

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

# **BİTLİS ŞEHRİ DEPREM PERFORMANS ANALİZİ**

## **DOKTORA TEZİ**

**İnşaat Yük. Müh. Ercan IŞIK**

**Enstitü Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : YAPI**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Mustafa KUTANİS**

**EYLÜL-2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİTLİS ŞEHİRİ DEPREM PERFORMANS ANALİZİ**

**DOKTORA TEZİ**


**İnşaat Yük. Müh. Ercan IŞIK**


**Enstitü Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**


**Enstitü Bilim Dalı: YAPI**


Bu tez 17/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Yrd.Doç.Dr.  
Mustafa KUTANIŞ  
Jüri Başkanı

  
Prof.Dr.  
Gündüz HORASAN  
Üye

  
Yrd.Doç.Dr.  
Zeki ÖZCAN  
Üye

  
Prof. Dr.  
Turgut KOCATÜRK  
Üye

  
Doç.Dr.  
Kemal BEYEN  
Üye

## **TEŞEKKÜR**

Doktora tez çalışmam süresince değerli bilgi ve yardımlarını hiçbir şekilde esirgemeyen, çalışmalarımın her aşamasında değerlendirmeler yaparak yön veren, özellikle yaşadığım şehir olan Bitlis İli ilgili bir alanda çalışmamı sağlayan Sn. Yrd. Doç. Dr. Mustafa KUTANİS'e minnet ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım esnasında yönlendirmeleri ile bana destek olan Sn. Prof. Dr. Gündüz HORASAN' a ve Yrd. Doç.Dr. Zeki ÖZCAN' a teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında değerli katkılarını benden esirgemeyen Dr. İhsan Engin BAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde görevli tüm personele şükranlarımı sunarım.

Çalışmamı destekleyen Sakarya Üniversitesi BAPK'a da ( Proje No: 2009-50-02-017 Proje adı: "Bitlis Şehri Deprem Performans Analizi") teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca en iyi seviyeye gelmem için maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve doktora tez çalışmalarım esnasında kaybettiğim babama minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca bu çalışmalarım sırasında anlayışlarından dolayı eşim ve çocuklarıma da teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ÖZET.....	xix
SUMMARY.....	xx

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Sismik Tehlike Analizi.....	2
1.2. Yapısal Analiz.....	3
1.3. Kayıp Tahmini.....	4
1.4. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar.....	4
1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	9

## BÖLÜM 2.

2.1. Bitlis İlinin Genel Özellikleri.....	10
2.2. Bitlis İli Zemin Özellikleri.....	13
2.2.1. Genel jeoloji.....	13
2.2.1.1. Bitlis masifi.....	16
2.2.1.2. Ahlat – Adilcevaz karışığı.....	17
2.2.1.3. Ahlat konglomerası (Ahlat Formasyonu).....	18
2.2.1.4. Adilcevaz kireçtaşı.....	18
2.2.1.5. Nemrut volkanikleri.....	19
2.2.1.6. Alüvyonlar.....	19

2.2.2. Yerel jeoloji.....	20
2.2.3. Jeoteknik Değerlendirme.....	20
2.3. Doğu Anadolu Bölgesinin Depremselliği.....	23
2.3.1. Kuzey Anadolu Fayı.....	26
2.3.2. Doğu Anadolu Fayı.....	26
2.3.3. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi .....	27
2.3.4. Bitlis Bindirme Kuşağı (Bitlis Kenet Kuşağı).....	28
2.4. Bitlis İli Depremselliği.....	30
2.5. Bitlis İli Civarı Faylar ve Özellikleri.....	35
2.5.1. Kavakbaşı Fayı.....	38
2.5.2. Nemrut Açılma Çatlağı.....	38
2.5.3. Tatvan Fayı .....	39
2.5.4. Van Gölü Güney Sınır Fayı ( SBF).....	40
2.5.5. Van Gölü Kuzey Sınır Fayı (NBF).....	40
2.5.6. Süphan Fayı.....	40
2.5.7. Ahlat Segmenti .....	40
2.5.8. Kuzey Doğu Bitlis Bindirme Fayı.....	41
2.5.9. Güney Doğu Bitlis Bindirme Fayı.....	41
2.5.10. Çaldıran Fayı.....	41
2.5.11. Malazgirt Fayı .....	41
2.5.12. Tutak Fayı.....	43
2.5.13. Hınıs Fayı.....	43
2.5.14. Başkale Fay Kuşağı.....	43
2.5.15. Balıklıgöl Fayı .....	44
2.5.16. Doğubeyazıt Fayı.....	44
2.5.17. Karayazı Fayı.....	44
2.5.18. Erçiş Fayı .....	45
2.5.19. Hasan Timur Gölü Fayı.....	45
2.5.20. Van Segmenti (Van Sismik Boşluğu).....	45
2.5.21. Muş Bindirmesi (Mus Thrust) .....	46
2.5.22. Varto Fay Zonu.....	46
2.5.23. Sancak-Uzunpazar Fay Zonu.....	47

2.5.24. Kilisedere Fayı.....	47
2.5.25. Bingöl – Karakoçan Fay Zonu .....	48
2.5.26. Çevrîmpınar Fayı.....	48
2.5.27. Sudüğünü Fay Zonu.....	48
2.5.28. Genç Fayı - Gökdere Bindirmesi - Yedisu Segmenti.....	49
2.5.29. Büyükyurt Fay Zonu .....	49
2.5.30. Göynüksuyu Fayı (Bingöl Fay Zonu).....	50
2.5.31. Karlıova Segmenti.....	50
2.5.32. İlıpınar Segmenti.....	50
2.5.33. Karakoçan Fayı .....	51
2.5.34. Lice Fay Zonu.....	51
2.5.35. Şemdinli-Yüksekova Fay Zonu.....	52
2.5. Bitlis İli Cıvarı Faylarda Oluşmuş Depremler.....	52

### BÖLÜM 3.

3.1. Bitlis İli Yapı Stoğunun Değerlendirilmesi.....	64
3.1.1. Birinci Kademe Değerlendirme.....	67
3.1.1.1. Kat adedi.....	67
3.1.1.2. Yumuşak kat.....	68
3.1.1.3. Ağır çıkmalar.....	69
3.1.1.4. Kısa kolon.....	70
3.1.1.5. Çarpışma etkisi.....	71
3.1.1.6. Tepe-yamaç etkisi.....	72
3.1.1.7. Görünen yapı kalitesi.....	72
3.1.2. İkinci Kademe Değerlendirme.....	78
3.1.3. Üçüncü Kademe Değerlendirme.....	87
3.1.3.1. Performansa dayalı değerlendirme.....	87
3.1.3.2. Eşit yerdeğiştirme kuralı.....	90
3.1.3.3. Hesap yöntemi.....	93
3.1.3.4. İtme analizi.....	93
3.1.3.5. Modal kapasite diyagramlarının elde edilmesi.....	94
3.1.3.6. Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı.....	94

3.1.3.7. Artımsal statik itme analizi.....	97
3.1.3.8. Üçüncü kademe değerlendirmesinde incelen binalar.	97
3.1.3.9. Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların bu çalışmadan elde edilen ivme spektrumlarına göre değerlendirilmesi.....	155
<b>BÖLÜM 4.</b>	
4.1. Sismik Tehlike Analizi.....	158
4.1.1. Deprem kaynaklarının belirlenmesi ve yorumlanması.....	163
4.2. Probabilistik Sismik Tehlike Analizi (PSTA).....	165
4.2.1. Azalım ilişkileri.....	168
4.3. Bitlis Şehri Sismik Tehlike Analizi.....	169
4.4. Bitlis Şehri Kayıp Tahmin Analizleri.....	174
<b>BÖLÜM 5.</b>	
<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>184</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>192</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>216</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABYYHY	: Afet Bölgesinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998
Ao	: Etkin Yer İvmesi Katsayısı
BA	: Betonarme
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
C <sub>R1</sub>	: Spektral yer değiştirme oranı
$d_1$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yer değiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yer değiştirme istemi
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
DBELA	: Displacement-Based Earthquake Loss Assesment (Deplasmana Dayalı Hasar Kayıp Modeli)
DBYBHY	: Deprem Bölgesinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007
ELER	: Earthquake Loss Estimation Routine
$f_i$	: Yapısal düzensizlik katsayısı
GB	: Güneybatı
GD	: Güneydoğu
GPS	: Global Positioning System (Küresel Pozisyon Sistemi)
I	: Yapı önem katsayısı
K	: Kuzey
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
L <sub>x</sub>	: Binanın normal katında 'x' dış gabari boyutu
L <sub>y</sub>	: Binanın normal katında 'y' dış gabari boyutu



$M_d$	: Süreye Bağlı Büyüklük
$MDR$	: Mean Damage Ratio
$M_l$	: Yerel (Lokal) Büyüklük
$M_s$	: Yüzey Dalgası Büyüklüğü
$M_b$	: Cisim Dalgası Büyüklüğü
$M_w$	: Moment Büyüklüğü
$n$	: Hareketli yük çarpanı
$N$	: Magnitudü $M$ ve daha büyük depremlerin birikimli sayısı
$P$	: Sonuç puanı
$P_1$	: Temel yapısal puan
$P_w$	: Ağırlıklı ortalama puan
$S(T)$	: Spektrum katsayısı,
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
$S_{di1}$	: Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme
$t$	: Bina yüksekliği azaltma üstel katsayısı
$T_1$	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
$T_A, T_B$	: Spektrum Karakteristik Periyotları
$TDY$	: Türk Deprem Yönetmeliği
$u_{xN1}$	: Binanın tepesinde ( $n$ 'inci katında) $x$ deprem doğrultusunda ( $i$ )'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$\beta$	: Düzeltme çarpanı
$w$	: Ağırlık katsayısı
$\eta_{bi}$	: Burulma düzensizliği katsayısı
$\Phi_{xin}$	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, $n$ 'inci mod şeklinin $i$ 'inci katta $x$ eksenine doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{yin}$	: Kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, $n$ 'inci mod şeklinin $i$ 'inci katta $y$ eksenine doğrultusundaki yatay bileşeni
$\Phi_{xN1}$	: Binanın tepesinde ( $N$ 'inci katında) $x$ deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
$\Gamma_{x1}$	: $x$ deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Bitlis Bindirme Zonu ve Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi.....	1
Şekil 2.1.	Bitlis İlinin konumu ve yer bulduru haritası.....	10
Şekil 2.2.a	Bitlis İlinden bir görünüm.....	12
Şekil 2.2.b	Bitlis İlinden bir görünüm.....	12
Şekil 2.3.	Bitlis dolayının jeoloji haritası.....	14
Şekil 2.4.	Bitlis masifinin jeolojik haritası.....	16
Şekil 2.5.	Bitlis masifinin jeolojik kurulum haritası.....	17
Şekil 2.6.	Anadolu ve çevresinin levha tektoniği modeli.....	24
Şekil 2.7.	Doğu Anadolu Bölgesinin aletsel sismisitesi.....	25
Şekil 2.8.	Bitlis deprem haritası.....	31
Şekil 2.9.	Doğu Anadolu Bölgesinin sismik risk haritası.....	32
Şekil 2.10.	Doğu Anadolu Bölgesinin önemli tektonik yapıları.....	37
Şekil 2.11.	Van Gölü Havzasının tektonik yapısı ve $M \geq 4.0$ sismisitesi.....	39
Şekil 2.12.	Bitlis İli civarında bulunan deprem üretcek faylar ve volkanik yapılar.....	42
Şekil 2.13.	Doğu Anadolu Bölgesi ve Van Gölü Havzası boyunca deprem episantrlarının magnitütlerinin ve derinliklerinin dağılımı.....	54
Şekil 2.14.	%10 aşılma olasılığı ile 50 yıl için pik yer ivmesi değerleri.....	57
Şekil 2.15.	Bitlis İli için Gutenberg-Richter bağıntısı .....	58
Şekil 2.16.	Abrahamson-Silva (1997), Ambraseys vd.. (1996) ve Boore - Joyner - Fumal (1997) Azalım İlişkileri.....	60
Şekil 2.17.	Bitlis için değişik dönüş periyotlarında pik yer ivme değerleri.....	61
Şekil 2.18.a	Bitlis %5 sönüm oranlı 72 yıl için tepki spektrumlarının karşılaştırılması.....	62

Şekil 2.18.b Bitlis %5 sönüm oranlı 474.6 yıl için tepki spektrumlarının karşılaştırılması.....	62
Şekil 2.18.c Bitlis %5 sönüm oranlı 2474.9 yıl için tepki spektrumlarının karşılaştırılması.....	62
Şekil 3.1. Bitlis için maksimum yer hızının hesaplanması.....	73
Şekil 3.2. Bitlis İlinin kentsel yerleşim alanlarını oluşturan mahalleler.....	74
Şekil 3.3. I. kademe sokak taramasında incelenen binaların kat adetlerine göre dağılımı.....	75
Şekil 3.4. Bitlis için yapılan I.kademe değerlendirmesinde mahallelere göre yapı sayısı.....	75
Şekil 3.5. $\beta$ katsayısının değişimi.....	81
Şekil 3.6. Bitlis için yapılan II. kademe değerlendirilmesinde mahallelere göre yapı sayısı.....	82
Şekil 3.7. II. kademe değerlendirmede dikkate alınan binaların sonuç puanlarının dağılımı.....	85
Şekil 3.8. Dört ve üzeri katlı betonarme yapıların sonuç puanları .....	86
Şekil 3.9. Farklı deprem aşılma olasılıkları için spektrum eğrileri.....	88
Şekil 3.10. Eşit yerdeğiştirme kuralı.....	90
Şekil 3.11. Eşit yerdeğiştirme kuralı : esnek yapılar.....	91
Şekil 3.12. Eşit yerdeğiştirme kuralı : rijit yapılar.....	91
Şekil 3.13. 4 nolu bina normal kat kalıp planı.....	98
Şekil 3.14. 5 nolu bina normal kat kalıp planı.....	100
Şekil 3.15. 5 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	102
Şekil 3.16. 5 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	102
Şekil 3.17. 5 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	103
Şekil 3.18. 5 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	103
Şekil 3.19. 5 nolu bina X doğrultusu modal kapasite- davranış spektrumu....	104
Şekil 3.20. 5 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite- davranış spektrumu....	105
Şekil 3.21. 7 nolu bina normal kat kalıp planı.....	107
Şekil 3.22. 7 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	108
Şekil 3.23. 7 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	108

Şekil 3.24.	7 nolu bina X ve Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu .....	109
Şekil 3.25.	8 nolu bina normal kat kalıp planı.....	111
Şekil 3.26.	8 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	112
Şekil 3.27.	8 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	112
Şekil 3.28.	8 nolu bina X ve Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu .....	113
Şekil 3.29.	10 nolu bina normal kat kalıp planı.....	115
Şekil 3.30.	10 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	116
Şekil 3.31.	10 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	116
Şekil 3.32.	10 nolu bina X ve Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu .....	117
Şekil 3.33.	13 nolu bina normal kat kalıp planı.....	119
Şekil 3.34.	13 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	120
Şekil 3.35.	13 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu.	121
Şekil 3.36.	21 nolu bina normal kat kalıp planı.....	123
Şekil 3.37.	21 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	124
Şekil 3.38.	21 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	124
Şekil 3.39.	21 nolu bina X ve Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu .....	125
Şekil 3.40.	34 nolu bina normal kat kalıp planı.....	127
Şekil 3.41.	34 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	128
Şekil 3.42.	34 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu.	129
Şekil 3.43.	49 nolu bina normal kat kalıp planı.....	131
Şekil 3.44.	49 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	132
Şekil 3.45.	49 nolu bina X doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu.	133
Şekil 3.46.	62 nolu bina normal kat kalıp planı.....	135
Şekil 3.47.	62 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	136
Şekil 3.48.	62 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	136
Şekil 3.49.	62 nolu bina X ve Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu .....	137
Şekil 3.50.	66 nolu bina normal kat kalıp planı.....	139

Şekil 3.51.	69 nolu bina normal kat kalıp planı.....	141
Şekil 3.52.	73 nolu bina normal kat kalıp planı.....	143
Şekil 3.53.	73 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	144
Şekil 3.54.	73 nolu bina X doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu.	145
Şekil 3.55.	74 nolu bina normal kat kalıp planı.....	146
Şekil 3.56.	75 nolu bina normal kat kalıp planı.....	148
Şekil 3.57.	75 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	150
Şekil 3.58.	75 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu.	150
Şekil 3.59.	76 nolu bina normal kat kalıp planı.....	152
Şekil 3.60.	76 nolu bina X yönü statik itme eğrisi.....	153
Şekil 3.61.	76 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi.....	153
Şekil 3.62.	76 nolu bina X ve Y doğrultusu modal kapasite – davranış spektrumu .....	154
Şekil 4.1.	Olasılıksal sismik tehlike akış şeması.....	161
Şekil 4.2.	Fay terminolojisi.....	167
Şekil 4.3.	Karakteristik manyetüd modeli.....	168
Şekil 4.4.	Bitlis ve civarı alansal deprem kaynakları.....	170
Şekil 4.5.	Bitlis ve civarı alansal deprem kaynakları kullanılarak hesaplanan, aşılma olasılıkları 50 yılda % 50, %10 ve %2 olan depremler için spektral ivmelerin periyotla değişiminin elde edilmesi.....	171
Şekil 4.6.	Bitlis ve civarında bulunan fay gruplarının alansal deprem kaynakları olarak tanımlanması.....	171
Şekil 4.7.	Bitlis ve civarında bulunan fay grupları için tanımlanan alansal deprem kaynakları kullanılarak hesaplanan, aşılma olasılıkları 50 yılda % 50, %10 ve %2 olan depremler için spektral ivmelerin periyotla değişiminin elde edilmesi.....	172
Şekil 4.8.	Bitlis ve civarında bulunan fay grupları için tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ-FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce Önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 2 olan depremler için karşılaştırılması.....	172

Şekil 4.9.	Bitlis ve civarında bulunan fay grupları için tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ-FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce Önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 10 olan depremler için karşılaştırılması.....	173
Şekil 4.10.	Bitlis ve civarında bulunan fay grupları için tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ-FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce Önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 50 olan depremler için karşılaştırılması.....	173
Şekil 4.11.	Depremin yerdeğiştirme istemlerinin karşılaştırılması.....	174
Şekil 4.12.	DBELA yönteminin hasar tahmini işlemini gösteren diyagram....	176
Şekil 4.13.	Bitlis İlinin coğrafik birimlere ayrılması.....	177
Şekil 4.14.	Akkar ve Bommer (2007) Tarafından Avrupa ve Ortadoğu'daki depremler derlenerek hazırlanan azalım ilişkisi.....	180
Şekil 5.1.	I. kademe değerlendirme sonuçları.....	185
Şekil 5.2.	II. kademe değerlendirme sonuçları.....	186
Şekil 5.3.	III. kademe değerlendirme sonuçları.....	186

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Bitlis için genelleştirilmiş stratigrafik kesit.....	15
Tablo 2.2.	Arazide kayaçların dayanımlarını tayin ölçütleri.....	21
Tablo 2.3.	Kayaçların kaya kalitesine göre sınıflandırılması.....	21
Tablo 2.4.	Tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılması.....	22
Tablo 2.5.	Deprem yönetmeliğine göre zemin sınıflandırılması .....	22
Tablo 2.6.	Van Gölü havzasında tarihsel dönemde meydana gelen depremler.....	56
Tablo 2.7.	Bitlis ve civarında meydana gelen depremlerin tekrarlanma sayıları.....	57
Tablo 2.8.	Deprem magnitüd değerlerinin logaritmik değerleri .....	58
Tablo 3.1.	I. kademe sokak taraması sonucu yapılarda gözlemlenen olumsuzluk parametrelerin dağılımı.....	76
Tablo 3.2.	Betonarme binaların deprem puanlaması.....	76
Tablo 3.3.	I.kademede incelenen binaların deprem puanları.....	77
Tablo 3.4.	Binalarda öncelik deprem puanlaması.....	77
Tablo 3.5.	Yapısal düzensizlik katsayıları.....	80
Tablo 3.6.	Çeşitli puanlar için ağırlık oranları.....	81
Tablo 3.7.	II. kademe değerlendirmeye esas olan yapıların kat adetleri dağılımı.....	83
Tablo 3.8.	II. kademe değerlendirme sonucu elde edilen sonuç puanlar .....	84
Tablo 3.9.	II.kademe değerlendirme sonucu yapı puanlarının gruplandırılması.....	85
Tablo 3.10.	II.kademe değerlendirmeye tabi tutulan 4 ve üzeri katlı yapıların puanlarının gruplandırılması.....	86
Tablo 3.11.	II.kademe değerlendirmede incelenen yapıların I.kademe puanları.....	87

Tablo 3.12. Depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı.....	92
Tablo 3.13. III.kademe değerlendirmesinde incelenen binaların mahalle bazında dağılımı.....	96
Tablo 3.14. III. kademe değerlendirmeye esas olan binaların I. ve II. kademe puanları.....	96
Tablo 3.15. 4 nolu bina genel bilgileri.....	98
Tablo 3.16. 4 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	99
Tablo 3.17. 5 nolu bina genel bilgileri.....	101
Tablo 3.18. 5 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	101
Tablo 3.19. 5 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	103
Tablo 3.20. 5 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	103
Tablo 3.21. 7 nolu bina genel bilgileri.....	107
Tablo 3.22. 7 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	108
Tablo 3.23. 7 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	109
Tablo 3.24. 7 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	109
Tablo 3.25. 7 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	110
Tablo 3.26. 8 nolu bina genel bilgileri.....	111
Tablo 3.27. 8 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	112
Tablo 3.28. 8 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	112
Tablo 3.29. 8 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	113
Tablo 3.30. 8 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	113
Tablo 3.31. 10 nolu bina genel bilgileri.....	115
Tablo 3.32. 10 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	116



Tablo 3.33.	10 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	116
Tablo 3.34.	10 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	117
Tablo 3.35.	10 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	117
Tablo 3.36.	13 nolu bina genel bilgileri.....	119
Tablo 3.37.	13 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	120
Tablo 3.38.	13 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	121
Tablo 3.39.	13 nolu bina Y yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	122
Tablo 3.40.	21 nolu bina genel bilgileri.....	123
Tablo 3.41.	21 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	124
Tablo 3.42.	21 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	124
Tablo 3.43.	21 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	125
Tablo 3.44.	21 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	125
Tablo 3.45.	34 nolu bina genel bilgileri.....	127
Tablo 3.46.	34 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	128
Tablo 3.47.	34 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	129
Tablo 3.48.	34 nolu bina Y yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	130
Tablo 3.49.	49 nolu bina genel bilgileri.....	131
Tablo 3.50.	49 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	132
Tablo 3.51.	49 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	132
Tablo 3.52.	49 nolu bina X yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	133

Tablo 3.53.	62 nolu bina genel bilgileri.....	135
Tablo 3.54.	62 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	136
Tablo 3.55.	62 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	136
Tablo 3.56.	62 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	137
Tablo 3.57.	62 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	137
Tablo 3.58.	66 nolu bina genel bilgileri.....	139
Tablo 3.59.	66 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	140
Tablo 3.60.	69 nolu bina genel bilgileri.....	141
Tablo 3.61.	69 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	142
Tablo 3.62.	73 nolu bina genel bilgileri.....	143
Tablo 3.63.	73 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	144
Tablo 3.64.	73 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	144
Tablo 3.65.	73 nolu bina X yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	145
Tablo 3.66.	74 nolu bina genel bilgileri.....	147
Tablo 3.67.	74 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	147
Tablo 3.68.	75 nolu bina genel bilgileri.....	149
Tablo 3.69.	75 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	149
Tablo 3.70.	75 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	150
Tablo 3.71.	75 nolu bina X yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	151
Tablo 3.72.	76 nolu bina genel bilgileri.....	152
Tablo 3.73.	76 nolu bina için modal kütle katkı oranları.....	153
Tablo 3.74.	76 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	154
Tablo 3.75.	76 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı.....	154

Tablo 3.76.	76 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı.....	155
Tablo 3.77.	Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların Bitlis için hesaplanmış ivme spektrumlarına göre yeniden değerlendirme sonuçları.....	156
Tablo 3.78.	Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların Bitlis için hesaplanmış ivme spektrumlarına göre performans değerlendirme sonuçları.....	157
Tablo 4.1.	Bitlis İli mahalle ağırlık merkez koordinatları.....	176
Tablo 4.2.	Bitlis İli mahalle bazında betonarme yapı dağılımı.....	178
Tablo 4.3.	Bitlis İli mahalle bazında betonarme binaların yapım yıllarına göre dağılımı.....	178
Tablo 4.4.	Bitlis İli mahalle bazında betonarme binaların kat adetlerine göre yüzde cinsinden dağılımı.....	179
Tablo 4.5.	Bitlis İli 1.senaryo depremine göre kayıp tahminleri.....	180
Tablo 4.6.	Bitlis İli 2.senaryo depremine göre kayıp tahminleri.....	181
Tablo 4.7.	Bitlis İli 3.senaryo depremine göre kayıp tahminleri.....	181
Tablo 4.8.	Bitlis İli 4.senaryo depremine göre kayıp tahminleri.....	182
Tablo 4.9.	Bitlis İli 5.senaryo depremine göre kayıp tahminleri.....	182
Tablo 4.10.	Bitlis İli 6.senaryo depremine göre kayıp tahminleri.....	183
Tablo 5.1.	TDY ile bu çalışma sonucu elde edilen spektrum eğrisi sonucu hesaplanan yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemlerin karşılaştırılması.....	187
Tablo 5.2.	Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların performanslarının karşılaştırılması.....	188
Tablo 5.3.	Bitlis İli senaryo depremlerine göre kayıp tahminleri.....	189

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Sismik Tehlike, Sismik Değerlendirme, Performans Değerlendirmesi, Kayıp Tahmini, Doğu Anadolu, Bitlis

Performansa dayalı deprem mühendisliği kapsamında, Bitlis şehri için sismik performans analizi olasılıksal yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında sismik tehlike analizi yapılmış ve sokak tarama yöntemi, ikinci kademe değerlendirme metodu ve detaylı yapısal analiz metotları kullanılarak mevcut yapıların sismik güvelik değerlendirmeleri yapılmıştır. Çalışmanın son bölümünde kentsel alanlar için deprem senaryolarından talep deplasman ile yapı stoğunun kapasite deplasmanını karşılaştıran ve deplasmana dayalı hasar kayıp modeli olan DBELA yazılımı kullanılarak Bitlis için kayıp tahminleri yapılmıştır.

Olasılıksal sismik tehlike analizinde ilk basamak olarak jeolojik veri ve aletsel dönem kayıtları derlenerek çalışma alanına ait sismik kaynak karakteristikleri belirlenmiştir. Daha sonra EZ-FRISK yazılımı kullanılarak sismik tehlike modeli oluşturulmuştur. Kaya zeminler için uygun azalım ilişkilerine bağlı olarak 50 yıl için %2, %10 ve %50 aşılma olasılıkları için olasılıksal sismik tehlike eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Türk Deprem Yönetmeliğinin 7. Bölümünde yer alan mevcut yapıların değerlendirilmesi ve sismik değerlendirme için önerilen spektrum eğrileri ile karşılaştırılmıştır.

İkinci aşamada sokak tarama yöntemi, P25 v.2. metodu kullanılarak ikinci kademe değerlendirmesi ve son olarak ETABS yazılımı ile nonlineer statik pushover analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı metotlar kullanılarak Bitlis şehri mevcut yapı stoğu için sismik güvenlik değerlendirmesi yapılmıştır. Bu aşamada elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve tartışılmıştır. Detaylı yapısal analiz yapılırken hem TDY'de önerilen deprem tepki spektrumu hem de bu çalışmada elde edilen tepki spektrumu kullanılarak sismik tehlike analizi gerçekleştirilmiştir. Performans değerlendirmeleri FEMA-356 kriterleri kullanılarak yapılmıştır.

Bu çalışmanın sonunda Bitlis şehri için elde edilen deprem senaryoları kullanılarak Bitlis için kayıp değerlendirme hesaplamaları DBELA yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sosyal ve ekonomik kayıplar bakımında sunulmuştur. Uygulamadaki belirsizlikler tartışılmıştır.

# **SEISMIC PERFORMANCE ANALYSIS OF BITLIS CITY**

## **SUMMARY**

**Key Words:** Seismic Hazard, Seismic Safety Evaluation, Performance Evaluation, Loss Assessment, Eastern Anatolia, Bitlis

Within the framework of the performance based earthquake engineering, the seismic performance analysis for the Bitlis province in Turkey is performed in probabilistic manner. Within the confines of this study, a seismic hazard analysis, seismic safety evaluation of existing structures using Screening Method, Preliminary Assessment Method, and detailed Structural Analysis, and at the end of the study, a Displacement-Based Earthquake Loss Assessment (DBELA) methodology for urban areas, which compares the displacement capacity of the building stock with the displacement demand from earthquake scenarios, has been applied for loss assessment in Bitlis.

It is noteworthy that, in probabilistic seismic hazard assessment, as a first stage, data from geological studies and records from the instrumental period were compiled to make a seismic source characterization for the study region. Then, a seismic hazard model by using EZ-FRISK software is implemented and the probabilistic seismic hazard curves were developed based on the selected appropriate attenuation relationships, at rock sites, with a probability of exceedance of 2%, 10% and 50% in 50-year periods. The obtained results are compared with the spectral responses proposed for seismic evaluation and retrofit of building structure in Turkish Earthquake Code, Section 7.

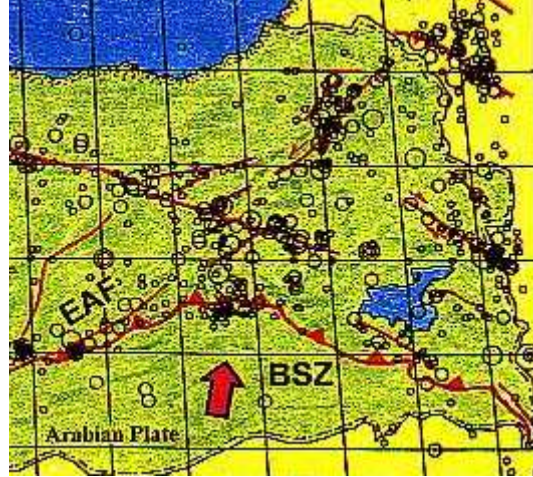
As a second step, seismic safety evaluation of Bitlis City is performed by different methods as Seismic Safety Screening Method, P25-v2 Preliminary Assessment Method and lastly nonlinear static pushover analysis in ETABS. The results obtained in this step are compared and discussed. In detailed structural analysis, both Code proposed earthquake response spectra and computed response spectra from seismic hazard analysis are conducted. The performance evaluations are determined by using FEMA356 numerical acceptance criteria for nonlinear procedures.

At the end of this study, within the scope of this thesis, DBELA has been employed in order to calculate the loss assessment calculations for the city of Bitlis have been provided based on scenario earthquakes. The results are presented in terms of social losses and economical losses. Uncertainties of the application have also been discussed.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Depremsellik veya sismisite, jeolojik ve tektonik verilere ve istatistiksel verilere dayanmaktadır. Depremın zamanı, merkez ve merkez üstü konumu, kaynak parametreleri ve yarattığı etkilerle ilgili makrosismik veriler, bir yörenin deprem tehlikesinin belirlenmesindeki en önemli parametrelerdir. Bir bölgenin depremselliği o bölgede gelecekte olabilecek bir depremin göstergesidir.

Bitlis tarihi Neolitik Çağ dediğimiz Yenitaş dönemine kadar uzanmaktadır. Hititler, Asurlar, Urartular, Persler, Makedonya Krallığı (İskender), Roma ve Bizans, Selçuklu, Eyyubiler, Harzemşahlar, Moğollar, Anadolu Selçukluları, İlhanlılar ve Osmanlılar gibi pek çok medeniyete şahitlik etmiştir. Bu nedenle Bitlis zengin bir tarihi ve kültürel mirasa sahiptir.



Şekil 1.1. Bitlis Bindirme Zonu ve Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi [1]

Bitlis Şehri, Bitlis Zağnos Birdirme Zonu'nun kuzeyinde, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 1.1). İlhanlı hakimiyeti sırasında ilki 1246, sonuncusu 1275 yılında olmak üzere Bitlis iki büyük deprem geçirmiştir. Bu deprem sonucunda Ahlatşahlar, Dilmaçoğulları, Selçuklular ve Eyyubiler dönemlerinde

yapılan birçok yapı tamamen yıkılmıştır. İkinci depremde halkın çoğu göçükler altında kalarak ölmüştür [2]. Bölge 730 yıldır suskun bir dönem yaşamaktadır.

Bir yerleşim biriminin olası bir depremde göstereceği performans, yapısal hasar durumu ve buna bağlı olarak can kaybı, yaralanmalar ve mal kaybını belirlemek amacıyla değişik bilimsel modeller üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Genel hatlarıyla böyle bir çalışma, aşağıda verilen çalışmaları kapsamalıdır:

- Yerleşim biriminin olasılığa dayalı (probabilistik) sismik tehlike analizi; gelecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikler, olasılık hesaplarına dayalı olarak tahmin edilir [3].
- Tasarım spektrumlarının veya benzeştirilmiş kuvvetli yer hareketlerinin elde edilmesi; bir önceki aşamada öngörülen deprem parametreleri ile uyumlu “anakaya” yer hareketinin belirlenmesi ve bunun, seçilen çalışma alanında yer alan zemin profiline uygulanarak zemin yüzeyinde tasarım yer hareketinin elde edilmesinde kullanılması.
- Deplasmana (şekil değiştirme) dayalı hesap yöntemleri ile yapısal çözümler yapılması; seçilen çalışma alanında bulunan yapı stoğu incelenerek, bilgi düzeyleri ve yapı elemanlarının doğrusal elastik olmayan (nonlinear) özellikleri belirlenmelidir. Nonlinear statik veya dinamik hesap yöntemleri kullanılarak yapı sistemlerinin performans düzeyleri belirlenmelidir.
- Yapıların performans düzeylerine bağlı olarak kayıp tahmini yapılması

### **1.1.Sismik Tehlike Analizi**

Dünyanın pek çok yerinde depremlerim beşeri faaliyetler üzerinde oluşturduğu tehdit, yapı ve tesislerin tasarımında depremlerin dikkatli bir şekilde göz önüne alınması için yeterli bir sebeptir. Depreme dayanıklı tasarımın amacı, belirli bir düzeydeki sarsıntıyı, aşırı hasar meydana gelmeden atlatabilecek yapı ve tesisi inşa etmektir. Büyük ölçekli mühendislik yapılarının projelendirilmesinde önemli bir yer tutan deprem risk analizinin birinci aşamasını sismik tehlike analizi oluşturmaktadır.

Depremlerin oluşmasını engellemek veya önceden haber vermek bugünkü teknoloji ile mümkün değildir. Fakat deprem zararlarının azaltılmasına yönelik tedbirleri almak mümkündür. Alınacak bu tedbirleri belirlemede deprem senaryoları önemli bir yer tutar.

Sismik tehlike analizi, belirli bir sahadaki yer sarsıntısı tehlikesinin nicel olarak hesaplanmasıdır. Sismik tehlike analizinin amacı zeminin ve mühendislik yapılarının gelecekte maruz kalacağı depremsel yükleme şartlarının hesaplanmasında gerekli olan depremsel yer hareketi ile ilgili parametrelerin (ivme, hız, deplasman) hesaplanmasıdır.

## **1.2. Yapısal Analiz**

Deprem zararlarını azaltma çalışmalarının ikinci ve en önemli ayağını mevcut yapıların envanterinin çıkarılması ve hasar risk durumlarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Mevcut bir yapının deprem hasar riskinin belirlenmesinde etkili olan çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bunların bir kısmı; bölgenin depremselliği, yerel zemin özellikleri, yapının geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri, taşıyıcı sistemin türü ve yapısal elemanların detaylarıdır. Binaların mevcut durumlarının tespit edilmesine yönelik en kesin yöntem, kesin analiz yöntemleri olmakla beraber, incelenmesi gereken binlerce bina ve bununla beraber bu konularda uzman olan elemanların sayıca yetersizliği gözönüne alındığında, bu tip yöntemler hem zaman hem de maliyet açısından ekonomik olmamaktadır. Bu durumda amaca uygun sayıda, güvenilir parametrelerle ve sayısal bir değerlendirme esasına dayalı hızlı sonuç verebilecek yaklaşık yöntemlerin kullanılması en ekonomik ve gerçekçi çözümdür.

Gelecekte meydana gelecek ve yerleşim bölgelerini etkileyecek depremlerde deprem zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi gereklidir. Özellikle yıkılma veya ağır hasar görme riski yüksek olan binaların güçlendirilmesi, eğer güçlendirme işlemi ekonomik olarak verimli değilse de yıkılarak yeniden yapılması depremde en etkili zarar azaltma önlemidir. Binaların



deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı, “belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir. Mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın mevcut durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir.

### **1.3.Kayıp Tahmini**

Gelecekte ne büyüklükte bir depremin oluşabileceği sismik tehlike çalışmaları ile, yerleşim merkezlerinin olası bir depremden ne ölçüde etkilenebileceği de deprem senaryoları ile belirlenmeye çalışılır. [4] Hasar ve can kaybı yaratabilecek bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belirli bir yerde ve belli zaman periyodunda meydana gelme ihtimali deprem tehlikesi olarak tanımlanmaktadır. Deprem riski, deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanabilir.

Depremler öncelikli olarak insan hayatı olmak üzere her türlü sosyal yapılanma ve ekonomik hayat üzerinde çok ciddi yıkımlara neden olmaktadır. Depremin hemen sonrasında hasar düzeyleri can kaybı ve yaralanmalar ile ifade edilmektedir. Depremin en belirgin etkisi yapılaşma sürecini tamamlamış çevrenin yıkımıdır. Deprem yapıların tamamının hasar görmesine sebebiyet verebilmektedir. Zaman zaman yapıların tüm fonksiyonlarını kaybetmesine neden olabilmektedir. Bu zararlar yörenin ekonomik yapısını bozacaktır. Deprem tehlikesi altında bulunan yerleşim bölgelerinde depreme bağlı oluşabilecek kayıpların hesaplanması “ kayıp tahmin modelleri” olarak adlandırılmaktadır. Kayıp tahmin modellerinde amaç depremin oluşturacağı şiddete bağlı olarak herhangi bir bölgedeki oluşabilecek kayıpların hesap edilmesidir.

### **1.4.Konu İle İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Bir önceki Bölüm’de tarif edilen sismik tehlike analizi, yapısal analiz ve kayıp tahmin modelleri ile ilgili yerli ve yabancı birçok çalışma yapılmıştır.

Yunatçı ve arkadaşları [5], yaptıkları çalışmada deterministik ve olasılıksal sismik tehlike analizinin kavramsal çekişmesine ışık tutmakta ve genel çerçevesi günümüzde olgunlaşmış olan olasılıksal sismik tehlike analizi akışını özetlemektedir. Çalışmada yerel saha etkilerinin olasılıksal sismik tehlike analizlerinde daha doğru temsil edilmesi amacıyla sistemle tümleştirilmesi esas alınmıştır. Sahaya özel elde edilen zemin tepkileri, olasılıksal çerçeve dahilinde değerlendirilerek sismik tehlike eğrileri elde edilmiştir.

Cornell [6] bir bölgede yapılacak mühendislik projesi hakkında sismik risk değerlendirilmesi ile ilgili bir yöntem sunmuştur. Çalışma ortalama dönüş periyoduna karşılık gelen zemin hareketlerinin sonuçlarını içermektedir. Çalışmada kullanılan metod tüm potansiyel deprem kaynaklarının etkisini ve bunlar için hesaplanmış ortalama aktivite oranlarını içermektedir. Çalışılan saha ile potansiyel noktasal, çizgisel veya alansal kaynaklar arasındaki ilişkiyi kolayca hesap ederek modellenebilmektedir.

King ve Kiremidjian [7], bölgesel sismik tehlike ve risk analizi için tanımlanan coğrafi bilgi sisteminin geliştirilmesi için bir çalışma yapmışlardır. Yerel zemin koşullarının etkilerini hesaplamak için farklı modeller gözden geçirilmiştir. Çalışma aynı zamanda geniş bir alan için deprem hasar ve kayıplarının hesaplanmasını da içermektedir.

McGuire[8], sismik tehlike ve risk analizi metotları hakkında genel bir değerlendirme yapmıştır. Sismik tehlike analizinde ortaya çıkabilecek belirsizliklerin nasıl dağıtılacağını tarif etmiştir.

Marfai ve arkadaşları [9], Kosta Rika'nın Turialba şehri için sismik ve taşkın tehlikesini incelemiştir. Yaptıkları çalışmada ilk olarak belirli bir tektonik yapıya bağlı olarak o bölge için potansiyel sismik kaynakları belirlemiş ve belirlenen bu kaynaklara göre sismik hareketleri, bölgesel fayları ve tektonik olayları haritalayarak, Bu şehir için bu tehlikelerin maliyetini hesaplamışlardır.

Özer'in[10] yaptığı çalışmada kısa periyotlu gözlemlerde deprem oluş frekansları mevsimlik, aylık, günlük olarak da belirlenebileceğini ifade etmiştir. Bu tür kısa

sürekli gözlemler daha çok nükleer enerji santralleri, barajlar vb. büyük yapılarla ilgili depremsellik çalışmalarında kullanılacağı öngörülmektedir.

Çetin ve arkadaşları [11] Bursa ili için olasılıksal sismik tehlike analizini yapmışlardır. Bölgeyi etkileyebilecek diri faylar ile ilgili veriler çalışılmış, sismik kaynak özellikleri belirlenmiş ve uygun sönüm ilişkileri kullanılarak 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip zemin için maksimum yer ivmesi ve spektral ivme haritalarını elde etmişlerdir.

Yüccemen [12] tarafından yapılan çalışmada deprem tehlikesinin belirlenmesi için basit bir istatistiksel model sunulmuş, sismik tehlike analizine ilişkin yöntemlerinin yapı mühendislerine tanıtılması amaçlanmıştır.

Hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar, 1968'de Tokachi-Oki depreminden sonra elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen kolon-duvar indeksine dayalı SST adlı yöntemdir [13]. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliği literatürüne ciddi bir biçimde girmesini sağlayan en önemli gelişmeler FEMA 154 ve FEMA 155 (1988) raporlarıdır [14,15]. 1992 Erzincan Depremi'nden itibaren yurdumuzda da, göçme sınırını yakalamaya çalışan çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Sucuoğlu [25] tarafından yapılan çalışmada, 1-7 katlı betonarme binalar ile 1-5 katlı yığma binalar için sokak taraması yolu ile değerlendirme yapmaya olanak sağlayan iki yöntem önerilmiştir.

Habibullah ve Pyle [26], yaptıkları çalışmada FEMA ve ATC-40'taki yapı performans seviyelerine bağlı olarak yapıların üç boyutlu doğrusal olmayan statik itme analizinin SAP2000 programı ile nasıl yapıldığını açıklamışlardır.

Ganzerli vd.[27], çalışmalarında yapısal optimizasyonu kullanarak, tasarlanacak binalar için performansa dayalı sismik tasarım için yeni bir metot öngörmüşlerdir.

Çalışmada verilmiş olan deprem büyüklüğü altında performans seviyelerine göre binaların tasarımını incelemişlerdir.

Chopra ve Goel [28], çalışmasında binalara deprem davranışını belirlemek için modal itme analizi (Modal Pushover Analysis) uygulamışlardır. Çalışma pushover analiz prosedürünü geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada dokuz katlı bir binanın analizi yapıлып, bazı katların plastik mafsal noktaları belirlenmiştir.

Maison [29], seçmiş olduğu binaların FEMA'ya göre artımsal itme analizini gerçekleştirerek bir değerlendirme sunmaktadır. Bu değerlendirmede, artımsal itme analizinin tartışmaya açık konularına da açıklık getirilmesine çalışmıştır.

Karasu'nun [30] yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, DBYBHY'07 7. Bölümünde önerilen "Doğrusal Elastik Yöntemler" içerisinde yer alan "Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi" ile P25 hızlı değerlendirme yöntemini gerçek yapılar üzerinde uygulayarak, elde edilen sonuçları değerlendirilmiştir.

Bendimerad [31], kayıp tahmin modellerini risk azaltımı için gerekli en önemli araç olarak tanımlamaktadır. Kayıp tahmin modelleri sayesinde şehir plancılar ve afet yöneticileri potansiyel zararlar ve kayıplar üzerine kilit bilgilere ulaşabileceğini belirtmiştir.

Sharma [32], kayıp tahminlerinin doğal afetlerin değerlendirilmesi aşamasında çok önemli bir yere sahip olduğunu belirtmiş ve kapsamlı bir ekonomik, sosyal ve demografik veri setinin geliştirilmesinin, depremlerin neden olabileceği zararların tahmininde sağlayacağı faydalar üzerinde durmuştur

Bommer ve diğerleri [33], Türkiye'nin deprem haritasından yola çıkarak HAZUS kayıp tahmin yöntemini kullanarak yıllık deprem hasar oranlarını ve olası ekonomik kayıpları hesaplamışlardır.

Tüzün [34] yapmış olduğu doktora tezinde, binalarda meydana gelen hasar dağılımını deprem yönetmeliğinde tanımlanan spektruma uygun spektruma sahip 20

adet yer hareketi kullanarak veriler elde etmiştir. Analiz sonucu elde edilen hasar dağılımına uygulanan istatistiksel işlemler sonucunda her bir bina sınıfına ait hasar görebilirlik parametreleri elde edilmiştir. Söz konusu hasar görebilirlik eğrileri her bir yapı sınıfının hakim periyoduna karşılık gelen spektral ivme ve spektral deplasmanına göre çizilmiştir.

Crowley ve diğerleri [35], yaptıkları çalışmada gelecekte oluşacak depremlerden dolayı kayıpları tahmin etmektedir. Bir bölgede kayıp tahmin analizi yapmak için o bölgenin depremselliğinin, yerel zemin koşullarının, yapı stok özelliklerinin bilinmesi gerektiğini tarif etmişlerdir. Deplasmana dayalı deprem kayıp tahmin analiz programı olan DBELA'yı kullanmışlardır.

Bal ve diğerleri [36, 37] tarafından yapılan çalışmada DBELA yazılım hakkında özet bir bilgi verilmiş ve DBELA yazılımı Türkiye yapı stoğuna göre kalibre edilmiş ve İstanbul için örnek kayıp tahmin çalışması yapılmıştır.

Orta Amerika Deprem Merkezi tarafından geliştirilen MAEVIZ adlı kayıp tahmin yazılımında deprem senaryosu oluşturulmakta ve coğrafi bilgi sistemine göre kayıp tahminleri yapılmaktadır [38].

Erdik ve diğerleri [39] tarafından yapılan çalışmada ise Neries projesi kapsamında ELER ((Earthquake Loss Estimation Routine) yazılımı tarif edilmiştir. Yazılımın iki modülü bulunmaktadır. Birinci modülü EHA (Earthquake Hazard Assessment) ve ikinci modülü ELA (Earthquake Loss Assessment) dır. EHA modülü yer hareketlerinin yoğunluğunu ve parametrelerin dağılımını içermektedir. ELA modülü ise EHA modulünden aldığı yer hareketlerini, parametreleri nüfusu ve yapıları dikkate almaktadır.

### 1.5. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma ile Bitlis İlinin sismik tehlike ve risk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma, sismik tehlike analizi, yer tepki analizi, performansa dayalı yapısal analiz ve kayıp tahmin aşamalarını içermektedir.

Bitlis İli ve çevresindeki bölgelerde bulunan fayların yerleri ve özellikleri ile bu faylarda meydana gelen aktivitelerin tarihsel gelişimi araştırılacaktır. Bu verilerden yola çıkarak EZ-FRISK 7.43 yazılımı ile sismik tehlike analizi yapılacaktır. Bitlis şehir merkezinde seçilen çalışma alanına, ait zemin özellikleri dikkate alınarak yer-tepki analizleri EZ-FRISK 7.43 yazılımı ile yapılacaktır. Elde edilen yer tepki analizlerinden faydalanarak yapay veya benzeleştirilmiş bir kuvvetli yer hareketi kaydı, yüzeye taşınıp tasarım spektrumları hesaplanacaktır. Bitlis şehir merkezinde seçilen çalışma alanındaki belirli yapılar (P25 yöntemi uygulanarak) alınıp deplasmana dayalı statik yapısal çözümler ETABS yazılımı kullanılarak yapılacaktır. Yapı kapasite diyagramları belirlenecektir. Deprem talep spektrumu ve kapasite diyagramları kullanılarak yapı hedef deplasmanları belirlenecektir. Burada elde edilen hedef deplasmanla yapılara statik itme analizi uygulanıp, bu itme altında yapı elemanlarında şekil değiştirmeleri izlenecektir.

Bitlis Şehri için hasar görebilirlik analizi yapılacaktır. Bu veriler, yörede deprem zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmalarda kullanılabilir. Bitlis için kullanılacak tasarım spektrumu oluşturulacaktır. Elde edilecek veriler, Türk Deprem Yönetmeliği'nin geliştirilmesine de katkı sağlayacaktır. Yerleşim birimlerinin deprem performans analizi konusunda, Anadolu şehirleri için bir model oluşturulmaya çalışılacaktır.

## BÖLÜM 2.

### 2.1. Bitlis İlinin Genel Özellikleri

Bitlis Doğu Anadolu'yu Güney Doğu Anadolu'ya bağlayan boğaz geçitleri üzerinde kurulmuş,  $41^{\circ}33'-43^{\circ}11'$  doğu boylamları,  $37^{\circ}54'-38^{\circ}58'$  kuzey enlemleri arasında yer alan, etrafı dağlarla çevrili tarihi bir şehirdir. Doğusunda Van ve Van Gölü, kuzey doğusunda Ağrı, kuzey ve kuzey batısında Muş, batısında Batman, güneyinde Siirt illeri yer almaktadır (Şekil 2.1) [40, 41].



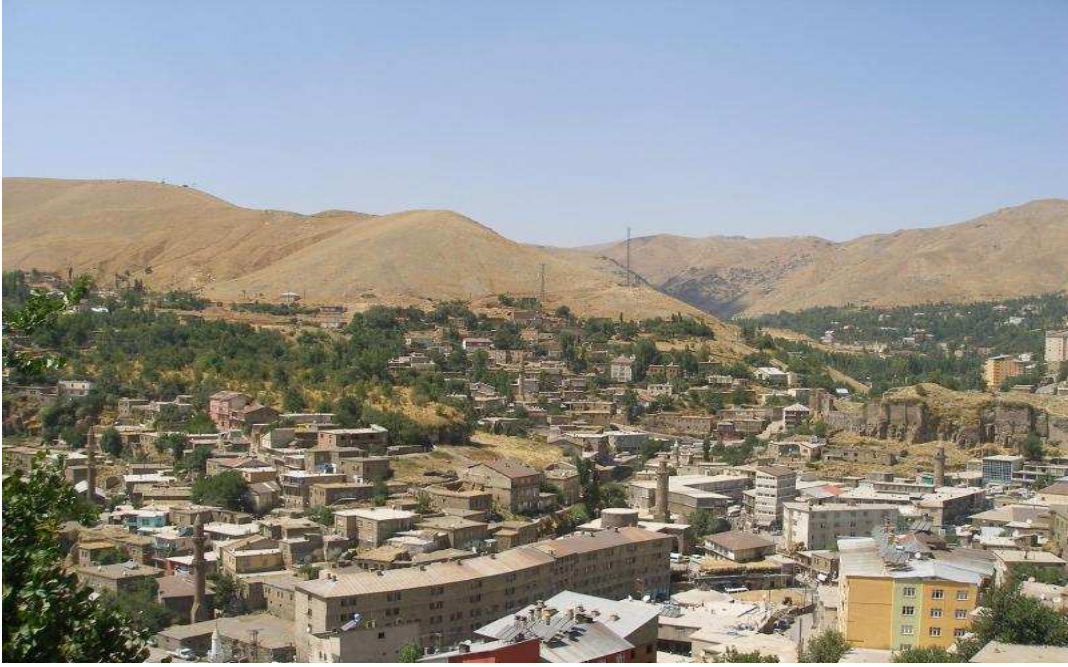
Şekil 2.1. Bitlis İli ve yer bulduru haritası

Yüzölçümü 6.706 km<sup>2</sup>'dir. Bitlis ili sınırları içerisinde kalan Van Gölünün 1.876 km<sup>2</sup>'lik kısmı da ilave edildiğinde toplam yüzölçümü 8.582 km<sup>2</sup>'ye ulaşmaktadır. Altı yıl ilçe olarak yönetilen Bitlis, 25 Aralık 1935 tarih ve 2885 sayılı Kanunla tekrar il haline getirilmiştir. Bitlis İlinin Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Hizan, Mutki ve Tatvan olmak üzere 6 ilçesi vardır.

