7
02.01.1977	ISC	19:37:26 .0	39,29	43,62	46	ISC	4,9			4,7
04.12.1976	ISC	04:10:36 .0	39,31	43,66	53	ISC	4,9			4,7
24.11.1976	ISC	13:18:08 .0	39,09	43,71	49	ISC	4,9			4,7
24.11.1976	ISC	15:04:05 .0	39,18	43,71	46	ISC	4,9			4,7
24.11.1976	ISC	20:46:07 .0	39,08	44,13	55	ISC	4,9			4,7

26.05.1977	ISC	09:50:24 .0	38,89	44,35	41	ISC	4,9			4,7
07.05.1992	ISC	19:15:05 .0	38,66	40,09	33	ISC	4,9			4,7
27.03.1954		14:13	38,80	41,50	0					4,7
22.08.1960		13:42	39,28	42,00	60					4,7
03.09.1952		13:47	39,00	43,00	12					4,7
23.01.1998	ISC	12:32:52.00	39,34	43,99	26	ISC	4,4			4,7
21.08.1930		06:55	37,98	44,48	0					4,7
26.10.1958		12:40	37,39	44,58	50					4,7
24.12.2000	ISK	11:30:47.50	38,62	40,26	10	ISK		4,8		4,8
28.02.2002	DAD	0:46:34.99	37,53	43,50	7,8	DAD		4,8		4,8
06.05.1931		20:22	38,24	39,15	40					4,8
18.08.1948		19:06	38,51	39,25	10					4,8
18.04.1957		05:25	38,74	39,67	10					4,8
29.05.1940		15:24	39,41	40,00	60					4,8
29.08.1949		00:19	39,50	40,60	0					4,8
29.08.1959		10:40	38,55	41,29	50					4,8
20.06.1948		14:58	39,14	41,43	30					4,8
21.02.1960		09:29	38,49	41,52	40					4,8
03.09.1960		00:00	39,29	41,52	70					4,8
29.11.1943		18:45	38,25	41,54	100					4,8
02.11.1935		18:18	36,50	42,50	0					4,8
17.03.1940		09:08	38,22	42,83	10					4,8
15.03.1951		10:01	38,40	44,00	0					4,8
08.05.1930		05:29	37,98	44,48	0					4,8
21.05.1930		13:50	37,98	44,48	0					4,8
24.12.1931		23:00	37,39	44,79	40					4,8
25.03.1977	ISC	02:39:58 .0	38,58	40,03	29	ISC	5,0			4,8
24.09.1968	ISC	04:19:53 .0	39,19	40,29	8	ISC	5,0			4,8
25.09.1968	ISC	20:52:15 .0	39,24	40,29	41	ISC	5,0			4,8
22.02.1987	ISC	06:51:42 .0	38,42	40,50	10	ISC	5,0			4,8
05.09.1976	ISC	22:07:34 .0	38,51	40,94	17	ISC	5,0			4,8
19.08.1966	ISC	14:17:56 .0	39,33	41,25	39	ISC	5,0			4,8
10.08.1968	ISC	04:28:01 .0	37,00	43,13	42	ISC	5,0			4,8
01.07.1971	ISC	12:13:30 .0	36,36	43,46	45	ISC	5,0			4,8
17.01.1977	ISC	05:19:24 .0	39,27	43,70	40	ISC	5,0			4,8
24.11.1976	ISC	15:11:07 .0	39,00	44,19	62	ISC	5,0			4,8
25.11.1976	ISC	09:49:26 .0	38,96	44,28	38	ISC	5,0			4,8
23.09.1940		19:30	38,96	39,32	80					4,9
20.04.1930		10:20	39,37	39,35	60					4,9
01.11.1949		04:10	39,30	40,30	0					4,9
06.04.1907			39,30	40,40	0					4,9
04.02.1950		09:30	39,50	40,60	0					4,9
02.01.1950		21:15	39,30	41,00	0					4,9
27.08.1950		22:03	39,38	41,34	60					4,9
03.05.1903			38,70	41,50	0					4,9
15.10.1929		04:45	38,00	42,00	0					4,9
29.03.1907		10:00	38,40	42,10	0					4,9
25.11.1950		17:18	37,07	42,48	60					4,9