Bitlis ilindeki yerleşme düzenini coğrafi ve fiziki veriler, tarım alanlarının dağılımı ve ulaşım sistemi belirlemiştir. Yerleşmeler genellikle Van Gölü kıyısındaki düzlüklerde ve vadilerde yoğunlaşmıştır. Kentsel nüfus Van Gölü kıyısında yoğunlaşmış olup, ildeki kentsel nüfusun % 62'si Van Gölü kıyısında yer almaktadır. İldeki kırsal birimler vadilerde ve vadi yamaçlarında kurulmuştur. Kırsal birimler parçalı olup, küçük mezra ve mahalle birimlerinden oluşmaktadır. Bitlis şehri il merkezi olması nedeniyle, yönetim ve toplumsal hizmetler bakımından etki alanı tüm ili kapsayan bir merkezdir. İlin yüzölçümü Türkiye'nin yaklaşık %0.91'ini oluşturmaktadır. Bitlis'te kilometrekareye düşen kişi sayısı 2000 yılında yaklaşık 55 kişidir. Nüfusu ülkeye göreli olarak sürekli ve hızlı bir büyüme göstermiştir. Son 50 yılda ülke nüfusu 3.2 katına ulaşırken, Bitlis nüfusu 4.3 katına ulaşmıştır. 1935–2000 döneminde Bitlis nüfusu sürekli artış göstermiştir. En düşük yıllık nüfus artış hızı %08.9 ile 1940–1945 döneminde, en yüksek yıllık nüfus artış hızı ise %0 45.3 ile 1950–1955 döneminde gerçekleşmiştir. Yıllık nüfus artış hızı 1990–2000 döneminde ise %0 16.3'tür. Bitlis'in M.Ö. 1000'lerde başlayan kültürel evrimi, zaman içinde canlı bir gelişim göstermiştir [41].

Bitlis sınırları içerisinde bulunan Süphan ve Nemrut dağlarındaki obsidyen (doğal cam yatakları), doğrudan olmasa bile dolaylı olarak bu yöre tarihinin neolitik dönemine kadar çıktığını göstermektedir. Bitlis, Van Gölü havzasını Güneydoğu Anadolu'ya bağlayan yollar üstündedir. Orta ve Güneydoğu Anadolu'dan geçen yollar, Bitlis'te kesişerek doğuya devam etmektedir. Bitlis üç ulaşım türünün (karayolu, demiryolu ve su yolları) aktarma noktasıdır. İlin yüzölçümünün %71'lik kısmını dağlar, %19'luk kısmını yayla ve platolar, geri kalan %10'luk kısmını da ovalar oluşturmaktadır. Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan birçok volkanik hareketin etkisi altında kalabilecek bir konuma sahiptir Bitlis İlinin değişik kesimlerinden alınmış farklı görünümeler aşağıda mevcuttur (Şekil 2.2.a, Şekil 2.2.b.).





Şekil 2.2.a. Bitlis İlinden bir görünüm



Şekil 2.2.b. Bitlis İlinden bir görünüm

## 2.2. Bitlis Zemin Özellikleri

Bitlis zemin özellikleri belirlenirken kamu kurumları ve özel jeoteknik firmalarının önceki yıllarda yapmış olduğu sondajlar derlenmiş ve veriler değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda Bitlis zemin özellikleri depremsellik açısından incelenmiştir.

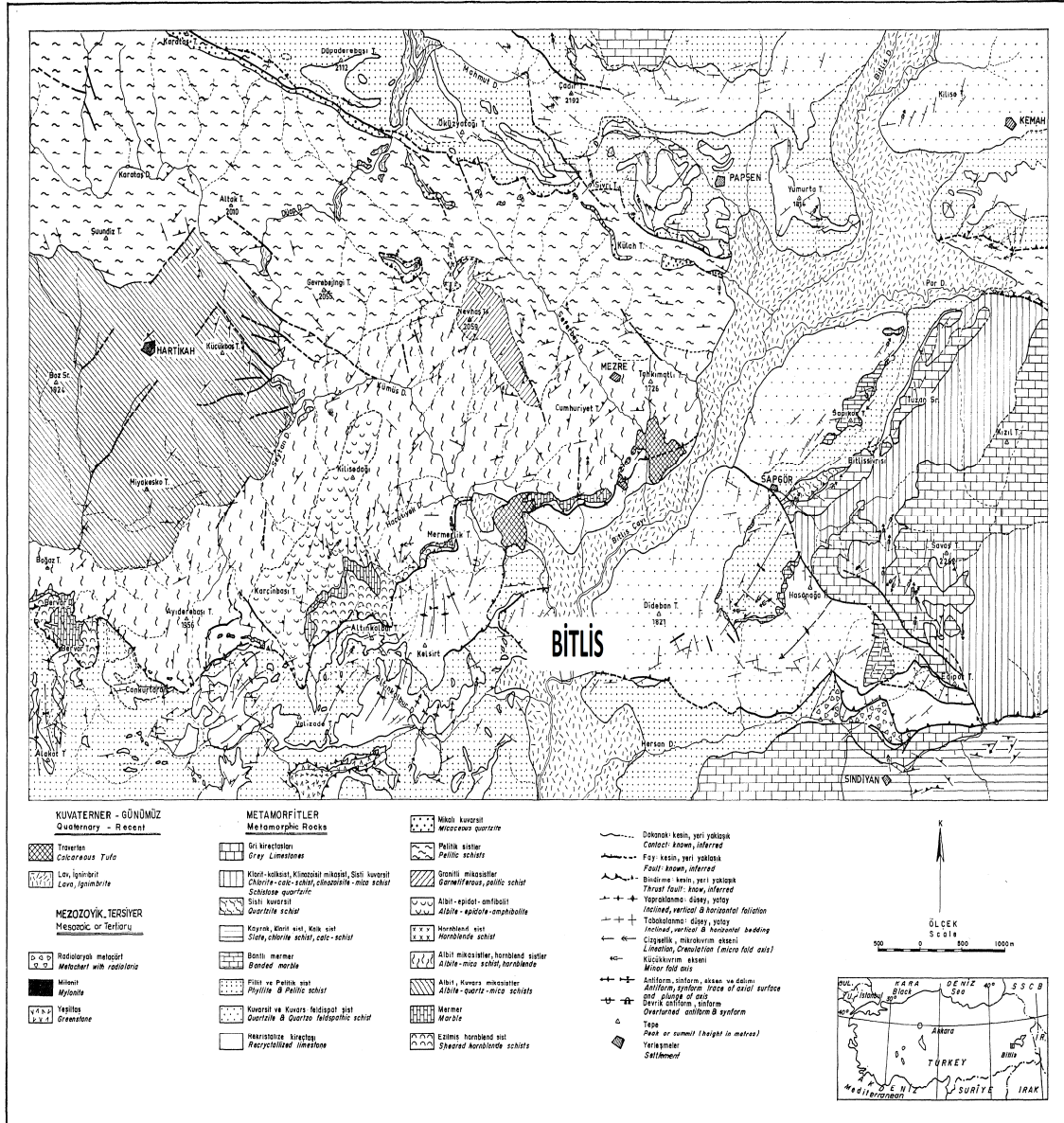
### 2.2.1. Genel jeoloji

Yerel jeolojik zemin koşullarının sismik hareketlerin karakterlerini doğrudan etkilediği ve değiştirdiği, bu zeminler üzerindeki mevcut yapılar üzerinde hasara sebep olabileceği bilinen bir gerçektir [42]. Bitlis merkezi ve yakın civarında Bitlis masifine ait metamorfik kayalar, üst kretase Ahlat-Adilcevaz karışığı, eosen yaşlı Ahlat konglomerası, miyosen yaşlı Adilcevaz Kireçtaşı, pliyo - kuvaterner volkanitleri ve alüvyonlar yüzeyleme vermektedir [43, 44].

Bitlis İli'nin de içinde bulunduğu Van Gölü Havzası, jeolojik terminolojide Bitlis Kenet Kuşağı olarak adlandırılan, Doğu Toroslar'a göreceyle çöken tektonik kontrollü bir havzada yer almaktadır [45]. Bitlis'te arazide üçüncü zaman miyosen kadar orojenik hareketler meydana gelmiştir. Bu devirde başlayan volkanik hadiseler, birçok fay ve çöküntülerin, büyük göllerin oluşumuna sebep olmuştur [46, 47]. Jeolojik devirlerden başlayan kıvrım hareketleri yer yer değişmeler göstererek bugün ki karmaşık şeklini almıştır. Bu karışık yapının arasına lavların girmesi ile yapı daha da karışmış, daha sonraki yer kabuğu hareketleri sonucu olarak tortul tabakalarla bunların arasına girmiş olan püskürük kütlelerle birlikte dislikasyonlara (tabakaların alt üst olması) uğramıştır. İlin yüzey şekilleri gerek biçim ve gerekse meydana geliş bakımından farklılıklar göstermektedir. Van Gölünün Batı ve Kuzeyinde bir sıra teşkil edecek şekilde volkanik dağlar uzanmaktadır.

Alt ve üst birliklerin birbirleri ile olan dokanaklarının faylı olduğu görülmektedir. Bitlis'in 84 km'lik bir kısmında yapılan çalışmada, kuzeyinde KB-GD yönlü bir bindirme dokanağında üst birliğin altında görülen alt birlik sahanın güneyinde KD-

GB yönlü bir bindirme ile üst birliğin üzerinde bulunduğu belirlenmiştir. Üst birlik içindeki birimlerin pek çoğunun dokanaklarının faylı oluşu bu birliğe, özellikle sahanın güneydoğusunda faylanmış bloklardan meydana bir karmaşık görünüş kazandırmaktadır (Şekil 2.3) [48].



Şekil 2.3. Bitlis dolayının jeoloji haritası [48]

Bitlis İli genel jeolojisinde yüzeyleme veren jeolojik formasyonlar ve özellikleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

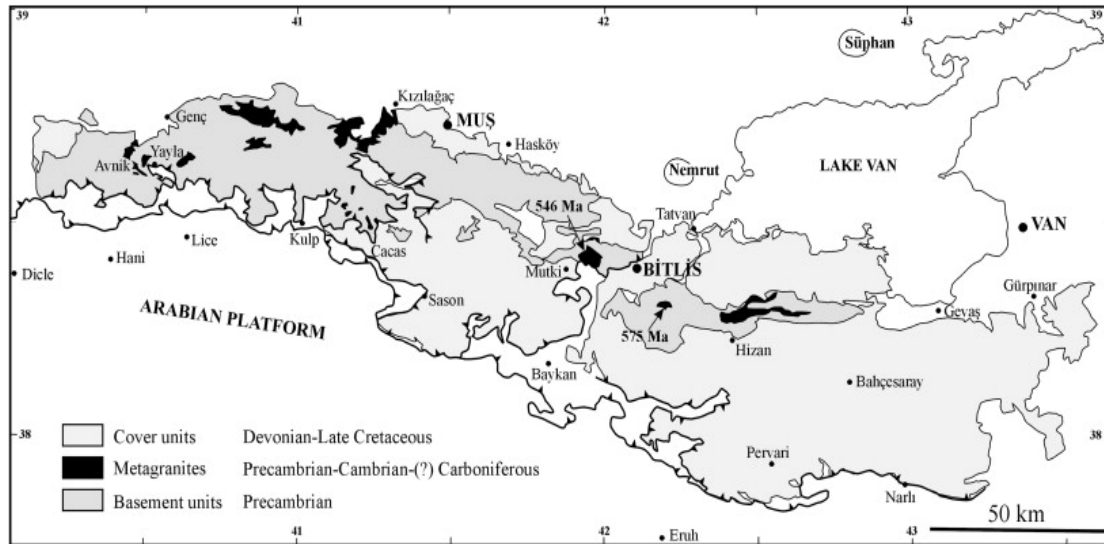
Tablo 2.1. Bitlis İli için geliştirilmiş stratigrafik kesit (basitleştirilmiş) [43,44]

	ÜST SİSTEM	SİSTEM		SERİ	FORMASYON	AÇIKLAMALAR	
		KUVARTERNER					
GENÇ BİRLER	SENOZOYİK	TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN	NEMRUT VOLKANİTLERİ	ALÜVYON	
				MİYOSEN	ADILCEVAZ KİREÇTAŞI	ORTA-KALIN KATMANLI GRİ VE SARIMSI GRİ RENKLİ BOL FOSİLLİ RESİFAL KİREÇTAŞI	
			PALEOJEN	EÖSEN	AHLAT KONGLOMERASI	KALIN KATMANLI BORDO KAHVERİNGİMSİ KIRMIZI VE ŞARABI RENKLİ KONGLEMARA	
		MESOZOYİK	KRETASE	ÜST	AHLAT-ADILCEVAZ KARIŞIĞI		GALORO, DİYABAZ, SPİLİT, METAANDEZİT, METABAZALT, RADYOLARİT, ÇÖRT, ÇAKILTAŞI, KUMTAŞI, ÇAMURTAŞI, KİREÇTAŞI BLOKLARI VE MİKİRİTİK KİREÇTAŞI
					PALEOZOYİK	PERMİYEN ÖNCESİ ?	BITLİS MASIFI

### 2.2.1.1. Bitlis masifi

Anadolu'nun tektonik gelişmesinde önemli bir rol oynayan ve geniş sahalarda meydana çıkan metamorfik-kristalin masifler, memleketin bir nevi jeolojik iskeletini oluştururlar. Bunlar gnays, mikaşist, kuarsit ve mermer gibi farklı derecelerde metamorfizmaya uğramış taş kitlelerinden ve bunlar içerisine nüfuz etmemiş bazik ve asit bileşimli kristalin kayalardan meydana gelmiştir. Yapıları bakımından masiftirler; tektonik deformasyonlara karşı rijit bir mukavemet unsuru olarak karşılıklıta bulunurlar. Türkiye'de çok sayıda ve değişik büyüklükte mostra veren bu masiflerden biri de Bitlis Masifidir [49].

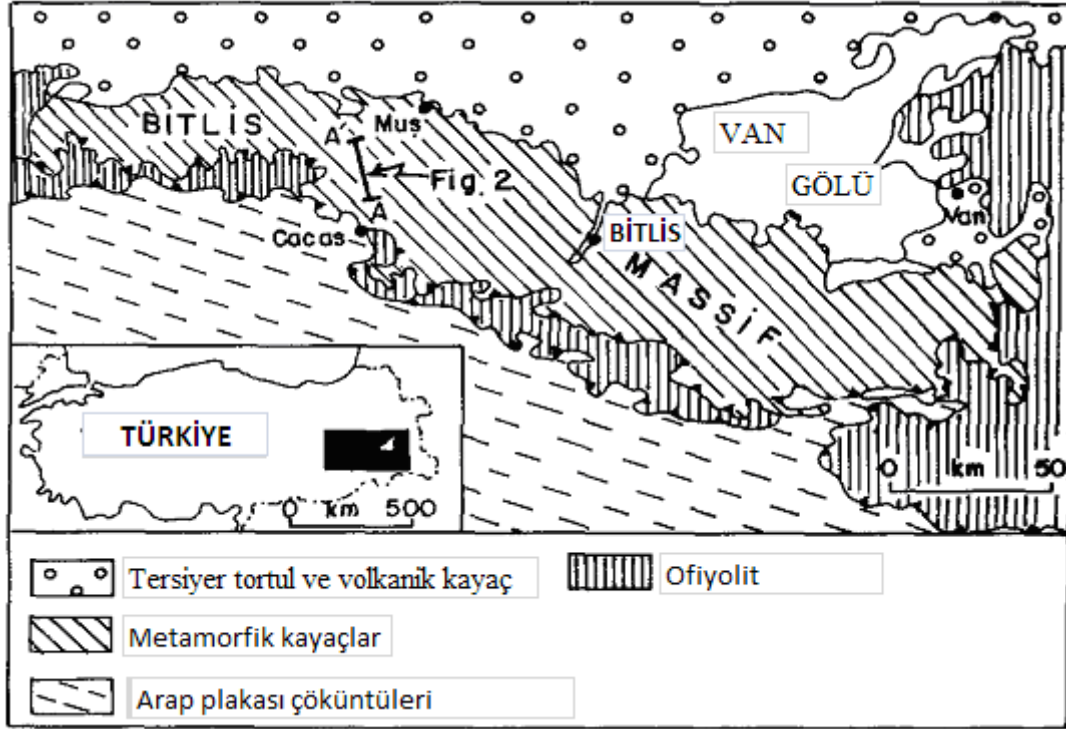
Güneydoğu Toros Dağları sisteminde bulunup batıda Akdağ'dan başlayarak doğuya doğru Muş Ovası ve Van Gölü'nün güneyinden geçerek Hakkari'nin kuzeyindeki Karadağ'a kadar devam eden saha içerisinde bulunan morfik kütleyle Bitlis masifi denilmektedir. Bitlis masifi, kuzeyde tersiyer tortulan, volkanik lav ve alüvyon ovaları ile çevrilirken kuzeydoğuda Van Gölü ile sınırlanmaktadır (Şekil 2.4) [50].



Şekil 2.4. Bitlis Masifinin jeolojik haritası (Ölçek 1/500000) [51]

Bitlis Masifi kuzeyden güneye yaklaşık 50 km genişliğinde ve doğudan batıya yaklaşık 300 km uzunluğunda, yüksek sıcaklık-basınç ve düşük sıcaklık-basınç koşulları ile temsil edilen Türkiye'nin en büyük ve en önemli masiflerinden biridir. (Şekil 2.5) [52, 53, 54]. Bitlis Masifi'nin güney kenarı Güneydoğu Anadolu bindirme

fayı boyunca Anadolu ve Arap levhalarının sınırını işaretlemektedir [55,56]. Sarp ve engebeli bir topografik görünüm arzeden masif bol çatlaklı ve kırıklıdır. Masifi oluşturan kayaların litolojik özellikleri dikkate alındığında kökeninin volkano-sedimenter malzemeden oluştuğu ve büyük bir orojenik hareketin (kaledoniyen) etkisiyle bugünkü konumunu kazandığı ortaya çıkmaktadır [57, 58, 59, 60].



Şekil 2.5. Bitlis masifinin jeolojik kurulum haritası [60]

### 2.2.1.2. Ahlat-Adilcevaz karışığı

Yerleşim alanının batı bölümünde Ahlat-Adilcevaz ilçeleri arasında çok geniş bir alanda yüzeylenen birim, bölgede Jeolojik amaçlı çalışan araştırmacılar tarafından bu isimle adlandırılmıştır. Karışık inceleme alanının kuzeybatı bölümünde geniş bir alanda mostra vermektedir. Grimsi siyah, sarımsı yeşil, grimsi beyaz, bej ve kiremit kırmızısı renk tonlarında bulunmaktadır. Birimin litolojisi gabro, diyabaz, spilit, metaandezit, metabazalt, radyolarit çört, çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı blokları ve mikritik kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir. Bu kayalar bol çatlaklı ve kırıklıdır. Genellikle sarp ve engebeli bir topoğrafik görünüm arzemektedirler. Karışık içerisinde mostra veren metavolkanitler ile çamurtaşlarının üst bölümleri kısmen ayrılmışlardır. Birim içerisindeki kayaların karmaşık ve düzensiz halde

bulunmaları, bölgede jeolojik devirler boyunca etkili ve şiddetli olan tektonik olaylarla açıklanabilir. Karışığın litolojik ve paleontolojik özellikleri okyanusal kabuk kökenli olduğunu ortaya koymaktadır [43, 44]. Bitlis Masifinin üzerinde erken miyosen yaşlı Ahlat-Adilcevaz karışığı yer almaktadır [61].

### **2.2.1.3. Ahlat konglomerası (Ahlat formasyonu )**

Ahlat yerleşim alanının güney bölümünde dar bir alanda mostra veren birim; bordo, kahverengimsi kırmızı tonlarında olup, genellikle kalın katmanlıdır. Çakılların hemen hemen tamamına yakını üst kretase yaşlı Ahlat-Adilcevaz Karışığı'ndan türemiştir. Çakılların boyutları farklı olup, mm.den 3-4 cm. boyutuna kadar değişmektedir. Formasyon litolojik özellikleri itibarı ile karasal bir ortamda çökelmiştir [43,44].

Bu formasyon karakteristik kırmızı rengi ve konglomeratik yapısıyla arazide kolayca tanımlanabilir. Ahlat-Adilcevaz kompleksi üzerinde diskordan olarak durur ve üzerinde diskordan Adilcevaz kalkeri bulunur [61,62, 63]. Van gölünün kuzeyindeki Ahlat ilçesinden adını almıştır [64].

### **2.2.1.4. Adilcevaz kireçtaşı**

Adilcevaz kireçtaşı, Bitlis İli, Ahlat ile Adilcevaz ilçelerinden başlamakta, Tavşan Tepe'de, Erciş'e bağlı Çelebibağ beldesinin batısında ve Van'a bağlı Erciş ilçesinin kuzeyinde yüzlek vermektedir [65]. Kireçtaşı; açık san-bej renkli, masif yer yer kalın tabakalı ve bol çatlaklıdır [44, 63, 65]. Adilcevaz kireçtaşının porozitesi genel olarak düşüktür [66, 67]. Bitlis İlinin Adilcevaz ilçesinden adını almıştır [64].

Tüm Doğu Anadolu'da benzer özellikleri ile yer alan Adilcevaz kireçtaşı üyesi litolojik ve morfolojik özellikleri ile diğer birimlerden kolayca ayrılmaktadır [68].

### 2.1.5. Nemrut volkanikleri

Nemrut dağı, Doğu Anadolu'da Kuvaterner yaşlı yanardağların en büyüklerinden biri olup, 35 km büyüklükteki kalderası, kaldera içindeki irili ufaklı gölleri, sıcak su ve gaz çıkışları ile karakteristik bir stratovolkandır. Kalderanın boyutları yaklaşık olarak 7.5 x 6.5 km olup, dik duvarları 2900 m ye kadar yükselir. Nemrut yanardağı, alt Kuvaternerden itibaren volkanik ürün çıkarmaya başlamış olup, ilk volkanik etkinlik ile bir yarık erüpsiyonu vasıtasıyla geniş alanlara yayılan çeşitli piroklastikler oluşmuştur [69], bu evrede yaklaşık 100 km hacimde piroklastik gereç çıktığını öne sürmektedir. Bunlar yer yer ignimbritler şeklinde izlenirler. Daha sonra bazik lavlar çıkarak çevreye yayılmışlardır. Bu evreden sonra ortaç ve asidik lavlar meydana gelerek trakiandezit, trakit, riyolit ve yeşil renkli obsidiyenler oluşmuştur. Daha sonra Nemrut kalderası oluşmuş, bunu takiben gerek kaldera içinde, gerekse kaldera çevresinde tuf, ignimbrit, trakit ve trakiandezitik lavlar ve gri-siyah renkli obsidiyenler meydana gelmişlerdir [44, 70]. Van gölünün batısında, Nemrut Dağı ve Malazgirt ilçesi civarında yaygın olarak görülmektedir. Genellikle bazalt, aglomera, tuf ve ignimbritlerden oluşmaktadır. Ayrışma yüzeyleri grimsi-siyah renklidir. Genellikle 5–200 m arasında kalınlığa sahip iken çıkış merkezleri ve civarında 1000 m dolayında kalınlık izlenmektedir. Nemrut volkanitleri kendinden yaşlı tüm birimleri açısız uyumsuz olarak örtmektedir [68]. Van gölünün batısındaki, birimin kendisini oluşturan Nemrut Dağı, ad olarak kullanılmıştır [71].

### 2.2.1.6. Alüvyonlar

Çakıl, kum, mil ve kil boyutundaki tanelerden oluşan alüvyon malzemesi karışık halde ve tutturulmamış çökeller halindedir. Bitlis Metamorfik Kuşağında çoğunlukla büyük tektonik hatlar ile kontrol edilen çanaklarda taraça oluşumları ve alüvyon birikimlerine rastlanır. Bunlardan en önemlisi Mutki İlçesi'nin orta kesiminde yaklaşık BKB-DGD yönünde uzanan Kavakbaşı doğrultu atımlı fayı boyunca dizili irili ufaklı Kuvaterner çanaklarında biriken çökellerdir [43, 44, 72].



### 2.2.2. Yerel jeoloji

Bitlis Şehri, Kışla ve Güzeldere'nin iki tarafındaki dik yamaçlarla, bu iki derenin arasındaki sırtlarda kurulmuştur. Genellikle dere yamaçlarında, sütunlar halinde bazaltlar yer almaktadır [73].

Bitlis ilinin % 5'ini platolar, % 5'ini ova ve düzlükler, % 90'ını da dağlar oluşturmaktadır. İlin en önemli dağı olan Bitlis dağının yüksekliği 3000 metreyi aşmaktadır. Bitlis vadisi içerisinde belirgin iki bazalt akması ve bu akmalara ait sekiz düzlükleri gözlenmektedir. Çoğu yerde akmaların akarsu çökeli ve diğer güncel çökelleri üzerlediği gözlenmektedir [74]. Bitlis vadisinde ve Rahva düzündeki bazalt akıntılarıyla nöbetleşen Genç Çağda gelişmiş kaynaklı tuf vardır [75].

### 2.2.3. Jeoteknik değerlendirme

Jeoteknik değerlendirmeler Bitlis şehri için özel ve kamu kurumlarının yapmış oldukları çalışmalarda veriler derlenerek elde edilmiştir. İnşaat alanlarında saha gözlemleri sonucu, benzer kayaçlar ile yapılan temel sondaj verilerinin korelasyonları ve etüt sahalarında açılmış olan temel sondajlarından alınan karot numunelerinin karot ve kaya kalitesi göstergesi (RQD) yüzdeleri esas alınması sonucu: kayalarda ayrışmanın fazla olması, kayaların bol kırıklı ve çatlaklı olmasından dolayı laboratuvar için karot numunesi yeterli boy ve miktarda alınamadığından, parsel alanları için jeoteknik değerlendirme, Bitlis merkezinde yapılan sondaj alınan karot numunelerinin laboratuvar verileri ve de sondaj esnasında alınan karot numunelerinin verilerinin gerekli tablo ve abaklardan yararlanılarak jeoteknik değerlendirmeler yapılarak zemin emniyet gerilmesi hesaplanması ve diğer özellikler tespit edilmiştir (Tablo 2.2., 2.3, 2.4.).

Tablo 2.2: Arazide kayaçların dayanımlarını tayin ölçütleri

Tanım	Dayanım sınıfı simgesi	Yaklaşık tek eksenli Sıkışma dayanımı	
		kgf/cm <sup>2</sup>	*Mpa
ÇOK ZAYIF KAYAÇ-Jeolog çekicinin Sivri ucunun sert darbeleri altında parçalanır. Bıçakla kesilebilir.	R1	10-250	1-25
ZAYIF KAYAÇ –Bıçakla kesilmesi ve kazınması Zordur. Jeolog çekicinin sivri ucu,sıkı bir darbe Sonucu derince saplanır	R2	250-500	25-50
AZ DAYANIMLI KAYAÇ – Bıçakla yüzeyi Kazınmaz, jeolog çekicinin sivri ucunun sıkı Darbesiyle sığ bir delik açılabilir	R3	500-1000	50-100
DAYANIMLI KAYAÇ – Avuç içinde tutulan Örnek, jeolog çekici ile vurulan sert bir darbeyle Kırılır.	R4	1000-2000	100-200
ÇOK DAYANIKLI KAYAÇ – Çatlaksız bir Örneğin kırılması için jeolog çekici ile çok Sayıda darbe gerekir.	R5	>2000	>200

\*1 Mpa = 10 kgf/cm<sup>2</sup>

Yapılmış olan sondajlar sonucunda alınan kayaçlar karot örneği üzerinde jeolog çekici kullanılarak yapılan test sonucunda yerleşim alanların çoğunluğunu oluşturan kayaçların zayıf kayaç sınıfında olduğu çizelge üzerinde değerlendirilmiştir.

Ayrıca sondajla alınan karot numunelerinin RQD değerleri dikkate alınarak aşağıdaki tabloda değerlendirdiğinde;

Tablo 2.3. Kayaçların kaya kalitesine göre sınıflandırılması

<u>Kaya Tanımı</u>	<u>RQD</u>
Çok iyi kaliteli	100-90
İyi kaliteli	90-75
Orta kaliteli	75-50
Fena kaliteli	50-25
Çok fena kaliteli	25

Yapılmış olan çalışmalarda alınmış olan karotların RQD değerleri tablodan değerlendirildiğinde kayaçların fena kaliteli kaya sınıfında olduğu görülmektedir.

Tablo 2.4. Tek eksenli basınç direncine göre kayaçların sınıflandırılması [76]

<u>Kayaç sınıfı</u>	<u>Tek eksenli basınç Direnci kg/ cm<sup>2</sup></u>
Çok yüksek dirençli	>2000
Yüksek dirençli	2000-1000
Orta dirençli	1000-500
Düşük dirençli	500-250
Çok düşük dirençli	<250

Alınmış olan karot örneklerinin Deere ve Miller [76],1966 göre değerlendirdiğinde kayaç sınıflarının düşük dirençli kayaç sınıfında olduğu görülmektedir.

Bayındırlık ve İskan Bakanlığının yayınlamış olduğu, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğinde verilen tablolardan yararlanılarak inceleme alanının zemin sınıfları aşağıda verilmiştir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. Deprem Yönetmeliğine göre zemin sınıflandırılması [77]

ZEMİN GURUBU	ZEMİN GRUBU TANIMI	STANDART PENETR. (N/30)	RELATİF SIKILIK (%)	SERBEST BASINÇ DİRENCİ (kPa)	KAYMA DALGASI HIZI (m/sn)
B	-Tüf ve Aglomera gibi Gevşek volkanik kayaçlar, Süreksizlik düzlemleri bulunan Ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar..	---	----	500-1000	700-1000
	- Sıkı kum,çakıl.....	30-50	65-85	.....	400-700
	- Çok katı kil ve siltli kil.....	16-32	.....	200-400	300 - 700

Tablo 12.2-Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Tablo 12.1 Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı(h1)
Z2	(B) grubu zeminler h1>15m olan (B) grubu zeminler h1<15m olan (C) grubu zeminler

Özel ve kamu kurumlarının Bitlis için yapmış oldukları zemin çalışmaları verileri doğrultusunda zemin “B” zemin gurubu, “Z2” yerel zemin sınıfında değerlendirilecektir.

Bitlis şehir yerleşim alanları için daha önce açılmış olan sondaj çukurları ve alınan numunelerin laboratuvar verilerinin değerlendirilmesi, yerinde yapılan deney değerlerinin uygun tablo ve abakların kullanılması sonucu zemin emniyet gerilme değerinin  $1,5 \text{ kg/cm}^2 - 2 \text{ kg/cm}^2$  aralığında olduğu görülmektedir [43, 44].

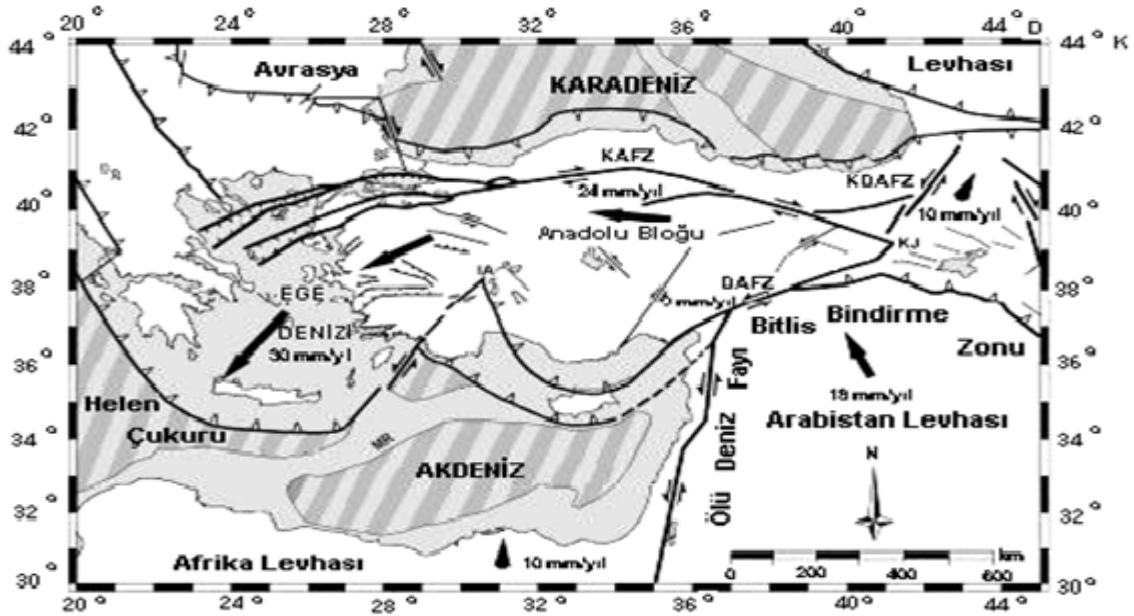
### 2.3. Doğu Anadolu Bölgesinin Depremselliği

Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan ve ülkemizin de içinde olduğu Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alan Doğu Anadolu Bölgesi sismik açıdan aktif durumdadır. Özellikle Bingöl İli Karlıova İlçesi, Türkiye'deki en önemli sismik risk taşıyan faylar olan sağ yönlü doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fayı'nın (DAF) birleşme noktasına karşılık gelmektedir. Kıta içi transform faylar niteliğindeki bu iki fayın Anadolu levhasını sınırladığı ve bunlar arasında çapraz fay sistemlerinin gelişmiş olduğu bu alan Türkiye'de diri fay yoğunluğunun en fazla olduğu bir bölgedir[78]. Doğu Anadolu'da baskın olan fay mekanizmaları Bitlis Kenet Kuşağı, DAF hattı ve KAF hatlarını kapsamaktadır [79].

Afrika-Arap kıtası ile kuzeydeki Avrupa-Asya (Avrasya) kıtası arasında K-G sıkışma gerilmeleri altında bulunan ülkemizde, KAF ve DAF hatları boyunca biriken enerji zaman zaman boşalarak, deprem olaylarına neden olmaktadır. Diğer yandan bölgede etkili olan K - G sıkışma gerilmeleri, bu iki ana fay hattı arasındaki bulunan Anadolu kara parçasını da değişik yerlerdeki segmentler boyunca batıya doğru kaydırmaktadır. KAF üzerinde meydana gelen depremler bu hareketlerden kaynaklanmaktadır [80]. Anadolu ve çevresinin levha tektoniği modeli aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.6).

Doğu Anadolu Bölgesi, kıtasal çarpışma kuşaklarının dünyadaki en iyi örneklerinden biridir. Bölge üst kreateseden sonra yaklaşık kuzey-güney yönelimli sıkışma geriliminin etkisine girmiş ve Doğu Anadolu Bölgesinde Avrasya Levhası – Arabistan levhası çarpışması başlamıştır. Bu dönemde bölgede etkili olan sıkışma sonucunda doğrultuları genellikle doğu-batı olan bindirmeler, kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sol yönlü atımlı faylar, kuzey-güney doğrultulu açılma çatlakları ve

yaygın volkan çıkışları meydana gelmiştir. Avrasya Levhası ile Arabistan Levhası arasındaki kıta-kıta çarpışması özellikle Avrasya Levhası içerisinde çok sayıda sağ ve sol yanal atımlı faylar meydana getirmiş olup, bunların en büyük ikisi KAF ile DAF'dır [81, 82].



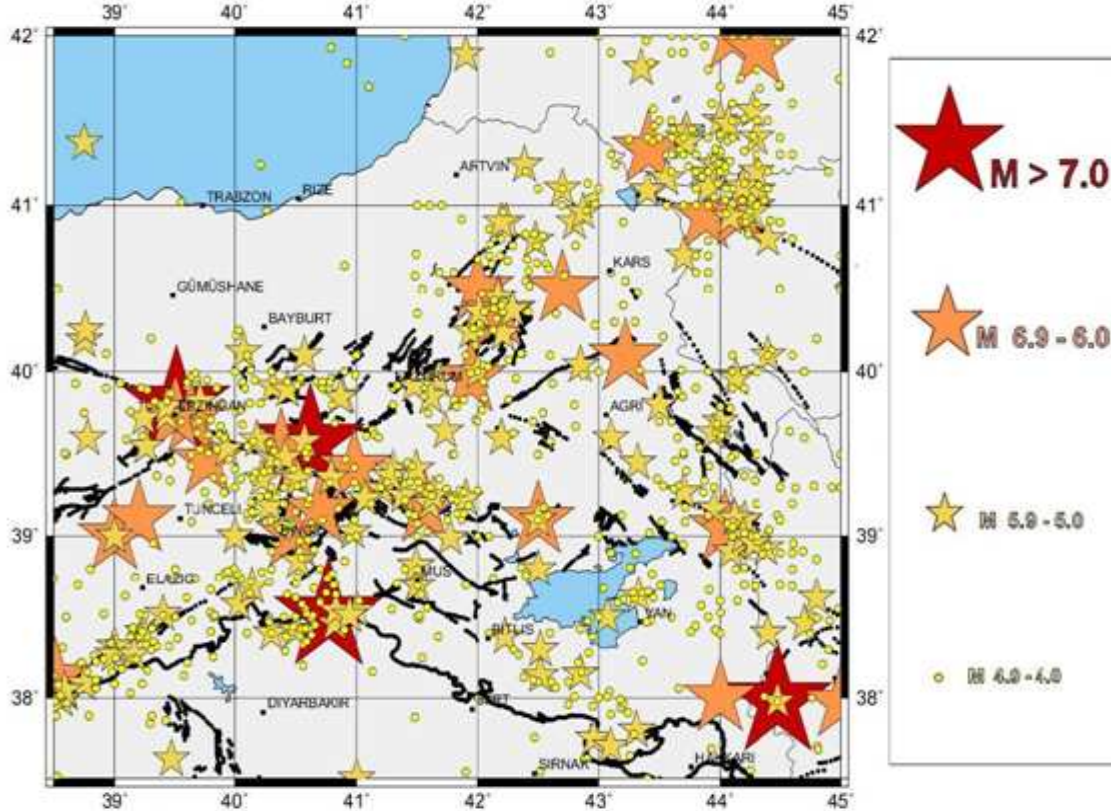
Şekil 2.6. Anadolu ve çevresinin levha tektoniği modeli [83].

Doğu Anadolu Bölgesinin %52'lik alanı I. derece ve %43'lük kısmı da II. derece deprem bölgesinde kalmaktadır [84]. Bitlis İli'nin de içinde bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesi'nin aletsel sismisitesi aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2.7). Şekilde görüleceği üzere Doğu Anadolu Bölgesi çok sayıda depreme maruz kalmış ve yeni depremlerin de oluşabileceği dikkatten kaçmamalıdır. Bu da Doğu Anadolu'da bulunan illerin yüksek deprem tehlikesi altında olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de 19. yüzyıldaki deprem etkinliği göz önüne alındığında 20. yüzyıl içinde DAF'nın göreceli olarak sessiz bir dönem geçirdiği bilinmektedir. Ancak tarihsel döneme ait deprem etkinliği bir bütün olarak ele alındığında, bu sessizliğin geçici olduğu ileri sürülmektedir. Bu veriler ışığında DAF hattı uzunluğunca önemli bir gerilme birikimi olmuştur [85, 86].

Doğu Anadolu Bölgesinde oluşan depremlerin önemli bir çoğunluğunun derinliği 2-10 km arasında değişmektedir. En derin oluşan deprem Bitlis kenet Kuşağı üzerinde

32 km derinlikte oluşmuş depremdir. Aktif faylar ve episantır noktaları arasında bir korelasyon mevcuttur. Aynı zamanda haritalanmamış yüzey faylarından dolayı çok sayıda deprem yer hareketi meydana gelmektedir [87].



Şekil 2.7. Doğu Anadolu Bölgesinin aletsel sismisitesi (1900-2005,  $M \geq 4.0$ ) [88]

Doğu Anadolu deprem projesi kapsamında Doğu Anadolu bölgesindeki depremlerin odak derinlikleri, depremlerin yer kabuğunun üst kısmında meydana geldiğini göstermektedir. Ayrıca bölgenin depremsellik aktivitesinin bugüne kadar bilinenin üzerinde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değerlendirmeler GPS verileri de göz önüne alındığında, bölgenin bir deprem tehlikesi altında olduğunu kanıtlamaktadır. KAF Zonu'nun doğu kısmı; Erzincan-Yedisu-Karlıova hattı, Karlıova-Varto-Hamurpet-Karaağıl koridoru, Erzurum ve çevresi, Erzurum-Tortum hattı, Köprüköy (Çobandede)-Gaziler hattı, Karlıova-Bingöl dolayları, Varto-Palu-Sincik hattı, Tutak-Karayazı hattı, Tendürek-Balıkgölü hattı, Çaldıran, Van Gölü dolayları dikkati çeken ilk yerlerdir [89].

Gerek 27 Ocak Pülümür 2003, gerekse 1 Mayıs 2003 Bingöl depremleri bölgede bulunan çapraz fay sistemlerinin birbirini tetikleyebildiğini göstermiştir. Bu nedenle yakın gelecekte Bingöl-Karlıova- Erzincan üçgeni içerisinde son depremlerin

tetikleyebileceği diğer faylarda yeni depremlerin meydana gelmesi büyük olasılıktır. Bölgede, KAF'nın Yedisu segmenti, DAF'nın Genç segmenti, Sancak-Uzunpazar ve Bingöl-Karakoçan fay zonları magnitüdü 6'dan büyük deprem üretebilecek fayların başlıcalarıdır [90].

Yukarıdaki veriler ve günümüzde yapılan çalışmalar ışığında Doğu Anadolu Bölgesinin, büyük deprem tehlikesi riski altında olduğunu söylemek hiç de zor olmayacaktır.

### **2.3.1. Kuzey Anadolu Fayı (KAF)**

Kuzey Anadolu Fayı, 1200 km uzunluğunda, 40 km genişliğinde tek zonlu baskın ve dünyanın en iyi bilinen son derece diri sağ yanal doğrultu atımlı fayıdır. Karadeniz kıyılarına paralel olarak uzamaktadır [91, 92, 93]. Fay tek bir kayma düzlemi olmayıp birçok parçalardan oluşmuş, bir fay zonu halindedir [94]. KAF doğuda kendi eşleniği olan DAF ile kesiştiği Bingöl İli, Karlıova ilçesinden başlamaktadır. Yer yer birbirinden kopuk, yer yerde kademeli olarak sıralanan kırık hatların oluşturduğu bir zon şeklindedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın toplam atım oldukça değişkendir. Atımın miktarı 8-400 km civarındadır. Fay orta kesiminde dışbükey bir kavis yaparak fayın kilitlenmesine neden olacak şekilde Anadolu bloğunun güneybatıya doğru dönmesine neden olmaktadır.

Kuzey Anadolu Fayı, Yedisu (Bingöl) ve Karlıova Birleşim noktasının doğusunda 55 km lik bir uzunluğa sahiptir. KAFZ bu bölgede iki segmente ayrılmaktadır. Bunlardan biri Kızılbuçuk köyü ile Yedisu havzası arasında Elmalı Segmenti, diğeri ise Elmalı segmenti ve Karlıova birleşim bölgesi arasında kalan Kargapazarı segmentidir [95].

### **2.3.2. Doğu Anadolu Fayı (DAF)**

Doğu Anadolu Fayı yaklaşık 30 km genişliğinde, 700 km uzunluğunda KD-GD doğrultulu sol yanal atımlı fay sisteminden oluşmuştur [96]. KAF ile DAF birbirlerinin birleşik faylarını (conjugate faults) oluştur [97].

Son ve önceki yüzyıllarda sismik olarak oldukça suskun bir dönem geçirmekte olan DAF için çeşitli yaşlar önerilmiştir. Bu yaşlar orta miyosen – orta pliyosen arasında değişmektedir. DAF ve KAF arasında sismik bir aktivite farkı bulunmaktadır. Bu farklılık DAF'ın geometrik özelliklerinin KAF'dan farklı olması ile açıklanmaktadır. DAF'da son yüzyıl içerisinde sadece 10 hasar yapıcı orta büyüklükte deprem meydana gelmiştir. Bu açıdan bu yüzyıl içerisinde DAF'ın büyük bir bölümü sismik açıdan oldukça yüksek deprem üretme potansiyeline sahiptir [98, 99].

Kuzey Anadolu ile Doğu Anadolu Faylarında 1500 yıllık aktiviteler incelendiğinde KAF'ın aktif olduğu dönemde DAF sakin, DAF'nın aktif olduğu dönemde KAF sakindir. Ancak bu dönemlerin sonlarında geçişler görülmektedir. Aynı ilişkiyi bu yüzyıla uyguladığımızda, KAF bu yüzyılda aktivitesini tamamlamış ve DAF'na gelmiş olabilir [100].

### **2.3.3. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi**

Doğu Anadolu sıkışma bölgesi, kuzeyden güneye doğru, KAF, Kuzey Anadolu fayının Karlıova'nın doğusunda yer alan sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı fayları ile Bitlis bindirme Kuşağı olmak üzere 3 kısımda incelenmiştir. KAF ile Karlıova-Muradiye arasında yer alan bölgede, KB-GD doğrultulu kısa uzunluklara sahip olan sağ yönlü doğrultu atımlı faylar yer almaktadır. Bu bölge, 100 km uzunlukta Balıklıgölü fayı, 55 km uzunlukta Çaldıran fayı, 50 km uzunlukta Doğubeyazıt fayı, 50 km uzunlukta Tutak fayı ve 85 km uzunlukta Karayazı fayından oluşmaktadır [101]. Karlıova üçlü birleşim noktasının yakınında, KAF ile DAF'nın periyodik olarak birbirlerini ötelemesi sonucu, KB-GD ve KD-GB doğrultulu kısa uzunluklarda sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı fay takımları gelişmiştir. Karlıova birleşim noktası ile Muradiye arasında kalan bölümde, Malazgirt'in doğusunda 20 km uzunlukta KD-GB doğrultulu sol yönlü Malazgirt fayı ve Erciş ile Adilcevaz arasında uzanan 30 km uzunlukta sol yönlü Süphan fayı yer almaktadır. Diğer taraftan KB-GD doğrultulu ve sağ yönlü 20 km uzunlukta Erciş fayı ile Muradiye ilçesinin hemen yakın kuzeydoğusu ile İran sınırları arasında uzanan 45 km uzunlukta Hasan-Timur gölü fayları bulunmaktadır [101, 102, 103].



Doğu Anadolu Sıkışma bölgesindeki bazı depremlerin odak mekanizma çözümlerinden elde edilmiş ana sıkışma yönü Arap plakasının kuzeye doğru olan hareketi ile iyi bir uyumluluk göstermektedir. 1900–1995 yılları arasında oluşmuş depremlerin yer-zaman içerisindeki dağılımları, Doğu Anadolu Sıkışma bölgesinde kırılmadan kalan ve gelecekte yüksek deprem potansiyeli taşıyan olası 4 sismik boşluk belirlenmiştir. Bu sismik boşluklar, kuzeyden güneye doğru aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Ardahan Sismik Boşluğu
- Çayırli-Aşkale fayı
- Van Sismik boşluğu
- Yüksekova Sismik Boşluğu

Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde 1900–1995 yılları arasında hasar yapıcı ve yüzey kırığı meydana getirmiş toplam 22 deprem ( $M_s=5.5$ ) olmuştur. Bunlardan 5 deprem, KAF üzerinde meydana gelirken, diğer 9 deprem, KAF'ın güneyinde yer alan faylar ile Karlıova-Muradiye arasında yer alan diğer iki bölgede meydana gelmiştir [104].

Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde, 1989–1995 yılları arasında oluşmuş depremlerin dışmerkez dağılımları, sismik boşluklar olarak düşünülen segmentlerin uç kısımlarında ve civarlarında yoğunlaşmaktadır. Depremlerin dışmerkez dağılımları, ikinci tip sismik boşluk olarak adlandırılan zamansal boşluk modeline (Doughnut pattern) uyum sağlamaktadır. Özellikle, KAF'nın Aşkale segmenti, Van segmenti ve Yüksekova segmenti civarında bu model belirgin bir şekilde gözlenilmektedir[105]. Tarihsel deprem kayıtları, Van sismik boşluğunun oldukça fazla depreme maruz kaldığını göstermektedir. Bu boşluk boyunca, 1110, 1245, 1276, 1282, 1439, 1441, 1647, 1648, 1685, 1692, 1701, 1704, 1715, 1871 ve 1872 yıllarında şiddetleri VI ile X arasında değişen birçok deprem olmuştur [106, 107].

### **2.3.4. Bitlis Bindirme Kuşağı (Bitlis Kenet Kuşağı)**

Van Gölü havzasının şekillenmesi, Arap Plakasının Avrasya Plakası altına dalarak aradaki okyanusu kapatması sonucu başlayan kıta-kıta çarpışmasından günümüze kadar uzanan jeolojik olaylarla ilişkilidir. Yaklaşık 12 Milyon yıl önce başlayan kıta-

kıta çarpışması günümüzde de devam etmektedir. Hatay'dan İran'a kadar bir yay şeklinde uzanan ve Güneydoğu Anadolu bölgesini kuzeyden sınırlayan Doğu Toroslar, bu kıta-kıta çarpışmasının başlangıcından bugüne yükselen kıvrımlı bir dağ kuşağı olarak şekillenmektedir. Van Gölü Havzası, jeolojik terminolojide "Bitlis Bindirme Kuşağı" olarak isimlendirilen, Doğu Toroslar'a göreceyle çöken tektonik kontrollü bir havzada yer almaktadır [45]. Bitlis Bindirme Kuşağı kıtasal çarpışmalardan dolayı oluşan bindirmelere güzel bir örnektir [108]. Bitlis Bindirme Kuşağı, Arabistan Levhası ile Anadolu levhasını birbirinden ayıran sınır olarak da tanımlanabilmektedir [109, 110, 111, 112]. Doğu Anadolu Fay Hattından başlayarak Zagros'un yüksek kesimlerine kadar devam etmektedir [113]. Halen yürürlükte olan deprem bölgeleri hazırlanırken dikkat edilen kaynak bölgelerden biri de Bitlis Kenet Kuşağı'dır [114].

Bilindiği üzere yeryüzünde meydana gelen depremlerin %95'i levha sınırlarında olmaktadır. Bitlis Kenet kuşağı Arabistan ve Anadolu levhacıklarına sınır durumundadır. Bu bağlamda depremsellik açısından çok aktif gözükmeyen Bitlis Kenet Kuşağı olası depremlerin riski altındadır. Bitlis ve civarını etkileyebilecek en önemli deprem kuşaklarından biri olan Bitlis Kenet kuşağı depremsellik açısından oldukça önemli bir konumdadır.

Bitlis bindirme kuşağı, Kahramanmaraş ile Yüksekova arasında güneye yönelmiş ters faylardan oluşmaktadır. Bu zon 1500 km uzunlukta olup 30-60 km genişliğinde bir bölgeden oluşmaktadır [101, 110, 115, 116]. Bitlis Kuşağı, birçok kıvrımların, bindirmelerin ve KB gidişli sağ yönlü doğrultu atımlı faylardan oluşmaktadır [117].

Sürgü Fayı, Lice Fayı, Narlı-Kozlu Fayları, Bitlis kenet kuşağı içindeki eski zayıflık düzlemlerini izlemiş olup günümüzde diri ve ters fay bileşeni olan faylardır. Yine Yüksekova-Şemdinli boyunca uzanan diğer bir sağ yanal nitelikli doğrultu atımlı fay seti ülke sınırlarımız dışında İran'ın güneyinde (Zagroslar'da da) uzanmakta ve üzerinde yoğun episantr dağılımı görülmektedir. Gerek Bitlis Kenet Kuşağı'nın kendisi gerekse bu kuşağı oluşturan zayıflık düzlemleri boyunca, Pliyosen sırasında gelişmiş sol ve sağ yanal nitelikli ve ters fay bileşenli doğrultu atımlı faylar, 1975 Lice depremi ile bir kez

daha kanıtlanmış olduğu gibi, günümüzde hala diridir ve deprem riski taşımaktadır [101].

Bitlis Bindirme Kuşağında çok sayıda hasar verici deprem oluşturmuştur. Tarihsel deprem kayıtları bu bölgenin 2000’li yıllardan önce çok aktif olduğunu göstermektedir [118]. Bunlardan bir tanesi Bitlis kenet kuşağı üzerinde bulunan (MÖ 1650) Godin Tepe ve Tepe Giyan’da (İran Platosu) şiddetli bir depremin izlerinin olmasıdır [120].

Bitlis Kenet kuşağı altındaki normal bir fay üzerinde meydana gelen kırılmadan dolayı oluşan alt kabuksal deprem 15 Kasım 2000, Van Gölü depremi ( $M_w = 5,6$ ) 67 km yüzey derinliğine sahiptir [121].

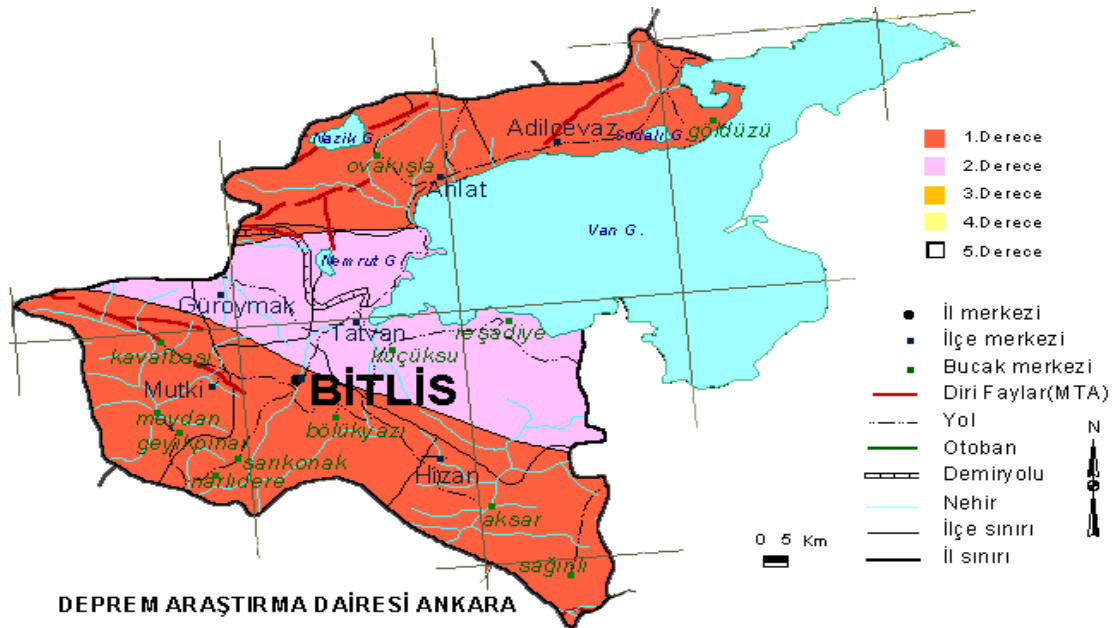
Bitlis, Hakkari ve Diyarbakır illerinden geçen Bitlis Kenet Kuşağı deprem dağılımların yoğun olarak izlendiği bölgelerden biridir [122]. Depremsellik açısından Bitlis İlini doğrudan etkileyecek en önemli deprem kaynaklarından biridir.

Bitlis Kenet Kuşağı olarak adlandırılan bu bindirme kuşağının hemen kuzeyinde bulunan Bitlis İlini de içine alan Van Gölü Havzası, aynı zamanda KAF’ nın DAF ile kesiştiği Karlıova Ekleme ile Zagros Fay Zonu arasında yer almaktadır. Bu ara bölgenin, davranış şekli açısından KAF’nın devamı niteliğindeki Çaldıran Fayı gibi sağ yönü doğrultu atımlı faylardan oluşan bir geçiş fay zonu içerisinde bulunması, Van Gölü Havzası’nın jeodinamiğine ayrı bir önem kazandırmaktadır. Tamamı aktif olan bu faylar, bölgede irili ufaklı birçok depreme neden olduğu gibi hala sismik bir risk taşımaktadır.

#### **2.4. Bitlis İli Depremselliği**

Özellikle son yıllarda dünyada ve ülkemizde yaşanan yıkıcı depremler ve bu depremler sonucunda oluşan büyük çaplı can ve mal kayıpları deprem konusunda yapılan çalışmaları, araştırmaları ve alınacak önlemlerin önemini gündeme getirmiştir. Bitlis ve özellikle yakın çevresinin depremselliği ve buralarda geçmişte meydana gelen depremlerden dolayı Bitlis ili incelenmeye değer bir konumdur.

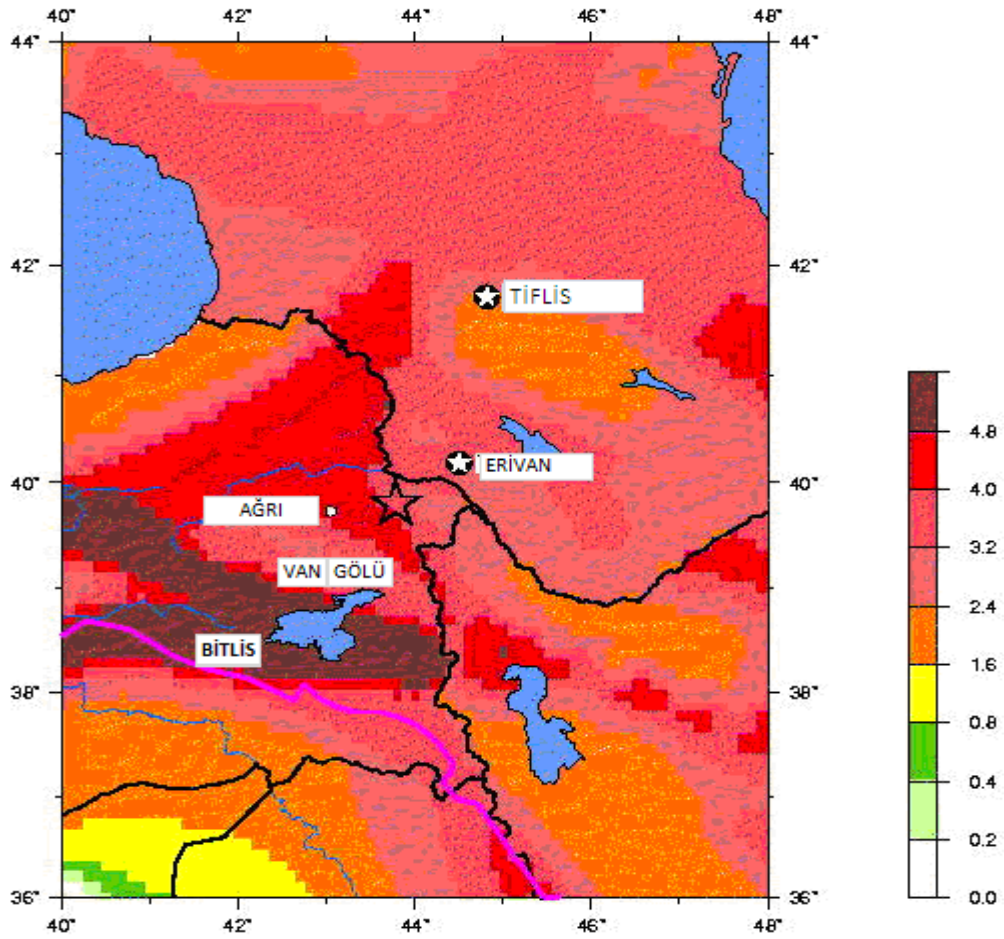
Gerek deprem kataloglarıyla, azalım ilişkilerindeki eksiklikler, gerekse bazı deprem kaynak zonlarındaki belirsizlikler gözönünde tutularak Deprem Çalışma Grubu tarafından gerekli düzeltmelere gidilerek haritaya son şekli verilmiştir. Bu belirtilen çalışmalar yapılarak hazırlanmış olan harita; Bakanlar Kurulu'nun 18.4.1996 gün ve 96/8109 sayılı kararıyla Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası adı altında 1/1.800.000 ölçekli olarak yürürlüğe girmiştir [123, 124]. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda Bitlis şehir merkezi 1.Derecede tehlikeli deprem kuşağı içinde yer almaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Bitlis deprem haritası [124]

Bitlis kenti için 1952, 1966 ve 1976 yıllarında olmak üzere yürürlüğe giren üç imar planı da öngörüldüğü şekilde yürütülmemiş, kent organik gelişme sürecini sürdürmüş ve önemli yatırımların yer seçimi de plana göre yapılmamıştır. Bitlis kenti fiziki eşiklerle sınırlı olması nedeniyle çevreye yayılma olanağı bulunamamakta, kendi içinde yoğunlaşmaktadır [125].

Bitlis, gelecekte oluşabilecek etkili bir deprem tehlikesi altındadır. Amerika Ulusal deprem konseyinin yapmış olduğu ve yayınlamış olduğu haritalarda bunu göstermektedir (Şekil 2.9). Şekilde gösterilmiş olan harita incelendiğinde Bitlis risk bakımından en yüksek bölgede kalmaktadır. Bitlis; KAF, DAF'nın birleşme bölgesi içinde kalmakla beraber, bir de Bitlis Kenet Kuşağı etkisi altında kalacaktır.



Şekil 2.9. Bitlis İli'nin de içinde bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesinin sismik risk haritası (%10 aşılma olasılığı 50 yıl ekonomik ömür için hesaplanan pik yer ivmesi değerleri) (USGS) [126]

Bitlis ve civarı, KAF ile DAF'nın kesişim noktası olan Bingöl İlinin Karlıova İlçesine, deprem etkileri dikkate alındığında çok da uzak değildir. Dolayısıyla Bingöl ve ilçelerinde olası bir deprem Bitlis ve ilçelerini de etkileyecektir.

Ayrıca Malazgirt, Süphan, Erciş ve Hasan Timur Faylarını içine alan Karlıova-Muradiye arası, gelecekte büyük depremlere kaynaklık edebilecek bir potansiyel alan olarak dikkate alınmalıdır [101]. Süphan Fayı ve uzantıları Bitlis İli alanları içinde geçmekte olan Malazgirt ve Erciş Fayları Bitlis İli'nin deprenselliğini ciddi anlamda etkileyecek potansiyel kaynaklar olarak görülmelidir.

Arabistan plakasının İran platosuna doğru kuzeydoğuya doğru hareket etmesi sonucu oluşan ve bir çarpışma zonu olan Zagros fay zonu, Güneydoğuda Bitlis Bindirme kuşağına kadar yayılmaktadır [127].

Arabistan Levhası'nın altına dalarken kenet oluşturduğu Bitlis Bindirme kuşağı'nın hemen kuzeyinde bulunan Van Gölü havzası, aynı zamanda KAF'nın DAF ile kesiştiği Karlıova Eklemleri ile Zagros Fay zonu arasında yer almaktadır. Önemli sismik aktivite gösteren Çaldıran Fayı'nın da içinde yer aldığı bir geçiş fay zonu üzerinde bulunması Van Gölü havzasının deprenselliğine ayrı bir önem kazandırmaktadır. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemdeki kayıtlardan 6.0-6.5 büyüklüğünde depremlerin olduğu görülmektedir. Bu depremlerin 30-35 yıllık aralıklarla tekrar etme olasılıkları yüksek olduğu ve bu bölgedeki birçok fay için bu sürenin dolmuş olması önemli bir tehlike unsuru olarak görülmektedir. Van Gölü havzası bölgesindeki en son yıkıcı depremin 1976 Çaldıran depremi olduğu hatırlanacak olursa aradan geçen sürenin önemli bir enerji birikimine olanak sağlayacağı söylenebilir [128]. Van Gölü, Arabistan levhası ile Avrasya Levhasının çarpışması sonucu oluşan tektonik basınç sonucu oluşmuştur [129]. Bu tektonik hareketin devam ediyor olması ve 1976 yılından beri biriken enerji Van Gölü Havzasının deprensellik riskini artırmaktadır. Van Gölü havzasında meydana gelecek yıkıcı depremler bu havzada bulunan Bitlis şehir merkezi ve ilçelerini yakından etkileyecektir.

Bitlis alanları içerisinde kalan Van Gölü, Doğu Anadolu'da oldukça şiddetli deformasyonlara uğramış bir tektonik yapı içersindedir. Aynı zamanda önemli ve kural dışı neotektonik unsurlar mevcuttur. Van Gölü çevresinde KD-KB gidişli eşlenik doğrultu atımlı faylar ve bu faylar boyunca çek-ayır havzaları, D-B gidişli aktif gerilme fayları, kıvrımlar, sıkıştırılmalı rampa havzaları, G-K gidişli eğilimli kıvrımlar, KD-GB yönünde sıralanmış kıtasal volkanlar ve K-G gidişli tansiyon çatlakları önemli tektonik yapılardır. Bölgenin tektonik açıdan çok aktif olduğundan beri, deprem aktivitesi havza boyunca ve Van Gölü çevresindeki bölgede çok yüksektir [130, 131]. Bölgedeki tektonik ve volkanik hareketler Van Gölü seviye değişimine önemli etkiler yapmaktadır [132].

Van Gölü havzası bölgesel volkanizmalara, depremlere ve hidrotermal aktiviteye sebep olan aktif fayları barındıran tektonik bir yapıya sahiptir. Van Gölü bölgedeki büyük doğal afetlere sebep olan depremlerden oldukça çok etkilenmiştir [133]. 6 ve daha yukarı büyüklükteki depremlerin dağılımından elde edilen sismik boşluklardan

yararlanılarak tespit edilen ve potansiyel deprem alanları içinde yer alan Bulanık-Ahlat-Gürpınar (Van Gölü Civarı) bölgesine yakın olan Bitlis ili bu açıdan da depremsellik açısından önemlidir.

Van gölü civarında yerkabuğunda derin kırıkların varlığı belirlenmiştir. Bunların daha çok KKB-GGD doğrultulu olarak kuzeyden ve güneyden göl kıyısına kadar uzandıkları izlenebilmektedir ve muhtemelen göl içerisinde devamlılıklarının olabileceği söylenmektedir. Yine uzay fotoğraflarından Kuzey Anadolu fayının uzanımı Karlıova'dan Adilcevaz'a kadar ve gölün doğusunda ise Van'dan Başkale'ye kadar uzandığı izlenebilmektedir. Bu da Kuzey Anadolu fayının Van gölünü kestiğini işaret etmektedir, ancak burada yanal atımı işaret eden hiçbir belirti yoktur.

Karlıova üçlü bileşmesinden güneydoğuda Van gölüne doğru uzanan bir zon boyunca da karakteristik mekanizma çözümleri göze çarpmaktadır. Van gölü yakınlarında sağ yanal atım bileşeni baskınlığını yitirmiş sıkışma bileşeni mevcuttur. Tarihsel büyük depremleri ve güncel orta büyüklükteki depremleri göz önünde tutarsak Van gölünün güney kısmında önümüzdeki dönemde büyük bir deprem meydana gelebilir [116, 134, 135]. Bu bölgede meydana gelebilecek olası bir deprem Bitlis ve civarını ciddi bir şekilde etkileyecektir.

Bitlis Şehir Merkezine 150 km yarıçapındaki daire içerisinde 70.650 km<sup>2</sup> lik alana düşen depremler deprem monitörü programı kullanılarak elde edilmiştir [136]. Bu verilere göre incelen alanda deprem potansiyeli ve sismik hareketlilik oldukça etkindir.

Tarihsel depremler incelendiğinde Bitlis İlinin sürekli olarak mikrodepremlerin etkisi altında kaldığı ve gelecekte daha büyük depremlerin etkisi altına kalabileceğini söylemek hiç de zor olmayacaktır. Bitlis İli ve ilçelerinin tamamının deprem tehlikesi taşıdığı USGS tarafından yapılmış olan ve yayınladıkları haritalarda görülmektedir [Şekil 2.9].

Yöre taşıdığı olumsuz jeolojik ve topografik faktörler nedeniyle depreme duyarlı değildir. Bugüne kadar izlenen yapılaşmada deprensellik ögesi büyük ölçüde ihmal edilmiştir. Ancak tektonik olarak son derece hareketli kuşaklar içerisinde kalan sahada yapılaşma esnasında deprensellik faktörü göz önünde bulundurulmalı ve ilgili şartnamelere hassasiyetle uyulmalıdır [125]. Bitlis İli yerleşim alanı zemininin “B” zemin gurubu “Z2” yerel zemin sınıfında olduğu dikkate alındığında Etkin Yer İvmesi Katsayısının  $A_0 = 0,40$ ; Spektrum Karakteristik Periyotları  $T_A = 0,15$  sn ve  $T_B = 0,40$  sn olarak dikkate alınacaktır.

## 2.5. Bitlis İli Civarı Faylar ve Özellikleri

Bir bölge için deprem tehlikesinin belirlenmesinde ilk ve en önemli adım, deprem verilerinin değerlendirileceği bölge sınırlarının tanımlanmasıdır [137].

Depremler, iç dinamik süreçlerle yer kabuğu içerisinde meydana gelen deformasyonların yarattığı ve jeolojide fay olarak tanımlanan kırılmalar sonucu oluşan yer sarsıntılarıdır. Depremin büyüklüğü (magnitüd), kırılma (faylanma) esnasında açığa çıkan enerjinin miktarına bağlı olarak değişir. Genelde, boşalan enerji kırılma merkezinden uzaklaştıkça giderek azalır. Fakat, bazen lokal jeolojik yapı özelliklerinden kaynaklanan olumsuz zemin koşulları bu durumu değiştirebilir ve kaynaktan uzak olmasına rağmen depremin yıkıcı etkisinin beklenilenden fazla olmasına yol açabilir. Bu nedenle herhangi bir bölgenin deprem potansiyeli değerlendirilirken depreme yol açan fayların (aktif fay) ve yerel zemin özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir [138].

Yapılan çalışmalarda, Bitlis, Muş, Van, Bingöl ve Palu bölgesinde evvelce bazı depremler meydana geldiği bilindiğine göre bu bölgede de jeolojik bakımdan henüz pekiyi bilinmeyen önemli bir deprem sahası bulunduğunu farzetmek gerektiği belirtilmektedir. Söz konusu sahanın hemen güneyinde Bitlis masifi vardır; bu masifin kuzey kenarında fayların bulunması imkânsız olmasa gerektir; Vangölü ve Muş çöküntülerini de muhtemelen yarıklar sınırlandırmaktadır. Bu bölgede meydana gelen en şiddetli depremler Bitlis ve Van'da meydana gelmiştir [139, 140].



Van Gölü havzasının bariz bir deprem bölgesi olduğuna şüphe yoktur. Bölgede kuvvetli sarsıntıların 1101, 1111, 1276, 1441, 1546, 1648, 1701, 1704, 1715 ve 1791 yıllarında kaydedilen yıkıcı depremlere maruz kalmıştır. Günümüzde de Van Gölü havzasının mikrodepremler ürettiği bilinen bir gerçektir. [141, 142, 143, 144, 145].

Bitlis Bindirme kuşağında aletsel dönemde sadece bir adet büyük deprem vardır. Fakat bu bindirme kuşağı üzerinde çok sayıda 4-5 büyüklüklü depremler olmakta ve dikkatleri çekmemektedir. Belli ki bu yüzden büyük magnitudlü depremler “sürekli ertelendiği için” az sayıda oluşmaktadır [146]. Bitlis ve ilçeleri hem ildeki depremler hem de uzak alanda oluşacak depremlerin tehdidi altındadır. Bu bağlamda Bitlis iline komşu olan Muş, Van, Ağrı illerinin yanı sıra çok büyük deprem potansiyeline sahip Bingöl ili ve bu illerde deprem üretebilecek faylar Bitlis için yapılan hesaplamalarda dikkate alınmıştır. Bitlis şehir merkezine 150 km yarıçaplı uzaklıktaki alansal bölgede içerisinde kalan faylar dikkate alınmıştır.

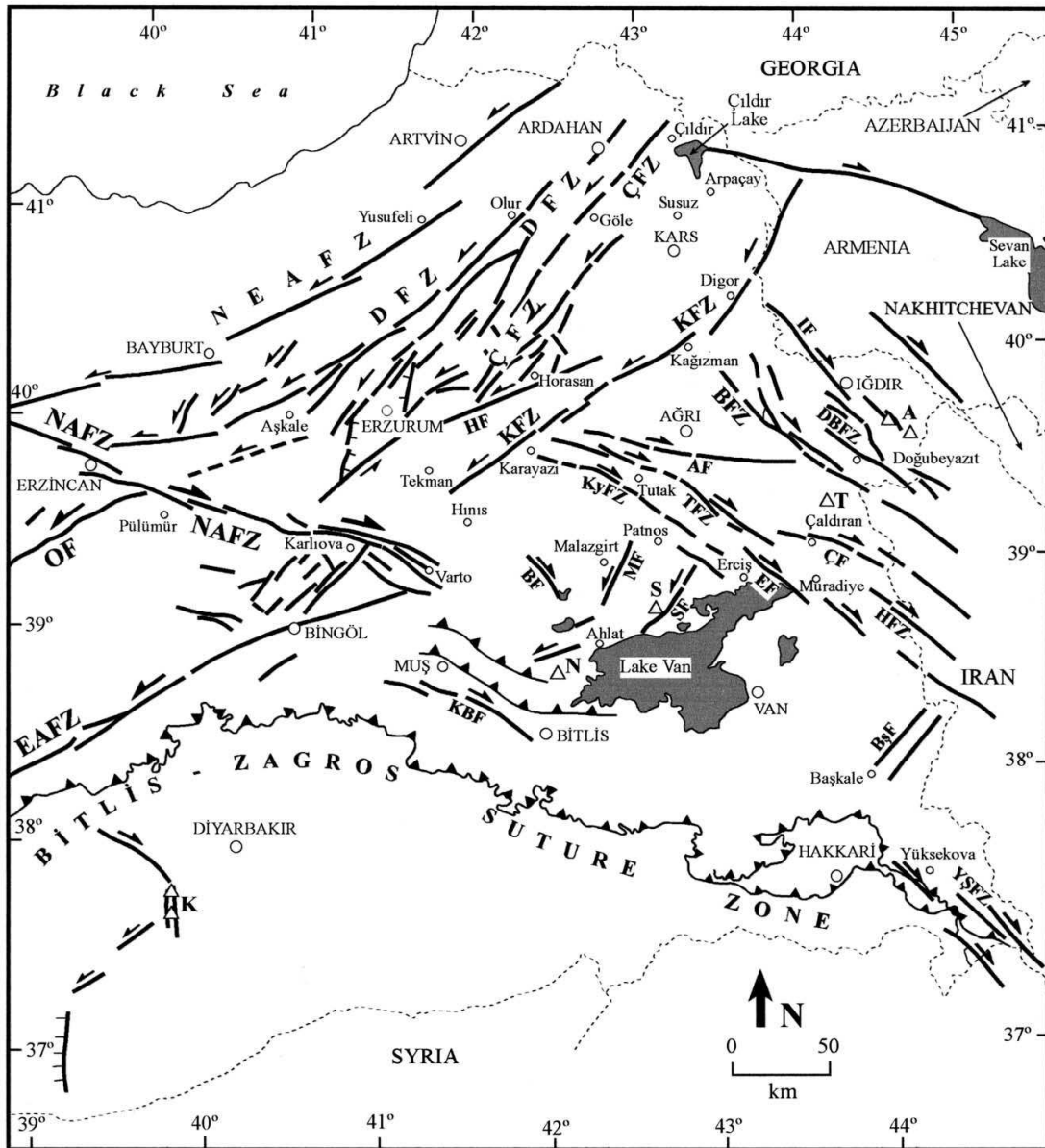
Van Gölü çevresindeki yüksek sıkışmalı rejim yanal atımlı faylar ve açılma çatlakları oluşturmuştur [147]. Van Gölü KD-GB doğrultulu bir fay boyunca birkaç aktif volkan tarafından sınırlanmıştır [148]. Aktif volkanların bulunması ve Van Gölü’nde bulunması muhtemel faylar Bitlis ve ilçelerinin deprem riskini artırmaktadır.

DAF Van Gölü tektonik düğümünden hareketle Muş-Bingöl doğrultusunda uzanıp, daha sonra güney-batıya yönelen bir fay zonudur [149]. Buradan hareketle Bitlis İli'nin Van Gölü havzasında bulunması bu iki fay zonunda oluşabilecek depremlerden etkileneceği sonucunu doğurmaktadır. Sismik profillerin yardımıyla Van Gölünün batı sınırında K-G eğilimli normal faylar, güney ve kuzey sınırlarında da ise B-D eğilimli oblik-kayma faylar gözlemlenmiştir [150].

Tarihsel kayıtlar 1800'lü yıllarda Doğu Anadolu Fayı boyunca depremler meydana geldiğini göstermektedir. Ancak bu bölgede bazı segmentler hala kırılmamıştır. Bu segmentler üzerinde tahrip edici depremler beklenebilir. Bu bölge uzun dönemden beri deprem üretmemiştir ve yüksek riskli alanlar içinde yer almaktadır [99].

Bitlis ve civarı fayların incelendiği kaynaklarda faylar ile ilgili bir bütünlüğün sağlanmadığı görülmektedir. Dolayısıyla Bitlis ilini etkileyebilecek faylar farklı kaynaklardan derlenerek değerlendirilmeye alınmıştır.(Şekil 2.10)

Bitlis'e etkisi olabilecek ve 1992 MTA yayını olan Türkiye diri fay haritasının Doğu Anadolu Bölgesi için verilen kısmından öncelikli olarak yararlanılmıştır [151].



Şekil 2.10: Doğu Anadolu Bölgesinin önemli tektonik yapıları; Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı, Muş Bindirmesi, N-Nemrut Dağı, S-Süphan Dağı, A- Ağrı Dağı, AF- Ağrı Fayı, BF-Bulanık Fayı, ÇF-Çaldıran Fayı, EF-Erciş Fayı, HF- Horasan Fayı, MF-Malazgirt Fayı, OF-Ovacık Fayı, SF-Süphan Fayı, BFZ-Balıklığöl Fay Zonu, BŞF-Başkale Fayı, ÇFZ-Çobandede Fay Zonu, HFZ-Hasan Temur Fayı, KBF- Kavakbaşı Fayı, TFZ-Tutak Fay Zonu, YŞFZ- Yüksekova-Şemdinli Fay Zonu [152]

### 2.5.1. Kavakbaşı Fayı

Yaklaşık 100 km uzunluğundadır. Sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Bitlis şehir merkezine yaklaşık olarak 35 km uzaklıktadır. Fay sismik olarak aktif durumda olup birçok depreme kaynak olabilecektir [152, 153].

Sağ yönlü olan Kavakbaşı Fayı boyunca yerleşik doğrultu atım kaynak mekanizması gözlemlenmiştir. Ters yönde bir mekanizmaya sahip olup K-G yönlü basınç deformasyonuna iyi bir kanıttır. Ancak arazi üzerinde jeomorfik yapısı çok açık değildir [154]. Bitlis İlini etkilebileyecek en önemli faylardan biri olan Kavakbaşı (Huyut) fayı deprenselliği olan diri faylardan biridir [155].

### 2.5.2. Nemrut Açılma Çatlağı

K-G gidişli açık tansiyon çatlakları Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer önemli yapılarındandır. Bu yarıklar bölgede yaygın pliyo-kuvaterner yaşlı volkanik aktivite oluşturmuştur. Bunlardan biride Nemrut Dağıdır. Nemrut Volkanı, bugün uykuda olmakla birlikte aktif bir yanardağdır. Son 10 bin yılda en az 20 kez (kabaca bir ortalamaıyla 500 yılda bir) püskürdüğü bilinmektedir Van Gölü Havzasındaki aktif tektonizmaya bağlı olarak bölgenin yükselmesi ile birlikte kayaların ayrışma ve aşınmalara karşı dayanımlı olmaları da göl çevresinde fazla eğimli yüzey şeklinin oluşmasına neden olmuştur. Bu duruma, gölün güney ve batı bölümlerinde yer alan Bitlis Masifinin (metamorfikler) bulunduğu kesimlerde daha çok rastlanır [156].

Nemrut Açılma Çatlağı, Nemrut Stratovolkani'nin kuzey bölümünde yer almaktadır. Kantaşı mevkiinden kaldera duvarına yaklaşık 6 km, kaldera duvarından buhar bacalarına kadar 4 km boyunca devam eden açılma çatlağı toplam 10 km uzunluğunda olup K-G doğrultuludur. Bu çatlak, Kantaşı mevkiinde 4m genişliğine ulaşmaktadır [157, 158]. Açılmaların derinlikleri değişkenlik göstermekle birlikte Nemrut Boynu olarak adlandırılan bölgede maksimum 18 m 'ye kadar ulaşmaktadır.

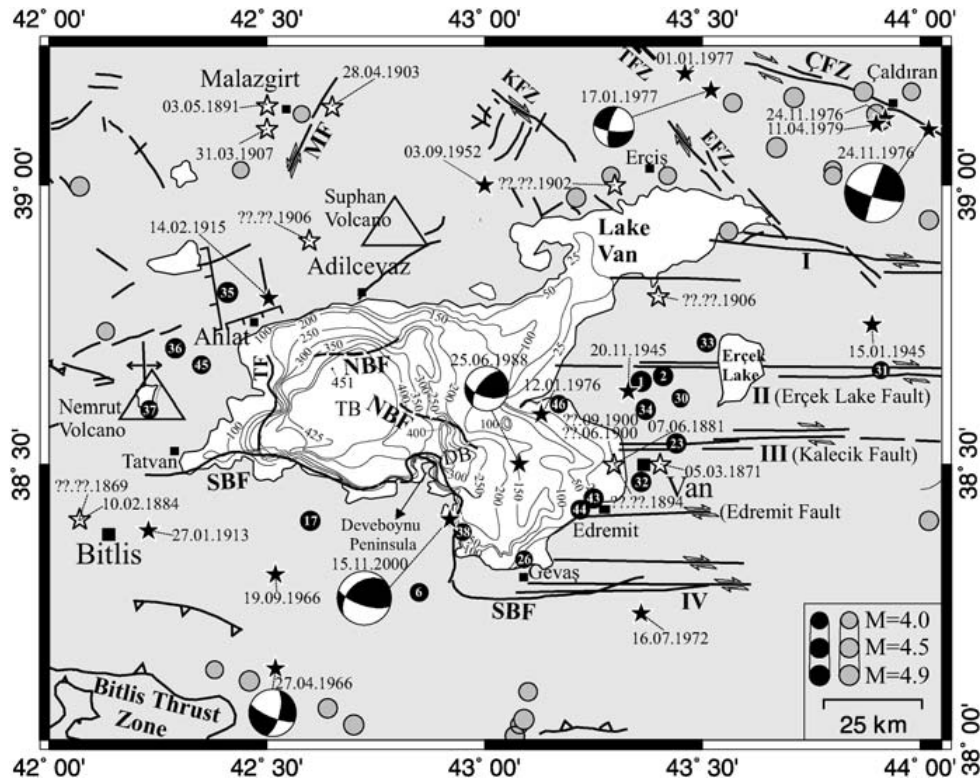
Kırık hattı, bu bölgeden kaldera duvarına kadar birbirine çok yakın mesafede ve birkaç segment halinde izlenmektedir. Açılma çatlağının halen aktif olduğuna dair

pek çok veri vardır. Yaklaşık olarak 560 yıl önce gerçekleşmiş Nemrut açılma çatlağına bağlı lav çıkışları, Anadolu'da bugüne kadar bilinen en son volkanik etkinliktir. 1441, 1597 ve 1692 yıllarında lav akışlarının meydana geldiği bilinmektedir [155, 159, 160].

Nemrut volkanının da içinde bulunduğu Nemrut Kalderası oldukça yüksek aktif tektonik zon üzerinde bulunmaktadır. Tarihsel depremler incelendiğinde (29.03.1907, M=5; 27.01.1913, M=5; 14.02.1915 M=6; 03.11.1997 M=5; 18.05.1881, M=6,7; 30.05.1881) yüksek magnitudlü depremlerin meydana geldiği görülecektir [161].

### 2.5.3. Tatvan Fayı

Van Gölü'nün alt tarafında bulunan ve daha yeni isimlendirilen bu fay göl havzasında tamamen dik sınır faylardan biridir. KG doğrultulu Tatvan Fayı kıydan uzak bir konumda olup doğu bloğunu aşağı doğru itmektedir [162] (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Vangölü Havzasının tektonik yapısı ve  $M \geq 4.0$  sismisitesi TF (Tatvan Fayı), SBF (Güney Sınır Fayı), NBF (Kuzey Sınır Fayı, MF (Malazgirt Fayı), EFZ (Erçiş Fay Zonu), TB (Tatvan Basın) [162].

#### **2.5.4. Van Gölü Güney Sınır Fayı (SBF)**

Van Gölü'nün en büyük tektonik unsurunu teşkil eden bu fay Tatvan ve Deveboynu yarımadaları arasındaki koyun güney kısmında doğu-batı doğrultusunda uzanmaktadır. Deveboynu Yarımadasının etrafında keskince döndükten sonra güney istikametinin tekrar doğuya döndüğü kıyıya doğru devam ederek Gevaş ilçesinde sona ermektedir (Şekil 2.11). Sağ yanal atımlı fay özelliği göstermektedir [163, 162].

#### **2.5.5. Van Gölü Kuzey Sınır Fayı (NBF)**

Van Gölü'nün dibinde iki ayrı parça olarak haritalanmıştır. Deveboynu Yarımadasının denize yaklaşık 12 km'sinde Van Gölü Kuzey sınırı fayının doğu parçası GD-KB doğrultusunda uzanmaktadır (Şekil 2.11). Fayın batı parçası ise doğu parçasının en uç batı kısmının yaklaşık 15 km kuzeyine doğru uzanmaktadır [163, 162].

#### **2.5.6. Süphan Fayı**

Kuzeyde Erciş ilçesi ile güneyde Bitlis İli'nin Adilcevaz ilçesi arasında, KD-GB doğrultusunda uzanan, toplam 30 km kadar uzunluğunda, birden fazla kıraktan oluşan küçük bir fay kuşağı niteliğindedir. Süphan yanardağından çıkmış olan volkanik kayaları (kuvarterner yaşlı) kesmesi ve dere yataklarını sol yönde ötelemesi, fayın en azından kuvarternerde diri ve sol yanal nitelikli olduğunu kanıtlar [101, 164, 165].

#### **2.5.7. Ahlat Segmenti**

Bitlis İli Ahlat İlçesi civarında bulunmaktadır. Sismik boşluk oluşturan doğrultu atımlı bir fay segmentidir [89, 146]. Deprem potansiyeli oluşturabilecek bir yapıya sahiptir [89].

### 2.5.8. Kuzey Doğu Bitlis Bindirme Fayı

Bitlis Bindirme kuşağının kuzeyinde yer almaktadır. Sürekli bir segment halinde olan bu fay arazide açık bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Yarım havza özelliği olan Muş havzası tarafından sınırlanmış olup, kuzeydoğu sınırı kuzey dalımlı normal fay özelliği taşımaktadır. Güneydoğu kesiminde ise KB-GD oblik fay kuşağının yanı sıra önemli normal birleşenli yarı graben özellik göstermektedir [165] (Şekil 2.12).

### 2.5.9. Güney Doğu Bitlis Bindirme Fayı

Bitlis Bindirme kuşağının güneyinde yer almaktadır. Sürekli bir segment halinde olan bu fay arazide açık bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Bitlis masifinin güney tarafını sınırlanmış olup, normal fay özelliği taşımaktadır [165] (Şekil 2.12).

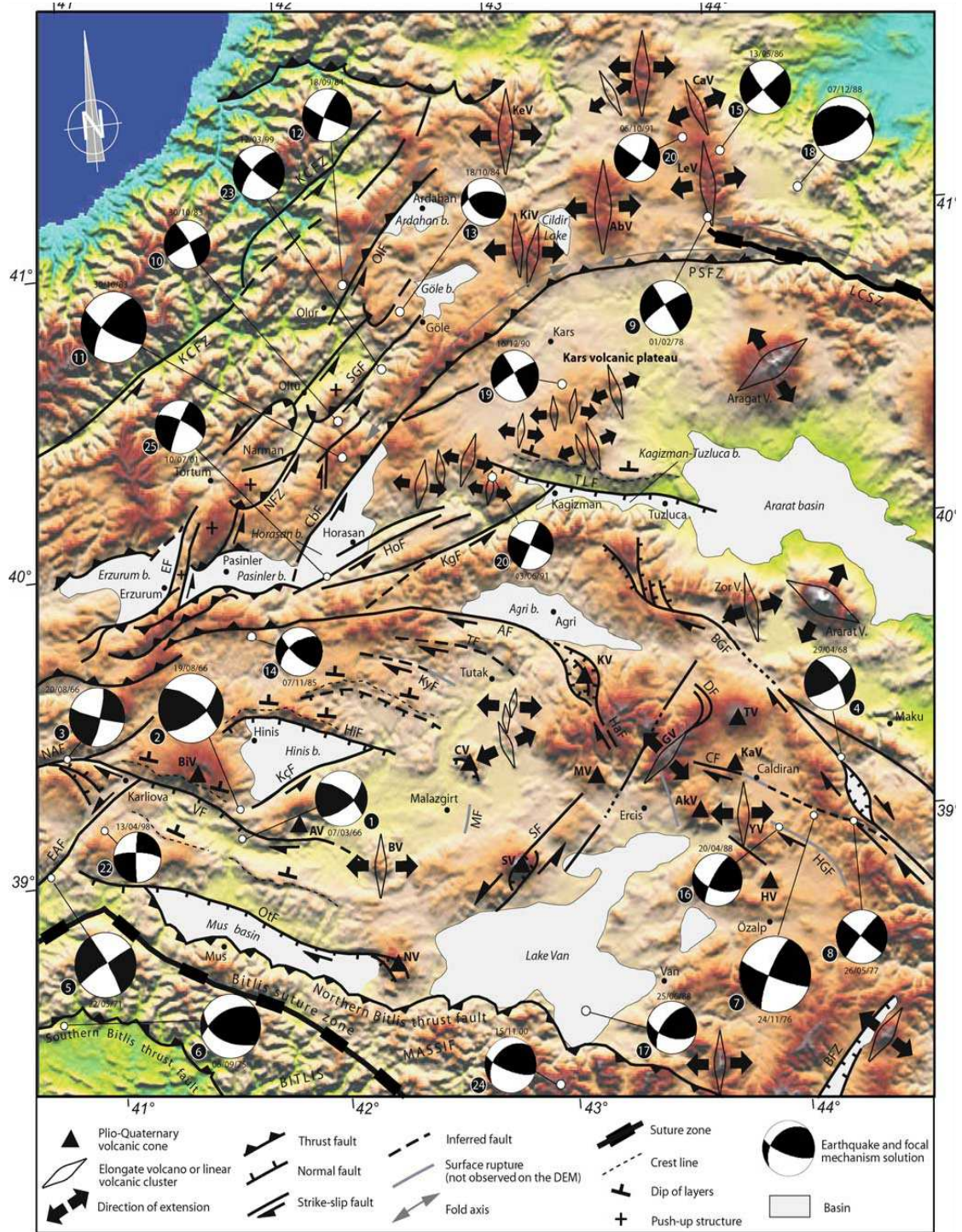
### 2.5.10. Çaldıran Fayı

Kuzey Anadolu Fay sistemi içinde, ana faya paralel ve onun gibi sağ yönlü doğrultu atımlı yeni bir kırık zonunu belirtmektedir [157, 166]. Fayın uzunluğu 50 km'dir. Fay yer yer çizgisel ve çok belirgin, yer yer de izlenemez durumdadır. 1976 yılında meydana gelen  $M=7,3$  büyüklüğünde Çaldıran depremiyle, fay yeniden aktivite kazanmış ve 55 km uzunluğunda yüzey yarılmaları izlenmiştir [101]. Küçük boyutlu olup depremsellik riski yüksek olan bir faydır [101, 153, 167, 168, 169]. 1976 Çaldıran depremi sırasında Van Gölü tabanı güneye doğru eğilmiş, kuzey kıyısı güney kıyısına göre yaklaşık 16 cm yükselmiştir [170].

### 2.5.11. Malazgirt Fayı

Sol yanal doğrultu atımlı fay özelliği göstermektedir [157, 164]. Malazgirt ilçesinin 8 km doğusunda yer alan fayın genel doğrultusu KD-GB olup, toplam uzunluğu 20 km dolaylarındadır [171]. Fay değişik doğrultu ve boyutlu birkaç kırktan oluşur. Tutak Fayına dik doğrultudadır [101]. Birçok depreme kaynak olabilecek bu fay sismik olarak aktif durumdadır [153]. Tutak Fayı'nın güneyinde ancak bu faya dik doğrultuda bulunan Malazgirt fayı üzerinde de 28.04.1903 ve 27.01.1907 tarihlerinde

M=6.3 magnitüdünde iki deprem meydana gelmiştir [169]. Bu değer USGS kayıtlarına göre 7.0. olarak alınmış ve 3500 ölü olduğu rapor edilmiştir [172, 173]. Ayrıca 461 yılında kaynak üssü olarak görülen bu fay civarındaki birçok yerleşim birimini tahrip etmiştir [174].



### 2.5.12. Tutak Fayı

Toplam 80 km uzunlukta olup, Karlıova –Muradiye arasındadır. KB-GD doğrultulu sağ yönlü bir faydır. Çaldıran Fayı gibi deprensellik riski taşımaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nin en önemli deprem kaynaklarından birisidir [167]. 21 Ocak 2007 Tutak depremi ( $M = 5.0$ ) Ağrı'nın güneybatısında Tutak fayından kaynaklanmıştır. Ağrı'nın güneydoğusunda yer alan fay, başlıca üç ana geometrik segmentten oluşur. Fay, batı kesiminde çoğunlukla değişik boyutta bloklar içeren bir melanj karmaşığını keser. Orta ve doğu bölümünde ise üst miyosen-pliyosen çökel kayaları ile pliyosen ve kuvaterner volkanitlerini kesmektedir [175]. Fay çizgisel gidişli olup morfoloji de çok belirgindir [153]. Fay boyunca ötelenmiş drenaj ve diğer morfolojik unsurlar sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmanın Doğu Anadolu'daki en güzel örneklerindedir [169]. KB - GD doğrultulu olan bu kırık zonu eski alüvyon ve pliyosen yaşlı volkanitleri kesmekte olup yer yer dere yataklarını ötelemiştir. Bu jeomorfik veriler fayın diri olabileceğini göstermektedir [101].

### 2.5.13. Hıms Fayı

Varto Fay segmentinin kuzeyinde yer alan güney dalımlı normal fay özelliği gösteren bu fay, Hıms Havzasını sıkıştırılmış bloklardan ayırmaktadır. Geniş eğimli bir yapıya sahiptir [165].

### 2.5.14. Başkale Fay Kuşağı

Yaklaşık 9–15 km genişlikte, 82 km uzunlukta, K-G ile KD gidişli sol yanal doğrultu atımlı aktif bir makaslama kuşağıdır. Kuzeybatıda Işık köyü (Hakkari' nin yakın batısı) ile kuzeydoğuda Balıkpınarı yöresi (Türkiye-İran sınırı) arasında yer alır. Başkale Fay Kuşağı'nın güneybatı kesimi bir seri kısa ve bağımsız fay segmentinden, orta ve kuzeydoğu kesimleri ise yaklaşık K-G ve KD-gidişli, sık aralıklı, daha düzenli ve sürekli iki ayrı fay setinden oluşur. Bunlardan ilki, Başkale çek-ayır havzasının batı kenarını sınırlayan Başkale fay seti, ikincisi ise havzanın doğu kenarını sınırlayan ve denetleyen Çığılsuyu fay setidir. Morfotektonik olarak



aktif olduğunu göstermektedir.. 6 büyüklüğündeki 1908 Başkale depreminin de kanıtlamış olduğu gibi, Başkale Fay Kuşağı sismik bakımdan da diridir [176]

#### **2.5.15. Balıklıgöl Fayı**

100 km uzunlukta olup, Karlıova–Muradiye arasındadır. Doğubeyazıt ile Diyadin yöresinden geçen, yaklaşık 100 km uzunluğunda, KB-GD doğrultulu birçok paralel faydan oluşan bir zon şeklinde olup sol yönlü diri bir faydır [101]. 1840 Ağrı depremi bu fay hattından kaynaklanmıştır. Tutak fayında olduğu gibi fay çizgisel gidişli olup morfolojisi çok belirgindir [154]. Türkiye sınırları dışındaki (İran'da) uzantısında büyük depremlere sahne olmuş diri fayların varlığı bilinmektedir [177]. Bu fay üzerinde K-G yönlü Diyadin Açılma çatlağı da bulunmaktadır [165].

#### **2.5.16. Doğubeyazıt Fayı**

Yaklaşık 50 km uzunluğunda, 15 km genişliğinde ve çok sayıda fay segmentinden oluşan bir fay zonu şeklindedir. KB-GD doğrultulu ve sağ yanal atımlı bu fay zonu, Ağrı, Tendürek ve Zor dağları arasında yer alır ve Doğubeyazıt çöküntü alanının batı kenarını sınırlar. Bu niteliğiyle Doğubeyazıt çöküntüsü diri bir doğrultu atımlı fay havzasıdır [101].

#### **2.5.17. Karayazı Fayı**

Fayın adı, fay kuşağı üzerindeki en büyük yerleşim birimi olan Karayazı ilçesinden alınmıştır. Tutak İlçesi'nin güneyinden başlar. 85 km uzunlukta olup, Karlıova – Muradiye arasındadır. KB-GD doğrultulu sağ yönlü diri bir faydır. Fayın topografik görünüşü oldukça belirgindir. Fayın kuzey bloğu, güney bloğuna göre 70–80 m kadar yükselmiştir. Bu durum çok az da olsa bu fayın verev bileşene sahip olduğu biçiminde yorumlanabilir. Fayın güneydoğu devamında ise diri Çaldıran Fayı yer alır [101, 178]. Tutak fayına 15–20 km uzaklıktadır. Sismik açıdan etkindir.

### 2.5.18. Erciş Fayı

Erciş ilçesinin kuzeydoğusunda, KB-GD doğrultusunda uzanan ve sürekli olmayan kırıklar biçiminde gözlenir. Van gölünün kuzeydoğuya doğru uzanan kolunu da kuzeydoğudan sınırlayan bu kırıklar toplam 20 km uzunluktadır. Girekol yanardağının kraterine yakın yerden geçen ve buradan çıkan bazalt lavlarını kesen fayın izleri buradaki lavlarda oldukça belirgindir. Fay boyunca gözlenen ve doğrultu atımlı faylanmaya özgü basınç sırtları ve açılma çatlakları (fissures), Erciş Fay setinin en azından kuvarternerde etkin olmuş sağ yanal doğrultu atımlı bir kırık sistemi olduğunu göstermektedir [101, 164]. Deprem üretme potansiyeline sahip aktif bir faydır [153].

### 2.5.19. Hasan Timur Gölü Fayı

Muradiye ilçesinin yaklaşık 15 km kadar kuzeydoğusundaki Zor Dağı'nın kuzey eteklerinden başlayıp KB-GD doğrultusunda İran'a doğru uzanan fayın toplam uzunluğu 45 km kadardır. Orta kesimlerinde sağ yönde bir sıçrama yaparak Hasan Timur Gölü çek-ayır havzasını oluşturmuş olan fay 750 metrelik sağ yanal atım göstermektedir. Basınç sırtları, diri çek-ayır havzası, ötelenmiş dereler ve Kuvarterner yaşlı alüvyonlardaki deformasyon, fayın sağ yanal doğrultu atımlı ve diri bir kırık olduğunu göstermektedir [101]

### 2.5.20. Van Segmenti (Van Sismik Boşluğu)

Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde gelecekte büyük depremler oluşturma potansiyeline sahip olan dört sismik boşluktan bir tanesidir. Bu sismolojik zon, henüz haritalanmamış sağ yanal atımlı fay sistemleriyle kontrol edilmekte ve üzerinde yoğun mikro-deprem aktivitesi görülmektedir. Van Gölü'nün doğu tarafında yer alan bu bölge sismik bir boşluk olarak bilinmekte ve zamansal boşluk modeliyle uygunluk göstermektedir. Seyrek büyük, sık küçük deprem yoğunluğu ile temsil edilen bölgenin (Nemrut ve Süphan volkanikleri) hareketliliğinin büyük önemi vardır. D-B uzanımlı Muş-Van havzası bir bütün olarak düşünüldüğünde, her iki havzayı sınırlayan fay sistemleri üzerinde de aynı sismik hareketlilik göze

çarpmaktadır [179, 180]. Tarihsel deprem kayıtları, Van sismik boşluğunun oldukça fazla depreme maruz kaldığını göstermektedir [107].

### **2.5.21. Muş Bindirmesi (Mus Thrust)**

Muş havzası kuzey kenarı fayları genellikle D-B doğrultulu yüksek açılı bindirmelerden oluşmaktadır [180, 181]. Yaklaşık olarak 100 km uzunluğundadır. Van Gölü'nün batısında bulunmaktadır ve güneydoğuya doğru devam etmektedir. Burada olabilecek bir deprem bölgedeki birçok yerleşim birimini etkileyecektir [182].

Bazı kaynaklarda Otluk Fayı (Otluk Fault) olarak da geçmektedir. Muş havzasının kuzeyden sınırlayan fay sistemidir. Genel anlamda kıvrımlı bir yapıya sahip olmayıp, hafifçe eğimli bir yapıya sahiptir. Doğusunda Nemrut stratovolkani yer almaktadır. Sağ yanal atımlı doğrultulu fay özelliği taşımaktadır [165].