29.01.1907			39,10	42,50	0				4,9
23.09.1940		13:14	37,00	43,00	0				4,9
25.07.1924		21:39	38,00	43,00	0				4,9
29.07.1945		08:56	38,00	43,00	0				4,9
21.07.1945		01:33	38,41	43,76	60				4,9
03.10.1946		15:37	39,50	44,12	50				4,9
10.05.1930		21:43	37,55	44,25	10				4,9
07.05.1930		13:47	37,98	44,48	0				4,9
09.07.1930		04:35	37,98	44,48	0				4,9
31.08.1965	ISC	07:29:46 .0	39,36	40,79	11	ISC	5,1		4,9
06.09.1975	ISC	10:52:16 .0	38,46	40,82	47	ISC	5,1		4,9
28.06.1965	ISC	23:27:29 .0	38,00	41,30	33	ISC	5,1		4,9
24.11.1976	ISC	12:30:40 .0	39,17	43,95	33	ISC	5,1		4,9
08.11.1950		10:08	38,27	39,16	50				5,0
13.10.1935		19:32	39,35	40,52	40				5,0
02.12.1941		05:02	37,50	41,00	0				5,0
23.03.1953		05:22	39,37	41,28	50				5,0
03.06.1907		06:46	38,70	41,50	0				5,0
25.10.1959		15:57	39,25	41,63	50				5,0
25.06.1988	ISC	16:15:38 .0	38,50	43,07	49	ISC	5,3		5,0
03.12.1984	ISC	07:38:12 .0	37,94	43,18	55	ISC	4,8		5,0
19.04.1947		17:39	37,80	43,31	40				5,0
30.09.1952		02:50	38,91	44,09	10				5,0
15.01.1945		05:30	38,40	44,40	32				5,0
03.08.1930		22:06	38,46	44,70	80				5,0
07.03.1966	ISC	01:16:08 .0	39,20	41,60	26	ISC	5,2		5,0
19.08.1966	ISC	13:54:25 .0	38,99	41,77	32	ISC	5,2		5,0
26.05.1977	ISC	01:35:13 .0	38,93	44,38	38	ISC	5,2		5,0
14.03.1970	ISC	01:51:47 .0	38,62	44,80	50	ISC	5,2		5,0
17.10.1996	ISK	21:48:34.20	38,69	39,92	10	ISK		5,0	5,1
13.04.1998	ISC	15:14:31.80	39,31	41,07	15	ISK		5,0	5,1
08.02.1930		05:20	38,52	39,40	100				5,1
14.01.1958		13:34	39,48	40,41	60				5,1
07.07.1957		05:58	39,37	40,46	60				5,1
27.03.1982	ISC	19:57:24 .0	39,23	41,90	38	ISC	5,4		5,1
24.07.1991	ISC	09:45:44 .0	36,52	44,04	46	ISC	5,4		5,1
20.04.1988	ISC	03:50:07 .0	39,11	44,12	48	ISC	5,1		5,1
13.10.1949		10:26	36,75	44,47	70				5,1
08.05.1930		14:23	37,98	44,48	0				5,1
07.05.1932		14:54	36,22	44,73	80				5,1
20.08.1966	ISC	11:59:09 .0	39,42	40,98	14	ISC	5,3		5,2
10.09.1969	ISC	12:14:00 .0	39,25	41,38	52	ISC	5,3		5,2
29.04.1968	ISC	17:01:55 .0	39,24	44,23	17	ISC	5,3		5,2
31.03.1907		14:14	39,10	42,50	0				5,2
23.05.1930		09:48	37,98	44,48	0				5,2
26.02.2000	GS	08:18:37.69	37,30	44,76	33	GS			5,2
20.08.1966	ISC	12:01:43 .0	39,16	40,70	33	ISC	5,4		5,3
05.03.1909		12:16	39,00	40,00	0				5,3