### **2.5.22. Varto Fay Zonu**

KAF'nın en doğu ucunu oluşturan Varto Fay zonundan kaynaklanan en yıkıcı ve yüzey kırığı oluşturan deprem 1966 Varto depremidir [184]. Varto-Erzincan arasında KAF, Varto-Kaynarınar ve Elmalı-Tanyeri olmak üzere iki ana geometrik bölümden oluşur. Varto-Kaynarınar bölümü kendi içerisinde Varto ve Ilıpınar olmak üzere iki segmente ayrılır Varto segmenti üzerinde 1966 depremi ( $M_s=6.9$ ) meydana gelmiş ve bu depremde 34 km uzunluğunda yüzey faylanması oluşmuştur [185]. Varto segmentindeki depremlerin yer-zaman dağılımları, bu segmentin 1940-1970 yılları arasında sismik olarak diri olduğunu göstermektedir. Bu segmentteki depremler özellikle 1939 Erzincan depreminden sonra gerilme birikimlerinin Erzincan segmentinin batı ve doğu uçlarına doğru yer değiştirmesinden dolayı önemli derecede artmıştır. 1975 yılından sonra bu segment üzerinde önemli sayılabilecek bir büyük deprem olmamıştır. Bu bölgede meydana gelen en son depremler, bu segment ile Erzincan segmenti arasında, yani Erzincan segmentinin doğu kısmında, Davarlı ile Tanyeri arasında 45 km uzunlukta bir kırık oluşturmuş 13 Mart 1992 Erzincan ( $M_s = 6.8$ ) ile 15 Mart 1992 ( $M_s=6.1$ ) Pülümür depremleridir

[186]. Bu depremler, Varto segmenti ile Erzincan segmenti arasında gösterilen sismik boşlukta oluşabilecek muhtemel bir depremin belirtisi şeklinde gelişmiş olabilir.

1966 depremi esnasında Varto - Karlıova bölgesinde, zeminde görülen açık tansiyon çatlaklarının kademeli olarak sıralanışı, burada fayın doğrultu atımlı ve sağ yönlü olduğunu göstermektedir [157, 165, 184]. Tarihsel depremler ışığında Varto ve yakın bölgesinde çok şiddetli ve yıkıcı depremlerin olduğu bilinmektedir. 1966 Varto depreminin ana şoku ardından sismik aktivite yavaşça güneydoğuya doğru harekete geçmiş ve Bitlis güneydoğusunda sayısız artçı deprem oluşturmuştur. Bu bağlamda sismik açıdan oldukça etkin olan Varto fay zonunda meydana gelebilecek depremlerin Bitlis İli ve İlçelerine etkileri göz önünde bulundurulmalıdır [98, 187].

### **2.5.23. Sancak-Uzunpazar Fay Zonu**

Bölgede KD-GB doğrultusunda uzanan en önemli aktif fay Sancak-Uzunpınar (Uzunpazar) fay zonudur. Sancak beldesi batısındaki Söğütgözü köyü ile Adaklı beldesi doğusundaki Uzunpazar Mahallesi arasında uzanan sol yönlü doğrultu atımlı bu fay zonu yaklaşık 40 km uzunluğunda olup  $K50^{\circ}D$  genel doğrultuludur [188].

Sol yanal atımlı, KD-GB uzanımlı bu zonu oluşturan faylar morfolojik olarak belirgindir. Fay Komahasan tepe civarında belirginliğini yitirmektedir. Büyük deprem üretme potansiyeline sahiptir [98].

### **2.5.24. Kilise Dere Fayı**

KD-GB uzanımlı ve sol yönlü doğrultu atımlı diğer bir aktif fay ise Kilise Dere fayıdır. Sancak beldesinin doğusunda Oğuldere ile Çamlıca köyleri yolunun Kilise Dere bölümüne rastlayan yarmasında volkanitler içerisinde fayın ezilme zonu çok belirgindir. Bu fay boyunca artçı deprem dizilimi dikkati çeker [98, 188].

### 2.5.25. Bingöl–Karakoçan Fay Zonu

Bölgedeki çapraz fay sistemi içerisinde KB-GD uzanımlı olanlar sağ yönlü doğrultu atımlıdır. Depremin dış merkez üstü bölgesinde bu doğrultuda iki fay zonu bulunmaktadır. Bunlardan Bingöl-Karakoçan fay zonu yaklaşık 40 km uzunluğundadır. Bu fay zonu iki alt segmentten oluşur. Karakoçan kuzeyindeki batı segmenti  $K70^{\circ}B$  doğrultulu olup 20 km uzunluğundadır. Batıdaki devamlılığı ayrıntılı incelenmemiş olan bu segment tek bir faydan oluşur ve sağ yönlü doğrultu atım morfolojisi belirgindir. Bingöl kenti içerisinde geçen doğu segmenti ise  $K50^{\circ}B$  doğrultulu olup 12 km uzunluğundadır [98]. Bu kesimde fay birbirine paralel iki çizgisellik şeklinde izlenir [188].

### 2.5.26. Çevrîmpınar Fayı

Bingöl kentinin 8 km batısından geçen Çevrîmpınar fayı da sol yönlü doğrultu atımlıdır. Dikme ve Çiçekdere köyleri arasında  $K40^{\circ}D$  doğrultusunda uzanan bu fay yaklaşık 20 km uzunluğundadır. Bayram çayı kuzeyinde kalan kesiminde belirgin olarak izlenen fay güney ucunda morfolojik eğim kırıklığı oluşturan bir çizgisellik şeklinde izlenmiştir [188]. Bingöl-Karakoçan fay zonunun bu iki segmenti arasında yaklaşık 6 km'lik bir boşluk mevcuttur ve bu alandan KD-GB doğrultulu Çevrîmpınar fayı geçmektedir [98, 189].

### 2.5.27. Sudüğünü Fay Zonu

Bingöl-Karakoçan fay zonuna paralel olarak uzanan Sudüğünü fay zonu ise yaklaşık 20 km uzunluğundadır.  $K60^{\circ}B$  genel doğrultusunda uzanan bu fay zonu 5 km genişlikte, birbirine paralel ve uzunlukları 4–10 km arasında değişen, sağ yönlü doğrultu atımlı beş alt faydan oluşur. Bunlardan Sudüğünü ile Göltepe köyleri arasında uzanan üç fay morfolojide çok belirgindir. Zon içerisinde en uzun olan fay batı ucunda çizgiselliğe dönüşerek Sancak-Uzunpınar fayının güney ucunda son bulmaktadır [98, 188]. 1 Mayıs 2003 Bingöl depremi sağ yönlü doğrultu atımlı Sudüğünü fayından kaynaklanmıştır [188].

### 2.5.28. Genç Fayı - Gökdere Bindirmesi - Yedisu Segmenti

DAF'nın bir segmenti olan Genç Fayı ve detay haritalaması yapılamamış olan Gökdere bindirmesi bunların en önemlileridir. Bu faylar üzerinde son yüzyılda yüzey kırılmasıyla sonuçlanan depremlerin meydana gelmediği bilinmektedir. Ayrıca, Kuzey Anadolu Fayı'nın son 220 yıldır büyük deprem üretmemiş Yedisu segmenti de Bingöl-Karlıova bölgesine yakındır. Uzunlukları 25 ile 50 km arasında değişen bu faylar bölgede magnitudü 6 veya daha büyük depremlere yol açabilecek büyüklükte olan aktif tektonik yapılardır [188, 190]. Yedisu segmenti 88 km uzunluğundadır [185].

Genç Fayı'nı (Gençali fayı ) Arpat ve Şaroğlu (1972) [191] haritalamış, Genç ilçe merkezi nedeniyle Genç fayı olarak adlandırılmıştır. Palu ile Gökdere arasında yer alan Gökdere segmenti K650D doğrultusunda ve 100 km uzunluğundadır [192]. Genç Fayı, geçmiş yıllarda olan depremler göz önüne alındığında büyük deprem üretme potansiyeline sahiptir [98].

Yedisu fay parçasında 1784'te meydana gelen ve 12000 civarında can kaybına ve 90 km kadar yüzey kırığına neden olan depremden bu yana geçen 221 yılda önemli oranda bir gerilim boşalımı oluşmamıştır [193]. Yedisu Fayı, Erzincan-Bingöl arasında Kuzey Anadolu Fayının doğu kesiminin bir parçası üzerinde bulunmaktadır. Bu fay yüksek enerji birikimi ve deprem riskine sahiptir [194].

### 2.5.29. Büyükyurt Fay Zonu

Ağaçeli beldesi yakınında kesişen, yaklaşık 80 km uzunluğundaki sağ-yanal doğrultu atımlı ve K65°B gidişli Büyükyurt Fay Zonu'nun Kuşkondu-Kaplıcalar arasındaki kesiminin etkin hale gelmesinden dolayı 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi'nin kaynaklandığı ortaya konmuştur. Büyükyurt Fay Zonunun Kuşkondu-Kaplıcalar bölümü yaklaşık 2-3 km genişlikte, 34 km uzunlukta olup çok iyi gelişmiş ve oldukça genç örgütlü geometri sunmaktadır [195, 196].

### **2.5.30. Göynüksuyu Fayı ( Bingöl Fay Zonu)**

Bu fay zonunun toplam uzunluğu 75 km olup, Bingöl'ün güneyinde başlamakta ve Göynüksuyu vadisi boyunca uzanarak Karlıova'nın doğusunda Kuzey Anadolu fay zoneyle birleşmektedir. Göynüksuyu fay zone diye adlandırabileceğimiz kırık hattının, sismik yönden aktif olduğu, 22 Mayıs 1971 Bingöl depremi ile kesin olarak anlaşılmıştır. Sol yönlü aktif bir faydır [197].

### **2.5.31. Karlıova Segmenti**

Bingöl-Karlıova arasında DAFS Karlıova ve Göynük olmak üzere iki segmentten meydana gelmektedir. Karlıova segmenti KD-GB doğrultusunda, 37 km uzunluğunda olup 1866 yılında yüzey faylanmasıyla sonuçlanan büyük bir deprem ( $M_s=7.2$ ) üretmiştir. Yaklaşık 40 km uzunluğundaki Göynük segmenti üzerinde ise  $M_s=6.8$  büyüklüğündeki 1971 Bingöl depremi oluşmuştur. 26 Ağustos 2007 Karlıova depremi, yukarıda tanımlanan karmaşık tektonik yapı içerisinde, DAFS'nin Karlıova segmenti üzerinde meydana gelmiştir [78]. Karlıova, GD ve KB'dan DAF ile KD'dan ise KAF ile sınırlandırılmış bir çöküntü ovasıdır. Bu segment KAF ile birlikte Karlıova çöküntüsünün oluşumunda rol oynamıştır [192].

### **2.5.32. Ilıpınar Segmenti**

Ilıpınar segmenti Kargapazarı-Kaynarpınar arasında KB-GD genel doğrultusunda 33 km uzunluğundadır. Bu segment ortalama 1 km genişliğindeki bir zon içerisinde birbirine paralel uzanan ana faydan faydan oluşur. Bunlardan güneyde yer alan fayın holosen aktivitesi daha belirgin olup, fay boyunca akarsularda birkaç 10 metre ile 1 km arasında sağ yönlü ötelenmeler belirgindir. Haziran 2005 Karlıova depreminin sağ yönlü doğrultu atımlı KAF'nın Ilıpınar segmentinden kaynaklanmış olması muhtemeldir. Sağ yanal doğrultu atımlı fay aktiftir [182, 184].

### 2.5.33. Karakoçan Fayı

Karakoçan Fayı, 6-10 km genişlikte, 50 km uzunlukta, KB gidişli, sağ yanal doğrultu atımlı levha içi yeni ve aktif bir yapıdır. Uzunlukları 0,5 – 17 km arasında değişen, birbirine koşut-yarı koşut uzanımlı, yer yer sık aralıklı (100m) çok sayıda yapısal fay segmentinden oluşmaktadır. Diri bir fay olup küçük ile orta büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahiptir [198].

Gelişimini günümüzde de sürdürmekte olan Karakoçan çek-ayır havzası, K-G gidişli açılma çatlakları, sağ yanal yönde ötelenmiş dereler ve dere ağızlarında gelişip sonradan fay taraçaları ve basınç sırtları biçiminde deformasyona uğramış yelpaze çakıl taşları Karakoçan Fay Zonu'nun diri olduğunu göstermektedir. Ayrıca son yüz yıl içinde oluşmuş ve büyüklükleri 3-5.3 arasında değişen deprem episantırları dağılımı da, Karakoçan Fay Zonunu oluşturan birçok fay segmentinin günümüzde diri olduğunu ve küçük ile orta büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahip olduğunu açıkça göstermektedir [198].

### 2.5.34. Lice Fay Zonu

Bitlis Bindirme Kuşağı'nın güneyinde, Bindirme Kuşağı'nın güneye içbükey kavislenme gösterdiği alanda, bindirmenin ön cephesinde Arap Bloku üzerinde yer almaktadır. Bölge sismik yönden ilk defa 1975 yılında meydana gelen 6,9 ölçeğindeki depremle gündeme gelmiştir. Sıkışma yönünün KB-GD olduğu gözlemlenmiştir. Bu zondaki kırıkların bazılarında pür bindirme bileşeninin yanında sol yönlü, bazılarında sağ yönlü atım mevcuttur [199]. Lice ve Hani İlçeleri arasında 1975 yılındaki depremde yüzey kırılmaları meydana getirmiştir. Aynı zamanda bu depremde Lice İlçesi'nin doğusunda çok büyük kaya düşmeleri ve kara ayrışmaları meydana gelmiş ve bunlar can ve mal kaybını arttırmıştır [200]. Verev bir fay özelliği göstermektedir [199].



### 2.5.35. Şemdinli-Yüksekova Fay Zonu

Şemdinli-Yüksekova fay zonunun son yüzyılda orta büyüklükte depremler ürettiği bilinmektedir. Son depremin dışmerkez lokasyonu Şemdinli-Yüksekova Fay Zonunun en batısında bulunan ve Hakkari kuzeyinde yer alan bölümüne rastlar. Bu fay parçası Yüksekova-Şemdinli arasında uzanan BKB-DGD doğrultulu 85 km uzunluktadır [201]. Zonun en batı ucunu oluşturan bu fay segmentinin uzunluğu yaklaşık 25 km'dir. Jeomorfolojik ötelenmelere göre bu fay sağ yönlü doğrultu atımlıdır. Yüzeysel bilgileri depreme ilişkin çeşitli kuruluşlarca yapılan hızlı fay düzlemi çözümleri ile karşılaştırıldığında Harvard ve USGS tarafından sismolojik olarak önerilen doğrultu atımlı faylanma mekanizması ile uyumludur. Bu nedenle 25 Ocak 2005 Hakkari Depremi'nin ( $M_s=5,6$ ) sağ yönlü doğrultu atımlı Şemdinli-Yüksekova Fay zonunun en batıdaki segmentinden kaynaklanmış olması muhtemeldir [202]. Şemdinli-Yüksekova fay zonunun sismik açıdan aktif olduğu bilinmektedir [203]. 7 şiddetinde bir deprem yaşanması olası fay zonlarından birisidir [164].

### 2.6. Bitlis İli ve Civarı Faylarda Oluşmuş Depremler

Deprem kaynakları tarihsel (aletsel dönem öncesi) deprem kayıtlarına göre de tespit edilebilmektedir. Yazılı tarihsel kayıtlar Çin'de de 3000 yıl, Ortadoğu'da ve Japonya yaklaşık olarak 2000 yıl, A.B.D.'nde sadece birkaç yüzyıl veya daha kısa bir süre geriye gitmektedir. Yer sarsıntısı etkisinin tarihsel kayıtları, geçmiş depremlerin oluşumunu teyid etmede ve bunların şiddetinin coğrafi dağılımını bulmada kullanılabilir. Yeteri kadar veri mevcut olduğu zaman maksimum şiddet bulunabilir ve bundan da deprem dışmerkezinin yeri ve depremin magnitüdü belirlenebilir. Bu şekilde bulunan dışmerkezlerin yerleri nüfus yoğunluğu ve deprem tekrarlanma aralığına önemli derecede bağlı olsa da, tarihsel depremler, deprem kaynak zonlarının varlığı hakkında sağlam kanıtlar sağlar. Tarihsel depremlerin oluş zamanı kaydedilmiş olduğundan, belirli bir alandaki deprem tekrarlanma oranını veya sismisiteyi değerlendirmede kullanılabilirler.

Yüksek sismik aktiviteye sahip olan bölgelerde depremlerin oluşumlarının ve dönüş periyotlarının tespit edilmesi önem taşımaktadır. Geçmişten günümüze kadar gözlenen ve kaydedilen sağlıklı deprem verileriyle gelecekte meydana gelebilecek depremlerin oluşma olasılıkları ve dönüş periyotları istatistiksel modellerle belirlenebilmektedir. Bu modeller yardımı ile belirli bir zaman aralığı içerisinde hangi büyüklükte ve sıklıkta depremlerin beklenebileceği belirlenebilmektedir [204].

Son 80 veya 90 yıllık dönemde dünyanın değişik yerlerinde her yıl yaklaşık 10 kadar  $M_s \geq 7$  deprem meydana gelmiştir. Büyük depremlere ait aletsel kayıtlar 1900 yılından itibaren alınmaya başlanmışsa da, 1960 yılından önceki çok sayıda depreme ait veriler ya eksiktir ya da kalite sorunu bulunmaktadır. Buna rağmen, deprem kaynaklarının tespit edilmesinde ve değerlendirilmesinde en iyi bilgiler aletsel kayıtlardan elde edilmektedir. Bu kayıtlar konusundaki en önemli kısıtlama, büyük depremler arasındaki ortalama zamanla kıyaslandığında, sadece kısa bir süreden beri mevcut oluşlarıdır [205].

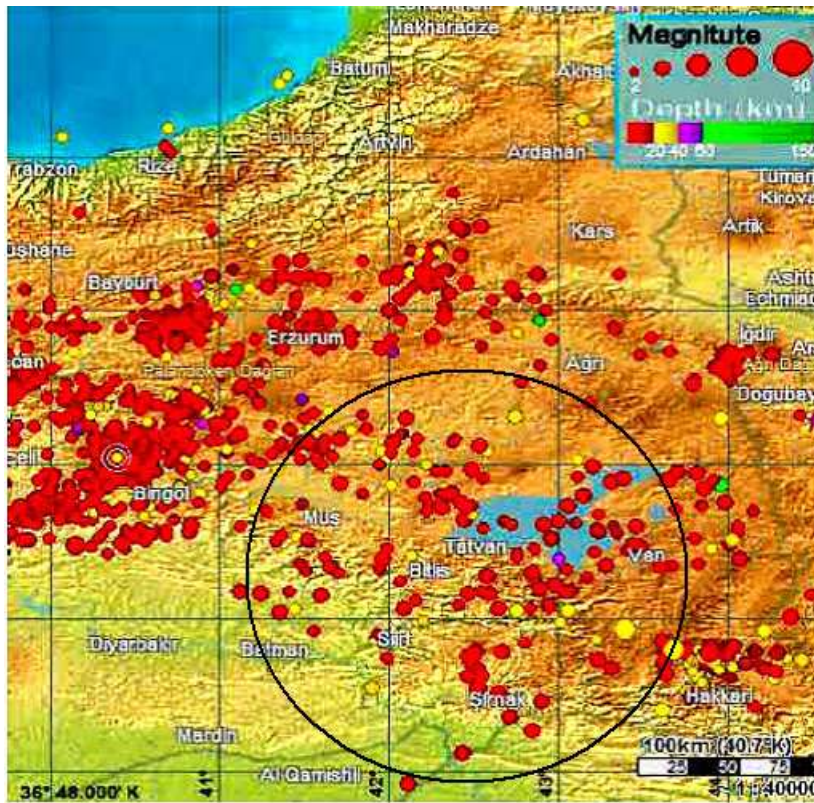
Bina hasarlarının, alt yapı ve ulaşım sistemlerindeki hasarların ve can kayıplarının tahmin edilmesi ise ikinci aşamayı oluşturur ve Deprem Hasar Senaryoları olarak tanımlanabilir. Kentsel alanlarda deprem etkilerinin tahmini için tarihsel deprem bilgileri, jeolojik, geoteknik ve sismolojik veriler derlenmeli, deprem tehlikesi olasılıksal olarak değerlendirilmeli, yer hareketinin yerel zemin şartlarına göre değişimi hesaplanmalı ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak mikro bölgeleme ve hasar haritaları hazırlanmalıdır [206].

Bir bölgenin depreme maruz kalma derecesi, bu bölgenin sismisitesini göstermektedir. Bir bölgenin sismisitesinde en önemli yeri jeolojik formasyonların kırılmasından oluşan faylar meydana getirir. Bölgelerin deprem riskleri, jeolojik olarak bu fayların belirlenmesi ile elde edilebileceği gibi, daha önceki deprem kayıtlarından faydalanılarak da bulunabilir. Önceden depreme çok maruz kalmış bölgeler, gelecekte de benzer şekilde depremlerden zarar görecektir bölgeler olarak görülmektedir [207].

Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki depremler DAF, Kuzey Doğu Anadolu Fayı ve Bitlis Bindirme zonları üzerinde oluşmaktadır. Bu, her an büyük, can yakıcı depremler olabileceği anlamına gelmektedir. Tarihsel depremler bakımından da Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde bir yoğunluk gözlenmektedir [182]. Van Gölü sismik açıdan oldukça büyük aktif bir zondur. 1900 yıllardan beri Van Gölü civarında büyüklüğü  $\geq 5$  olan yaklaşık 30 deprem meydana gelmiştir [208].

Bitlis İli'nin de içinde bulunduğu Van Gölü havzasının yoğun sismik aktivitesi dikkate alındığında Bitlis depremsellik açısından incelenmeye değerdir (Şekil 2.13).

1990 yılında yapılan çalışmada Bitlis İlinde 1900–1985 arasında büyüklüğü  $M_s = 4.2$  den büyük 212 adet depremin oluştuğunu belirtilmiştir. Oluşan bu 212 adet depremin 12 tanesi Bitlis İli dışında oluşmuştur. Aynı tablolar incelendiğinde Bitlis İlının, Bulanık-Muş, Malazgirt, Van, Varto, Lice, Bingöl, Çaldıran depremlerinden etkilendiği belirgin olarak görülecektir. Bitlis mikro depremlerin sıkça olduğu bir bölgede yer almaktadır.



Şekil 2.13. Doğu Anadolu Bölgesi ve Van Gölü Havzası boyunca deprem episantırlarının, magnitütlerinin ve derinliklerinin dağılımı görülmektedir. Haritalar 1 Aralık 1999 ve 23 Mart 2005 tarihleri arasında kaydedilmiş depremleri göstermektedir [136]. Kırmızı yuvarlaklar 20 km'den daha sığ hiposantırları göstermektedir.

Tarihsel depremler incelendiğinde 461 (Malazgirt) ,1012 (Malazgirt), 1046 (Diyarbakır-Ahlat) 1097 (Van–Bitlis), 1101-1110-1111 (Ahlat-Van), 1208 (VanGölü-Ahlat), 1224 (Ahlat), 12451-1246 (Van Gölü), 1275-1276 (Bitlis-Ahlat-Erçiş-Van), 1282 (Ahlat-Erçiş), 1345 (Malazgirt), 1363 (Muş ve civarı), 1415-1416 (Van Gölü), 1439 (Nemrut Dağı), 1441 (Nemrut; 30000 kayıp), 1444 (Nemrut-Van), 1546 (Van-Bitlis), 1582 (Bitlis-Van; 5000 kayıp), 1646 (Van ve Civarı), 1647 ( Van-Bitlis), 1648 (Van ve civarı), 1670 (Hizan- Siirt), 1682 (Bitlis), 1696 (Çaldıran-Bitlis), 1701 (Van ve civarı), 1704 (Van), 1705 (Bitlis), 1715 (Van), 1791 (Van), 1857 (Bitlis-Muş), 1869 (Bitlis), 1871 (Nemrut), 18.05.1881 (Nemrut M=6,7), 30.05.1881 (Van-Nemrut), 1884 (Bitlis), 1891 (Malazgirt-Adilcevaz-Van), 1892 (Malazgirt–Muş), 1895 (Malazgirt-Adilcevaz), 1903 (Malazgirt-Bitlis), 1906 (Nemrut), Mart 1945 (Bitlis-Tatvan) depremleri de Bitlis İli'nin tarihsel deprenselliğini göstermekte olup, suskun dönemi kapatacak olası bir depremin habercisi konumundadırlar [2, 164, 134, 141, 161, 187, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220]

31 Mart 1907 yılında olan depremde şehir merkezi çok ciddi şekilde tahrip olmuş ve bu depremde Bitlis İlinde bulunan çoğu yapı tamamen kullanılmaz hale gelmiştir. Bu depremin artçı depremleri süregelmiş ve kış şartları da insanların barınma sorununu ortaya çıkarmıştır [221, 222, 223, 224, 225, 226, 227]. Bu çok kuvvetli depremden sonra şehirdeki hayat bayağı zor bir hale gelmiştir [228, 229]. 300 bina tamamen yıkılmış çok sayıda hasar meydana gelmiştir. Bu depremlerden sonra 28 artçı deprem hayatı daha da zor hale getirmiştir [230, 231]. Bunun yanı sıra yine 25 Aralık 1969 tarihinde meydana gelen deprem de Bitlis İlinde hafif hasarlar meydana gelmiştir [232].

Bitlis ve yakın çevresi, gerek tarihsel ve gerekse aletsel dönemlerde büyük deprem serileri üreten Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Bitlis İli'ni sınırlayan Bitlis kenet Kuşağı gibi üç ana fay sisteminden etkilenebilecek bir bölge içerisinde yer almaktadır. Özellikle 200–300 yıldır deprem üretmeyen Doğu Anadolu Fayı'nda deprem üretme potansiyeli çok yüksek sismik boşlukların bulunması Bitlis İli'ni deprensellik açısından önemli kılmaktadır.

Bitlis ve civarında tarihsel dönemlerde VIII ve IX şiddetinde depremlerin olduğu bilinmektedir (Tablo 2.6).

Tablo 2.6. Van Gölü Havzası'nda tarihsel dönemde meydana gelen depremler [209, 233]

Sıra No	Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Etkili olduğu bölge
1	1110	38.50	43.50	VII	Ahlat-Van
2	1245	38.74	42.50	VIII	Ahlat, Van, Bitlis, Muş
3	1276	38.90	42.90	VIII	Bitlis, Ahlat, Erciş, Van
4	1441	38.35	42.10	VIII	Bitlis, Van, Muş
5	1582	38.35	42.10	VIII	Bitlis ve yöresi
6	02.04.1647	39.15	44.00	IX	Bitlis, Van, Muş, İran
7	31.03.1648	38.30	43.70	VIII	Van
8	07.03.1701	38.50	43.40	VIII	Van
9	1704	38.50	43.40	VII	Van
10	1715	38.70	43.50	VIII	Van, Erciş
11	1869	38.40	42.10	VI	Bitlis ve civarı
12	05.03.1871	38.50	43.40	VII	Van
13	30.05.1881	38.50	43.30	IX	Nemrut, Bitlis, Muş
14	10.02.1884	37.80	42.60	VIII	Pervari, Siirt

Tarihsel depremler incelendiğinde, yakın zamanda büyük depremlerin olduğu yerleşim birimlerinde (örneğin Kocaeli, Düzce, Dinar, Bingöl ve Osmaniye gibi) enerji boşalmaları nedeni ile rahatlama olduğu görülmektedir. Buna karşılık, uzunca zamandır büyük depremlerin olmadığı yerlerde de (örneğin Tekirdağ, Kahramanmaraş, Bitlis, Uşak, vb.) enerji birikimi nedeni ile katsayının yüksek çıktığı gözlenmektedir [234]. Bu bağlamda Bitlis İli ve civarında bulunan fay hatları üzerindeki enerjinin yoğunlaşması anlamı taşımaktadır. Dolayısıyla bu da Bitlis İlinin deprenselliğine ayrı bir boyut ve önem kazandırmaktadır. Uzun zamandan beri oluşmayan depremlerin meydana getireceği enerji birikimi oluşabilecek büyük depremlerin habercisi olarak yorumlanabilecektir.

Günümüzde deprem verilerinin incelenmesinde, depremin hangi büyüklükte, ne zaman ve nerede meydana geleceğini tam olarak bilmenin mümkün olmadığı kabul edilen bir gerçektir. Fakat istatistik bilimi tarafından ortaya atılan yöntemlerle, verilere yapılabilecek uygun analizler ile bu belirsizlik probleminin çözümünde bazı adımların atılabileceği söylenebilir [235].

Bitlis ve civarı faylarda oluşmuş depremler araştırılırken, 01.01.1900 -31.12.2006 tarihleri arasında Kandilli Rasathanesi kayıtlarına göre Bitlis Şehir Merkezine 150 km yarıçapındaki daire içerisinde 70.650 km<sup>2</sup> lik alana düşen toplam 242 adet

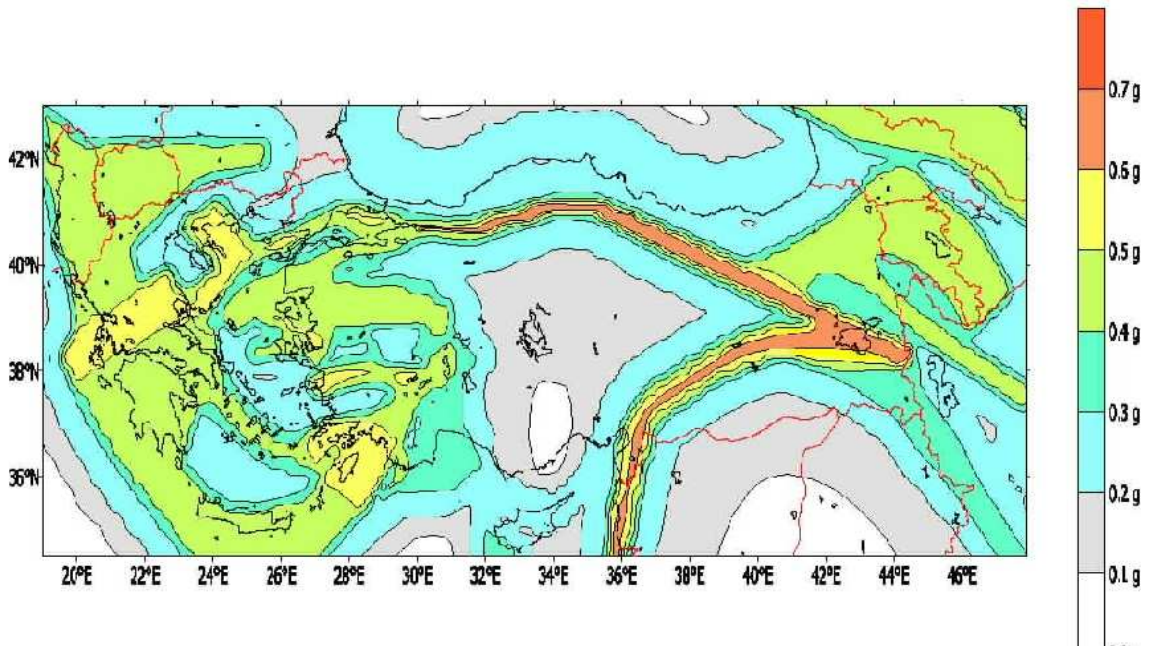
deprem değerlendirmeye alınmıştır. 242 adet depremin dağılımlarının sınıflandırılması aşağıda yapılmıştır [236]. (Tablo 2.7)

Tablo 2.7. Bitlis İli ve civarında oluşmuş depremlerin şiddetlerine göre tekrarlanma sayıları

Şiddet	Ms	Mw	Mb	Md	MI
3,0 -- 4,0	59	----	2	2	2
4,0 -- 4,5	55	79	100	103	99
4,5 -- 5,0	88	100	104	98	110
5,0 -- 5,5	27	42	28	32	21
5,5 -- 6,0	8	17	7	3	6
6,0 -- 6,5	2	4	1	2	4
6,5 -- 7,0	3	----	----	1	----

Md: Süreye bağlı büyüklük; MI: Yerel (lokal) büyüklük; Ms: Yüzeysel dalgası büyüklüğü; Mb: Cisim dalgası büyüklüğü, Mw: Moment büyüklüğü

Erdik ve diğerleri [237] tarafından yapılan çalışmada Ülkemiz için %10 aşılma olasılığı ile 50 yıl için tepe yer ivmesi değerleri hesaplanmıştır (Şekil 2.14) . Bu çalışmadan da görüleceği üzere Bitlis İlinin de içinde bulunduğu Van gölü havzası DAF ve KAF hatlarının birleşme bölgesi içinde yer almakta ve beklenen en büyük tepe yer ivmesine sahip olabilecek kısımda kalmaktadır. Bunun yanı sıra bölgedeki volkanik ve tektonik yapıların etkisine Bitlis Kenet Kuşağının da etkisi eklenecek olursa Bitlis ili ve İlçelerinin gelecekte olabilecek büyük bir depremin etkisinde kalacağı yorumu yapılabilecektir.



Şekil 2.14. %10 aşılma olasılığı ile 50 yıl için pik yer ivmesi değerleri [238]

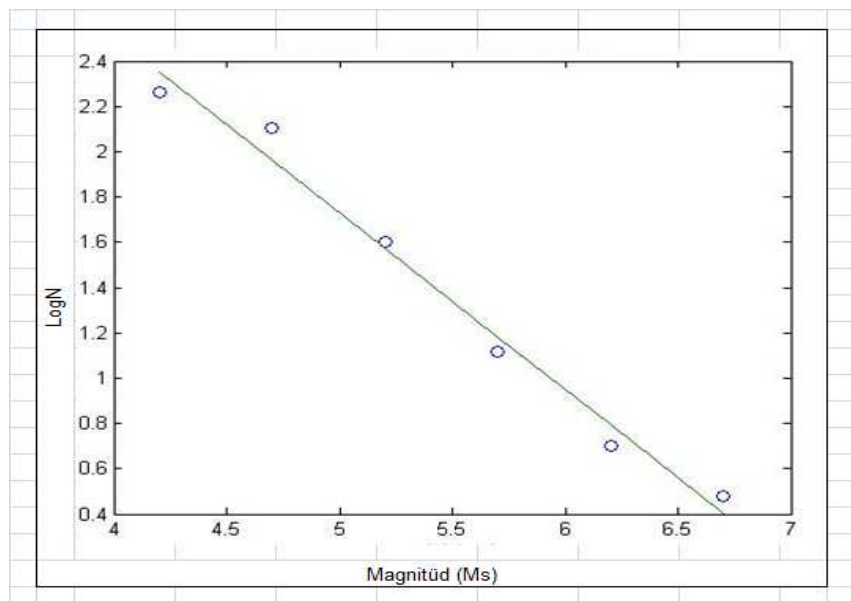
Magnitüdün fonksiyonu olarak depremlerin oluş frekansı incelendiğinde, genellikle doğrusal bir ilişki ile yorumlanmaya çalışılır. Depremlerin magnitüdü ile oluş sayıları arasında ilk defa Gutenberg ve Richter (1944) tarafından verilen;

$$\log N = a - b.M \quad (2.1)$$

bağıntısı, bir bölgenin deprem etkinliğini yansıtmak için kullanılan en önemli bağıntılardan biridir [239]. Burada N, verilen bir bölge ve periyot için, magnitüdü M'e eşit veya daha büyük olan depremlerin sayısını, a ve b ise regresyon katsayılarını göstermektedir. Bu değerlerin Bitlis ili için hesaplamaları yapılırken Tablo 2.8' de gösterilmiş olan ve  $M \geq 4$  olan depremler dikkate alınmıştır. Dikkate alınan deprem magnitüd değerlerinin logaritmik değerleri Tablo 3.32'de hesaplanmıştır. Hesap sonucu elde edilen değerler Şekil 2.15' deki grafikte gösterilmiştir.

Tablo 2.8. Deprem magnitüd değerlerinin logaritmik değerleri

Ms	M =0.5	Ort. Aralık	Frekans	Log N	Yığınsal frekans	Log N
	4,0 -- 4,5	4.25	55	1.74036	183	2.26245
	4,5 -- 5,0	4.75	88	1.94448	128	2.10721
	5,0 -- 5,5	5.25	27	1.43136	40	1.60206
	5,5 -- 6,0	5.75	8	0.90309	13	1.11394
	6,0 -- 6,5	6.25	2	0.30103	5	0.69897
	6,5 -- 7,0	6.75	3	0.47712	3	0.47712



Şekil 2.15. Bitlis İli için Gutenberg-Richter bağıntısı

a ve b regresyon katsayıları hesaplanırken en küçük kareler yöntemi uygulanarak bilgisayar ortamında %99 korelasyon katsayısı ile hesaplanmıştır [240]. Bitlis İli için hesaplanan Gutenberg-Richter bağıntısı;

$$\log N = 5,6247 - 0,7794 M \text{ olarak bulunmuştur.}$$

a parametresi inceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem düzeyine bağlıdır. b değeri ise bölgenin tektonik karakteristiğini belirleyen bir parametre olarak kabul edilmektedir [204]. b değeri daha önce yapılan çalışmalarla uyum göstermektedir. Bayrak vd. tarafından yapılan çalışmada Bitlis İlinin bulunduğu bölge için b değeri, 0,6-0,8 arasında çıkmıştır [241].

Hem tarihsel hem de aletsel dönem deprem sonuçları Van Gölü havzasının yoğun sismisitesini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak Bitlis İlinin de içinde bulunduğu Van Gölü Havzasında büyük bir depremin olabilirliği yapılan çalışmalarda görülmektedir.

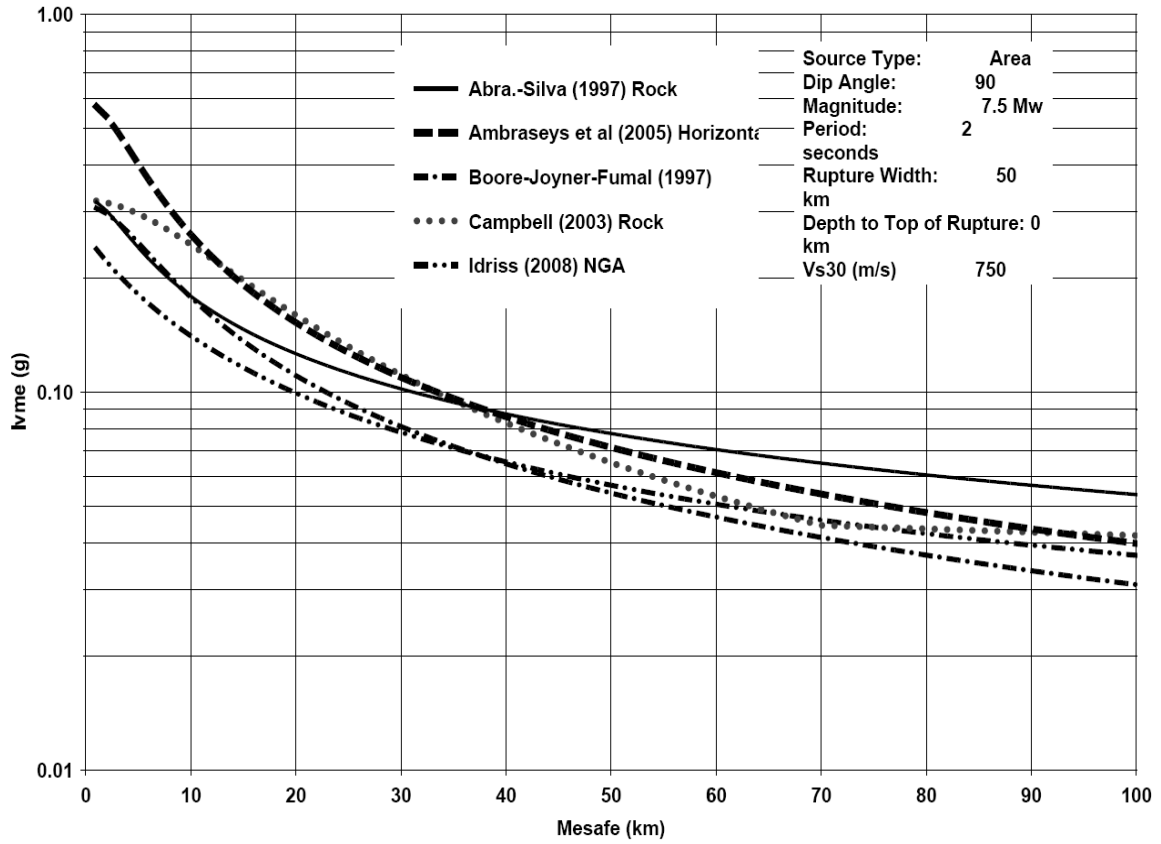
Bitlis İli için hesaplanan  $\log N = 5,6247 - 0,7794 M$  magnitüd-frekans ilişkisinin yanı sıra probabilistik sismik tehlike analizinde uzunluk  $L_{sub}$  (km), genişlik  $W$  (km), alan  $A$  (km<sup>2</sup>) ve yer değiştirme  $D$  (m) gibi fay parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Wells ve Coppersmith (1994) [242] doğrultu atımlı faylar için dünyada yaygın olan 244 adet deprem için aşağıdaki ilişkiyi elde etmişlerdir.

$$M_w = 4.33 + 1.49 \log L_{sub} \quad s = 0.2 \quad (2.2)$$

Burada  $s$ , artan standart sapma olarak tarif edilmiştir.

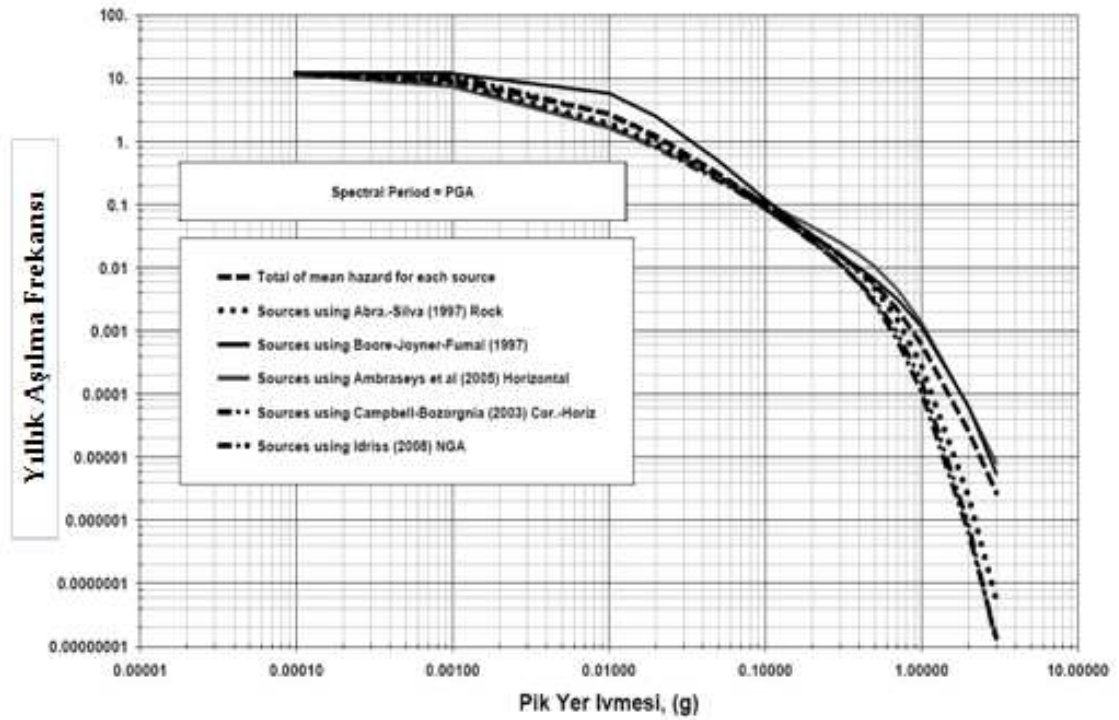
Doğu Anadolu bölgesi için kuvvetli yer hareketi ivme kayıtları oldukça sınırlıdır. Bundan dolayı mevcut bu çalışmada sismik tehlike analizi dünya çapında geçerli olan 5 amprik azalım ilişkisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kaya zeminler için Abrahamson - Silva (1997) [243], Ambraseys (2005) [244], Boore - Joyner (1997) [245], Campell (2003) [246] ve Idriss (2008) [247] azalım ilişkileri kullanılmıştır (Şekil 2.16).





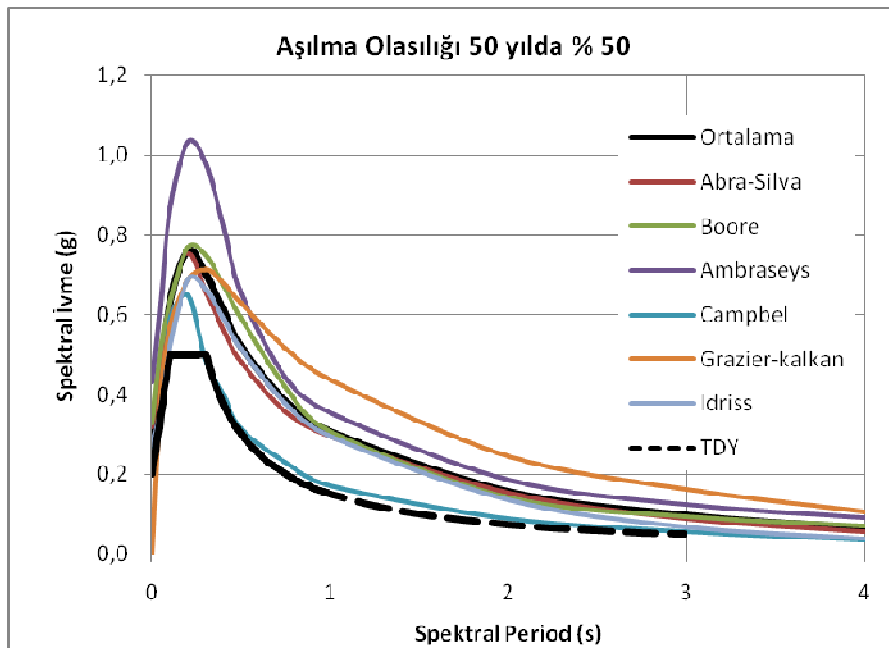
Şekil 2.16. Abrahamson-Silva (1997), Ambraseys vd.. (2005) , Boore - Joyner - Fumal (1997), Campbell (2003), Idriss(2008) azalım ilişkileri

Sismik tehlike analizi verileri toparlandıktan sonra EZ-FRISK [12] yazılımı kullanılarak probabilistik sismik tehlike analizine geçilmiştir. Yazılım programı ile dönüş periyotlarının bir fonksiyonu olarak tepe yer ivme değerleri elde edilmiştir (Şekil 2.17). Seçilmiş olan dönüş periyotları için düzgün olasılıklı tepki spektrumları elde edilmiştir (Şekil 2.18 a-b-c).

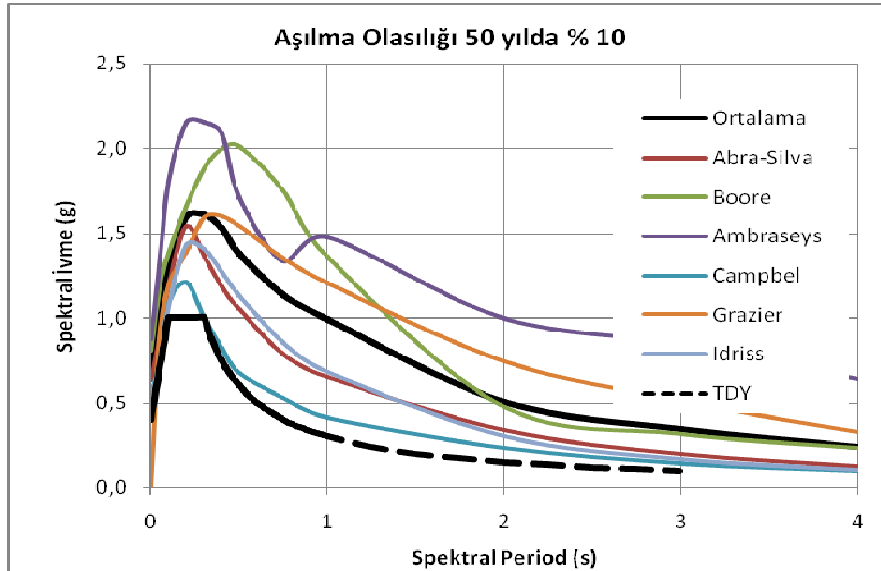


Şekil 2.17. Bitlis için değişik dönüş periyotlarında tepe yer ivme değerleri

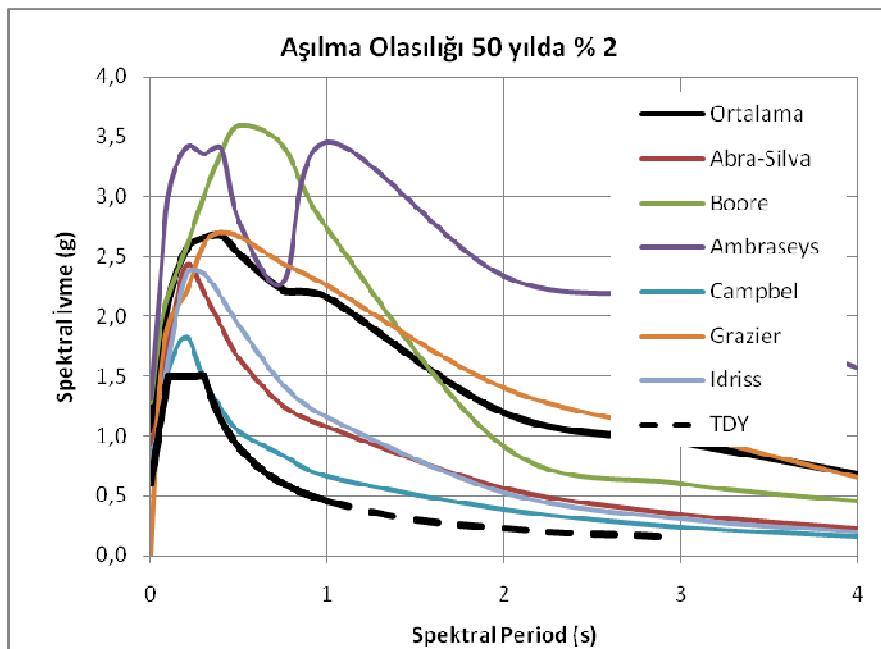
Bitlis İli için yapılan probabilistik sismik tehlike analizi sonucu %5 sönüm oranlı dönüş periyotları 72, 474.6 ve 2474.9 yıl olan tepki spektrumları elde edilmiştir (Şekil 2.22.a, b, c) Bulunan sonuçlar DBYBHY-2007 Bölüm 7 de verilmiş olan değerler ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.18.a : Bitlis İli için %5 sönüm oranlı dönüş periyodu 72 yıl olan tepki spektrumlarının karşılaştırılması



Şekil 2.18.b. Bitlis İli için %5 sönüm oranlı dönüş periyodu 474.6 yıl olan tepki spektrumlarının karşılaştırılması



Şekil 2.18.c. Bitlis İli için %5 sönüm oranlı dönüş periyodu 2474.9 yıl olan tepki spektrumlarının karşılaştırılması

Probabilistik sismik tehlike analizi sonucu tipik kaya zeminler için tepe ivme değerleri, %50 aşılma olasılığı ile 50 yıl için 0.76g, %10 aşılma olasılığı ile 50 yıl için 1.61g, %2 aşılma olasılığı ile 50 yıl için 2.68g olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar DBYBHY–2007 Bölüm 7’ de verilmiş olan değerler ile karşılaştırılmıştır (Şekil 2.18.a.b.c.)

TDY 2007'de bu değerle %50 aşılma olasılığı ile 50 yıl için 0.50g, %10 aşılma olasılığı ile 50 yıl için 1.00g, %2 aşılma olasılığı ile 50 yıl için 1.50g olarak verilmiştir. Bulunan bu sonuçlar Bitlis için mevcut yapıların deprem performanslarını belirlemede tasarım spektrumu olarak kullanılabilir. Aynı zamanda sonuçlar Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen spektrum eğrisi ile Bitlis için hesaplanan spektrum eğrisi arasında farklılıklar olduğu sonucunu doğurmuştur.

## BÖLÜM 3.

### 3.1. Bitlis İli Yapı Stoğunun Değerlendirilmesi

Risk, herhangi bir tehlikenin meydana gelme olasılığı ile bu tehlikenin neden olacağı sonuçların bileşkesidir. Risk düzeyi tehlikenin büyüklüğü ve etkilenen elemanların savunmasızlığıyla orantılıdır [248]. Buradan hareketle belirli bir bölgede meydana gelebilecek bir deprem riski altında, o bölgede bulunan yapıların olumsuz özellikleri oluşabilecek tehlikenin boyutunu arttıracaktır. Yapıların savunmasızlığı arttıkça depremin oluşturacağı hasar miktarı da artacaktır. Depremin büyüklüğü ve yeterli düzeyde güvenliği sağlanmamış ve yönetmeliklerde belirtilen şartlara uygun yapılmayan yani olumsuz yapı özellikleri de oluşabilecek zararı doğrudan etkileyecektir. Dolayısıyla bir bölgenin gelecekte belirli bir deprem riski altında can ve mal kaybının hesaplanması işlemi yapılırken o bölgede bulunan yapı özellikleri de dikkate alınmalıdır. Mevcut yapıların, gelecekte oluşma olasılığı olan deprem etkisi altındaki davranışları incelenirken, olası depremin etkileyeceği bölgeler üzerinde bulunan yapıların dikkate alınması ile daha etkin sonuçlar vereceği aşikardır. Kuvvetli yer hareketlerinin oluşabileceği bölgelerdeki yapıların deprem etkisi altında davranışlarını olumsuz etkileyecek özelliklerin bilinmesi deprem sonucunda oluşabilecek hasar risk seviyelerini azaltma yönünde daha ciddi yaklaşımların ortaya konulmasını sağlayacaktır.

Zemin araştırmalarından sonra, deprem zararlarını azaltma çalışmalarının ikinci ve en önemli ayağını mevcut yapıların envanterinin çıkarılması ve hasar risk durumlarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Mevcut bir yapının deprem hasar riskinin belirlenmesinde etkili olan çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bunların bir kısmı; bölgenin depremselliği, yerel zemin özellikleri, yapının geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri, taşıyıcı sistemin türü ve yapısal elemanların detaylarıdır. Binaların

mevcut durumlarının tespit edilmesine yönelik en kesin yöntem, kesin analiz yöntemleri olmakla beraber, incelenmesi gereken binlerce bina ve bununla beraber bu konularda uzman olan elemanların sayıca yetersizliği gözönüne alındığında, bu tip yöntemler hem zaman hem de maliyet açısından ekonomik olmamaktadır. Bu durumda amaca uygun sayıda, güvenilir parametrelerle ve sayısal bir değerlendirme esasına dayalı hızlı sonuç verebilecek yaklaşık yöntemlerin kullanılması en ekonomik ve gerçekçi çözümdür [249].

Türkiye genelinde mevcut binaların çok az bir kısmı yönetmeliklerin şartlarını sağlayabilecek durumdadır ve bu nedenle olmaları gereken emniyete sahip değildirler. Gelecekte can ve mal kaybını minimuma indirmek ve günümüze kadar yapılan yapılarda hasar risk seviyelerini araştırmak ve ortadan kaldırmak için mevcut yapı stoğu üzerinde mümkün olduğunca hızlı ve doğru araştırmaların yapılmasına gerek vardır. Bu tür bir çalışmanın amacı mevcut yapı stoğunun kalibre edilmiş verilerle hızlı ve doğru bir şekilde taranmasının yanı sıra geniş alan deprem master planının hazırlanması ve risk yönetimi için yeni bir yöntem geliştirmektir [250].

Gelecekte meydana gelecek ve yerleşim bölgelerini etkileyecek depremlerde deprem zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesi gereklidir. Özellikle yıkılma veya ağır hasar görme riski yüksek olan binaların güçlendirilmesi, eğer güçlendirme işlemi ekonomik olarak verimli değilse de yıkılarak yeniden yapılması depremde en etkili zarar azaltma önlemidir. Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Deprem performansı, “belirli bir deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyi ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu” olarak tanımlanabilir. Mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın hali hazırdaki durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gereklidir [251].

Deprem afetinin etkisinin tahmini amacıyla yapılan çalışmaların temel iki bileşeni, deprem tehlikesinin tespiti ve yapı sistemlerinin hasar görebilirliğinin belirlenmesidir. Yapı sistemlerinin hasar görebilirliği genel olarak mevcut bina stoğunun ve diğer inşaat yapılarının incelenmesi, sınıflandırılması ve hasar potansiyeli eğrilerinin elde edilmesi ile mümkündür. Buna göre afet senaryolarının

hazırlanması aşamasında, yapıların hasar potansiyeli eğrileri çıkarılırken ülkemizdeki yapı stoğuna özgü hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir [252].

Bitlis ili için yapı stoğu değerlendirilmesi yapılırken nüfusun ve yapıların yoğun olduğu merkezler seçilmiştir. Ayrıca bu değerlendirme yapılırken Bitlis İlinde bulunan her mahalleden bazı yapılar dikkate alınarak Bitlis için genel yapı özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapı stoğu değerlendirilirken kademeli bir biçimde bu işlem yapılmıştır. Kat adetleri ve aşağıda belirtileceği üzere değişik kriterler esas alınarak yapı stok değerlendirilmesi yapılmıştır.

Deprem karşısında tasarım ve yapım kusurları ve çevre etkisi nedenleri yapı taşıyıcı sisteminde zayıflıklar göstermektedir. Ayrıca yapı fonksiyonunun değiştirilmesi ile oluşan olumsuz taşıyıcı etkenler de depremde hasarlara neden olmaktadır. Depreme uygun olmayan tasarım, malzeme, işçilik ve denetim eksikliği hasarların yıkıcı rollerini oluşturmaktadır [253]. Deprem etkisine maruz kalabilecek yapıların yapısal özellikleri olası bir deprem sonucunda can ve mal kaybıyla doğru orantılı olacaktır [254].

Yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas amaç, varolan yapılarda gerekli inceleme ve hesapların olası bir depremden önce yapılarak ve yetersiz görülen yapıların olası bir depremde hedeflenen performans seviyesine yükseltilmesi için uygulanacak iyileştirme işlemlerine karar verilmesidir. Deprem tehlikesi altında olan kentsel yerleşimlerde yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan pek çok yapı olduğu bilinmektedir.

Yapı hasarlarının, yapının özelliklerine göre değiştiği çok iyi bilinen bir gerçektir. Ancak, bu özelliklerin ortaya konması, sınıflandırılması sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi koşulu ile gerçekleşebilmektedir. Yapıların aşağıda sayılan özellikleri hasarı yakından etkilemekte, bu parametrelere bağlı olarak hasar görülebilirlik değişebilmektedir [255].

Türkiye’de daha önce meydana gelen depremlerin ortak özelliklerinden biri, gelişmişlik düzeyine bağlı olarak hasar yoğunluğunun genellikle deprem

büyükükleri ile orantılı olmadığıdır. 1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde bu durum bir kez daha ortaya çıkmıştır [256].

Herhangi bölgenin yapı yoğunluğunun özellikleri; can ve mal kaybına yol açacak tehlikeler dikkate alındığında; can ve mal kayıp oranlarını doğrudan etkileyecektir. Bu anlamda insanların konut amaçlı kullandıkları yapılar önem kazanmaktadır. Yerleşim bölgelerinin %60-%70'ini oluşturan konutların yapısal ve hassas özellikleri can ve mal kayıplarının tahmininde önemli bir yer tutmaktadır [257].

Yapısal düzensizlikler binaların sismik performanslarını etkilemektedirler. Kısa kolon ve ağır kapalı çıkmalara sahip yumuşak katlı yapılar can güvenliği performans düzeyi için en kritik durumlardır [258].

### **3.1.1. Birinci Kademe Değerlendirme**

Birinci kademe değerlendirilmesi yapılırken incelenmiş olan Bitlis İli Merkez İlçesinde değerlendirmeye alınan yapıların yapı parametreleri, yapı parametrelerinin yapı deprem riskine etkisi puanlama yapılarak belirtilmiştir. Yapı stoğu incelenirken birinci kademe değerlendirilmesinde dikkate alınan yapı parametreleri aşağıda belirtilmiştir.

#### **3.1.1.1. Kat adedi**

Temel üzerinde bulunan toplam kat adedi dikkate alınmıştır. Kademeli yapılarda, yapıda bulunan maksimum kat adedinin olduğu kısımlar dikkate alınmıştır. Daha önce yapılmış gözlem ve çalışmalarda betonarme binalarda kat adedi ile yapı hasarı arasında neredeyse doğrusal bir ilişki olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılarda kat adedinin artması ile kütle ve kütle etki kolunun artması sonucu deprem kuvvetleri artacaktır. Eğer bu artış dikkate alınmadan yapıda yeter miktarda bir dayanım sağlanmamış ise yapı doğal olarak bir deprem anında hasar görecektir. Maalesef



ülkemizde yapılmış yapıların birçoğu deprem tasarımına uygun olmadığından kat adedi artıkça hasar oranı da artmaktadır.

Eğer tüm binalar deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılmış olsaydı böyle bir ilişki ortaya çıkmayacak, tüm binaların hasar düzeyleri kat sayısından bağımsız olarak yaklaşık bir benzerlik içinde olacaktır. Kat adedi Türkiye’de hasar derecesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir [259].

### 3.1.1.2. Yumuşak kat

Yapıda bulunan herhangi bir katın rijitlik/dayanımının diğer katlara oranla belirgin şekilde az olması yumuşak kat/zayıf kat kavramlarını meydana getirir.

Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı  $\eta_{ci}$ ’nin 0.80’den küçük olması durumu zayıf kat olarak adlandırılmaktadır [260] (3.1).

$$[\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80] \quad (3.1)$$

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat öteleme oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat öteleme oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ ’nin 2.0’den fazla olması durumu yumuşak kat diye adlandırılır [260] (3.2).

$$[\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \text{ veya } \eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0] \quad (3.2)$$

Katlar arasında taşıyıcı sistem değişikliği veya katlar arası farklı döşeme sistemi kullanılma gibi birçok farklı nedenle yumuşak kat oluşumuna rastlanmıştır. Yumuşak kat düzensizliği, yaşanan depremlerde bina hasarlarının en büyük nedenleri arasındadır. Bu düzensizlik hemen her deprem sonrası inceleme raporlarında yer almakta, üst katlarında camları dahi kırılmamış binaların bazı katlarının tamamen

göçtüğü görülmektedir. Yumuşak kat, yapı taşıyıcı sistemlerinin katlar arasında farklı özelliklere sahip olmasından dolayı (kat yüksekliğinin fazla olması gibi) oluşabileceği gibi taşıyıcı sisteme ait olarak düşünülmeyen bölme duvarların miktarının değişmesi nedeniyle de gündeme gelebilmektedir [261].

Binaların giriş katlarında, genellikle mağaza, restoran, banka v.b. gelir getirici amaçlar nedeni ile dolgu bölme duvarları örülmez veya mevcutlar kaldırılmaktadır. Dolayısı ile böyle binalarda giriş katı, yanal ötelenmeler bakımından, üst katlara nazaran, göreceli olarak önemli ölçüde zayıf olur [262].

Yumuşak kat etkisine bağlı olarak çok sayıda yapının kısmen veya tamamen çöktüğü gözlemlenmiştir. Sorun yumuşak kat olarak tanımlanan katın ya da katların yatay rijitliklerinin diğer katlara göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Deprem etkisine bağlı olarak yapının yapacağı toplam deplasman bütün yapı yüksekliği boyunca bölüşüleceği yerde, ağırlıkla yumuşak kat diye tanımlanan kat üzerinde ortaya çıkmaktadır [263].

Binalarda kullanım amaçlarına göre farklı kat yükseklikleri bulunmakla birlikte, alt katlarda yer genişletmek amacıyla kolonlar kesilmektedir. Bu özellikler binada yumuşak kat davranışı görülmesine sebep olmaktadır. Bu katlar bina davranışını negatif yönde etkilemektedir [264].

Bitlis İlinde yapılmış sokak taramaları sırasında yumuşak katlar gözlemsel olarak belirlenmiş ve yumuşak kat verileri “var (1)” veya “yok (0) ” olarak sınıflandırılmıştır.

### **3.1.1.3. Ağır çıkmalar**

Türkiye’de kentsel yerleşimlerdeki binaların önemli özelliklerinden birisi zemine oturan kat alanının üst katlarda daha geniş alanlara büyütülmesi, üst kat döşemelerinin ankastre olarak dış cephedeki çerçeve akslarının dışına taşınmasıyla oluşmuştur. Ağır çıkmalar binada kütle ve rijitlik düzensizliğine neden olur. Bunun ötesinde, dış çerçeve akslarında belirgin giriş süreksizliği meydana gelir. Cephe

kirişleri çerçeve aksının dışına çıkararak çıkmaları izler, böylece kolonlara dış merkezli olarak saplanırlar ve gerekli rijitlik aktarımını sağlayamazlar. Geçmiş depremlerde ağır çıkmalı binalar çıkmasız binalara oranla daha fazla hasar görmüşlerdir. Ağır çıkmaların varlığı sokak gözlemlerinde kolaylıkla belirlenebilmektedir [259].

Çok katlı betonarme binalarda, çerçeve sisteminin dışında düzenlenen geniş balkonlar veya çıkmalar düzensizlik oluşturmaktadır. Balkonların ağır betonarme parapetlerle çevrilmesi halinde kütle merkezi yukarı kayar ve deprem etkisini artırır. Ülkemizde çok yaygın olarak kullanılan, giriş katın üstündeki ağır çıkmalar hem binada kütle düzensizliğine ve deprem moment kolunun yukarılara taşınmasına neden olmakta, hem de dış cephe kolonları arasındaki giriş akslarının ötelenmesi yolu ile çerçeve süreksizliği oluşturmaktadır [265, 266].

Bitlis İlinde yapılmış sokak taramaları sırasında ağır çıkmalar gözlemsel olarak belirlenmiş ve ağır çıkma verileri “var (1)” veya “yok (0)” olarak sınıflandırılmıştır.

#### **3.1.1.4. Kısa kolon**

Yapıda bir kolonun bulunduğu yere bağlı olarak tasarlandığından daha kısa bir boya sahip olarak davranması durumu kısa kolon kavramıyla tarif edilmektedir.

Kısa kolon tabiri ile boyu bulunduğu kattaki diğer kolonların boylarından daha az olan ve gevrek kayma kırılmasına maruz kalması beklenen kolonlar kastedilmektedir [265, 266].

Binalarda, özellikle dış duvarlarda, duvarlar üst döşemeye kadar sürekli olarak yapılmadığı zaman deprem esnasında, kolonların bölme duvar örülme kısımlarında kısa kolon etkileri ortaya çıkmaktadır. Genellikle sanayi türü yapılarda pencereler açmak ve ışıktan yararlanmak için dış duvarlarda boşluklar bırakılmaktadır. Bu duvarların kolon yüksekliği boyunca devam etmemesi durumunda ve bağlı bulunduğu çerçeveden de ayrılmamışlarsa deprem sırasında kolonlarda ağır hasarlar meydana gelebilmektedir. Kısa kolon davranışı olarak bilinen bu etkiler tüm dünyada olduğu gibi genellikle ülkemizdeki tüm depremlerde

de görülmektedir. Kısa kolon oluşumuna etki eden pek çok parametreden bahsetmek mümkündür. Örneğin, duvar yüksekliği, çerçevede duvarda bırakılan düşey boşluklar, yetersiz kayma donatısı gibi. Ancak bu davranışın ortaya çıkmasına neden olan temel parametrelerden biri çerçevede duvarda bırakılan düşey boşluklardır. Kısa kolonda oluşan kesme kuvveti, kısa kolon yüksekliği ile ters orantılıdır [260, 267].

Bitlis İlinde yapılmış sokak taramaları sırasında kısa kolon oluşumu gözlemsel olarak belirlenmiş ve kısa kolon verileri “var (1)” veya “yok (0)” olarak sınıflandırılmıştır.

### 3.1.1.5. Çarpışma etkisi

Bitişik nizam yapılar için geçerli olacak bir parametredir. Yapıya komşu olan parseldeki binaların yükseklikleri, konumu, deprem yükleri altındaki davranışı, yani binaların bitişik nizamda bulunması binalarda çekiçleme etkisine sebep olmaktadır. Geçmiş depremlerde sıkça gözlenen hasarlar arasındadır [268]. Eğer bitişik durumdaki yapıların kat adetleri ve bunun yanı sıra döşeme seviyeleri de farklı ise, tek doğrultulu elastoplastik davranışlı çarpışma etkisi ortaya çıkmaktadır. Sadece döşeme seviyesinin farklı olması da çarpışma etkisi yaratmaya yeterli olabilir. Çarpışan binaların üst katları daha fazla hasar görür. Ayrıca çarpışma etkisi ara kat çökmelerine de neden olabilmektedir [269]. Burada amaç bitişik binaların deprem davranışları üzerinde etkileşimin katkısını sayısal olarak tahmin etmek ve doğrudan kontrol etmektir [270].

Yapılan çalışmalarda, özellikle bitişik bina dizisinin en sonundaki binanın çok riskli olduğu saptanmıştır. Ayrıca, enerjinin korunması prensibi nedeniyle, geçmiş depremlerden de görüleceği üzere birbirine bitişik olan, ama gerek yükseklikleri gerekse ağırlıkları sebebi ile farklı periyotlara sahip olan binaların da yüksek risk taşıdıkları saptanmıştır [265, 266].

Bitlis ilinde yapılmış sokak taramaları sırasında çarpışma etkisinin varlığı gözlemsel olarak belirlenmiş ve çarpışma etkisinin verileri “var (1)” veya “yok (0)” olarak sınıflandırılmıştır.

### **3.1.1.6. Tepe-yamaç etkisi**

Binanın belirgin olarak bir tepe üstünde olması veya yüksek eğimli (30°’den fazla) bir yamaçta bulunması, maruz kalacağı veya kaldığı deprem etkilerini bir miktar arttıracaktır. Sokaktan kolayca gözlemlenebilen bu durum yapı risk hesabında dikkate alınmalıdır [269]. Bitlis ilinde yapılmış sokak taramaları sırasında tepe-yamaç etkisinin varlığı gözlemsel olarak belirlenmiş ve tepe- yamaç etkisinin verileri “var (1)” veya “yok (0)” olarak sınıflandırılmıştır.

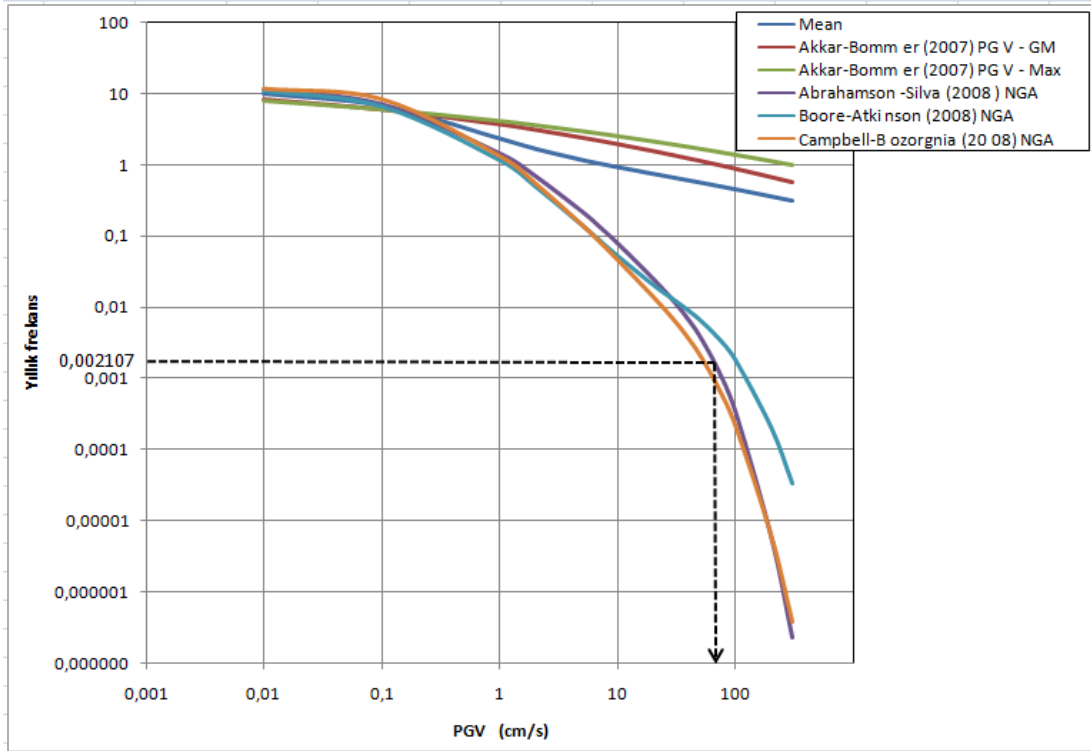
### **3.1.1.7. Görünen yapı kalitesi**

Herhangi bir yapının yapımındaki işçilik ve malzeme kalitesi ile bakımına gösterilen özen, o yapının mevcut kalitesini ortaya koyar. İyi eğitilmiş bir gözlemci incelediği binanın görünen kalitesini kabaca iyi, orta ve kötü olarak sınıflayabilir. Türkiye’deki geçmiş depremlerde görünen yapı kalitesi ile deprem hasarları arasında yakın bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Kalitesi kötü olarak sınıflanan bir binanın malzeme işçilik kalitesinin de kötü olması beklenir [259].

Yapıda kalite kavramını geniş bir yelpazede ele almak mümkündür. Yapı hata ve hasarlarını önlemek, ürün kalitesini elde edebilmek ve elde edilen kaliteyi iyileştirebilmek, sürdürebilmek için gereklidir. Bu nedenle, sorunların kaynağına ulaşabilmek önem kazanmaktadır. Yapı hata ve hasarlarını saptamaya ve gidermeye yönelik iki temel yöntem vardır. Birincisi; yapı eleman ve bileşenleri üzerinde gözlem yolu ile elde edilen bulgular, diğeri ise; performans ölçütlerini göz önüne alan performans yaklaşımıdır.

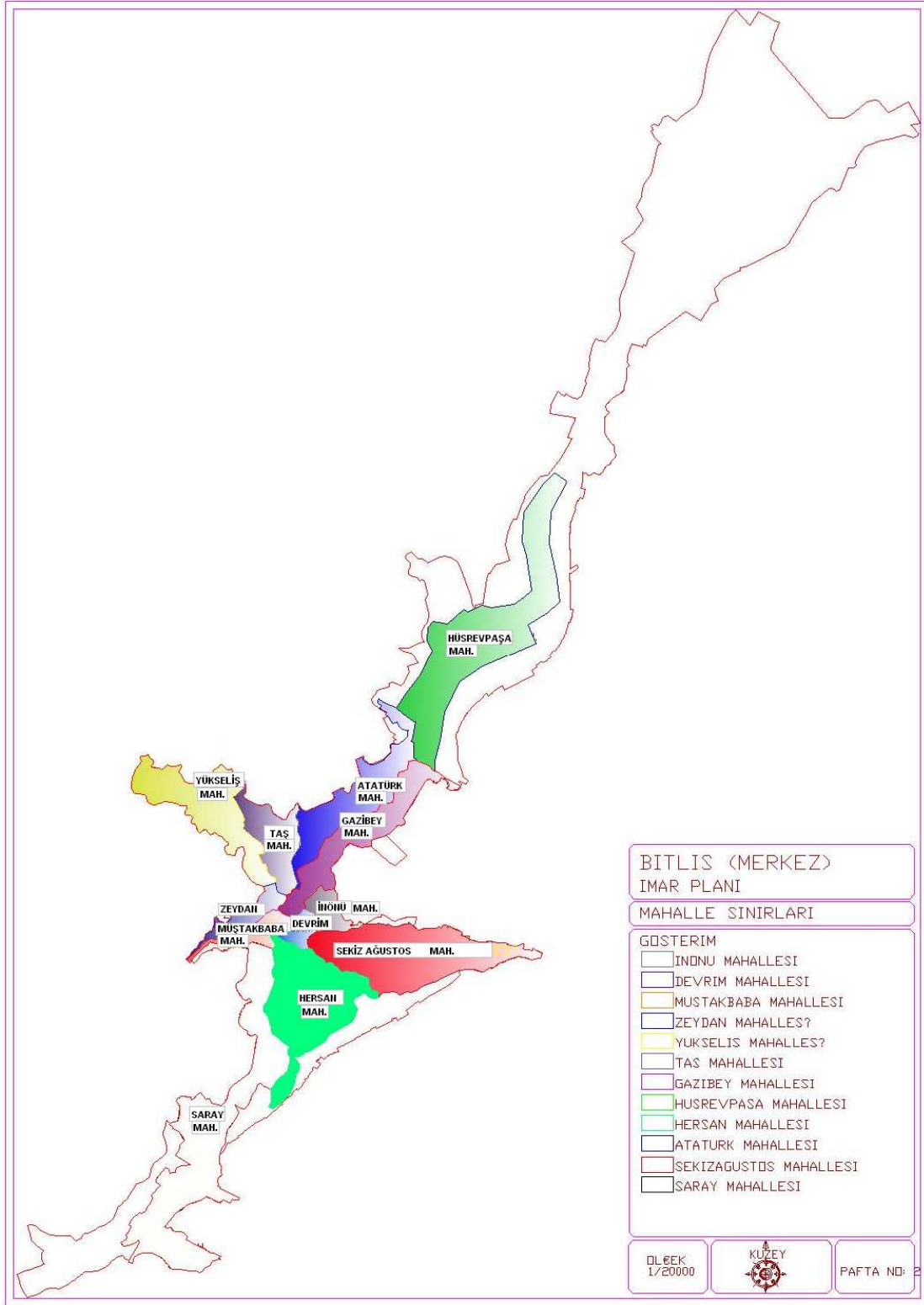
Bitlis ilinde yapılmış sokak taramaları sırasında incelenmiş olan yapıların görünen yapı kalitesi gözlemsel olarak belirlenmiş ve görünen yapı kalitesi verileri “iyi (0)”, “orta (1)” ve “kötü (2)” olarak sınıflandırılmıştır.

Yukarıda açıklanmış olan parametrelerin yanı sıra yapıların deprem sırasında maruz kaldıkları yer sarsıntısının şiddeti en fazla yapının faya uzaklığı ve üzerinde bulunduğu yerel zemin özelliklerine bağlıdır. Deprem tehlikesinin mikro bölge ölçeğinde haritalanması bu iki değişkeni de içerecek şekilde yapılmalıdır. Sismik tehlike ve yer tepki analizleri yapılabilen EZ- FRISK 7.43 [8] adlı bilgisayar programı kullanılarak Bitlis için maksimum yer hızı (PGV) değeri hesaplanmıştır (Şekil 3.1). 50 yıl içerisinde %10 aşılma olasılığı ile depremin yıllık aşılma oranı 0,002107 olarak hesaplanmış ve bu değere denk gelen yer hızı Bitlis için  $PGV > 60$  olarak hesaplanmış olup yapılar değerlendirilirken hız bölgesi I dikkate alınarak yapıların öncelikli deprem puanları hesap edilmiştir.



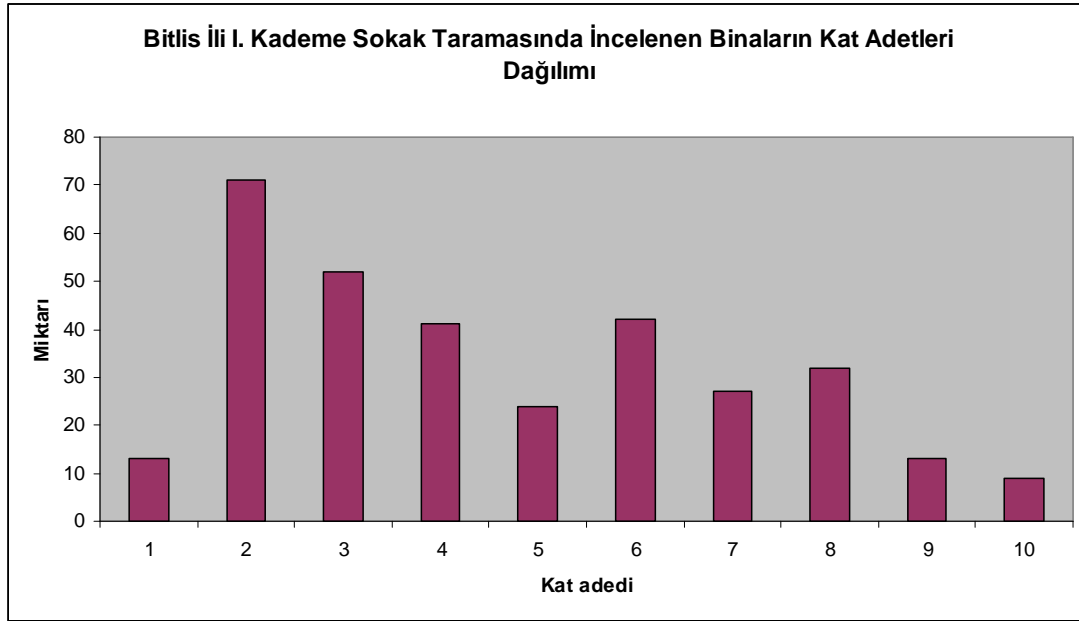
Şekil 3.1. Bitlis için aşılma olasılığı 50 yılda %10 olan deprem için maksimum yer hızının (PGV) hesaplanması

Bitlis; kentsel yerleşimi oluşturan oniki mahalle ve yakın çevresindeki köyleri kapsamaktadır. Kentsel yerleşimi oluşturan oniki mahalle ve sınırları şekilde gösterilmiştir ( Şekil 3.2)



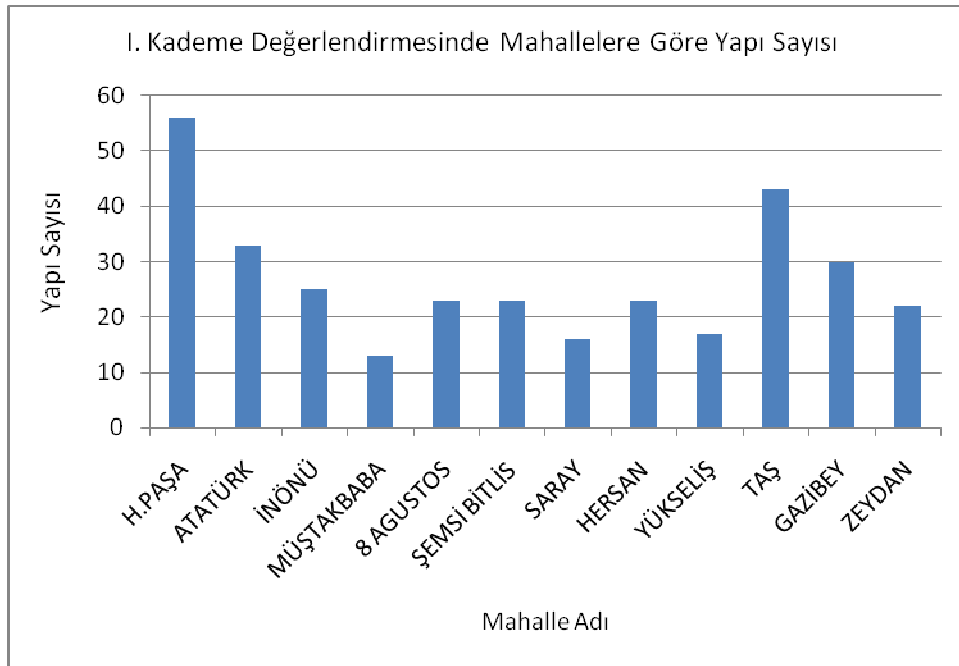
Şekil 3.2: Bitlis İlinin kentsel yerleşim alanlarını oluşturan mahalleler

I. kademe değerlendirme yapılırken Bitlis İli'nin tüm mahallelerinden örnekler alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu bağlamda incelen binaların kat adetlerine göre dağılımı aşağıda belirtilmiştir (Şekil 3.3 ).



Şekil 3.3. I. kademe sokak taramasında incelenen binaların kat adetlerine göre dağılımı

I. kademe değerlendirme yapılırken hangi mahalleden ne kadar bir yapı stoğunun örnek olarak alındığı aşağıdaki şekilde verilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Bitlis İli için yapılan I.kademe değerlendirilmesinde mahallelere göre yapı sayısı

I. Kademe Sokak taramasında dikkate alınan olumsuzlukların Bitlis ili için incelenen yapıların ne kadarlık bir kısmında hangi miktarda gözlemlendiği aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.1 )



Tablo 3.1: Bitlis İli için sokak taraması sonucu gözlemlenen olumsuzluk parametrelerinin dağılımı

PARAMETRE		MİKTARI
YAPI TÜRÜ	BETONARME	
KISA KOLON	VAR	136
	YOK	188
AĞIR ÇIKMALAR	VAR	172
	YOK	152
YUMUŞAK KAT	VAR	109
	YOK	215
ÇARPIŞMA ETKİSİ	VAR	179
	YOK	145
YAMAÇ ETKİSİ	VAR	149
	YOK	175
GÖRÜNEN YAPI KALİTESİ	İYİ	94
	ORTA	148
	KÖTÜ	82

I.kademe değerlendirmeye esas olan yapıların deprem puanları hesaplanırken aşağıda tabloda verilen ve Bitlis ilinin de içinde bulunduğu hız bölgesi I' e göre önce binanın kat adetine göre daha sonra her olumsuzluk parameteresi için puan azaltılmaktadır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Betonarme binaların deprem puanlaması

Kat Adedi	Hız Bölgesi I	Yumuşak Kat	Ağır Çıkma	Görünen Kalite	Kısa Kolon	Çarpışma Etkisi	Tepe/ Yamaç etkisi
1-- 2	100	0	0	-10	-5	0	0
3	90	-10	-5	-10	-5	-2	0
4	75	-15	-10	-10	-5	-3	-2
5	65	-20	-10	-10	-5	-3	-2
7	65	-20	-10	-10	-5	-3	-2

Sokak taraması sonucu incelenen herhangi bir yapının deprem puanı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Bina Deprem Puanı} = (\text{hız bölgesi puanı}) - \sum_{1}^{5} (\text{olumsuzluk parametresi}) * (\text{olumsuzluk puanı}) \quad (3.3)$$

Yapılan hesaplamalar sonucu I.kademe değerlendirilmede dikkate alınan yapıların deprem puanları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. I.kademe değerlendirilmede incelenen binaların deprem puanları

MAHALLE ADI	Deprem puanı 0 – 65 olan yapı sayısı	Deprem puanı 66 – 80 olan yapı sayısı	Deprem puanı 81 – 100 olan yapı sayısı	Toplam yapı sayısı
H.PAŞA	45	8	3	56
ATATÜRK	23	5	5	33
İNÖNÜ	17	3	5	25
MÜŞTAKBABA	6	2	5	13
8 AGUSTOS	6	5	12	23
ŞEMİ BİTLİS	13	8	2	23
SARAY	6	3	7	16
HERSAN	17	3	3	23
YÜKSELİŞ	10	2	5	17
TAŞ	34	5	4	43
GAZİBEY	15	10	5	30
ZEYDAN	11	5	6	22
TOPLAM	203	59	62	324

Buna göre binaların deprem önceliğinin belirlenmesinde aşağıda verilen deprem puanı sınır değerleri kullanılmıştır (Tablo 3.4)

Tablo 3.4. Binalarda öncelik deprem puanlaması

Bina Önceliği	Deprem Puanı
1. öncelik	0 – 65
2. öncelik	66 – 80
3. öncelik	80 - 100

I. kademe değerlendirmesine göre incelenen binaların %63'ü birinci öncelikli ; %18'i ikinci öncelikli ve %19'u üçüncü öncelikli olarak incelenmelidir. Birinci öncelikli bina sayısının bu kadar çok olması yapıların çok azının mühendislik hizmeti aldığını ve yapılan projelere uygun yapılaşma oranının az olduğunu göstermektedir.

Bitlis ilinin yapı stoğu incelendiğinde hane başına düşen insan sayısı açısından Türkiye'nin yüksek yoğunluklu ilk on ili arasında yer almaktadır [234]. Bu da oluşabilecek bir depremden dolayı yapılardaki kayıpların doğrudan meydana gelebilecek can kayıplarını arttırması anlamına gelmektedir. Bu da Bitlis yapı stoğunu incelemeye değer kılmaktadır. Bundan sonra Bitlis İlinde yapılaşma sırasında yönetmeliklere titizlikle uyulması gerektiği sonucunu doğurmaktadır.

Bitlis şehir merkezine çevre köylerden göç almaktadır. Bu göçle birlikte ilde nüfus hızla artmakta, bu göçün etkisiyle coğrafik bakımından dar bir alana sahip olan yerleşim birimlerinde daralmalara sebebiyet vermekle birlikte çarpık kentleşme ve yeşil alanların küçülmesini beraberinde getirmektedir.

Bitlis kentinde sit alanları Kültür Bakanlığı, Diyarbakır Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun 1.12.1989 tarih ve 317 sayılı kararı ile tescil edilmiştir. Kent merkezinin kuzeyinde Taş, batısında Zeydan ve Müştakbaba, doğusunda İnönü mahalleleri kısmen veya tamamen 1. Derece kentsel sit alanı. Bitlis kalesi 1. Derece arkeolojik sit alanı. Bitlis Kalesinin kuzeybatısındaki Kömüs Vadisi ile kentin güneyinde Hersan Mahallesinin yer aldığı Hersan Çayı Vadisi doğal oluşum ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle III. Derece doğal sit alanı olarak tescil edilmiştir.

### **3.1.2. İkinci Kademe Değerlendirme**

Bitlis İli için I. Kademe değerlendirilmesi tamamlandıktan sonra P25 V.2 yöntemi kullanılarak yapıların II. Kademe değerlendirilmesi tamamlanmıştır. Bu yöntem ilk olarak Boğaziçi Üniversitesi profesörlerinden Semih S. Tezcan tarafından gündeme getirilmiştir. Bilahare Doç. Dr. F. Gülten Gülay ve Dr. İhsan Engin Bal'ın katkıları ile geliştirilmiştir. Daha sonra TÜBİTAK Kurumu da projeye dahil olmuştur. Tüm bu gelişmelerden sonra proje "Betonaarme Yapıların Deprem Güvenliği Konusunda Geliştirilen P25 Puanlama Yönteminin Kalibrasyonu ve Pilot Bölge Uygulaması" adını almıştır. Proje (P25 V2) kod ve (106M278) no ile TÜBİTAK arşivinde yer almıştır [265, 266]. Söz konusu yöntemin esası aşağıda gösterilmiştir.

Söz konusu yöntemde yapıda mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak bulunan  $P1$  temel yapısal puanı ile birlikte, binanın değişik göçme modlarını da göz önüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır. Son olarak, bu puanların birbirleri ile etkileşimini, ayrıca yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de göz önüne alan bir  $P$ - sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen  $P$ -sonuç puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında ya kesin bir bilgi edinilmekte veya finansal verilere göre belirlenen bir kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir. Önerilen hızlı değerlendirme yönteminde binanın  $P$ -sonuç puanını hesaplayabilmek için öncelikle söz konusu binanın  $P1$ ,  $P2$ , ...,  $P7$  olmak üzere yedi ayrı göçme riskini temsil eden 7 farklı değerlendirme puanı hesaplanır. Bu risklerin birbirleri ile etkileşime girip girmediklerini saptamak için her  $P_i$  puanı için belirlenen ağırlık çarpanı da dikkate alınarak  $P_w$ - ağırlıklı ortalama puan hesaplanır. Daha sonra,  $P_i$  puanlarının en küçüğü olan  $P_{min}$  puanı için  $P_w$ -ağırlıklı ortalama puanına bağlı olarak  $P_i$  göçme kriterlerinin birbirleri ile etkileşimini temsil eden bir  $\beta$ -çarpanı bulunur. Ayrıca, binanın önem derecesini, bölgenin depremsellik derecesini, binanın hareketli yük katsayısını ve binanın oturduğu arazinin topoğrafyasını temsil eden bir  $\alpha$ - çarpanı ile düzeltme yapılır. Elde edilen  $P$ - sonuç performans puanının değerine göre söz konusu binanın yıkılma potansiyeli olup olmadığı konusunda bilgi edinilir [265, 266].

$P1$  temel yapısal puan hesaplanırken yapısal düzensizlik katsayıları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.5)

Tablo 3.5. Yapısal düzensizlik katsayıları ( $f_i$ )

Katsayı	Tanım	Risk Seviyesi		
		Yüksek	Az	Yok
$f_1$	Burulma Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
$f_2$	Döşeme Süreksizliği	0.90	0.95	1.00
$f_3$	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	0.65 -0.70	0.90	1.00
$f_4$	Kütle Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
$f_5$	Korozyon Mevcudiyeti	0.90	0.95	1.00
$f_6$	Ağır Cephe Elemanları	0.90	0.95	1.00
$f_7$	Asma Kat Mevcudiyeti	0.90	0.95	1.00
$f_8$	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	0.80	0.90	1.00
$f_9$	Beton Kalitesi	$f_9 = (f_c / 20)^{0.5}$		
$f_{10}$	Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş	$f_{10} = [(I_x + I_y) / 2 I_b]^{0.15} \leq 1.0$		
$f_{11}$	Etriye Sıklığı	$f_{11} = 0.60 \leq (10 / s)^{0.25} \leq 1.0$		
$f_{12}$	Zemin Sınıfı	0.90 (Z4 için)	0.95 (Z3 için)	1.00 (Z2, Z1 için)
$f_{13}$	Temel Tipi	0.80 - 0.90 (Tekil temel)	0.95 (Sürekli temel)	1.00
$f_{14}$	Temel Derinliği	0.90 (1m'den az)	0.95 (1 – 4m arası)	1.00 (4mden fazla)

Yapısal düzensizlik katsayıları olan  $f_i$  katsayılarının tanımları ve aldıkları değerler Tablo 3.5' de verilmiştir. Bu değerlerin  $P_0$  puanı ile arka arkaya çarpılması sureti ile  $P_1$  puanı aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$P_1 = P_0 \cdot \left( \prod_{i=1}^{14} f_i \right) \quad \text{Denk. 3.4}$$

$P_1$  temel yapısal puanın yanı sıra  $P_2$  – Kısa Kolon Puanı,  $P_3$  – ‘Yumuşak Kat’ ve ‘Zayıf Kat’ Puanı,  $P_4$  – Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı,  $P_5$  – Çarpışma Puanı,  $P_6$  – Sıvılaşma Potansiyeli Puanı,  $P_7$  – Toprak Hareketleri Puanı olmak üzere puanları da hesaplanarak  $P_{\min}$  puanı bulunur. Bulunan bu puanın binanın ve yörenin özelliklerine göre ayrıca bir  $\alpha$  – çarpanı ile düzeltilmesi gerekmektedir.  $\alpha$  – çarpanı; bina önem katsayısı  $I$ , deprem bölgesine gören tayin edilen efektif ivme katsayısı  $A_0$ , hareketli yük çarpanı  $n$  ve topografik konum katsayısı  $t$  göz önüne alınarak aşağıdaki denklemden hesaplanır.

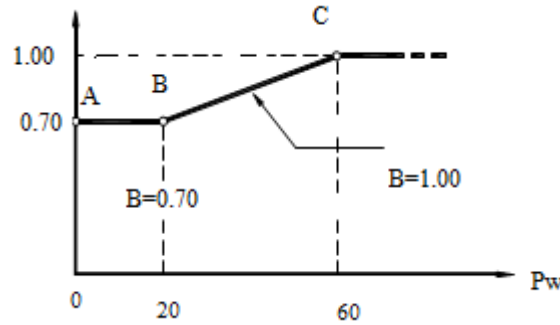
$$\alpha = (1/I)(1.4 - A0) [1/(0.4n + 0.88)] t \quad (3.5)$$

Topoğrafik  $t$  katsayısının nominal değeri yani bina düzlükte ise  $t = 1.0$ 'dir. Bu katsayı, incelenen binanın bir tepenin üstüne kurulu olması durumunda  $t = 0.7$  ve dik bir yamaçta kurulu olması durumunda ise  $t = 0.85$  değerini almaktadır.

### $\beta$ – Düzeltme çarpanı

Binanın sonuç performans puanı daha önce hesaplanan 7 adet  $P_i$  puanının ağırlıklı olarak birbirleri ile etkileşimleri yolu ile belirlenmektedir. Bunun için önce  $P_i$  puanları içinden  $P_{min}$  minimum puanı saptanır ve ağırlık katsayısı olarak  $w = 4$  ile çarpılır. Diğer  $P_i$  puanları Tablo 3.6' da verilen ağırlık puanları ( $w_i$ ) ile çarpılarak 3.4 yardımı ile ağırlıklı ortalama puanı  $P_w$  saptanır. Ağırlıklı ortalama puanı  $P_w$  kullanılarak Şekil 3.5 yardımı ile bir  $\beta$  – düzeltme çarpanı elde edilir.

$$P_i = \Sigma ( w_i P_i ) / \Sigma w_i \quad (3.6)$$



Şekil 3.5.  $\beta$  katsayısının değişimi

Tablo 3.6. Çeşitli puanlar için ağırlık oranları

Ağırlık puanı	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$	$P_{min}$
$w_i$	4	1	3	2	1	3	2	4

### $P$ - Sonuç puanı

Yukarıda hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  – çarpanları yardımı ile binanın performansını belirleyen  $P$  sonuç puanı :

$$P = \alpha \beta P_{min} \quad (3.7)$$

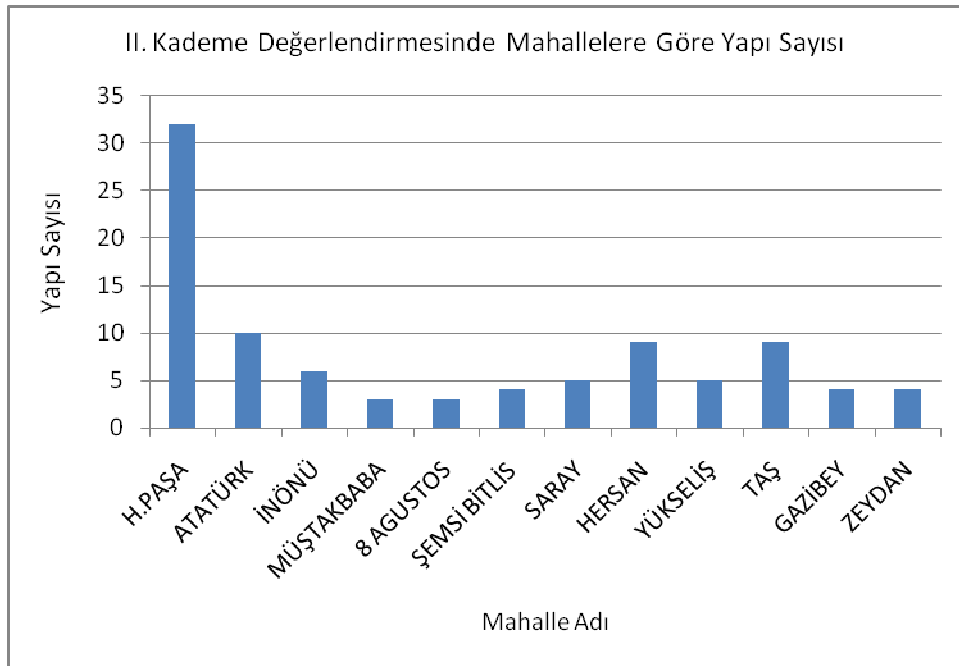
Şeklinde hesaplanır. Burada  $P_{min}$  birbirinden bağımsız olarak hesaplanan ve yukarıda tarif edilen yedi adet  $P_i$  değerlendirme puanı arasından en küçüğüdür. Bulunan bu  $P_i$  değerlendirme puanına göre yapıların III. kademe değerlendirmeye alınıp alınmayacaklarına karar verilmektedir. Bu bağlamda bulunan bu değerlendirme puanı;

$$0 < P \leq 24 \rightarrow \text{Göçer!}$$

$$25 < P \leq 34 \rightarrow \text{Analiz!}$$

$$35 < P \leq 100 \rightarrow \text{Göçmez!}$$

I.Kademe değerlendirme aşamasında değerlendirmeye alınan toplam 324 adet yapıdan 94 adedi seçilmiş ve bu binalara P25 V.2 yöntemi uygulanmıştır. Değerlendirme yapılırken Bitlis İlinde bulunan her mahalleden örnekler alınmıştır. Seçimlerin çoğunluğu özellikle son yıllarda daha çok yapılaşmanın gerçekleştiği ve daha çok nüfus yoğunluğu olan Hüsrevpaşa Mahallesi'nde yapılmıştır. Hüsrevpaşa Mahallesi daha çok konut olarak kullanılan yapıların varlığı ile dikkat çekmektedir. Ancak yapılaşmanın artması sonucu kamu kurumları da bu mahalleye yönelmiştir. Dolayısıyla diğer mahallelerden daha ziyade incelenmeye değer bir konuma gelmiştir. Yapılan II. Kademe değerlendirmesinde dikkate alınan yapıların mahalle bazında dağılımları aşağıda verilmiştir. ( Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Bitlis İli için yapılan II. kademe değerlendirilmesinde mahallelere göre yapı sayısı

Yapılan değerlendirme için yöntem katkısı olan İhsan Engin BAL tarafından hazırlanan Microsoft Office Excel formatında program kullanılmıştır. Değerlendirme işlem adımlarına geçilmeden önce incelenecek yapıların mühendislik hizmeti alıp almadıkları kontrol edilmiş, almış iseler yapılar ile ilgili mühendislik projeleri temin edilmiş, yapıların projelerine uygun yapıp yapılmadıkları, yapı içinde yapılan birebir ölçümlerle kontrol edilmiştir. Ayrıca beton test çekici kullanılarak beton kalitesi tespit edilmiştir. Donatı tespit cihazı da kullanılarak enine donatı hakkında bilgi edinilmiştir. Projelerin kontrolü ve yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler programa yüklenip yapılar için değerlendirmeye esas olan sonuç puanlar elde edilmiştir. Yapılan II. kademe değerlendirmede dikkate alınan 94 adet binanın kat adetlerine göre dağılımı aşağıda verilmiştir (Tablo 3.7)

Tablo 3.7. II. kademe değerlendirme esas olan yapıların kat adetleri dağılımı

Kat adetleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Bina Sayısı	3	16	10	10	10	17	4	15	3	5	1

Bu değerlendirme yapılırken her kat adedinden yapılar dikkate alınmıştır. Az katlı betonarme yapılarda puan yüksek çıkarken yani risk çok çok az iken kat adedi arttıkça yapıların sonuç puanları aşağılara doğru azalım göstermiştir. Bu bağlamda özellikle yapı kat adedi 4 ve üzeri betonarme yapılarda risk oranı yapının dikkate alınan diğer özelliklerinin olumsuzluğu ile daha da artacaktır. Buradan özellikle Bitlis İli'nde yapılacak özellikle çok katlı yapılarda proje hazırlık aşamasından yapının tamamlanışına kadar geçen sürede çok ciddi bir şekilde denetleme yapılması gerektiğini göstermektedir. Özellikle Bitlis İli'nin topografik yapısının çok eğimli olması ve yapı yapılacak alanlarının azlığından dolayı bitişik olarak inşa edilecek yapıların yapımında daha hassas davranmak ve yeni yapılacak binalara komşu olacak yapıların özelliklerinin doğru olarak tespit edilmesi ayrıca önem kazanacaktır. Ayrıca Bitlis İli'nde henüz başlamayan yapı denetim mekanizması bir an önce hayata geçirilmelidir.