28.02.1915		12:47	37,70	43,10	0					5,3
19.05.1915		04:48	37,62	39,47	10					5,4
28.03.1954		04:47	39,03	40,97	10					5,4
27.01.1913		19:38	38,38	42,23	10					5,4
15.01.1993	ISC	12:15:00 .0	36,63	43,72	33	ISC	4,7			5,4
08.05.1930		15:05	37,98	44,48	0					5,4
24.11.1976	ISC	12:36:48 .0	39,10	44,20	63	ISC	5,5			5,4
20.11.1945		06:27	38,63	43,33	10					5,5
29.05.1930		17:15	37,98	44,48	0					5,5
06.05.1930		07:03	37,21	44,57	10					5,5
28.06.1944		02:57	36,00	45,00	0					5,5
04.12.1905		12:20	39,00	39,00	0					5,6
14.02.1915		08:20	38,80	42,50	0					5,6
11.04.1909		04:02	36,00	45,00	0					5,6
14.02.1995	ISC	11:13:20.00	37,74	42,71	10	ISK		5,4		5,7
15.11.2000	DAD	15:05:34.87	38,51	43,01	10,9	DAD		5,4		5,7
05.12.1995	ISC	18:49:32.10	39,43	40,11	26	ISC	5,3			5,7
12.11.1934		07:19	38,54	41,00	50					5,7
31.05.1946		03:12	39,29	41,21	60					5,7
19.08.1966	ISC	12:22:10 .0	39,17	41,56	0	ISC	5,8			5,8
04.12.1905		09:40	39,00	39,00	0					5,8
22.05.1971	ISC	16:43:59 .0	38,85	40,52	3	ISC	5,9			5,9
10.09.1941		21:53	39,45	43,32	20					5,9
20.12.1940			39,11	39,20	0					6,0
28.09.1908		06:28	38,00	44,00	0					6,0
06.09.1975	ISC	09:20:11 .0	38,51	40,77	32	ISC	6,0			6,0
24.11.1976	ISC	12:22:15 .0	39,05	44,04	10	ISC	6,1			6,1
28.04.1903		23:46	39,10	42,50	0					6,3
08.05.1930		15:35	37,97	45,00	30					6,3
04.12.1905		07:04	39,00	39,00	0					6,8
06.05.1930		22:34	37,98	44,48	70					7,6

## 8. KAYNAKLAR

- Ambraseys N.N., 1995, The prediction of earthquake peak ground acceleration in Europe, Earthquake Engineering and Structure Dynamics, vol:24, p:467-490
- Erdik, M., Doyuran, V., Gülkan, P., Akkaş, N., 1985, Türkiye’ de deprem tehlikesinin istatistiki açıdan değerlendirilmesi, ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, s.116
- FEMA, 2005, “Federal Guidelines For Dam Safety” U.S. Department of Homeland Security (FEMA), 45p.
- ICOLD, 1989, Selecting seismic parameters for large dams - guidelines and recommendations, ICOLD Committee on Seismic Aspect of Dam Design, Bulletin 72.
- Joyner, W. B. and Boore, D.M., 1981, Peak Horizontal acceleration and velocity from strong - motion record including records from 1979 imperial Valley, California Earthquake, Bulletin of Seismological Society of America, v.71, N.6, p.2011-2038
- Kalafat, D., 2002, Sismik ağlarda deprem büyüklüklerinin ampirik olarak ilişkilendirilmesi, Aktif Tektonik Araştırma Grubu ATAG-6 MTA Genel Müdürlüğü 21-22 Kasım 2002 Bildiri Özetleri Kitabı, Ankara, s.105-108
- Öncel, A.O., 2000, Fraktal Analiz ile Türkiye’deki doğrultu atımlı fayların yapısal ve sismolojik özelliklerinin belirlenmesi, Deprem Araştırma Bülteni, sayı.84, s.50-76
- Özkan, V., 2000, Kütahya’nın deprem riskinin incelenmesi, Deprem Araştırma Bülteni, sayı.83, s.31-40
- Tosun, H., 2002, Dolgu baraj deprenselliği ve tasarım esasları, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, s.31-40
- Yu - Xian H., Shih - Chi L., Dong W., 1996 E & FN Spon, London. Earthquake Engineering