II. kademe değerlendirme yapılırken kullanılan P25.V.2 yöntemi sonucu değerlendirmeye esas olan 94 adet binanın sonuç puanları aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Tablo 3.8.).



Tablo 3.8. II. kademe değerlendirme sonucu elde edilen sonuç puanlar

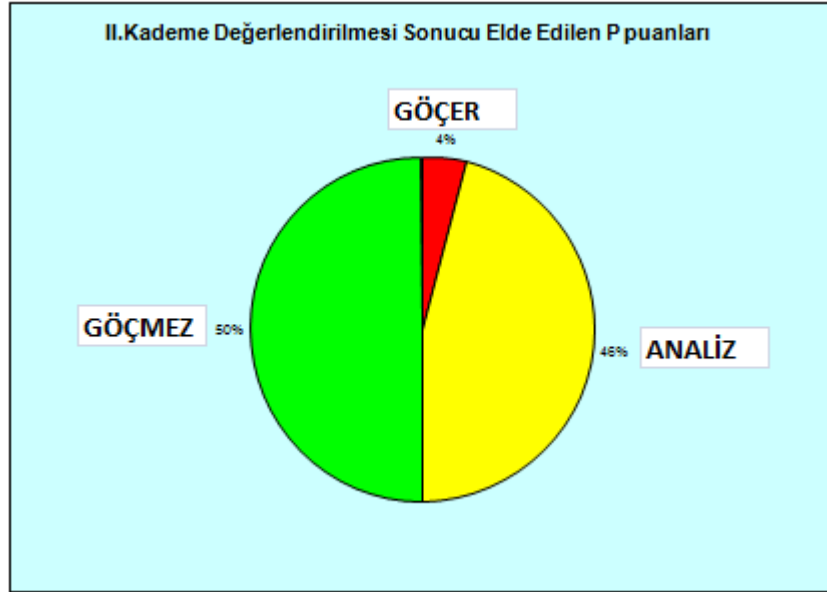
Bina No	P25 puanı	Sonuç	Bina No	P25 puanı	Sonuç	Bina No	P25 puanı	Sonuç
1	25	Analiz	32	33	Analiz	63	48	Göçmez
2	30	Analiz	33	30	Analiz	64	43	Göçmez
3	34	Analiz	34	34	Analiz	65	51	Göçmez
4	26	Analiz	35	31	Analiz	66	40	Göçmez
5	34	Analiz	36	90	Göçmez	67	43	Göçmez
6	30	Analiz	37	31	Analiz	68	28	Analiz
7	27	Analiz	38	60	Göçmez	69	30	Analiz
8	27	Analiz	39	40	Göçmez	70	40	Göçmez
9	31	Analiz	40	43	Göçmez	71	31	Analiz
10	39	Göçmez	41	33	Analiz	72	90	Göçmez
11	34	Analiz	42	39	Göçmez	73	20	Göçer
12	25	Analiz	43	39	Göçmez	74	22	Göçer
13	26	Analiz	44	50	Göçmez	75	26	Analiz
14	77	Göçmez	45	44	Göçmez	76	30	Analiz
15	37	Göçmez	46	85	Göçmez	77	28	Analiz
16	43	Göçmez	47	43	Göçmez	78	42	Göçmez
17	40	Göçmez	48	85	Göçmez	79	34	Analiz
18	43	Göçmez	49	34	Analiz	80	34	Analiz
19	84	Göçmez	50	60	Göçmez	81	31	Analiz
20	50	Göçmez	51	30	Analiz	82	41	Göçmez
21	30	Analiz	52	51	Göçmez	83	24	Göçer
22	43	Göçmez	53	34	Analiz	84	70	Göçmez
23	96	Göçmez	54	77	Göçmez	85	34	Analiz
24	100	Göçmez	55	100	Göçmez	86	33	Analiz
25	25	Analiz	56	40	Göçmez	87	26	Analiz
26	27	Analiz	57	43	Göçmez	88	26	Analiz
27	100	Göçmez	58	52	Göçmez	89	50	Göçmez
28	77	Göçmez	59	30	Analiz	90	46	Göçmez
29	28	Analiz	60	28	Analiz	91	14	Göçer
30	29	Analiz	61	43	Göçmez	92	32	Analiz
31	70	Göçmez	62	26	Analiz	93	43	Göçmez
						94	43	Göçmez

Bitlis için yapılmış olan II. kademe değerlendirmesinde incelenen 94 adet yapının sonuç puanlarının gruplandırma yapılarak elde edilen sonuçları aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3. 9).

Tablo 3.9. II. kademe değerlendirme sonucu yapı puanlarının gruplandırılması

P Puan Aralığı	Yapı sayısı
$0 < P \leq 24$	4
$24 < P \leq 34$	43
$34 < P \leq 100$	47

P25 V.2. puanlama sistemine göre II. Kademe değerlendirmesine tabi tutulan yapıların sonuç puanlarının dağılımı aşağıda yapılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. II. kademe değerlendirmede dikkate alınan binaların sonuç puanlarının dağılımı

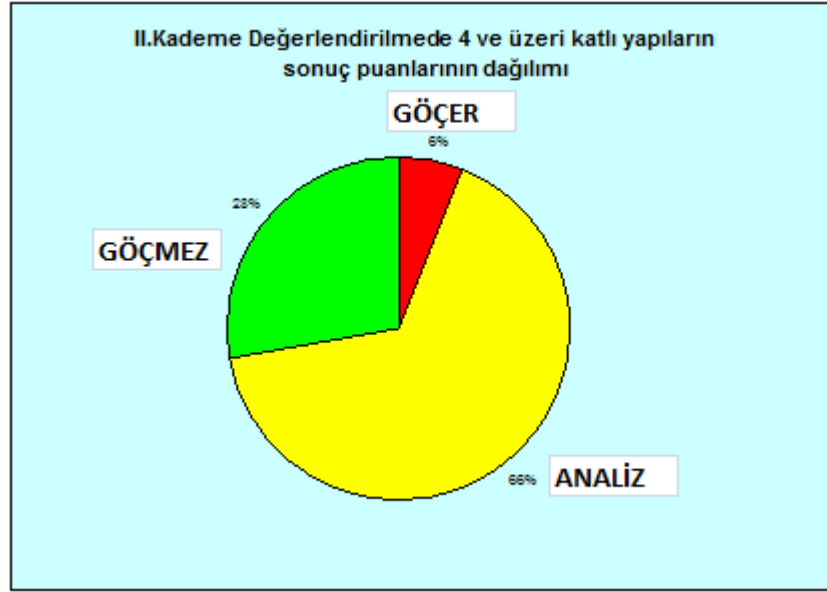
II. kademe değerlendirme sonucunda değerlendirmeye tabi tutulan binaların %46'sı için III. Kademe değerlendirme yapılması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Yapılan değerlendirme sonucu dikkate alınan 94 adet yapıdan 29 adetinin 1-3 katlı olması ve bu tür yapıların sonuç puanlarının 60 puanın üzerinde çıkması, az katlı betonarme yapıların dayanımının daha iyi olduğunu göstermektedir. Eğer az katlı bu betonarme yapılar dikkate alınmaz ise incelenen yapıların puan aralıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.10).

Tablo 3.10. II. kademe değerlendirmeye tabi olan 4 ve üzeri katlı yapıların puanlarının gruplandırılması

P Puan Aralığı	Yapı sayısı
$0 < P \leq 24$	4
$25 < P \leq 34$	43
$35 < P \leq 100$	18

Bu çalışmada incelenmiş olan 4 ve üzeri katlı betonarme yapıların sonuç puanları aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Dört ve üzeri katlı betonarme yapıların sonuç puanları

Şekil 4.7' den görüleceği üzere 1-3 katlı yapılar dikkate alınmadığında değerlendirmeye esas olan yapıların %66'lık bir kısmı detaylı analize tabi tutulmalıdır. Bu oran Bitlis yapı stoğunun incelenmesi açısından da oldukça önemli bir değerdir. Mevcut yapı stoğunda 4 ve üzeri kat adedine sahip her on yapıdan yedi adedinin detaylı olarak incelenmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca sonuç puanı 24 ve altı çıkan dört yapının da bir an önce güçlendirilmesi gereği söz konusu olmaktadır. Bu bağlamda bu dört adet yapıdan biri olan ve sonuç puanı 14 çıkan 91 nolu Bitlis Türk Telekom Binası'nın güçlendirme projeleri hazırlanmış ve bu yapının güçlendirme işlemleri çok yakın bir zamanda tamamlanmıştır. II. kademe değerlendirmede incelenen toplam 94 adet yapının sokak taraması yöntemiyle elde edilen puanları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. II. kademe değerlendirmede incelen yapıların I.kademe puanları

Bina Önceliği	Deprem Puanı	Yapı Sayısı
1. öncelik	0 – 65	71
2. öncelik	66 – 80	16
3. öncelik	81 - 100	7

I. kademe değerlendirmeye göre bulunan sonuç puanları ile II. kademe sonuç puanları arasında bir uyumun olduğu gözlemlenmiştir. Her ne kadar sokak tarama yöntemi ile mevcut yapıların değerlendirmesi çok sağlıklı olmaz ise de öncelikle incelenmesi gereken yapılar hakkında ön fikir verme aşamasında kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Sokak tarama yöntemine göre 94 adet yapının %75’i 1.öncelikli yapı grubuna girmektedir.

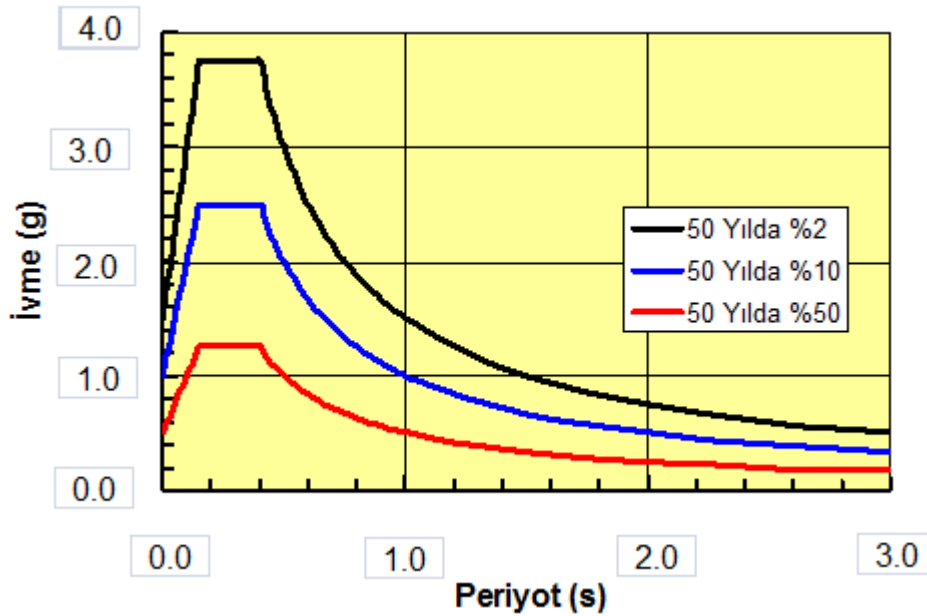
### 3.1.3. Üçüncü Kademe Değerlendirme

#### 3.1.3.1. Performansa dayalı değerlendirme

Ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan büyük depremler sonrası, mevcut yapıların deprem güvenliğinin tespiti çok önem kazanmıştır. Ancak bugüne kadar gerçekleştirilen incelemeler bir düzen dahilinde yapılmamıştır. İşte bu eksikliğin doldurulması amacı ile ülkemizde ilk defa bu yönetmelikte betonarme, çelik ve yığma yapı türleri için; “mevcut yapıların değerlendirilmesi” izah edilmekte ve uygulamaya yönelik yöntemler sunulmaktadır. Ayrıca değerlendirme sonucu yetersiz görülen yapılar için güçlendirme yöntemleri ile ilgili açıklamalar da verilmiştir. Bu kapsam dâhilinde bazı tanımlar yapılmaktadır. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde uygulamaya yönelik pek çok belirsizlik bulunacağı düşünülürse bu tip tanımlar yapmak kaçınılmazdır. Mevcut bir yapının değerlendirilebilmesi için öncelikle yapı hakkında temin edilebilecek ne kadar veri varsa toplanmalıdır. Toplanması gereken bilgiler şu şekildedir: Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutlarından, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgilerden, binaların projelerinden ve raporlarından binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Performansa Dayalı Tasarım'la ilgili olarak yapılan çalışmaları iki farklı şekilde ele almak mümkündür: (1) Doğrudan doğruya sadece binaların kapasitelerini (statik itme – pushover eğrisi) hesaplayan yöntemler ve (2) kapasite ile birlikte deprem istemini de hesaplayan yöntemler. İtme eğrisinin, analiz edilen taşıyıcı sistemin doğrusal elastik olmayan (nonlinear) dayanım ve yerdeğiştirme kapasitelerini global olarak göstermenin ötesinde doğrudan bir anlamı bulunmamaktadır. Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, Aydınoglu [271, 272], Chopra ve Goel [28] ve Freeman ve diğ. [273] 'nın çalışmalarında olduğu gibi, deprem isteminin de hesaplanması, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın belirlenmesi gerekmektedir.

Performansa Dayalı Deprem Mühendisliği'nde amaç, olası bir depremde performansları belirlenebilen güvenli yapıların inşa edilmesini sağlamaktır. Bu bağlamda, öncelikle yapıların maruz kalacağı olası deprem tehlikesinin yerel olarak gerçekçi bir şekilde belirlenmesi, büyük önem taşımaktadır (Şekil 3.9).

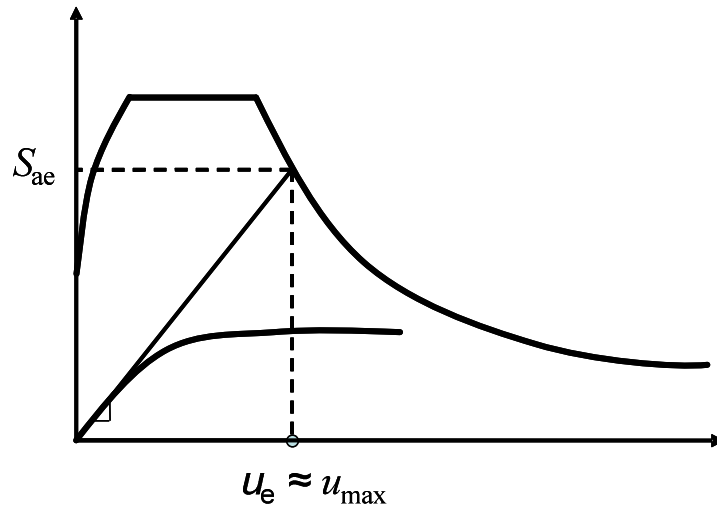


Şekil 3.9. Farklı deprem aşılma olasılıkları için spektrum eğrileri

İkinci aşama, belirlenen bu deprem tehlikesinin gerçekleşmesi durumunda, yapıdan beklenen performans düzeyine karar verilmesidir. Son aşama ise, doğrusal elastik olmayan (nonlinear) yapı analizleri ile tasarımı gerçekleştirmektir.

Performans, depreme karşı dayanıklı yapıların tasarımında yeni bir kavram değildir. Geleneksel deprem yönetmeliklerinde benimsenen, “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesi” ilkesi de belirli bir performans düzeyini kabul eder. Fakat performansa dayalı tasarımda, yapılar için hedeflenen performans düzeyleri, Hemen Kullanım (HK), Can Güvenliği (CG), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) gibi çeşitlilik göstermektedir. Elastik analiz, genel olarak yapının elastik kapasitesi ve ilk akmanın nerede oluşabileceği konusunda yeterli bilgi verebilir. Bu nedenle Hemen Kullanım (HK) performans düzeyi için yeterli sayılabilir. Fakat bu yöntemle, göçme mekanizmasını ve plastik kesitlerin oluşumu sürecinde kuvvetlerin yeniden dağılımını belirlemek imkânsızdır. Bu nedenle Can Güvenliği (CG), Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyleri için elastik ötesi davranışı içeren hesap yöntemlerine ihtiyaç vardır [254, 274]

Performansa (şekildeğiştirme, deplasman veya yerdeğiştirme) göre tasarımda, kuvvete dayalı tasarımdakinin aksine dayanım, doğrusal elastik olmayan yöntemlerle yapılan hesaplarla bilinmekte, bu karşı gelen süneklik istemi ise bulunmaya çalışılmaktadır. Dayanım kapasitesi, malzemelerin “gerilme-birim şekildeğiştirme” ve kesitlerin “moment-eğrilik” ilişkilerinden yararlanarak belirlenebilmektedir. Sözkonusu tasarım yönteminde, depremin yapıdan yerdeğiştirme istemi “eşit yerdeğiştirme kuralı”na bağlı olarak hesaplanmaktadır. Eşit Yerdeğiştirme Kuralı’na göre, yapı yeterince esnekse, örneğin, doğal titreşim periyodu, ivme spektrumu köşe periyodundan büyükse, yapıda meydana gelecek elastik ötesi deplasmanlar, yapının tamamen elastik olması durumunda oluşacak deplasmana eşit olur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Eşit yerdeğiştirme kuralı

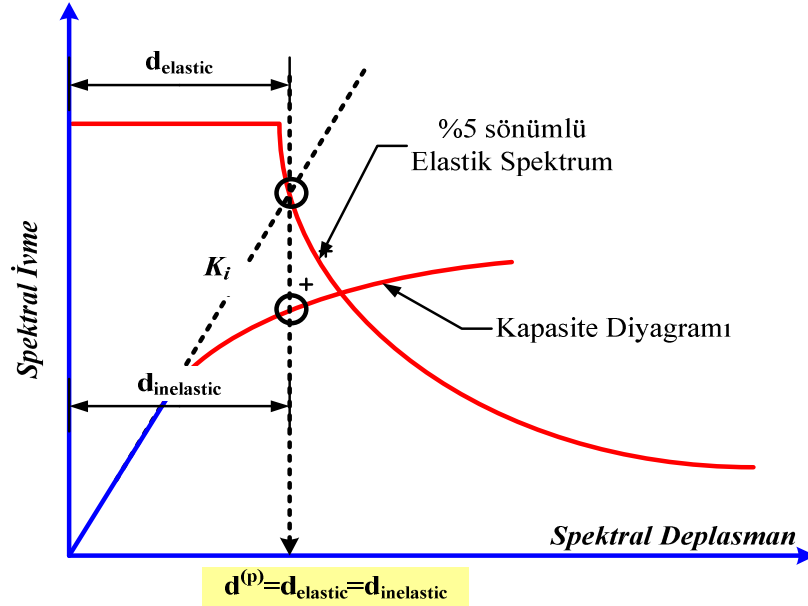
Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde, tasarım yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin sayısal olarak belirlenmesi mümkündür. Bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır [275].

Son yıllarda, deprem bilincinin artması nedeniyle, toplumun büyük bir kesiminin “bi’şey olmaz” düşüncesinden kurtulup daha rasyonel düşünmeye başlaması sonucu, gerek şahıs gerekse kurumsal bazda bina sahipleri binalarının muhtemel bir depreme karşı sergileyecekleri performansı öğrenmek istemektedirler. TDY 2007’nin Yedinci Bölüm’ü bu ihtiyaca cevap verecek niteliktedir.

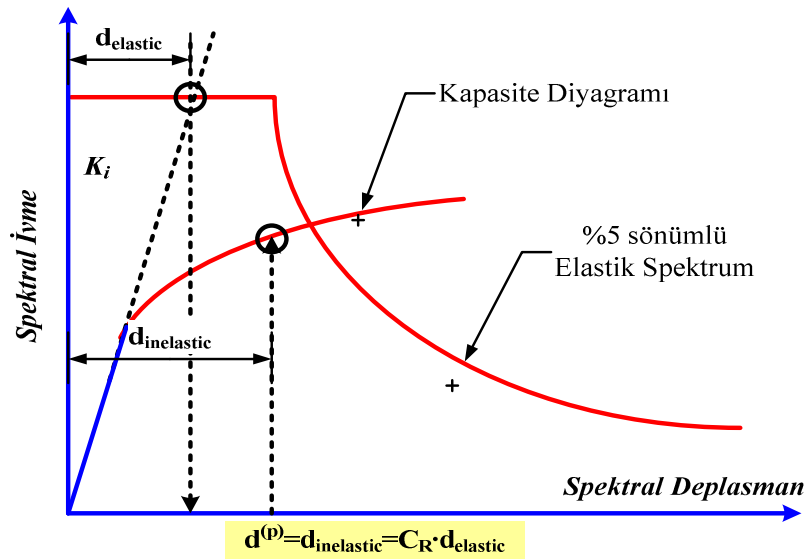
### 3.1.3.2. Eşit yerdeğiştirme kuralı

Yapı sistemlerinin performansının belirlenmesinde kullanılan talep spektrumu (deprem istemi) bir yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir. Nonlineer statik yöntemlerin temel dayanağı veya dayandığı temel varsayım, eğer, bina tamamen elastik davransaydı, yapacağı spektral deplasman, binanın nonlineer davranması durumunda yapacağı inelastik spektral deplasmana eşit olmasını öngören “Eşit Yerdeğiştirme Kuralı”dır (Equivalent Displacement Rule - EDR). Diğer bir ifade ile, belirli bir değerden daha yüksek

periyoda sahip (esnek yapıların) elastoplastik sistemlerin maksimum deplasmanının, aynı periyot ve sönüme sahip elastik sistemlere yaklaşık olarak eşit olması “eşit deplasman kuralı” prensibi olarak bilinmektedir (Şekil 3.11, Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Eşit yerdeğiştirme kuralı: esnek yapılar



Şekil 3.12. Eşit yerdeğiştirme kuralı: rijit yapılar.

Eşit deplasman kuralı özellikle esnek yapılar için sözkonusudur ve geçerlidir. Daha küçük periyotlu veya rijit yapı sistemlerinde, elastik ötesi (inelastik) spektral deplasman değeri elastik spektral deplasmandan daha yüksek değere sahiptir. Bu tür sistemlerde, inelastik deplasmanın hesaplanmasında, spektral yerdeğiştirme oranı ( $C_{R1}$ ) kullanılmaktadır.



Onarım ve güçlendirmeye karar vermede en önemli adım, şüphesiz, yapının maruz kalabileceği sismik tehlikelerin belirlenmesi ve yapının bu tehlike altında göstermesi beklenen performans düzeyine karar verilmesi, aşamasıdır. Sismik tehlike, TDY'07 de, performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda gözönüne alınmak üzere, farklı düzeyde üç deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ile ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu- return period) ile ifade edilirler (Tablo 3.12). TDY'07 Bölüm 2.4'de tanımlanan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisini esas almaktadır. 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumu Bölüm 2.4'de tanımlanan spektrumun yaklaşık olarak yarısı, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumu ise Bölüm 2.4'de tanımlanan spektrumun yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.12: Depremlerin oluşumu arasındaki zaman aralığı

Aşılma Olasılığı	Dönüş Periyodu
50 yılda %50	72
50 yılda %20	225
50 yılda %10	474
50 yılda %2	2475

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem güvenliğinin belirlenmesinde esas alınacak deprem etkileri ve hedeflenecek minimum performans düzeyleri TDY'07 Tablo 7.7'de verilmektedir. Table 7.7 'de verilen hedeflerden daha yüksek hedeflerin bina sahipleri ile birlikte proje müellifinin belirlenmesi mümkündür. Dolayısıyla, ilk aşamada, herhangi bir yapısal çözümlenme yapmadan önce, sismik tehlikenin tanımlanması ve bu tehlikenin gerçekleşmesi durumunda binanın göstereceği performansın belirlenmesi gerekmektedir; örneğin, “50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde benim binam CG (Can Güvenliği) performansını göstermelidir” şeklinde bir hedef ortaya konulmalıdır. Yapısal çözümlenme sonucunda CG performansı çıkarsa, yapıda herhangi bir güçlendirme yapılmayacaktır. Ancak, performans GÖ (Göçme Öncesi) çıkarsa, yapının performansı CG olacak bir biçimde güçlendirilmelidir.

### 3.1.3.3. Hesap yöntemi

Bu çalışmada, ele alınan yapıların deprem performansı doğrusal elastik olmayan yöntemler ile belirlenecektir. Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) yöntemlerin amacı, verilen bir deprem için öncelikle kesit bazında, sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri'nin ve gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemleri'nin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, yine her bir kesit için tanımlanmış bulunan şekil değiştirme kapasiteleri ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, önce kesit bazında ve daha sonra da bina bazında yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır. Bu amaçla, yönetmelik kapsamında bulunan doğrusal elastik olmayan yöntemlerden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılacaktır.

### 3.1.3.4. İtme analizi

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi deprem istemi (demand) ve kapasite (capacity) dir. Deprem İstemi (talep) yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Yapısal kapasite, pushover curve (statik itme veya kapasite eğrisi) ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düzey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır. Nonlinear Statik Yöntem'in esas amacı, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yerdeğiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekil değiştirmelere ilişkin deprem istemi'nin (Seismic Demand) belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesi'dir [276]. Bu nedenle, tek başına, pushover (statik itme) eğrisinin analiz edilen taşıyıcı sistemin nonlinear dayanım ve yerdeğiştirme kapasitelerini global olarak göstermenin ötesinde, doğrudan bir anlamı bulunmamaktadır. Pushover eğrisinin anlam kazanabilmesi için, eğrinin koordinatları, sistemin birinci doğal titreşim modu ile temsil edilen tek serbestlik dereceli (TSD) eşdeğer sistemin yerdeğiştirmesine karşı gelen modal yerdeğiştirme ve aynı sistemin normalize

edilmiş dayanımına karşı gelen modal sözde-ivme (pseudoacceleration) koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Böylece, tanımlanan sismik tehlike etkisi altında eşdeğer TSD sistemdeki en büyük yerdeğiştirmeyi ifade eden nonlinear spektral yerdeğiştirme'den yararlanılarak, deprem istemlerinin elde edilmesi sağlanmaktadır.

Depremle açığa çıkan enerjinin bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Deprem binadan istemi başlangıçta dayanımdır. Fakat bu dayanımı sunamayacağımızdan dolayı, deprem bizden enerjisini tüketmesi için, yeterli dayanım yerine, yeterli şekil değiştirme kapasitesi talep etmektedir. İşte, nonlinear statik yöntemlerde amaç, bu elastik ötesi (plastik) yer değiştirme miktarını hesaplamaktır. Deprem ne kadar yerdeğiştirme istiyor? Yapı bu talebi ne kadar karşılayabilir? Bütün bu nedenlerden dolayı, pushover (statik itme) eğrisinin tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Pushover eğrisini anlamlı hale gelmesi, modal kapasite diyagramına dönüştürülerek talep spektrumu ile birlikte, yapının elastik ötesi yerdeğiştirme kapasitesi hesaplanmasında kullanılması ile mümkündür.

### 3.1.3.5. Modal kapasite diyagramlarının elde edilmesi

Yukarıda da açıklandığı üzere statik itme eğrilerinin anlamlı olabilmesi için modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmesi ve yapının maksimum elastik ötesi yerdeğiştirme kapasitesinin hesaplanması gerekmektedir. Yönetmelik 7.6.5.4 'de açıklandığı gibi bu dönüşüm gerçekleştirildiğinde, ADRS (İvme – Yerdeğiştirme – Davranış Spektrumu) formatında modal kapasite diyagramı elde edilir.

### 3.1.3.6. Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Modal yerdeğiştirme isteminin hesaplanmasındaki amaç, yapı tepe noktası yerdeğiştirme isteminin bulunmasıdır. modal yerdeğiştirme istemi, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme  $S_{di1}$  'e eşittir:

$d_1^{(p)} = S_{di1}$  Hesaplanan modal yerdeğiştirme istemi aşağıda verilen bağıntıda yerine yazılarak yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi bulunur.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \cdot \Gamma_{x1} \cdot d_1^{(p)} \quad (3.8)$$

Doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme  $S_{di1}$  ise  $S_{de1}$  'in spektral yerdeğiştirme oranı  $C_{R1}$  ile çarpılmasıyla elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (3.9)$$

Burada  $S_{de1}$ ,  $S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2}$  bağıntısıyla kolayca hesaplanabilir. Spektral

yerdeğiştirme oranı  $C_{R1}$  ise köşe periyoduna ( $T_B$ ) bağlı olarak hesaplanır. Yapıya ait birinci mod serbest titreşim periyodu, köşe periyodundan büyükse  $C_{R1}=1$  değerini alır. Aksi takdirde  $C_{R1}$  Yönetmelik 7C.2.2 maddesine göre hesaplanması gerekmektedir.

Hesaplanan yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi ile statik itme analizi tekrarlanacaktır. Artık depremin yapıdan istediği yerdeğiştirme miktarı bellidir. Şimdi cevaplanması gereken soru, yapı bu deplasmanı yaparsa kritik kesitlerindeki zorlanmaların durumu veya performansı ne olacaktır? Sorunun cevabı, statik itme analizi hesaplanan yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi olan hedef deplasmana kadar tekrarlanması ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklüklerinin hesaplanması neticesinde elde edilmektir.

Bitlis İli için yapılan II. Kademe değerlendirmeden sonra II. Kademe değerlendirmeye tabi tutulan 94 adet yapıdan 16 adet yapı 3. kademe değerlendirmeye yani detaylı incelemeye tabi tutulmuştur. Bu değerlendirme yapılırken DBYBHY-2007 Bölüm 7'de yer alan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi " Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi " ile performans değerlendirmesi yapılacaktır. Binanın performans değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar ile gerçekte deprem etkisi altındaki hasar durumu karşılaştırılacaktır. Yöntemin gerçeklikle uyumu irdelenecektir. Artımsal statik itme analizi ve performans değerlendirmesi aşamasında ETABS bilgisayar programı kullanılmıştır. Detaylı incelemeye tabi tutulacak yapılar seçilirken her mahalleden yapı örnekleri dikkate alınmıştır. Ayrıca bu değerlendirme yapılırken yapıların ilk 2 kademe değerlendirmesinde elde edilen puanlar da dikkate alınmıştır. Yapılan III. Kademe değerlendirmesinde dikkate alınan yapıların mahalle bazında dağılımları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.13 ).

Tablo 3.13. III. kademe değerlendirmesinde incelenen yapıların mahalle bazında dağılımı

MAHALLE ADI	YAPI SAYISI
H.PAŞA	4
ATATÜRK	1
İNÖNÜ	1
MÜŞTAKBABA	1
8 AGUSTOS	1
ŞEMŞİ BİTLİS	1
SARAY	1
HERSAN	1
YÜKSELİŞ	1
TAŞ	2
GAZİBEY	1
ZEYDAN	1
TOPLAM	16

III. kademe değerlendirmeye tabi tutulan 16 binanın I. ve II. kademe değerlendirmeye göre sonuç puanları aşağıda verilmiştir (Tablo 3.14 ).

Tablo 3.14. III. kademe değerlendirmeye esas olan binaların I. ve II. kademe puanları

Bina No	I.kademe puanı	II. kademe puanı
4	25	26
5	23	34
7	17	27
8	17	27
10	30	39
13	15	26
21	30	30
34	50	34
49	30	34
62	5	26
66	40	40
69	12	30
73	20	20
74	10	22
75	10	26
76	22	30

III. kademeye tabi tutulan binaların tümünün I. kademe değerlendirme sonucunda birinci öncelikli yapı sınıfına girdiği görülmektedir. Bu yapıların II. kademe değerlendirme sonucunda iki adedi göçme riski taşımakta, on iki adedi için detaylı analiz yapılması gerektiği ve geriye kalan iki adedi için ise herhangi bir risk olmadığı görülmektedir.

### 3.1.3.7. Artımsal statik itme analizi

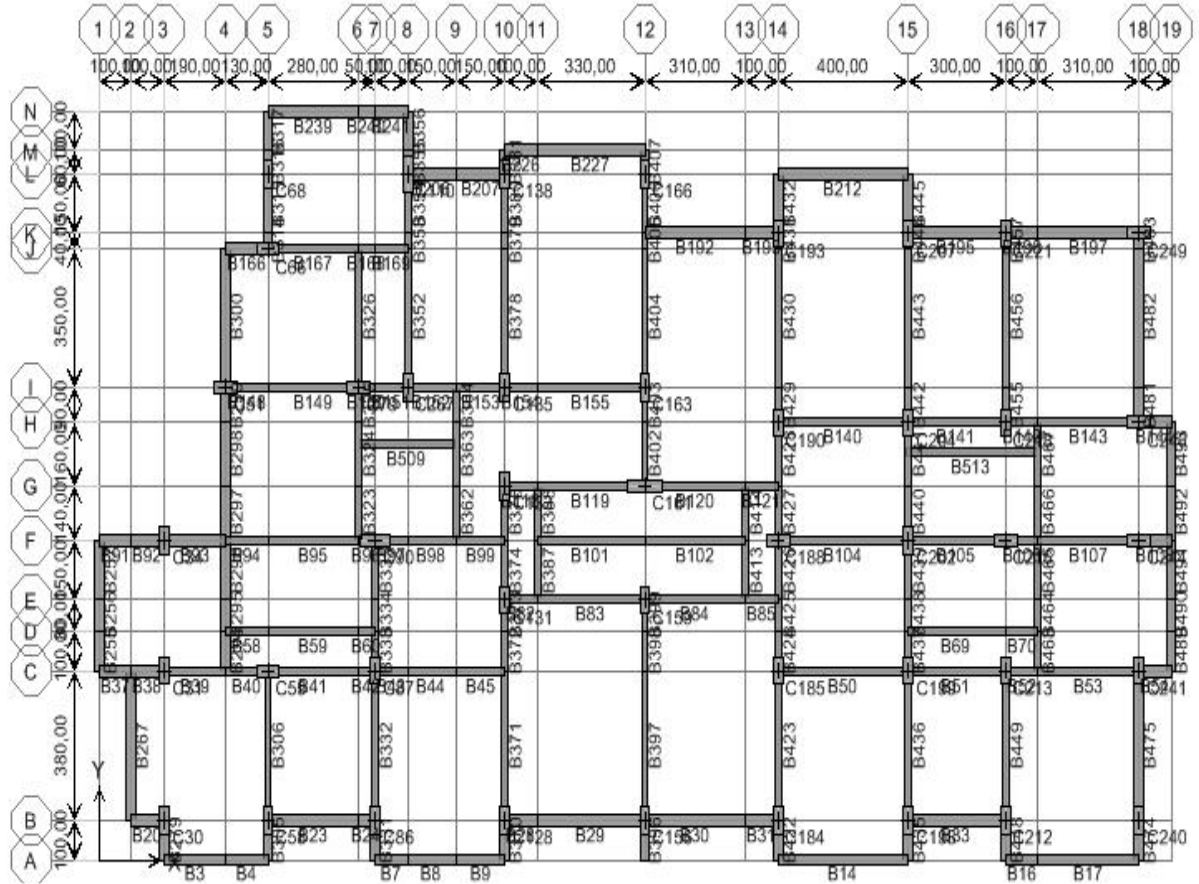
Düşey yükler altında yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçları doğrusal elastik sınırdan kalmıştır. Başlangıç koşulu olarak göze alınan doğrusal olmayan statik analizinden sonra artımsal itme analizine geçilmiştir. Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayılmıştır. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımıyla doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanmıştır (DBYBHY 7.6.5.3). Yapılan artımsal yüklemeler sonucunda ETABS bilgisayar programından her bina için ayrı elde edilmiştir.

### 3.1.3.8. Üçüncü Kademe Değerlendirmesinde İncelen Binalar

#### 4 nolu bina

Yapı 2002 yılında inşa edilen dersane olarak kullanılan ve Şemsi Bitlis Mahallesi'nde bulunmaktadır. Yapı; bir zemin ve beş de normal kata sahiptir. Yapı düzgün bir geometriye sahip değildir. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Bizzat yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje müellifi mühendisten ve bina inşasında çalışanlardan alınan bilgiler ile projeler doğrulanmaya çalışılmıştır.

Zemin kat kalıp planı Şekil 3.13' de görülmektedir



Şekil 3.13. 4 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 4.15’de verilmektedir.

Tablo 4.15. 4 nolu bina genel bilgileri

Bina No	4	
Kat Sayısı	6	
Zemin kat yüksekliği	3.0m	
Normal kat yüksekliği	3.0m	
Yapı Toplam Yüksekliği	18	
Yapı Kullanım Amacı	İşyeri	
Yapı Boyutları	Lx	30,00m
	Ly	17,00m
Deprem Bölgesi	1°	
Zemin Tipi	Z2	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI - BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat

sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdeler ile çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranı en az %70 olması zorunludur. Ancak hesap sonucu elde edilen Tablo 3.16'de 4 nolu bina için X yönünde bu oran %57, Y yönünde ise %52 olarak hesaplanmıştır. Hem X hem de Y doğrultularında bu oran %70'nin altında kalmaktadır. Dolayısıyla 4 nolu bina için artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermeyeceğinden bu binanın değerlendirilmesinde bir sonraki aşamaya geçilmemiştir. Bu tür yapılarda doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu yöntem kullanılmamıştır.

Tablo 3.16. 4 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.658099	57,2387	7,6781	0.0000	57,2387	7,6781	0.0000
2	0.649239	24,0766	19,9628	0.0000	81,3153	27,6409	0.0000
3	0.582056	0,0166	51,9495	0.0000	81,3319	79,5904	0.0000
4	0.207405	10,0942	0,1101	0.0000	91,4261	79,7005	0.0000
5	0.198464	0,5369	3,0675	0.0000	91,9630	82,7680	0.0000
6	0.179330	0,0075	8,2405	0.0000	91,9705	91,0085	0.0000
7	0.122033	0,0004	0,0164	0.0000	91,9709	91,0249	0.0000
8	0.121906	0,0000	0,0009	0.0000	91,9709	91,0258	0.0000
9	0.121888	0,0000	0,0001	0.0000	91,9709	91,0259	0.0000
10	0.121761	0,0000	0,0012	0.0000	91,9709	91,0271	0.0000
11	0.121680	0,0000	0,0155	0.0000	91,9709	91,0426	0.0000
12	0.113938	4,1266	0,0098	0.0000	96,0975	91,0524	0.0000

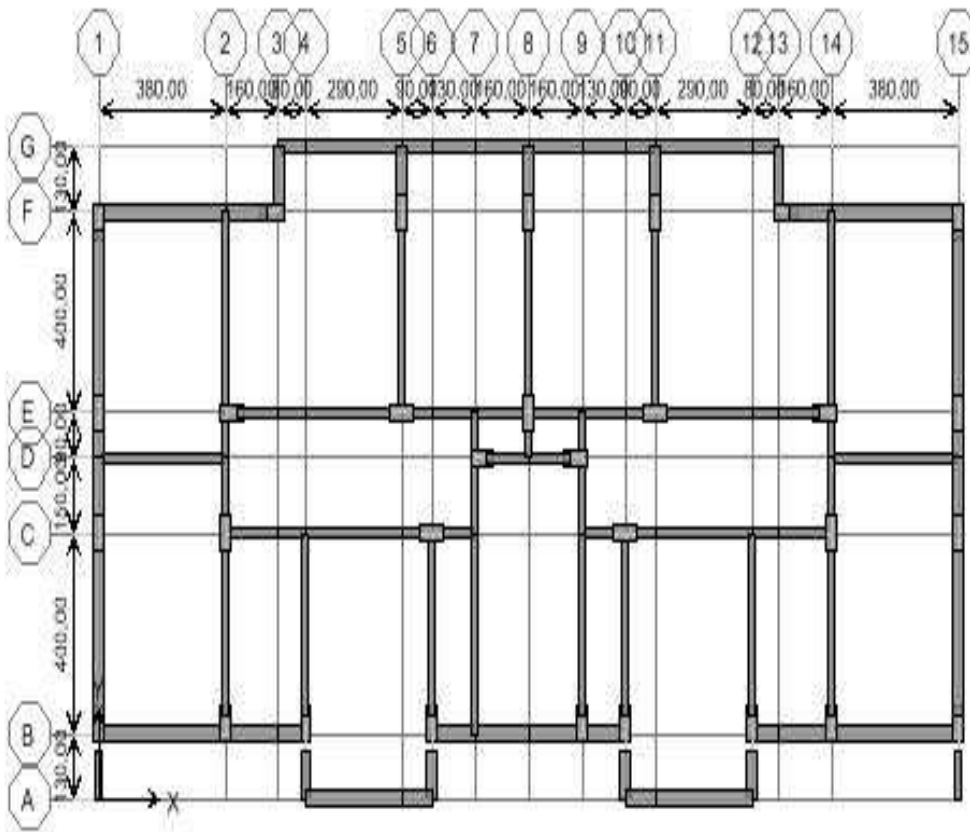
#### 4 nolu bina performans değerlendirilmesi

4 nolu bina için hem X hem de Y deprem doğrultularında birinci(hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının %70' den küçük olmasından dolayı herhangi performans değerlendirmesi yapılmamıştır.



### 5 nolu bina

Yapı 2002 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Yükseliş Mahallesi'nde bulunan yapı zemin + beş normal kattan oluşan toplam altı katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.14' de verilmiştir.



Şekil 3.14. 5 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.17' de verilmiştir.

Tablo 3.17. 5 nolu bina genel bilgileri

Bina No	5	
Kat Sayısı	6	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	17,40m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	15,80 m
	Ly	13,00 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	11.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI - BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/17
	Kiriş	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

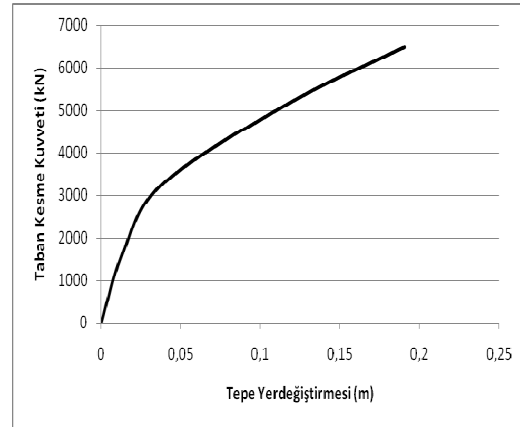
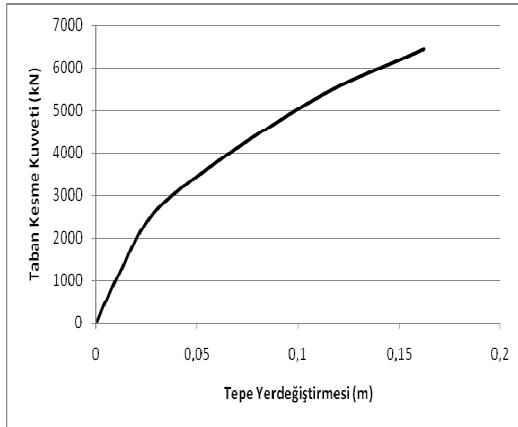
Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim periyoduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı en az %70 olması zorunludur. Birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı X doğrultusu için %81 ve Y doğrultusu için %80 olarak hesaplanmıştır.(Tablo 3.18) Buna göre 5 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.

Tablo 3.18. 5 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.604682	81,0109	0,0273	0.0000	81,0109	0,0273	0.0000
2	0.538490	0,0259	79,9925	0.0000	81,0368	80,0198	0.0000
3	0.464977	0,2100	0,0055	0.0000	81,2468	80,0253	0.0000
4	0.189899	10,7080	0,0012	0.0000	91,9548	80,0265	0.0000
5	0.166094	0,0014	11,3401	0.0000	91,9562	91,3666	0.0000
6	0.145134	0,0086	0,0007	0.0000	91,9648	91,3673	0.0000
7	0.103648	4,2614	0,0002	0.0000	96,2262	91,3675	0.0000
8	0.088154	0,0003	4,5456	0.0000	96,2265	95,9131	0.0000
9	0.078454	0,0000	0,0007	0.0000	96,2265	95,9138	0.0000
10	0.067867	2,2612	0,0001	0.0000	98,4877	95,9139	0.0000
11	0.056576	0,0001	2,4209	0.0000	98,4878	98,3348	0.0000
12	0.051116	0,0044	0,0009	0.0000	98,4922	98,3357	0.0000

## İtme analizi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır (DBYBHY 7.6.5.3). Buna göre, her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur. (Şekil 3.15 – Şekil 3.16)

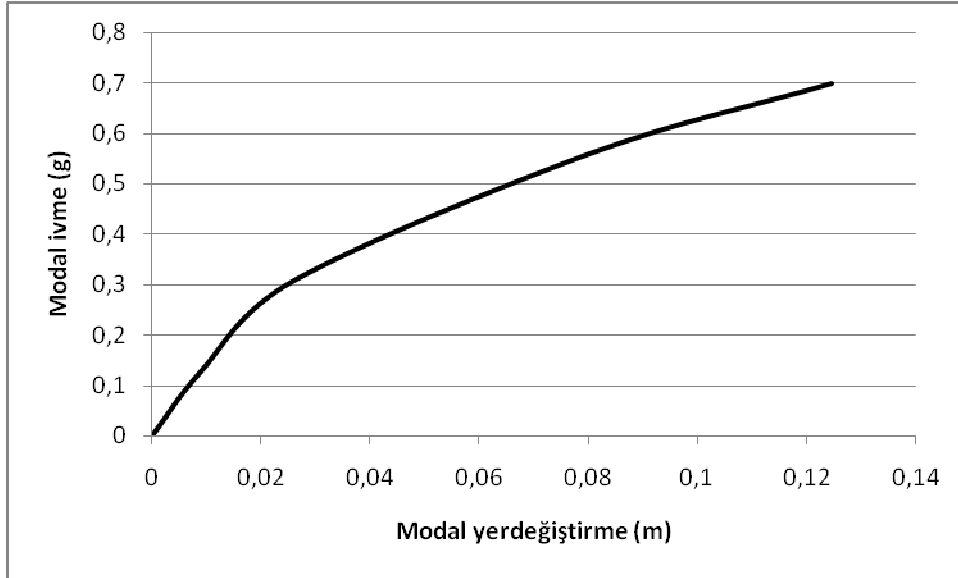


Şekil 3.15: 5 no'lu bina X yönü statik itme eğrisi      Şekil 3.16: 5 no'lu bina Y yönü statik itme eğrisi

Artımsal itme analizi sonucunda elde edilen X ve Y doğrultusundaki statik itme eğrisi DBYBHY Denk.(7.1.) ve (7. 2) kullanılarak koordinatları “modal yer değiştirme – modal ivme” olan kapasite diyagramına dönüştürülmüştür. (Şekil 3.17) X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.19’da hesaplanmıştır.

Tablo 3.19. 5 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$a$	$d$
0	0	939,94	0,044	29,56	0	0
0,011539	1165,382	939,94	0,044	29,56	0,126386	0,008872
0,03387	2839,796	939,94	0,044	29,56	0,307977	0,026041
0,104515	5161,023	939,94	0,044	29,56	0,559715	0,080357
0,162122	6441,244	939,94	0,044	29,56	0,698555	0,124648

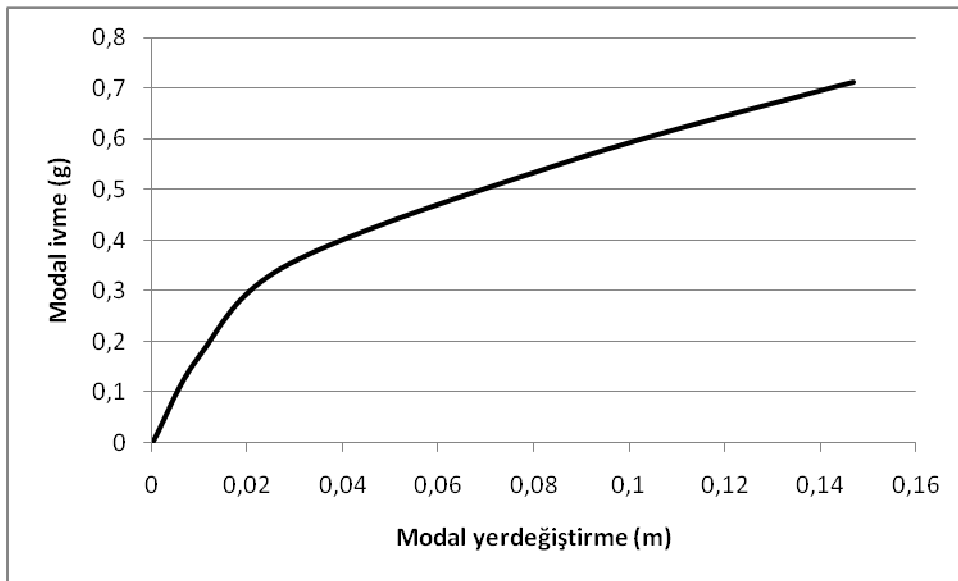


Şekil 3.17. 5 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagramı

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.20’de sunulmuştur.

Tablo 3.20. 5 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

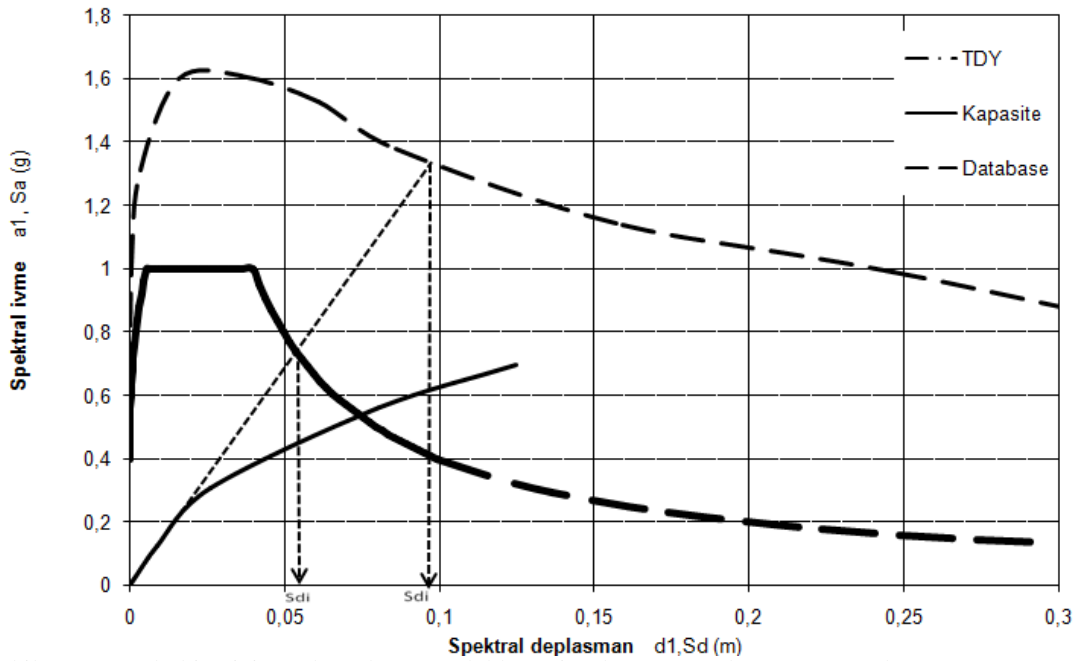
$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	a	d
0	0	928,1	0,044	29,45	0	0
0,012756	1564,073	928,1	0,044	29,45	0,171788	0,009844
0,037354	3229,38	928,1	0,044	29,45	0,354695	0,028827
0,113368	5075,493	928,1	0,044	29,45	0,557461	0,087489
0,184503	6393,333	928,1	0,044	29,45	0,702204	0,142385
0,190522	6491,448	928,1	0,044	29,45	0,712981	0,14703



Şekil 3.18. 5 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagramı

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “S<sub>a</sub> S<sub>d</sub>” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir (şekil 3.19 - şekil 3.20 ).



şekil 3.19. 5 nolu bina için X doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{d1} = d_1$ )

Modal yerdeğiştirme istemini elde etmek için ilk olarak nonlinear spektral deplasman hesaplanmıştır.  $T_1^{(1)}$  başlangıç periyodu, davranış spektrumu karakteristik periyodu  $T_B$ 'den uzun olduğu için yerdeğiştirme kuralı uyarınca nonlinear spektral deplasman, doğrusal elastik sisteme ait lineer elastik spektral deplasmana eşit olarak alınmıştır. ( $S_{d1l} = S_{de1}$ ) Buna göre X doğrultusu için modal yerdeğiştirme istemi hesabı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$S_{d1l} = C_{R1} S_{de1}$$

$$S_{de1} = S_{ae1} : (\omega_1)^2$$

$$S_{ae1} = 6,965 \text{ m/s}^2$$

$$(\omega_1)^2 = 124,37 \text{ s}^2$$

$$S_{de1} = 0.056 \text{ m olarak bulunmuştur.}$$

$T_1^{(1)} = 0.60482 \text{ s} > T_B = 0.4 \text{ s}$  olduğundan dolayı  $C_{R1} = 1$ 'dir. Buradan;

$S_{di1} = 1 * 0.056 = 0.056 \text{ m}$ 'dir.

$d_1^{(p)} = S_{di1} = 0.056$  olarak hesaplanır.

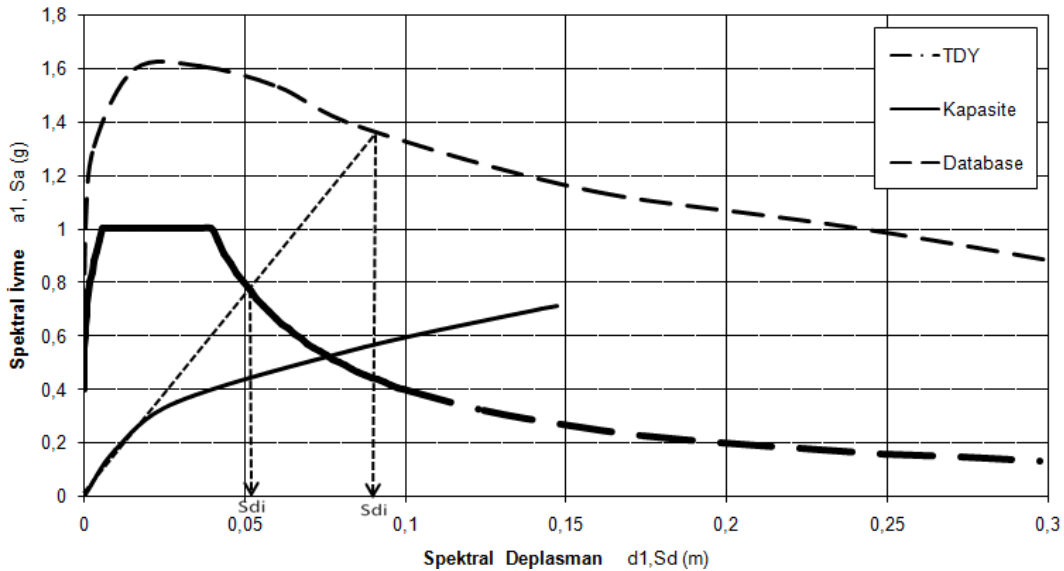
### Yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

X doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$u_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)}$$

$$u_{xN1} = 0.044 * 29.56 * 0.056 = 0.073 \text{ m}$$

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.073m'e eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.



Şekil 3.20. 5 nolu bina için Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_1$ )

Y doğrultusu için modal yerdeğiştirme istemi hesabı;

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1}$$

$$S_{de1} = S_{ae1} : (\omega_1)^2$$

$$S_{ae1} = 6.082 \text{ m/s}^2$$

$$(\omega_1)^2 = 103.08 \text{ s}^2$$

$S_{de1} = 0.059$  m olarak bulunmuştur.

$T_1^{(1)} = 0.53849$  s  $>$   $T_B = 0.4$  s olduğundan dolayı  $C_{R1} = 1$ 'dir. Buradan;

$S_{di1} = 1 * 0.052 = 0.052$  m'dir.

$d_1^{(p)} = S_{di1} = 0.052$  olarak hesaplanır.

### Yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

$$u_{yN1} = \Phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)}$$

$$u_{yN1} = 0.044 * 29.45 * 0.052 = 0.067\text{m}$$

Binanın Y doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.067m'e eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

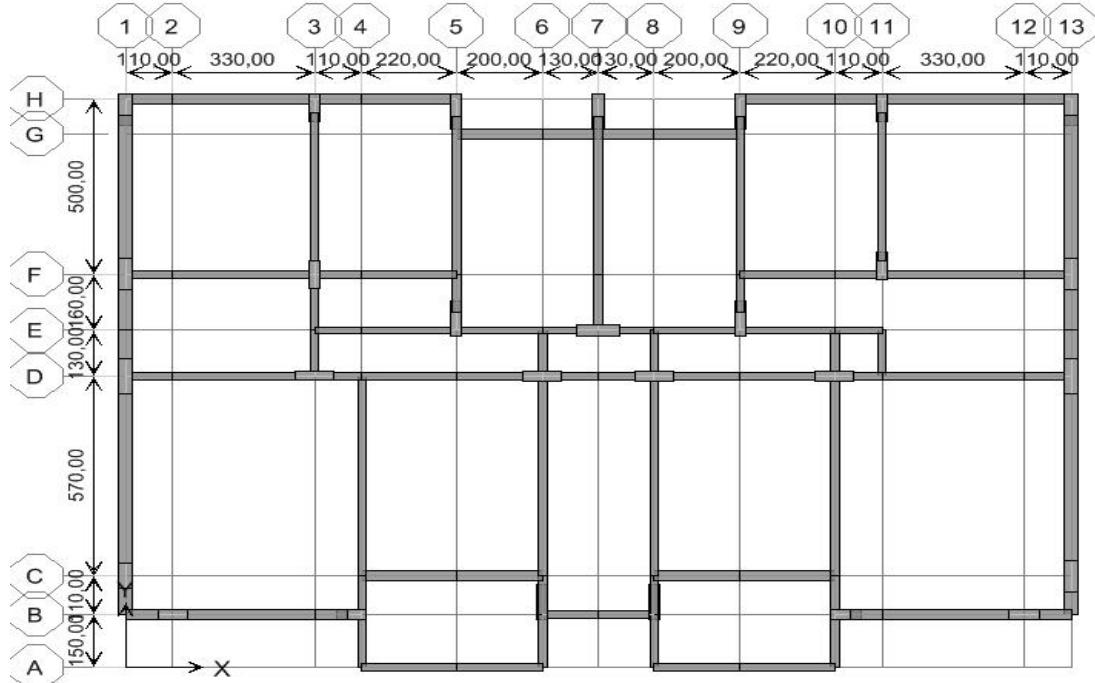
### 5 nolu bina performans değerlendirilmesi

İtme analizi sonucunda elde edilen kesit hasarları, bütün dünyada daha yaygın olarak kullanılmakta olan FEMA-356'dan [277] alınan kesit hasar sınırları ile karşılaştırılarak kesit hasar durumlarına karar verilmiştir. Tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X ve Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Eleman hasar sınırı belirlenirken dikkat edilmesi gereken husus en fazla hasar görmüş kesitin göz önüne alınmasıdır. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X ve Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görece kat öteleme oranı 0.0072 ve Y yönünde ise 0.0060 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### 7 nolu bina

Yapı 2002 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Hüsrevpaşa Mahallesi de bulunan yapı zemin+ yedi normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir

yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21. 7 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21: 7 nolu bina genel bilgiler

Bina No	7	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	23.20m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	22.00 m
	Ly	16.20 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

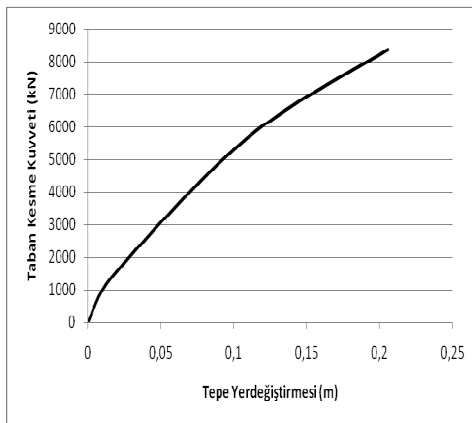


Her iki doğrultu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70'den büyüktür. Buna göre 7 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir (Tablo 3.22)

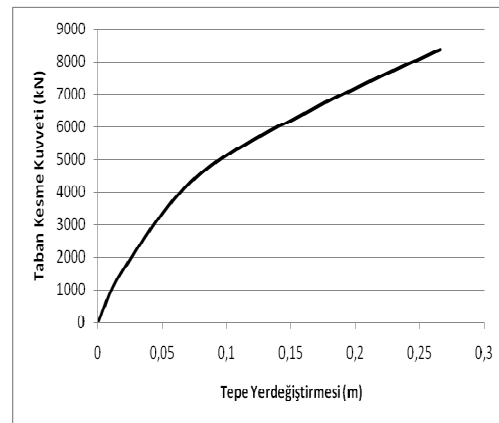
Tablo 3.22. 7 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.841660	79,6649	0,3401	0.0000	79,6649	0,3401	0.0000
2	0.811797	0,3777	77,1823	0.0000	80,0426	77,5224	0.0000
3	0.679794	0,7817	0,0389	0.0000	80,8243	77,5613	0.0000
4	0.268326	10,2683	0,0086	0.0000	91,0926	77,5699	0.0000
5	0.244966	0,0101	11,5059	0.0000	91,1027	89,0758	0.0000
6	0.210476	0,1906	0,0194	0.0000	91,2933	89,0952	0.0000
7	0.148934	3,9103	0,0011	0.0000	95,2036	89,0963	0.0000
8	0.125846	0,0029	4,7234	0.0000	95,2065	93,8197	0.0000
9	0.112106	0,0965	0,0283	0.0000	95,3030	93,8480	0.0000
10	0.098313	2,1221	0,0004	0.0000	97,4251	93,8484	0.0000
11	0.077601	0,0028	2,6658	0.0000	97,4279	96,5142	0.0000
12	0.071602	0,1453	0,0517	0.0000	97,5732	96,5659	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur (Şekil 3.22 – Şekil 3.23).



Şekil 3.22. 7 nolu bina X yönü statik itme eğrisi



Şekil 3.23. 7 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

X ve Y doğrultuları için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.23 ve Tablo 3.24'de sunulmuştur.

Tablo 3.23: 7 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

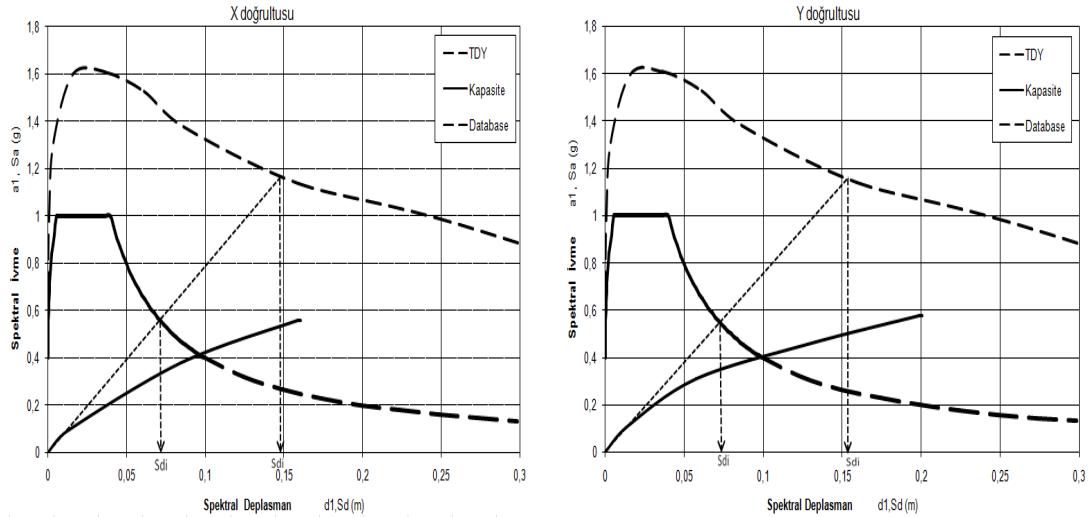
$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{X1}$	$a$	$d$
0	0	1521,04	0,033	38,84	0	0
0,015718	1358,603	1521,04	0,033	38,84	0,893207	0,012263
0,108763	5636,351	1521,04	0,033	38,84	3,70559	0,084857
0,203357	8300,272	1521,04	0,033	38,84	5,456971	0,158659
0,205776	8361,942	1521,04	0,033	38,84	5,497516	0,160547

Tablo 3.24: 7 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{Y1}$	$a$	$d$
0	0	1473,6	0,035	37,84	0	0
0,017828	1516,485	1473,6	0,035	37,84	1,029102	0,013461
0,076075	4453,383	1473,6	0,035	37,84	3,022111	0,057441
0,169451	6597,943	1473,6	0,035	37,84	4,477431	0,127945
0,263073	8320,415	1473,6	0,035	37,84	5,646319	0,198636
0,265596	8364,396	1473,6	0,035	37,84	5,676165	0,200541

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir (Şekil 3.24).

Şekil 3.24. 7 nolu bina için X ve Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_1$ )

X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.25'teki gibi hesaplanır;

Tablo 3.25: 7 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
7	X	5,690	79,02	0,072	0,8417	1	0,072	0,07	38,84	0,033	0,0923
	Y	5,592	70,78	0,079	0,7975	1	0,079	0,08	37,84	0,035	0,1046

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.0923m ve Y doğrultusunda 0.1046m 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 7 nolu bina performans değerlendirilmesi

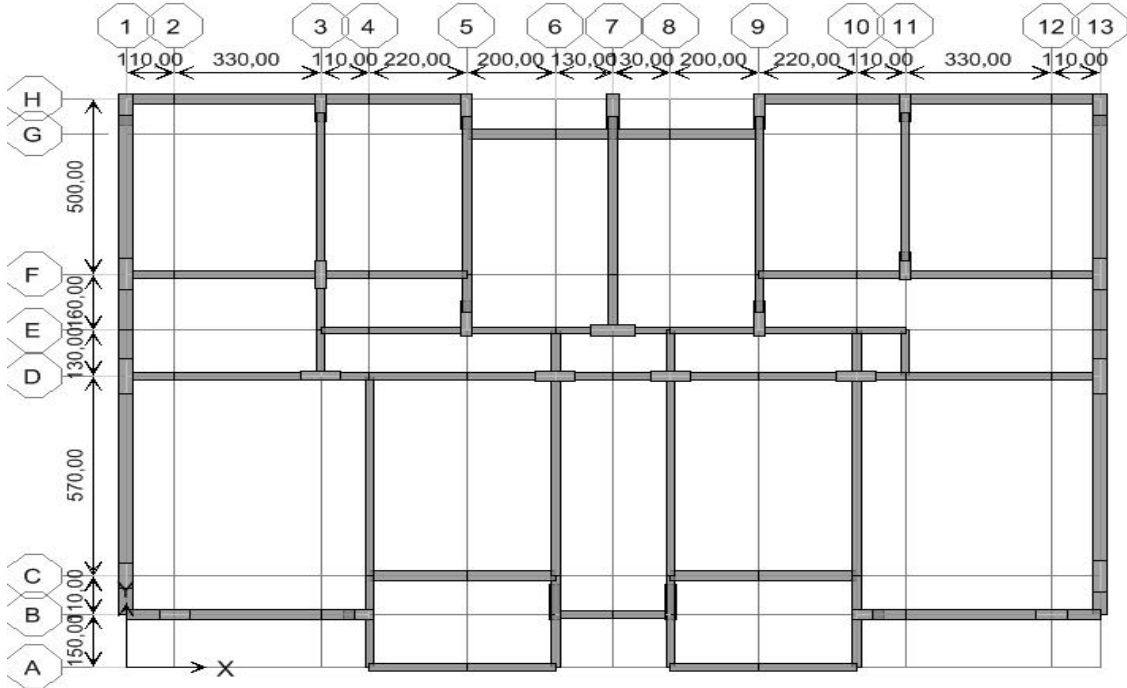
İtme analizi sonucunda elde edilen kesit hasarları, FEMA-356'dan alınan kesit hasar sınırları ile karşılaştırılarak kesit hasar durumlarına karar verilmiştir. Tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X ve Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Eleman hasar sınırı belirlenirken dikkat edilmesi gereken husus en fazla hasar görmüş kesitin göz önüne alınmasıdır. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X ve Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görelî kat ötelemesi oranı 0.0069 ve Y yönünde ise 0.0060 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### 8 nolu bina

Yapı 2002 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Hüsrevpaşa Mahallesiinde bulunan yapı zemin+ yedi normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem

ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.25’de verilmiştir.



Şekil 3.25. 8 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.26: 8 nolu bina genel bilgileri

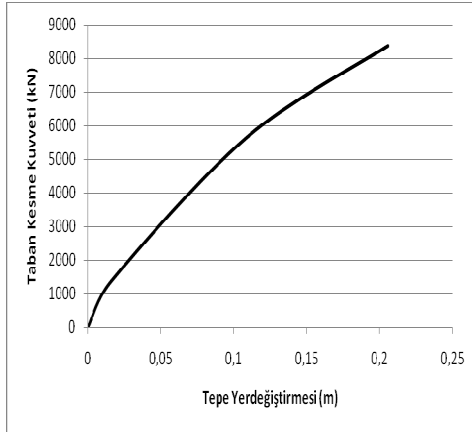
Bina No	8	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	23.20m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	22.00 m
	Ly	16.20 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremde CG	

Her iki doğrultu için birinci(hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den büyüktür. Buna göre 8 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir (Tablo 3.27).

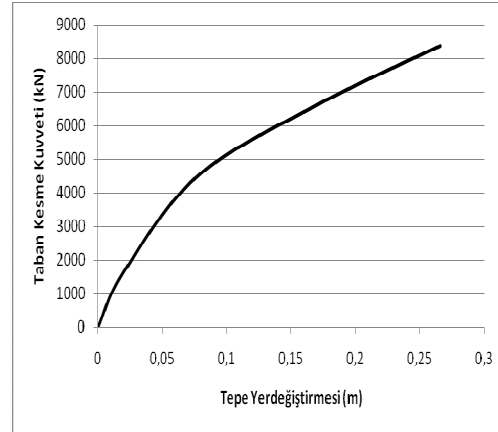
Tablo 3.27: 8 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.841660	79,6649	0,3401	0.0000	79,6649	0,3401	0.0000
2	0.811797	0,3777	77,1823	0.0000	80,0426	77,5224	0.0000
3	0.679794	0,7817	0,0389	0.0000	80,8243	77,5613	0.0000
4	0.268326	10,2683	0,0086	0.0000	91,0926	77,5699	0.0000
5	0.244966	0,0101	11,5059	0.0000	91,1027	89,0758	0.0000
6	0.210476	0,1906	0,0194	0.0000	91,2933	89,0952	0.0000
7	0.148934	3,9103	0,0011	0.0000	95,2036	89,0963	0.0000
8	0.125846	0,0029	4,7234	0.0000	95,2065	93,8197	0.0000
9	0.112106	0,0965	0,0283	0.0000	95,3030	93,8480	0.0000
10	0.098313	2,1221	0,0004	0.0000	97,4251	93,8484	0.0000
11	0.077601	0,0028	2,6658	0.0000	97,4279	96,5142	0.0000
12	0.071602	0,1453	0,0517	0.0000	97,5732	96,5659	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur (Şekil 3.26 – Şekil 3.27).



Şekil 3.26. 8 nolu bina X yönü statik itme eğrisi



Şekil 3.27. 8 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

X ve Y doğrultuları için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.28 ve Tablo 3.29'da sunulmuştur.

Tablo 3.28: 8 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

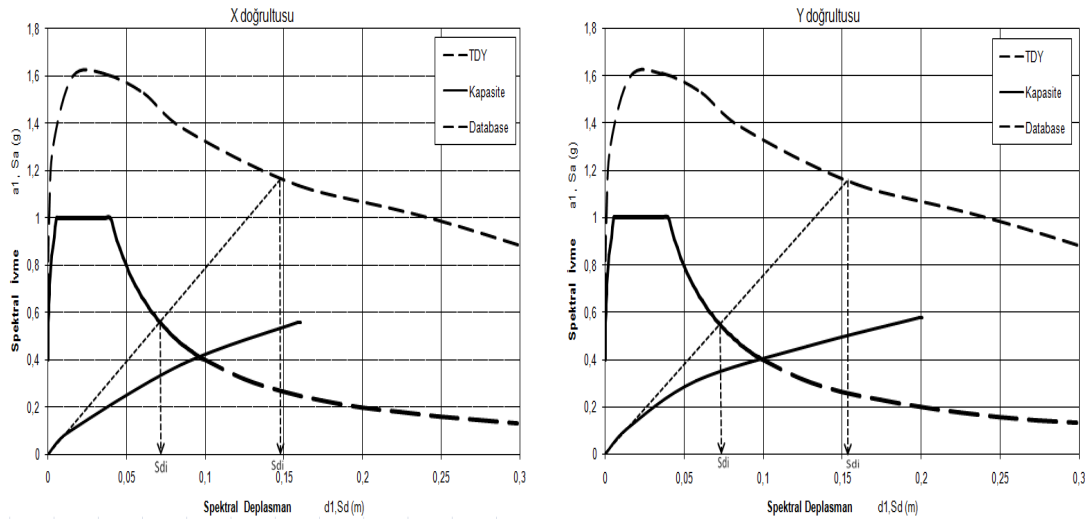
$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{X1}$	$a$	$d$
0	0	1521,04	0,033	38,84	0	0
0,015718	1358,603	1521,04	0,033	38,84	0,893207	0,012263
0,108763	5636,351	1521,04	0,033	38,84	3,70559	0,084857
0,203357	8300,272	1521,04	0,033	38,84	5,456971	0,158659
0,205776	8361,942	1521,04	0,033	38,84	5,497516	0,160547

Tablo 3.29: 8 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0	0	1473,6	0,035	37,84	0	0
0,017828	1516,485	1473,6	0,035	37,84	1,029102	0,013461
0,076075	4453,383	1473,6	0,035	37,84	3,022111	0,057441
0,169451	6597,943	1473,6	0,035	37,84	4,477431	0,127945
0,263073	8320,415	1473,6	0,035	37,84	5,646319	0,198636
0,265596	8364,396	1473,6	0,035	37,84	5,676165	0,200541

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.28)

Şekil 3.28: 8 nolu bina için X ve Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.30' daki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.30: 8 nolu bina için X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
8	X	5,690	79,02	0,072	0,8417	1	0,072	0,07	38,84	0,033	0,0923
	Y	5,592	70,78	0,079	0,7975	1	0,079	0,08	37,84	0,035	0,1046

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.0923 m ve Y doğrultusunda 0.1046 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

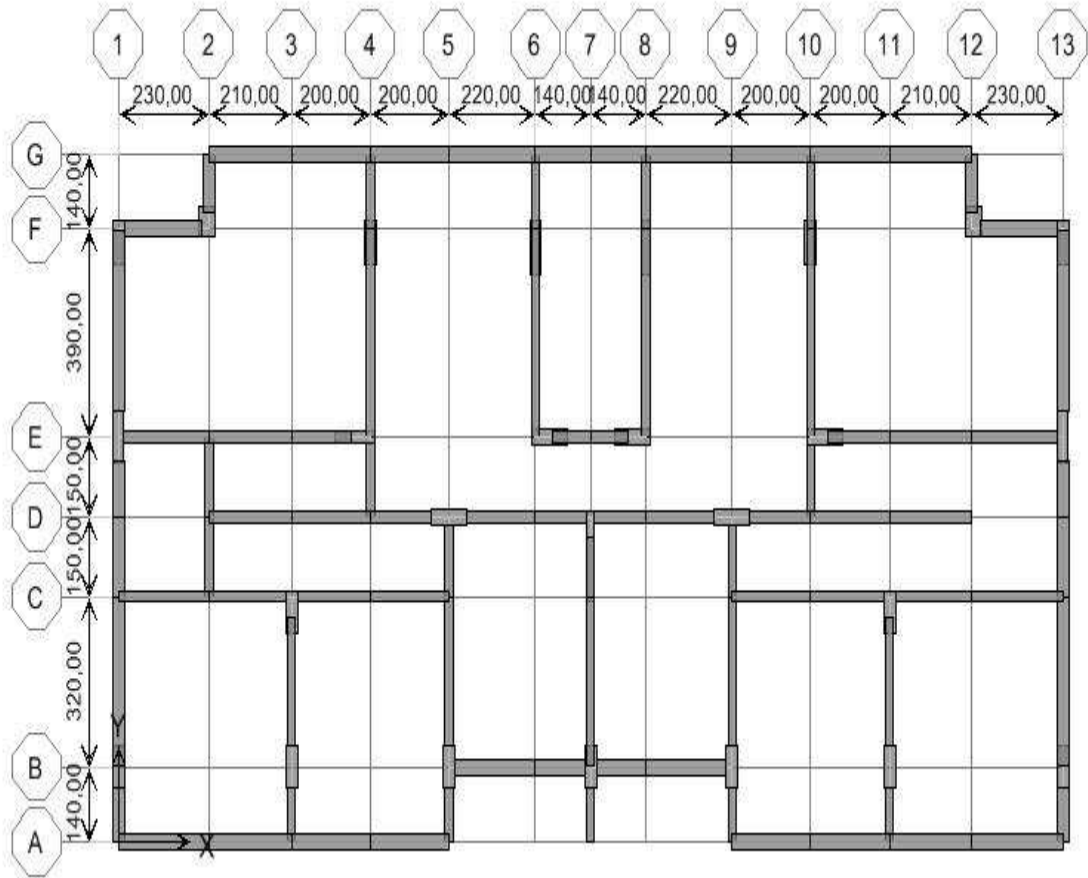
### **8 nolu bina performans değerlendirilmesi**

İtme analizi sonucunda elde edilen kesit hasarları, FEMA-356'dan alınan kesit hasar sınırları ile karşılaştırılarak kesit hasar durumlarına karar verilmiştir. Tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X ve Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Eleman hasar sınırı belirlenirken dikkat edilmesi gereken husus en fazla hasar görmüş kesitin göz önüne alınmasıdır. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X ve Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görelî kat ötelemesi oranı 0.0069 ve Y yönünde ise 0.0060 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### **10 nolu bina**

Yapı 2002 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Atatürk Mahallesiinde bulunan yapı zemin+ yedi normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.29' da verilmiştir.



Şekil 3.29: 10 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.31’ de verilmiştir.

Tablo 3.31: 10 Nolu Bina Genel Bilgileri

Bina No	10	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	23.20m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	24.00 m
	Ly	12.90 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

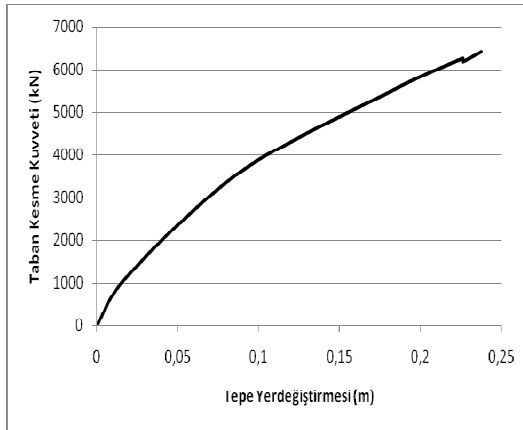
Tablo 3.32’den hesaplandığı gibi 10 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.



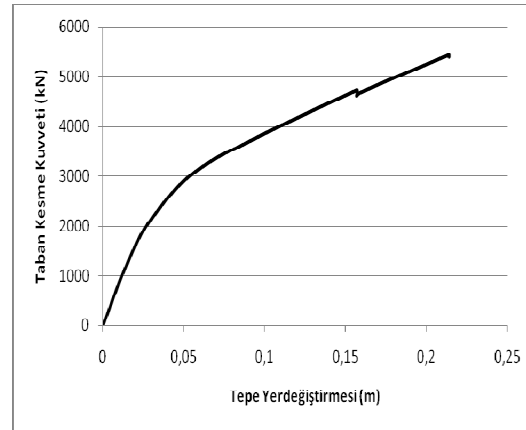
Tablo 3.32: 10 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	1,292245	78,2240	0,0061	0.0000	78,224	0,006	0.0000
2	1,124749	0,0127	76,7739	0.0000	78,237	76,780	0.0000
3	1,029255	0,6821	0,1234	0.0000	78,919	76,903	0.0000
4	0,402014	10,8742	0,0005	0.0000	89,793	76,904	0.0000
5	0,334253	0,0017	11,7086	0.0000	89,795	88,613	0.0000
6	0,314394	0,1380	0,0340	0.0000	89,933	88,647	0.0000
7	0,214914	4,3187	0,0001	0.0000	94,251	88,647	0.0000
8	0,167554	0,0015	4,8909	0.0000	94,253	93,538	0.0000
9	0,163688	0,0550	0,0784	0.0000	94,308	93,616	0.0000
10	0,136653	2,4705	0,0000	0.0000	96,778	93,616	0.0000
11	0,101493	0,0281	0,2593	0.0000	96,807	93,875	0.0000
12	0,100611	0,0023	2,5821	0.0000	96,809	96,457	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur. (Şekil 3.30 – Şekil 3.31)



Şekil 3.30: 10 nolu bina X yönü statik itme eğrisi



Şekil 3.31: 10 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

X ve Y doğrultuları için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.33 ve Tablo 3.34' de sunulmuştur.

Tablo 3.33: 10 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

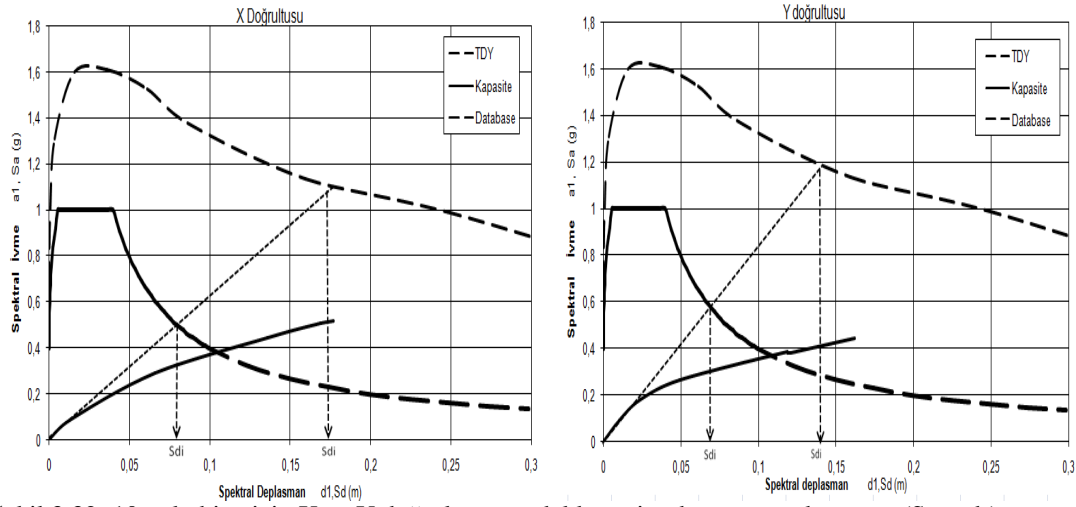
$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$a$	$d$
0	0	1258,63	0,039	34,40	0	0
0,016968	1082,772	1258,63	0,039	34,40	0,860278	0,012648
0,088155	3583,319	1258,63	0,039	34,40	2,847	0,065709
0,181951	5486,591	1258,63	0,039	34,40	4,359177	0,135622
0,226114	6259,999	1258,63	0,039	34,40	4,973661	0,168541
0,237616	6417,712	1258,63	0,039	34,40	5,098966	0,177114

Tablo 3.34: 10 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0	0	1222,16	0,039	33,83	0	0
0,013341	1127,431	1222,16	0,039	33,83	0,92249	0,010112
0,031039	2200,398	1222,16	0,039	33,83	1,800418	0,023526
0,064817	3261,763	1222,16	0,039	33,83	2,668851	0,049127
0,156638	4726,653	1222,16	0,039	33,83	3,867458	0,118722
0,156647	4618,077	1222,16	0,039	33,83	3,778619	0,118729
0,158646	4674,115	1222,16	0,039	33,83	3,82447	0,120244
0,213725	5447,174	1222,16	0,039	33,83	4,457005	0,16199

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.32)

Şekil 3.32: 10 nolu bina için X ve Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.35'deki gibi hesaplanır;

Tablo 3.35: 10 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ac1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
10	X	5,052	63,15	0,08	1,29225	1	0,08	0,080	34,4	0,039	0,1073
	Y	5,788	83,88	0,069	1,12475	1	0,069	0,069	33,83	0,039	0,091

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.1073 m ve Y doğrultusunda 0.091 m 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

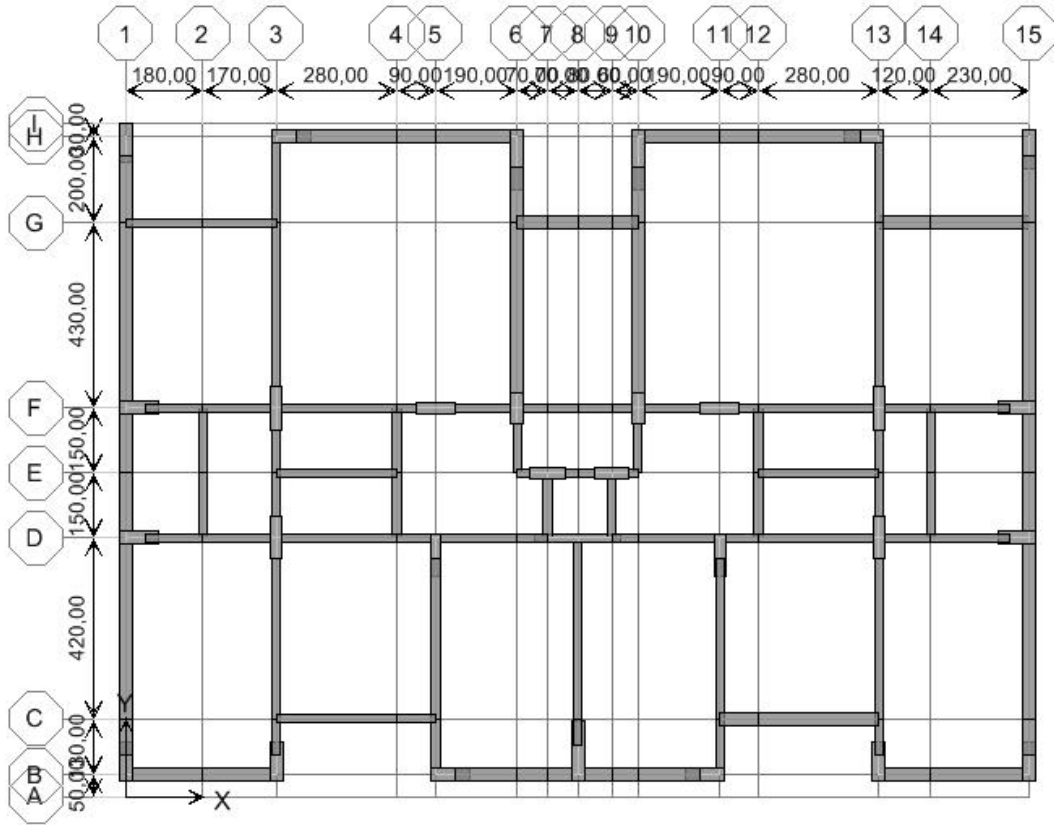
### **10 nolu bina performans değerlendirilmesi**

İtme analizi sonucunda elde edilen kesit hasarları, FEMA-356'dan alınan kesit hasar sınırları ile karşılaştırılarak kesit hasar durumlarına karar verilmiştir. Tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X ve Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Eleman hasar sınırı belirlenirken dikkat edilmesi gereken husus en fazla hasar görmüş kesitin göz önüne alınmasıdır. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X ve Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görelî kat ötelemesi oranı 0.0071 ve Y yönünde ise 0.0057 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### **13 nolu bina**

Yapı 2003 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Taş Mahallesinde bulunan yapı zemin+ altı normal kattan oluşan toplam yedi katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.33'de verilmiştir.



Şekil 3.33: 13 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.36’da verilmiştir.

Tablo 3.36: 13 nolu bina genel bilgileri

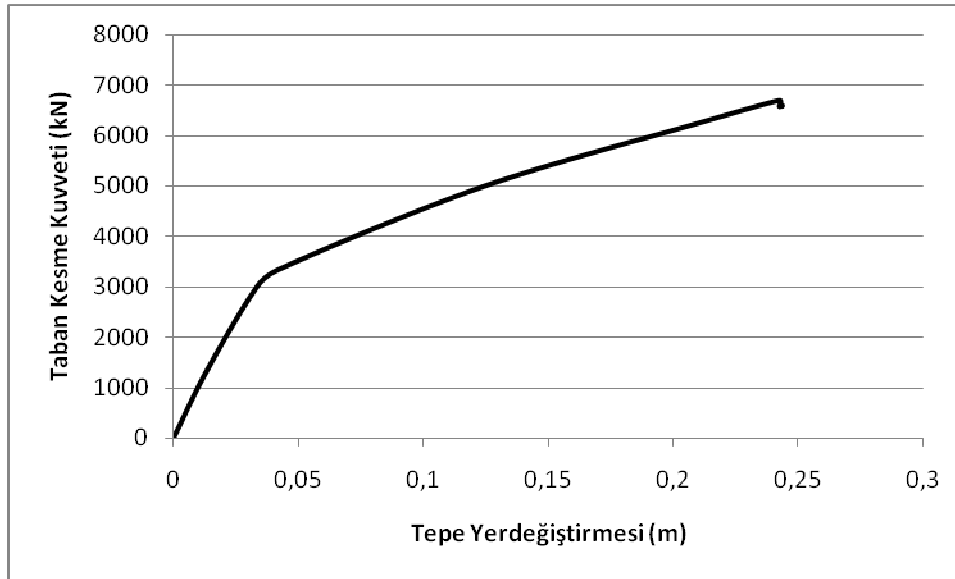
Bina No	13	
Kat Sayısı	7	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	17.40m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	21.00 m
	Ly	15.30 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/15
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

Y doğrultusu için birinci(hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den büyüktür. Buna göre 13 nolu bina için sadece Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir (Tablo 3.37).

Tablo 3.37: 13 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.841660	50,4876	0,0785	0.0000	50,4876	0,0785	0.0000
2	0.811797	0,2318	76,3146	0.0000	50,7194	76,3931	0.0000
3	0.679794	28,5437	0,1719	0.0000	79,2631	76,5650	0.0000
4	0.268326	7,0145	0,004	0.0000	86,2776	76,5690	0.0000
5	0.244966	1,5107	8,4103	0.0000	87,7883	84,9793	0.0000
6	0.210476	2,9858	3,8672	0.0000	90,7741	88,8465	0.0000
7	0.148934	2,6235	0,0008	0.0000	93,3976	88,8473	0.0000
8	0.125846	1,9812	0,007	0.0000	95,3788	88,8543	0.0000
9	0.112106	0,0010	5,352	0.0000	95,3798	94,2063	0.0000
10	0.098313	1,4880	0,0003	0.0000	96,8678	94,2066	0.0000
11	0.077601	0,9295	0,0014	0.0000	97,7973	94,2080	0.0000
12	0.071602	0,0001	2,9473	0.0000	97,7974	97,1553	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrisi Şekil 3.34' da hesaplanmıştır.



Şekil 3.34: 13 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

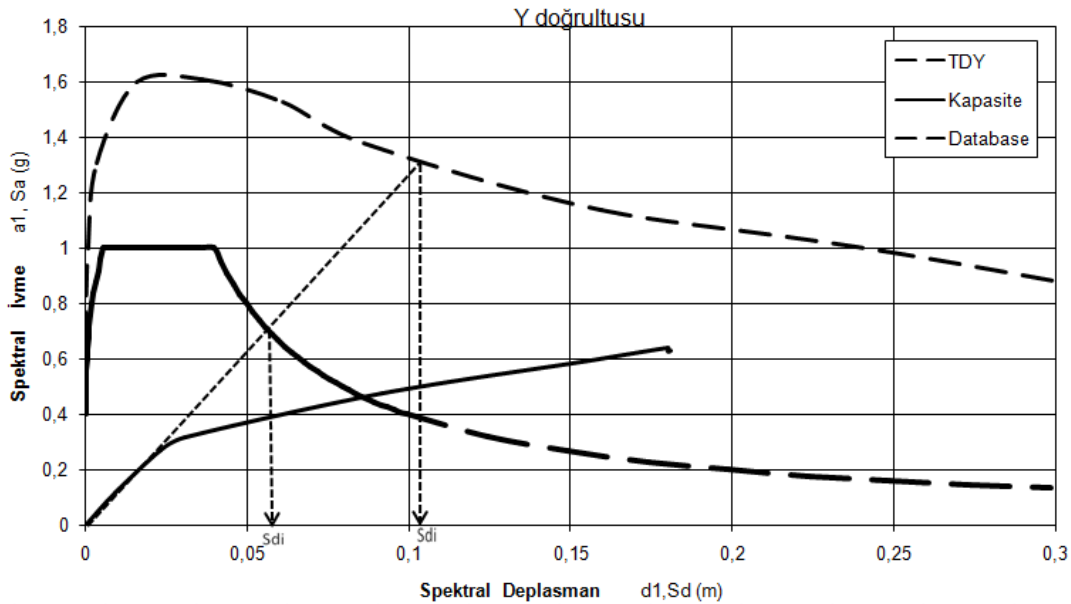
Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.38' de sunulmuştur.

Tablo 3.38: 13 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	a	d
0	0	1067,82	0,042	32,05	0	0
0,012206	1238,759	1067,82	0,042	32,05	1,160083	0,009068
0,031248	2849,773	1067,82	0,042	32,05	2,668777	0,023214
0,041231	3325,143	1067,82	0,042	32,05	3,113954	0,03063
0,1237	4987,913	1067,82	0,042	32,05	4,671118	0,091895
0,210029	6252,665	1067,82	0,042	32,05	5,855542	0,156028
0,242393	6701,643	1067,82	0,042	32,05	6,276004	0,180071
0,242401	6579,563	1067,82	0,042	32,05	6,161678	0,180077
0,243529	6610,214	1067,82	0,042	32,05	6,190383	0,180914
0,243538	6586,248	1067,82	0,042	32,05	6,167939	0,180921

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.35)

Şekil 3.35: 13 nolu bina için Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.39' daki gibi hesaplanır;

Tablo 3.39: 13 nolu bina Y yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{y1}$	$\Phi_{yN1}$	$u_{yN1}$
13	Y	6,671	113,07	0,059	0.7975	1	0,059	0,059	32,05	0,042	0,0794

Binanın Y doğrultusunda 0.0794 m 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

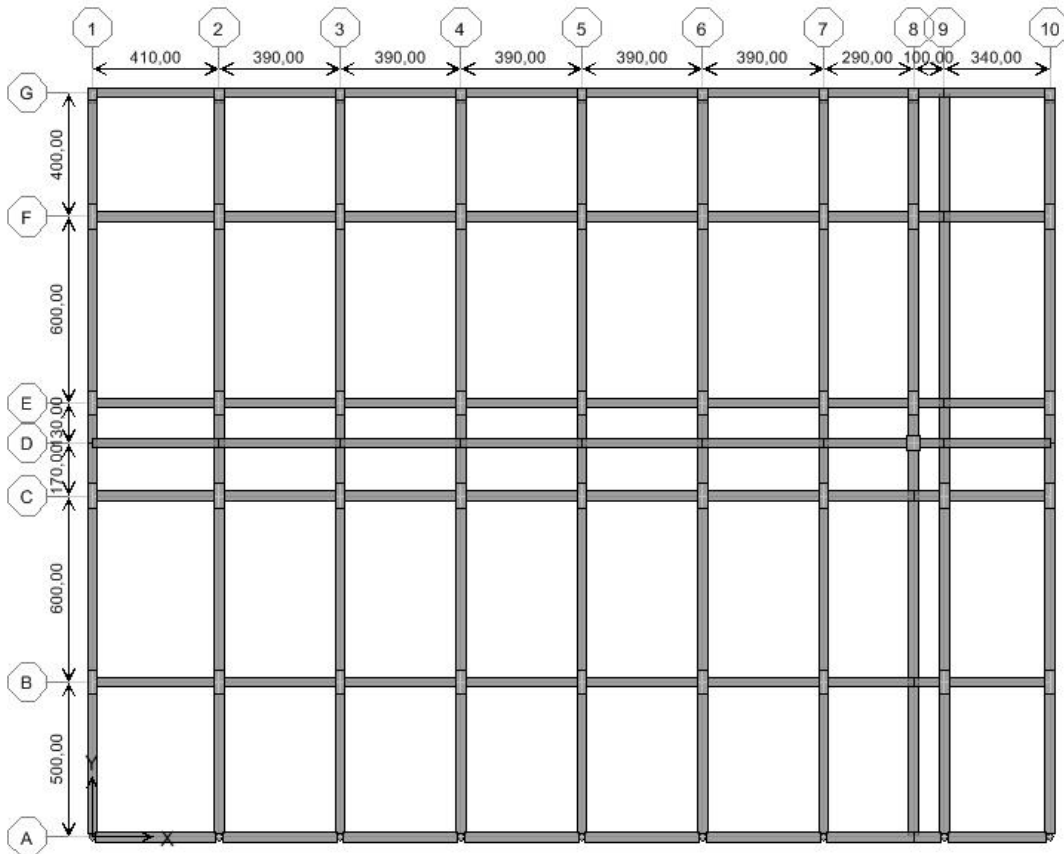
### 13 nolu bina performans değerlendirilmesi

13 nolu bina için X deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütle'nin toplam bina kütle'sine oranınının 0.70' den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirmesi yapılmamıştır. Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının Y yönünde meydana gelen maksimum görelî kat ötleme'si oranı 0.0053 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### 21 nolu bina

Yapı 2004 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Hesan Mahallesi'nde bulunan yapı zemin + beş normal kattan oluşan toplam altı katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.36'da verilmiştir.



Şekil 3.36: 21 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.40’da verilmiştir.

Tablo 3.40: 21 nolu bina genel bilgileri

Bina No	21	
Kat Sayısı	6	
Zemin kat yüksekliği	3.20 m	
Normal kat yüksekliği	3.00 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	23.20m	
Yapı Kullanı Amacı	Otel	
Yapı Boyutları	Lx	30.90 m
	Ly	24.00 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	16.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/15
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

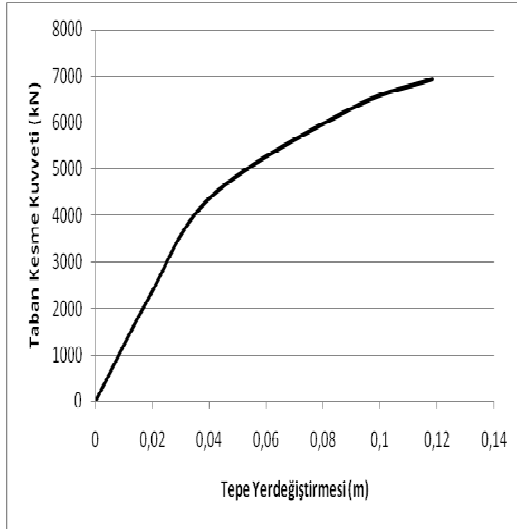
Her iki doğrultu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den büyüktür (Tablo 3.41). Buna göre 21 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.



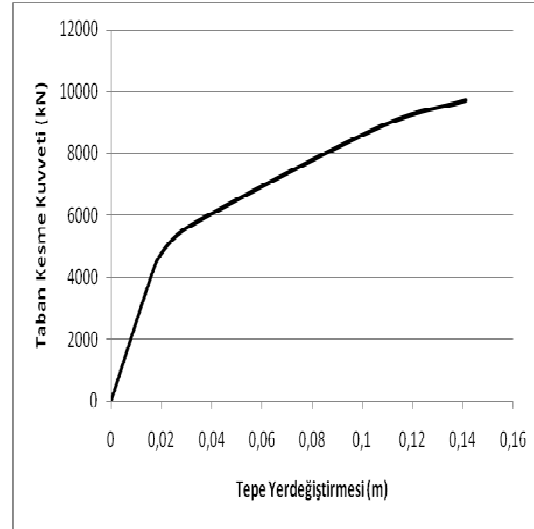
Tablo 3.41: 21 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle Katkı Oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.828263	87,190	0,001	0.0000	87,190	0,001	0.0000
2	0.606817	2,933	0,473	0.0000	90,123	0,474	0.0000
3	0.572158	0,028	83,375	0.0000	90,151	83,849	0.0000
4	0.270623	7,348	0,000	0.0000	97,499	83,850	0.0000
5	0.190960	0,255	0,025	0.0000	97,754	83,875	0.0000
6	0.176712	0,002	10,742	0.0000	97,755	94,617	0.0000
7	0.157457	1,573	0,001	0.0000	99,328	94,618	0.0000
8	0.111209	0,500	0,000	0.0000	99,827	94,618	0.0000
9	0.103463	0,001	0,005	0.0000	99,828	94,623	0.0000
10	0.093353	0,000	3,453	0.0000	99,828	98,075	0.0000
11	0.087368	0,140	0,000	0.0000	99,968	98,075	0.0000
12	0.075619	0,027	0,000	0.0000	99,995	98,075	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur (Şekil 3.37 – Şekil 3.38).



Şekil 3.37: 21 nolu bina X yönü statik itme eğrisi



Şekil 3.38: 21 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

X ve Y doğrultuları için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.42 ve Tablo 3.43'de hesaplanmıştır.

Tablo 3.42: 21 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

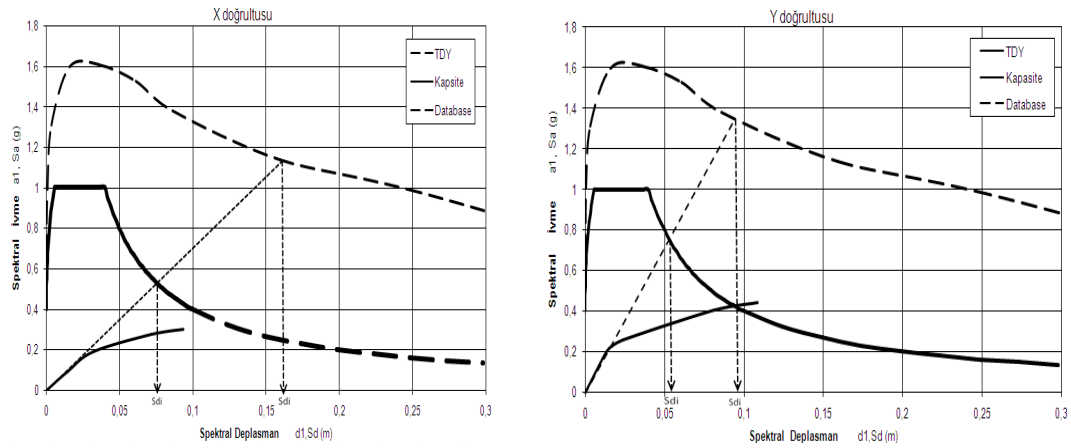
$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{X1}$	$a$	$d$
0	0	2347,55	0,025	50,54	0	0
0,018539	2207,385	2347,55	0,025	50,54	0,940293	0,014673
0,040663	4410,153	2347,55	0,025	50,54	1,878619	0,032183
0,090091	6309,889	2347,55	0,025	50,54	2,687862	0,071303
0,118285	6936,738	2347,55	0,025	50,54	2,954884	0,093617

Tablo 3.43: 21 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{YN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{YN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0	0	2244,84	0,028	46,39	0	0
0,014439	3673,573	2244,84	0,028	46,39	1,636452	0,011116
0,019297	4698,029	2244,84	0,028	46,39	2,092813	0,014856
0,030632	5638,283	2244,84	0,028	46,39	2,511663	0,023583
0,105848	8839,484	2244,84	0,028	46,39	3,93769	0,081489
0,141137	9737,911	2244,84	0,028	46,39	4,337909	0,108657

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.39)

Şekil 3.39: 21 nolu bina için X ve Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.44' deki gibi hesaplanır;

Tablo 3.44 : X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{XN1}$	$u_{XN1}$
21	X	5,003	63,33	0,079	0,8283	1	0,079	0,079	50,54	0,025	0,0998
	Y	7,456	70,78	0,051	0,5722	1	0,051	0,051	46,390	0,028	0,066

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.0998 m ve Y doğrultusunda 0.066 m 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

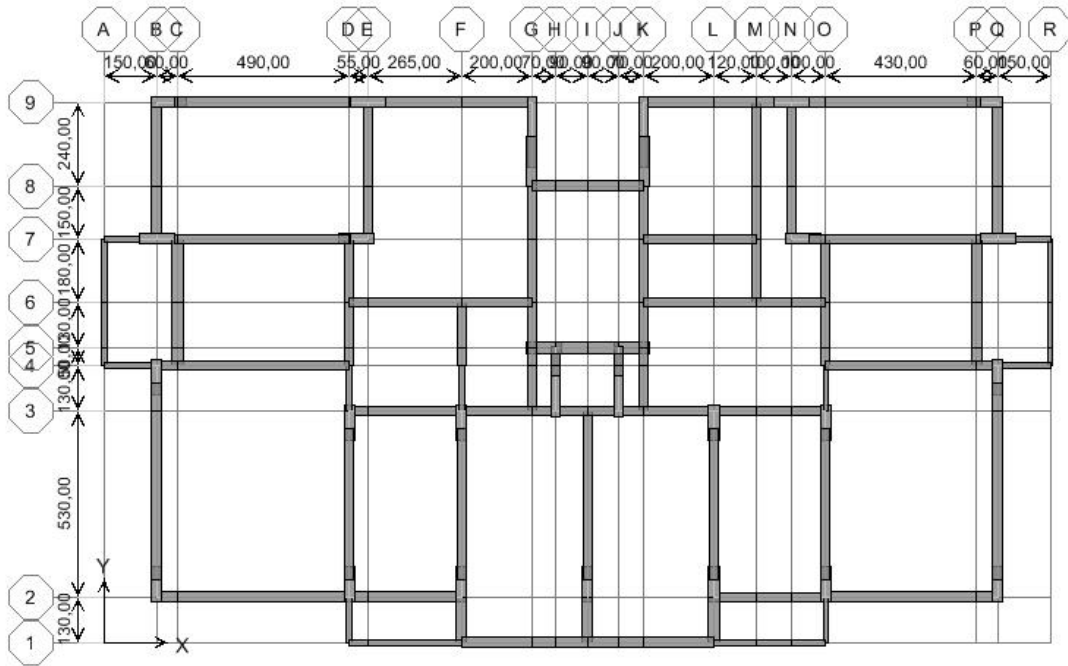
### **21 nolu bina performans değerlendirilmesi**

Tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X ve Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kiriş kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. X yönünde kritik katta bulunan toplam 46 adet kolondan 45 adedi belirgin hasar bölgesindedir. Y yönünde ise plastikleşen tüm kolon kesitleri minimum hasar bölgesindedir. Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir. X yönünde ise can güvenliği düzeyindedir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görel kat ötelemesi oranı 0.012 ve Y yönünde ise 0.0062 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın X yönünde can güvenliği performans düzeyinde olduğu ve Y yönünde ise binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### **34 nolu bina**

Yapı 2005 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Hüsrevpaşa Mahallesinde bulunan yapı bodrum + zemin + altı normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.40'da verilmiştir.



Şekil 3.40: 34 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.45’de verilmiştir.

Tablo 3.45: 34 nolu bina genel bilgileri

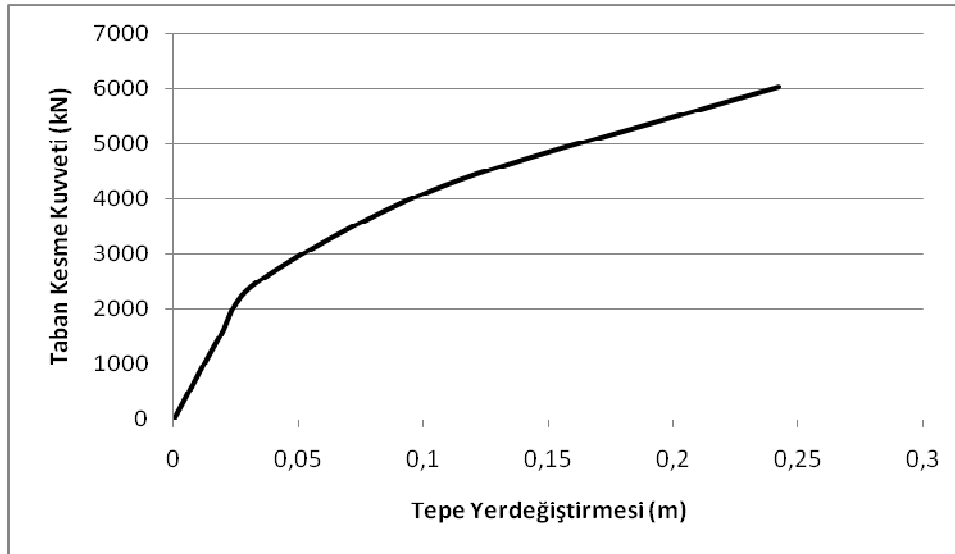
Bina No	34	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	23.20m	
Yapı Boyutları	Lx	23.40m
	Ly	14.10 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/15
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Y doğrultusu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den büyüktür (Tablo 3.46). Buna göre 34 nolu bina için sadece Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.

Tablo 3.46: 34 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle Katkı Oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.854866	58,4493	2,5311	0.0000	58,4493	2,5311	0.0000
2	0.824049	2,3145	74,0160	0.0000	60,7638	76,5471	0.0000
3	0.754996	20,1643	0,0514	0.0000	80,9281	76,5985	0.0000
4	0.263323	7,2034	0,0368	0.0000	88,1315	76,6353	0.0000
5	0.228070	2,6055	4,9843	0.0000	90,7370	81,6196	0.0000
6	0.223670	1,1264	8,2570	0.0000	91,8634	89,8766	0.0000
7	0.141575	2,5160	0,0002	0.0000	94,3794	89,8768	0.0000
8	0.115324	1,5320	0,0288	0.0000	95,9114	89,9056	0.0000
9	0.102769	0,0081	5,0801	0.0000	95,9195	94,9857	0.0000
10	0.091321	1,2602	0,0052	0.0000	97,1797	94,9909	0.0000
11	0.070220	0,9513	0,0062	0.0000	98,1310	94,9971	0.0000
12	0.065442	0,5311	0,0043	0.0000	98,6621	95,0014	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrisi Şekil 3.41’de verilmiştir.



Şekil 3.41: 34 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

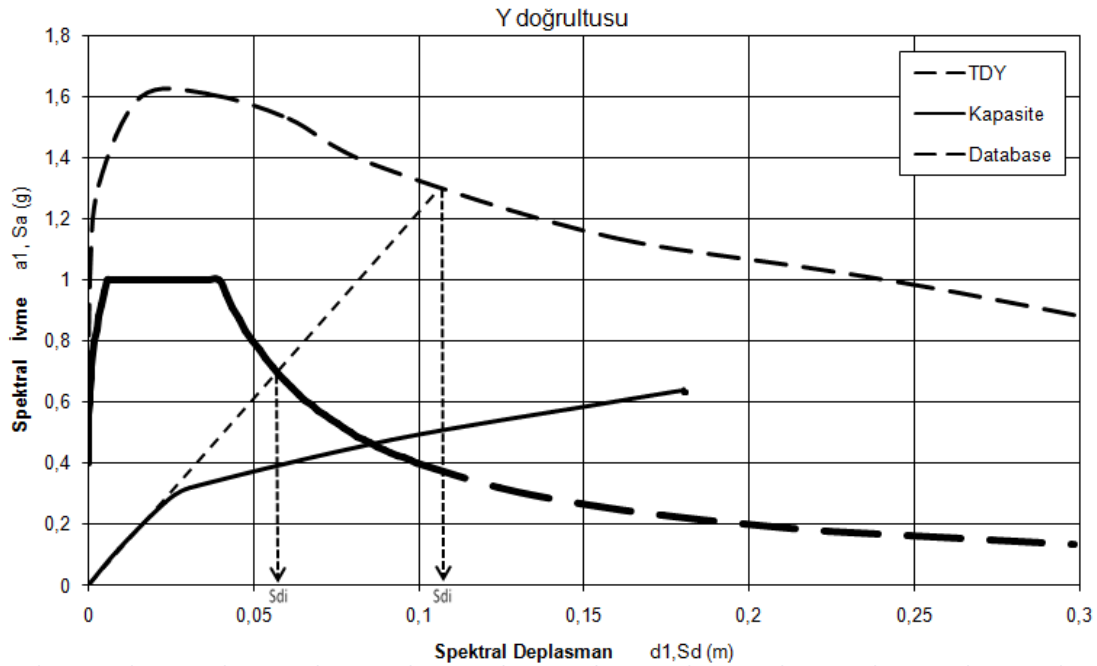
Y doğrultusu için modal kapasite diyagramınının koordinatlarının hesabı Tablo 3.47’de hesaplanmıştır.

Tablo 3.47:34 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0	0	1067,82	0,042	32,05	0	0
0,012206	1238,759	1067,82	0,042	32,05	1,160083	0,009068
0,031248	2849,773	1067,82	0,042	32,05	2,668777	0,023214
0,041231	3325,143	1067,82	0,042	32,05	3,113954	0,03063
0,1237	4987,913	1067,82	0,042	32,05	4,671118	0,091895
0,210029	6252,665	1067,82	0,042	32,05	5,855542	0,156028
0,242393	6701,643	1067,82	0,042	32,05	6,276004	0,180071
0,242401	6579,563	1067,82	0,042	32,05	6,161678	0,180077
0,243529	6610,214	1067,82	0,042	32,05	6,190383	0,180914
0,243538	6586,248	1067,82	0,042	32,05	6,167939	0,180921

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.42)

Şekil 3.42: 34 nolu bina için Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.48'de hesaplanmıştır.

Tablo 3.48: Y yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{y1}$	$\Phi_{yN1}$	$u_{yN1}$
34	Y	6,671	113,07	0,059	0.7975	1	0,059	0,059	32,05	0,042	0,0794

Binanın Y doğrultusunda 0.0794 m 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

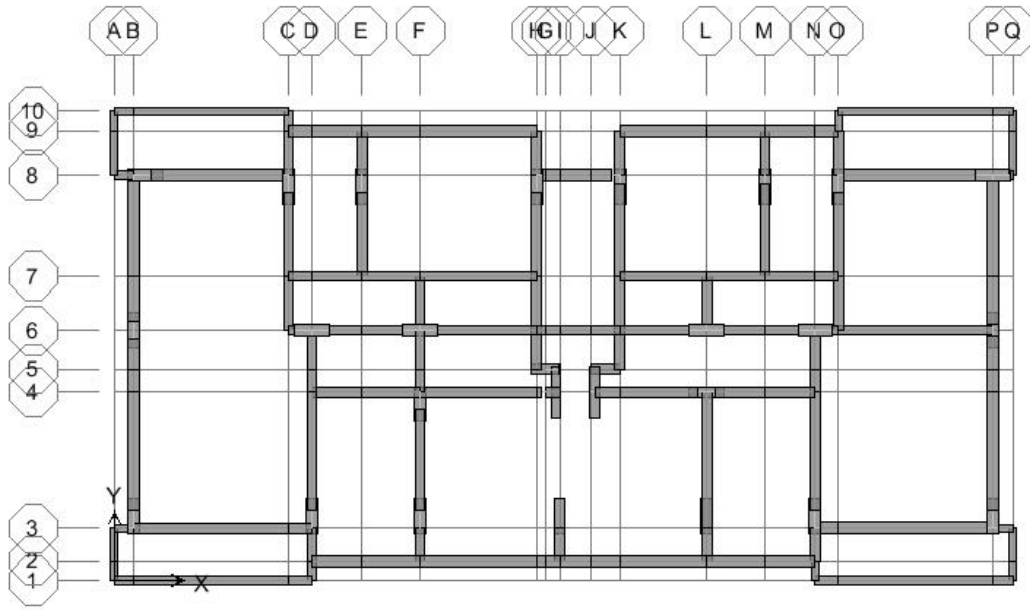
### 34 nolu bina performans değerlendirilmesi

34 nolu bina için X deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine oranınının 0.70' den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirmesi yapılmamıştır. Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla Y yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının Y yönünde meydana gelen maksimum görelî kat ötelemesi oranı 0.0045 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oran, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın Y yönünde hemen kullanım performans düzeyinde olduğunu göstermektedir.

### 49 nolu bina

Yapı 2006 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Hüsrevpaşa Mahallesiinde bulunan yapı bodrum+zemin+ altı normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmaya çalışılmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.43' de verilmiştir.



Şekil 3.43: 49 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.49’ da verilmiştir.

Tablo 3.49 : 49 nolu bina genel bilgileri

Bina No	49	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	23.20m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	22,20m
	Ly	10.70 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	16.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

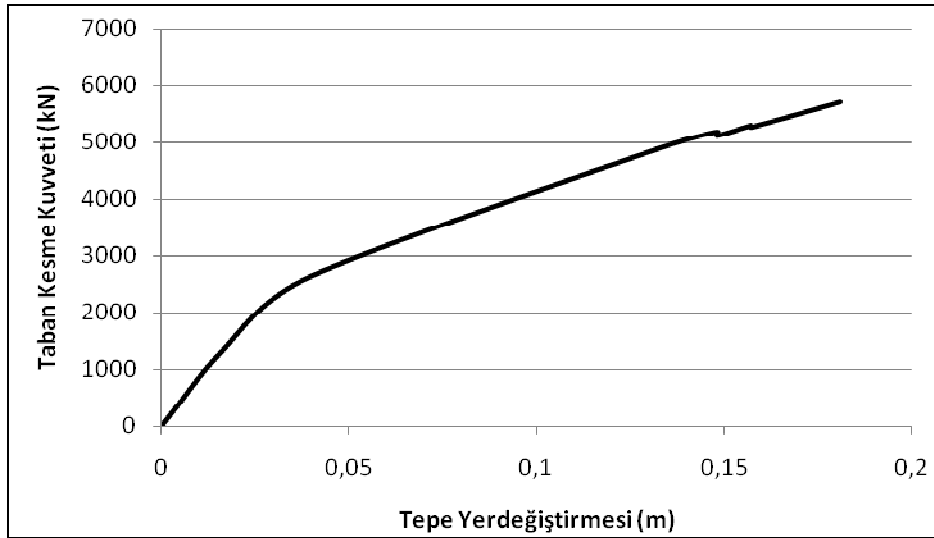
X doğrultusu için birinci(hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den büyüktür (Tablo 3.50). Buna göre 49 nolu bina için sadece X doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.



Tablo 3.50: 49 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.769050	0,1853	68,9631	0.0000	0,1853	68,9631	0.0000
2	0.731303	70,2244	1,8006	0.0000	70,4097	70,7637	0.0000
3	0.720005	9,0104	6,4151	0.0000	79,4201	77,1788	0.0000
4	0.229533	7,2184	1,4053	0.0000	86,6385	78,5841	0.0000
5	0.226498	3,4095	6,2155	0.0000	90,0480	84,7996	0.0000
6	0.219465	0,4972	4,4003	0.0000	90,5452	89,1999	0.0000
7	0.123907	3,8881	0,0051	0.0000	94,4333	89,2050	0.0000
8	0.116498	0,3350	0,4000	0.0000	94,7683	89,6050	0.0000
9	0.109905	0,0118	4,4175	0.0000	94,7801	94,0225	0.0000
10	0.080430	2,1505	0,0005	0.0000	96,9306	94,0230	0.0000
11	0.071943	0,1160	0,0584	0.0000	97,0466	94,0814	0.0000
12	0.065716	0,0009	2,5332	0.0000	97,0475	96,6146	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrisi Şekil 3.44’de verilmiştir.



Şekil 3.44: 49 nolu bina X yönü statik itme eğrisi

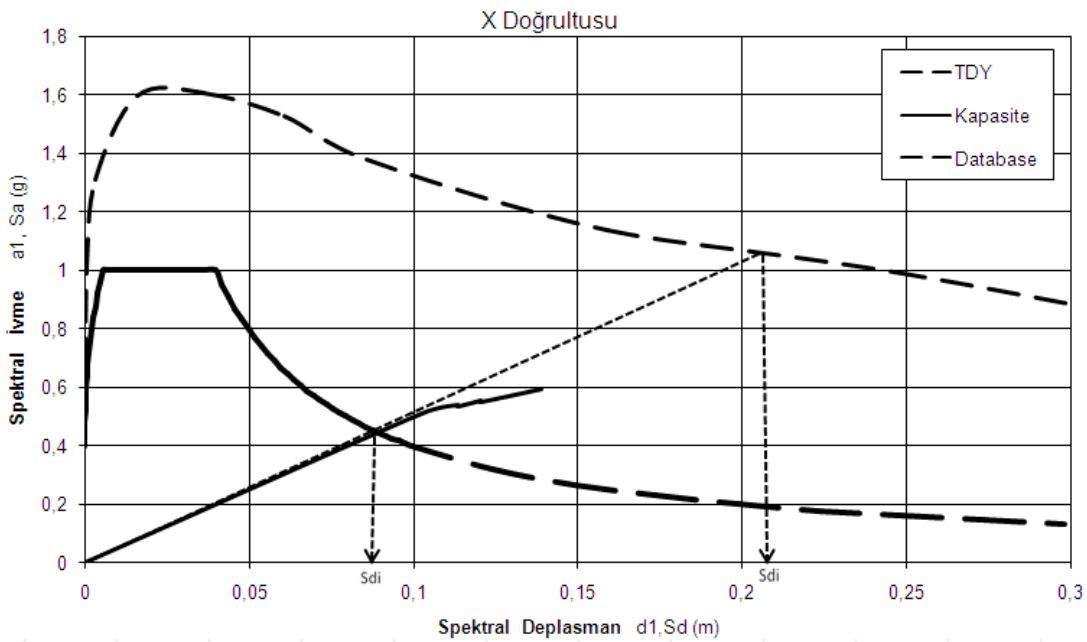
X doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.51’de hesaplanmıştır.

Tablo 3.51: 49 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{X1}$	$a$	$d$
0	0	979,03	0,037	35,24	0	0
0,133521	4913,996	979,03	0,037	35,24	5,01925	0,102403
0,148106	5186,815	979,03	0,037	35,24	5,297912	0,113589
0,148116	5113,163	979,03	0,037	35,24	5,222683	0,113596
0,157118	5300,368	979,03	0,037	35,24	5,413897	0,1205
0,157127	5267,591	979,03	0,037	35,24	5,380419	0,120507
0,180963	5719,263	979,03	0,037	35,24	5,841764	0,138788

### Modal yerdeğiştirme isteminin hesabı

Yapı tepe noktası isteminin hesaplanması için modal yerdeğiştirme isteminin elde edilmesi gerekmektedir. Modal yerdeğiştirme istemi, binanın kapasitesi ve depremin istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.45)



Şekil 3.45: 49 nolu bina için X doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

X doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.52'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.52: 49 nolu bina X yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
49	X	4,414	49,60	0,089	0,7313	1	0,089	0,089	35,24	0,037	0,1160

Binanın X doğrultusunda 0,1160 m 'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

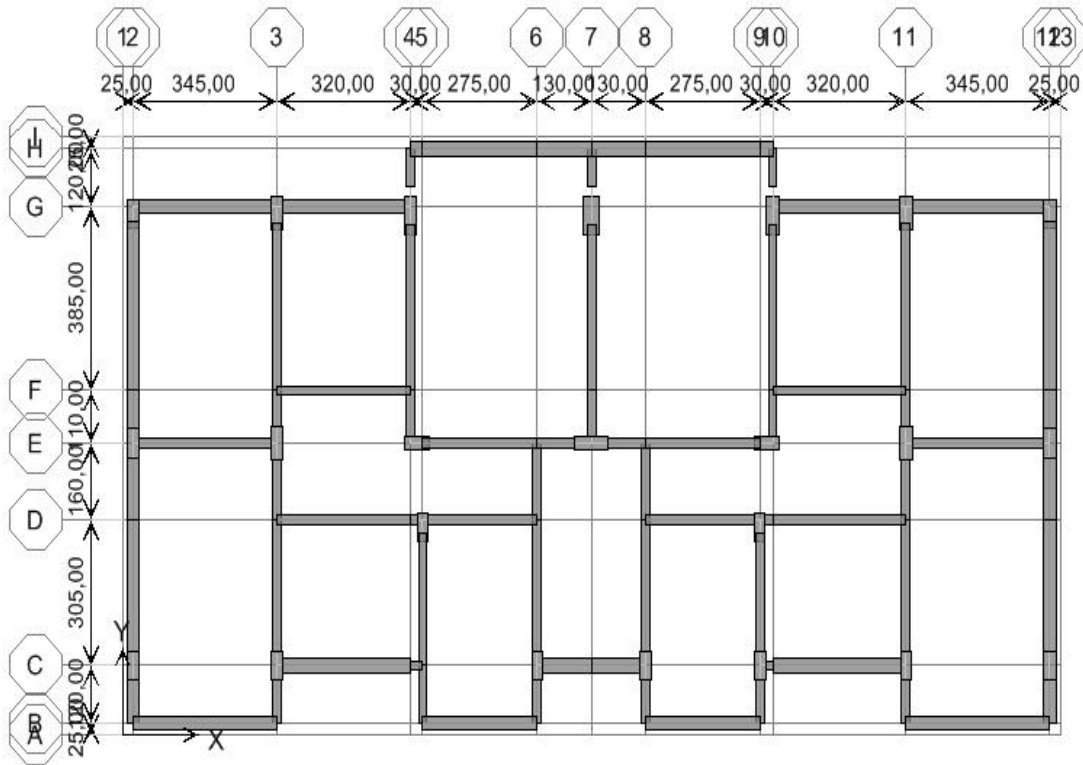
#### **49 nolu bina performans değerlendirilmesi**

49 nolu bina için Y deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının 0.70' den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirmesi yapılmamıştır. X doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. 1. ve 2. katta 2 adet kiriş, 3.katta 1 adet kiriş belirgin hasar bölgesindedir. Geriye kalan tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesi ve belirgin hasar bölgesindedir. İleri hasar bölgesine geçen herhangi bir kesit bulunmamaktadır. Elemanlar çoğu minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum göreceli kat öteleme oranı 0.008 ve Y yönünde ise 0.0071 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

#### **62 nolu bina**

Yapı 1994 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Gazibey Mahallesi'nde bulunan yapı zemin+ beş normal kattan oluşan toplam altı katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.46' da verilmiştir.



Şekil 3.46: 62 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.53' de verilmiştir.

Tablo 3.53: 62 nolu bina genel bilgileri

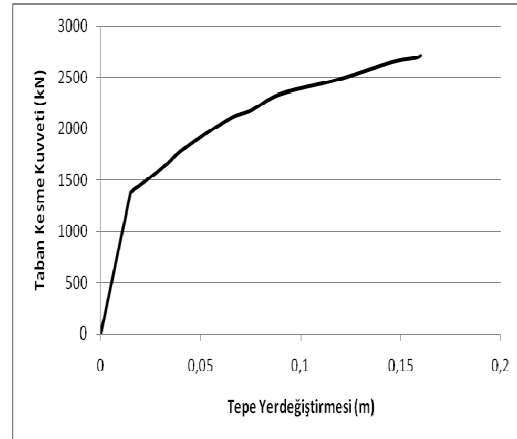
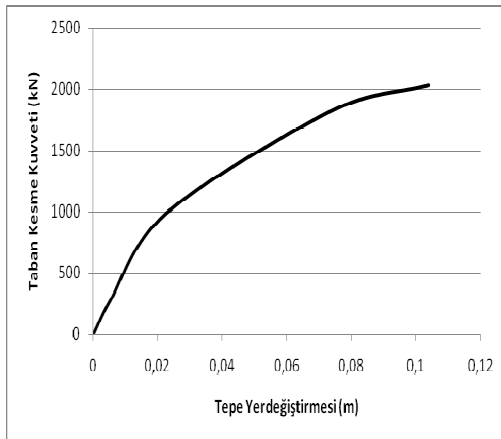
Bina No	62	
Kat Sayısı	6	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	17,40m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	22.00 m
	Ly	12.60 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	8.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Her iki doğrultu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70'den büyüktür (Tablo 3.54). Buna göre 62 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.

Tablo 3.54 :62 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle Katkı Oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.700526	81,4288	0,0495	0.0000	81,4288	0,0495	0.0000
2	0.600150	0,1127	78,2486	0.0000	81,5415	78,2981	0.0000
3	0.547485	0,8222	1,1010	0.0000	82,3637	79,3991	0.0000
4	0.225070	10,2790	0,0029	0.0000	92,6427	79,4020	0.0000
5	0.182259	0,0097	11,1111	0.0000	92,6524	90,5131	0.0000
6	0.170777	0,0743	0,2822	0.0000	92,7267	90,7953	0.0000
7	0.127075	3,9058	0,0007	0.0000	96,6325	90,7960	0.0000
8	0.094567	0,0062	4,2119	0.0000	96,6387	95,0079	0.0000
9	0.092012	0,0214	0,5641	0.0000	96,6601	95,5720	0.0000
10	0.086141	2,0185	0,0004	0.0000	98,6786	95,5724	0.0000
11	0.065291	1,0103	0,0000	0.0000	99,6889	95,5724	0.0000
12	0.059764	0,0044	0,3282	0.0000	99,6933	95,9006	0.0000

Her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki gösterilmiştir (Şekil 3.47 – Şekil 3.48)



Şekil 3.47: 62 nolu bina X yönü statik itme eğrisi    Şekil 3.48: 62 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

X ve Y doğrultuları için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.55 ve Tablo 3.56'da hesaplanmıştır.

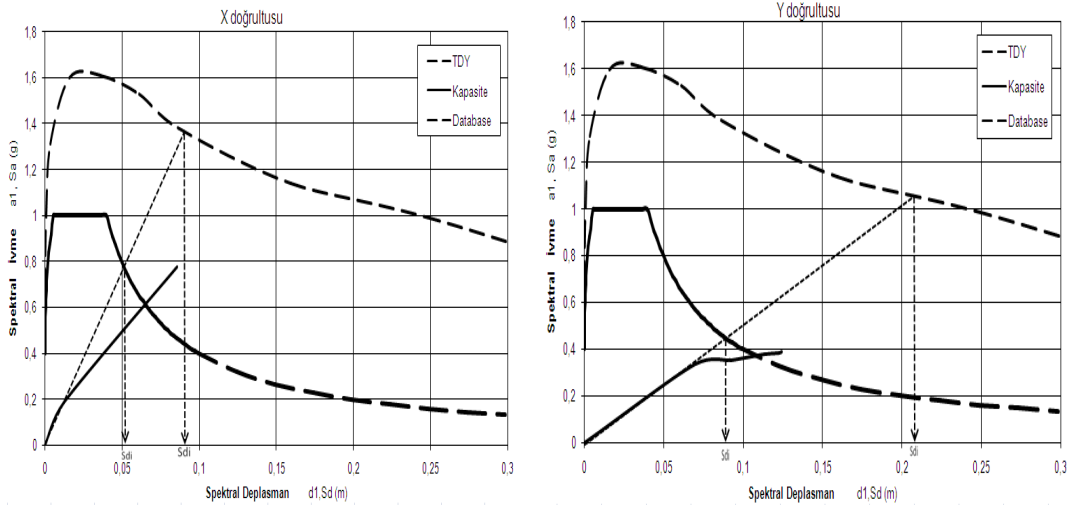
Tablo 3.55: 62 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{X1}$	a	d
0	0	742,29	0,044	28,94	0	0
0,015718	1358,603	742,29	0,044	28,94	1,830287	0,012344
0,108763	5636,351	742,29	0,044	28,94	7,593192	0,085414
0,203357	8300,272	742,29	0,044	28,94	11,18198	0,159701
0,205776	8361,942	742,29	0,044	28,94	11,26506	0,161601

Tablo 3.56: 62 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0	0	713,31	0,041	31,43	0	0
0,0896	2335,329	713,31	0,041	31,43	3,273933	0,069531
0,1181	2472,426	713,31	0,041	31,43	3,466131	0,091648
0,1462	2648,284	713,31	0,041	31,43	3,712669	0,113454
0,1576	2688,253	713,31	0,041	31,43	3,768702	0,1223
0,1602	2711,391	713,31	0,041	31,43	3,80114	0,124318

Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir. (Şekil 3.49)

Şekil 3.49: 62 nolu bina için X ve Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_1$ )

X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.57' deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.57: 62 nolu bina X ve Y yönleri için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
62	X	7,063	133,27	0,053	0,7005	1	0,053	0,053	28,94	0,044	0,0675
	Y	4,316	49,05	0,088	0,6002	1	0,088	0,088	31,430	0,041	0,113

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.0675 m ve Y doğrultusunda 0.113 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

## 62 nolu bina performans değerlendirilmesi

X yönünde tüm kat kirişleri ve kolonlarında plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum (MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

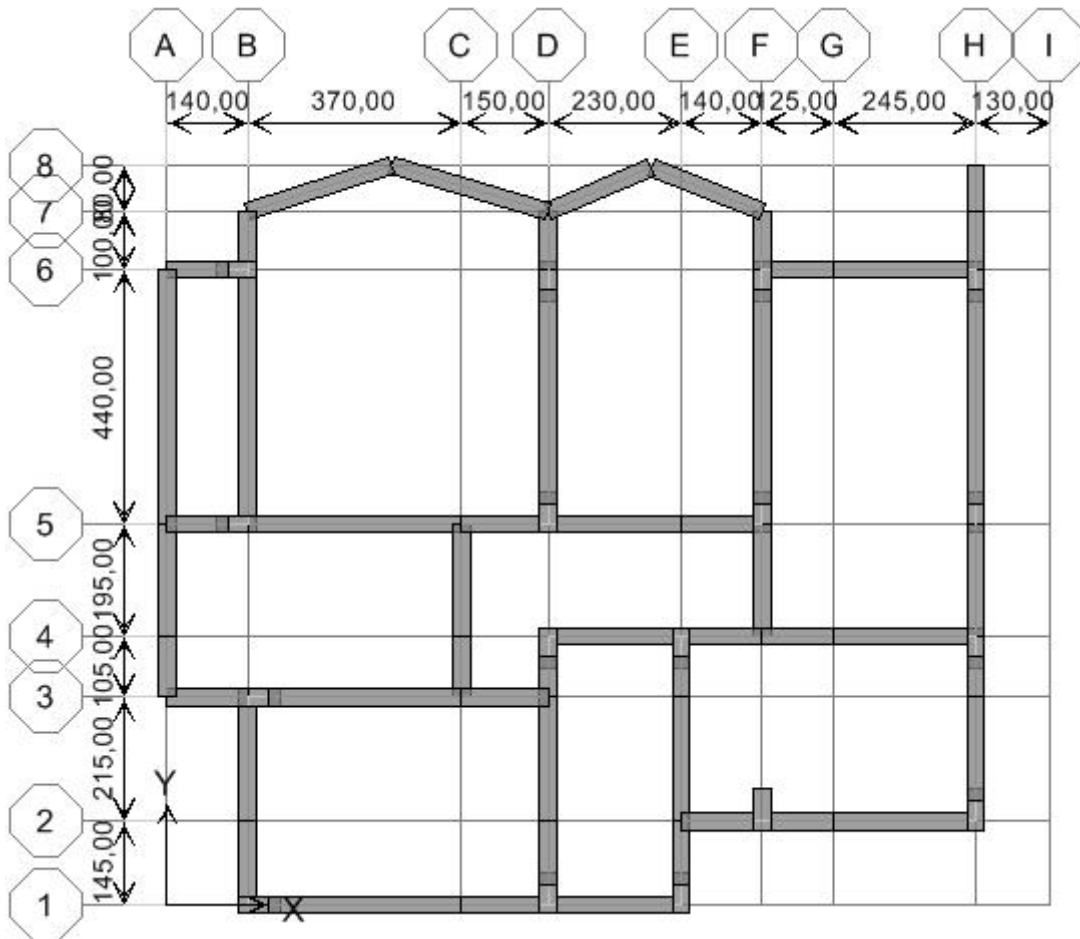
Y yönünde tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. Y yönünde 1.katta bulunan toplam 23 adet kolonun 19 adedi belirgin hasar, 1 adedi ileri hasar bölgesinde ve geriye kalan 3 adet kolon ise minimum hasar bölgesindedir. Bu değerler ışığında Y yönünde can güvenliği performans seviyesindedir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görelî kat öteleme oranı 0.0071 ve Y yönünde ise 0.014 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oranlar, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın X yönünde hemen kullanım performans düzeyinde ve Y yönünde ise binanın can güvenliği performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

## 66 nolu bina

1996 yılında inşa edilen işyeri + konut olarak kullanılan bu yapı Zeydan Mahallesi'nde bulunmaktadır. Yapı; bir zemin ve üç de normal kata sahiptir. Yapının zemin katı işyeri olarak kullanılmaktadır. Yapı düzgün bir geometriye sahip değildir. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Bizzat yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje müellifi mühendisten ve bina sahibinden alınan bilgiler ile projeler doğrulanmaya çalışılmıştır.

Zemin kat kalıp planı Şekil 3.50'de gösterilmiştir.



Şekil 3.50: 66 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile genel bilgiler Tablo 3.58’de verilmektedir.

Tablo 3.58: 66 nolu bina genel bilgileri

Bina No	66	
Kat Sayısı	4	
Zemin kat yüksekliği	2.80m	
Normal kat yüksekliği	2.80m	
Yapı Toplam Yüksekliği	11.20	
Yapı Boyutları	Lx	14.10m
	Ly	11.00m
Deprem Bölgesi	1°	
Zemin Tipi	Z2	
Bina Önem Katsayısı	1.0	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	10.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde CG	



Hesap sonucu elde edilen Tablo 3.59’da 66 nolu binanın hem X hem Y doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam kütleyle oranı %70’nin altında kalmaktadır. Dolayısıyla 66 nolu bina için artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermeyeceğinden bu binanın değerlendirilmesinde bir sonraki aşamaya geçilmemiştir.

Tablo 3.59: 66 nolu bina için modal kütle katkı oranları

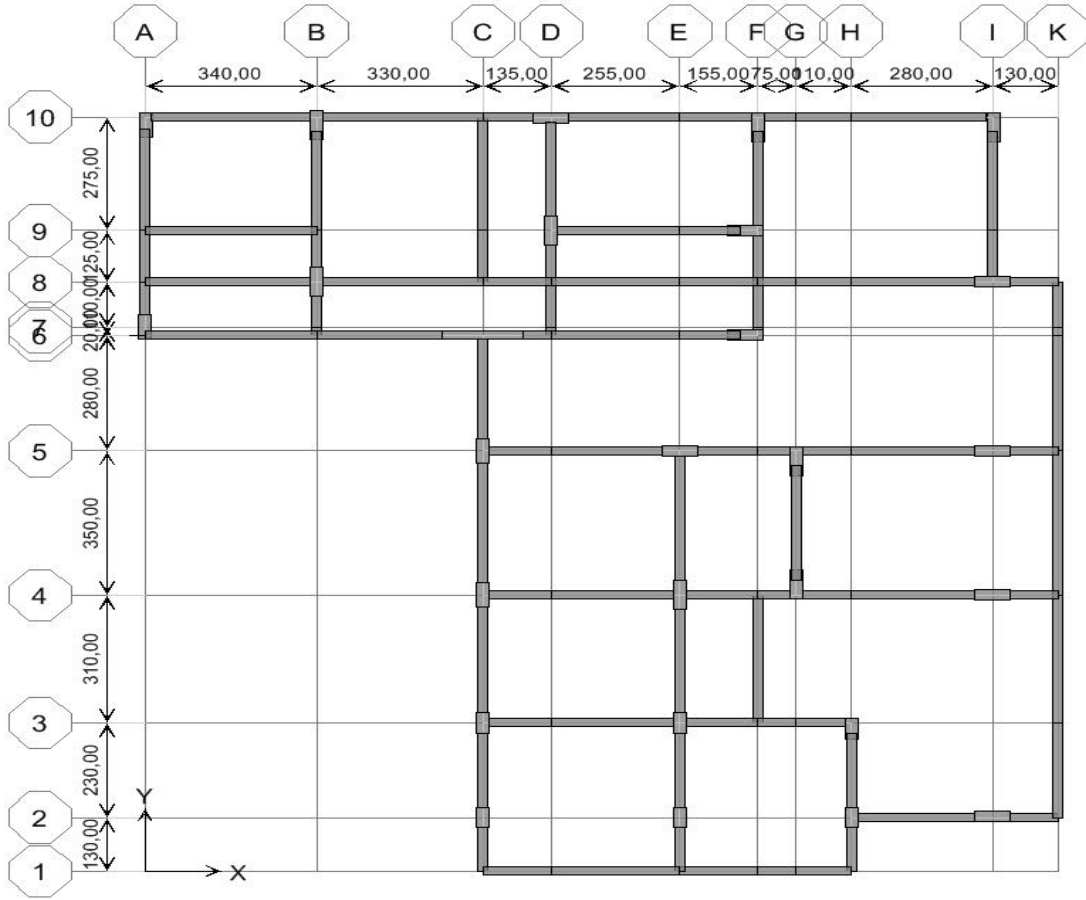
Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.427185	50,7139	10,2251	0.0000	50,7139	10,2251	0.0000
2	0.364097	30,1421	32,2771	0.0000	80,8560	42,5022	0.0000
3	0.263148	1,8725	38,9547	0.0000	82,7285	81,4569	0.0000
4	0.132433	6,9289	1,4394	0.0000	89,6574	82,8963	0.0000
5	0.113364	4,2961	4,1646	0.0000	93,9535	87,0609	0.0000
6	0.079379	0,1367	6,4727	0.0000	94,0902	93,5336	0.0000
7	0.071671	2,4876	0,7237	0.0000	96,5778	94,2573	0.0000
8	0.062300	1,9506	1,3155	0.0000	98,5284	95,5728	0.0000
9	0.049738	0,6449	0,2154	0.0000	99,1733	95,7882	0.0000
10	0.043822	0,8074	0,1432	0.0000	99,9807	95,9314	0.0000
11	0.041640	0,0094	3,0787	0.0000	99,9901	99,0101	0.0000
12	0.028494	0,0051	0,9676	0.0000	99,9952	99,9777	0.0000

### 66 nolu bina performans değerlendirilmesi

66 nolu bina için hem X hem de Y deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının 0.70’den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirmesi yapılmamıştır.

### 69 nolu bina

1996 yılında inşa edilen işyeri + konut olarak kullanılan bu yapı Zeydan Mahallesi’nde bulunmaktadır. Yapı; bir zemin ve üç de normal kata sahiptir. Yapının zemin katı işyeri olarak kullanılmaktadır. Yapı düzgün bir geometriye sahip değildir. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Bizzat yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje müellifi mühendisten ve bina sahibinden alınan bilgiler ile projeler doğrulanmaya çalışılmıştır. Zemin kat kalıp planı Şekil 3.51’de gösterilmiştir.



Şekil 3.51: 69 nolu bina normal kat kalıp planı

69 nolu yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.60'da verilmiştir.

Tablo 3.60: 69 nolu bina genel bilgileri

Bina No	69	
Kat Sayısı	4	
Zemin kat yüksekliği	4.30m	
Normal kat yüksekliği	2.90m	
Yapı Toplam Yüksekliği	13m	
Yapı Kullanım Amacı	Konut+İşyeri	
Yapı Boyutları	Lx	18.10m
	Ly	18.30m
Zemin Tipi	Z2	
Bina Önem Katsayısı	1.0	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	11.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

Tablo 3.61’de hesaplandığı üzere 69 nolu binanın hem X hem Y doğrultularında bu oran %70’nin altında kalmaktadır. Dolayısıyla 69 nolu bina için artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılması sağlıklı sonuçlar vermeyeceğinden bu binanın değerlendirilmesinde bir sonraki aşamaya geçilmemiştir.

Tablo 3.61: 69 nolu bina için modal kütle katkı oranları

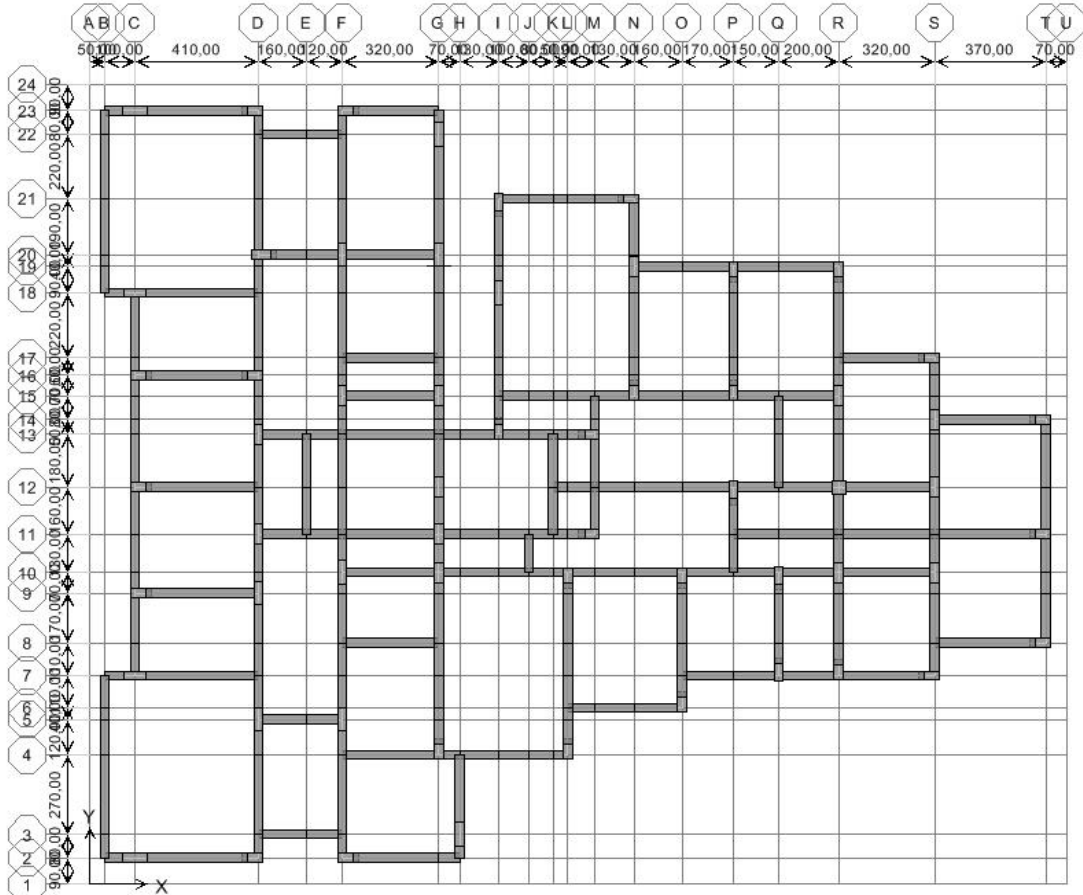
Modal Kütle Katkı Oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.658099	57,2387	7,6781	0.0000	57,2387	7,6781	0.0000
2	0.649239	24,0766	19,9628	0.0000	81,3153	27,6409	0.0000
3	0.582056	0,0166	51,9495	0.0000	81,3319	79,5904	0.0000
4	0.207405	10,0942	0,1101	0.0000	91,4261	79,7005	0.0000
5	0.198464	0,5369	3,0675	0.0000	91,9630	82,7680	0.0000
6	0.179330	0,0075	8,2405	0.0000	91,9705	91,0085	0.0000
7	0.122033	0,0004	0,0164	0.0000	91,9709	91,0249	0.0000
8	0.121906	0,0000	0,0009	0.0000	91,9709	91,0258	0.0000
9	0.121888	0,0000	0,0001	0.0000	91,9709	91,0259	0.0000
10	0.121761	0,0000	0,0012	0.0000	91,9709	91,0271	0.0000
11	0.121680	0,0000	0,0155	0.0000	91,9709	91,0426	0.0000
12	0.113938	4,1266	0,0098	0.0000	96,0975	91,0524	0.0000

### 69 nolu bina performans değerlendirilmesi

69 nolu bina için hem X hem de Y deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının 0.70’ den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirmesi yapılmamıştır

### 73 nolu bina

Yapı 1996 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Taş Mahallesi’nde bulunan yapı zemin + yedi normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.52’de gösterilmiştir.



Şekil 3.52: 73 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.62’de verilmiştir.

Tablo 3.62: 73 nolu bina genel bilgileri

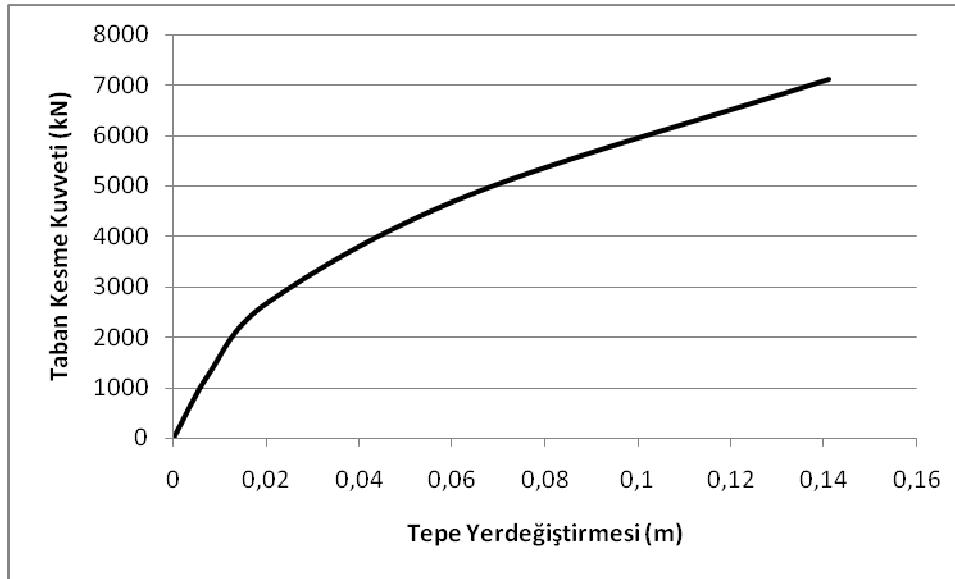
Bina No	73	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	3.60 m	
Normal kat yüksekliği	3.00 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	24.60m	
Yapı Boyutları	Lx	30.80 m
	Ly	25.60 m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	10.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

X doğrultusu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den büyüktür. Buna göre 73 nolu bina için sadece X doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.

Tablo 3.63: 73 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle Katkı Oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.789531	83,8361	0,2483	0.0000	83,8361	0,2483	0.0000
2	0.753298	0,5261	40,6357	0.0000	84,3622	40,8840	0.0000
3	0.696668	0,0001	41,3634	0.0000	84,3623	82,2474	0.0000
4	0.256753	9,8373	0,0352	0.0000	94,1996	82,2826	0.0000
5	0.245262	0,0808	4,8621	0.0000	94,2804	87,1447	0.0000
6	0.226581	0,0005	5,4942	0.0000	94,2809	92,6389	0.0000
7	0.146251	3,1656	0,0169	0.0000	97,4465	92,6558	0.0000
8	0.140687	0,0459	1,6633	0.0000	97,4924	94,3191	0.0000
9	0.129645	0,0008	1,9742	0.0000	97,4932	96,2933	0.0000
10	0.099361	1,3544	0,0188	0.0000	98,8476	96,3121	0.0000
11	0.096507	0,0481	0,8280	0.0000	98,8957	97,1401	0.0000
12	0.089111	0,0010	0,9782	0.0000	98,8967	98,1183	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrisi Şekil 3.53’de gösterilmiştir.



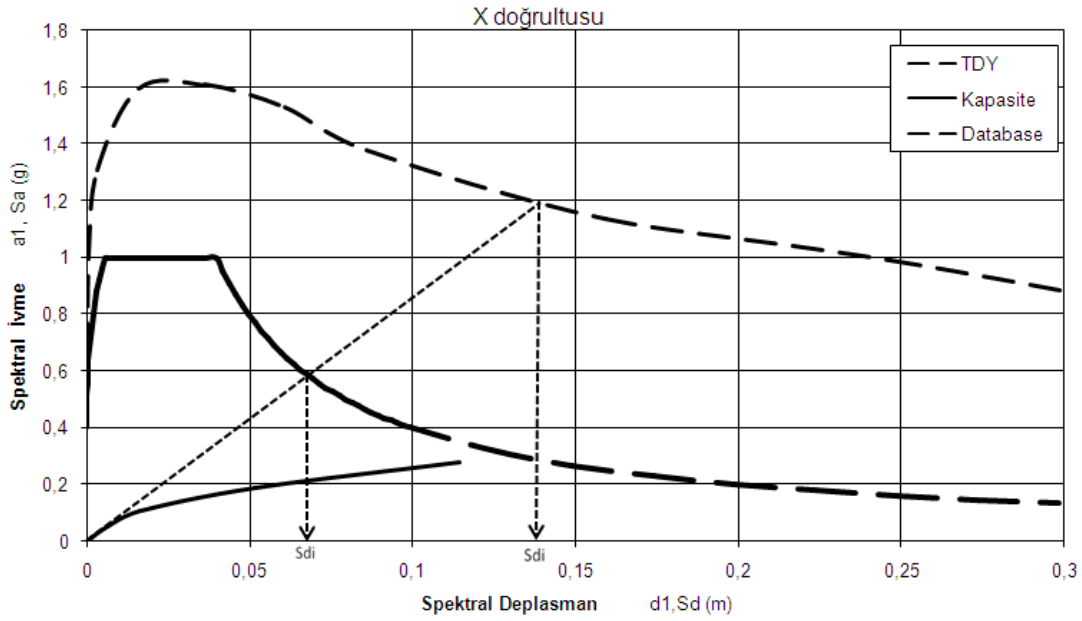
Şekil 3.53: 73 nolu bina X yönü statik itme eğrisi

X doğrusu için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.64’de yapılmıştır.

Tablo 3.64: 73 nolu bina Y doğrusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$a$	$d$
0	0	2600,72	0,025	49,40	0	0
0,007584	1266,163	2600,72	0,025	49,40	0,486851	0,006141
0,02028	2683,743	2600,72	0,025	49,40	1,031923	0,016421
0,063885	4821,816	2600,72	0,025	49,40	1,854031	0,051729
0,14114	7108,396	2600,72	0,025	49,40	2,733241	0,114283

73 nolu binanın modal kapasite-davranış spektrumu aşağıda verilmiştir (Şekil 3.54).



Şekil 3.54: 73 nolu bina için X doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_1$ )

X doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.65'de hesaplanmıştır.

Tablo 3.65: 73 nolu bina X yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
73	X	5,396	71,00	0,072	0,7895	1	0,072	0,072	49,4	0,025	0,0889

Binanın X doğrultusunda 0.0889 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 73 nolu bina performans değerlendirilmesi

73 nolu bina için hem Y deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine oranının 0.70' den küçük olmasından dolayı herhangi performans değerlendirmesi yapılmamıştır.

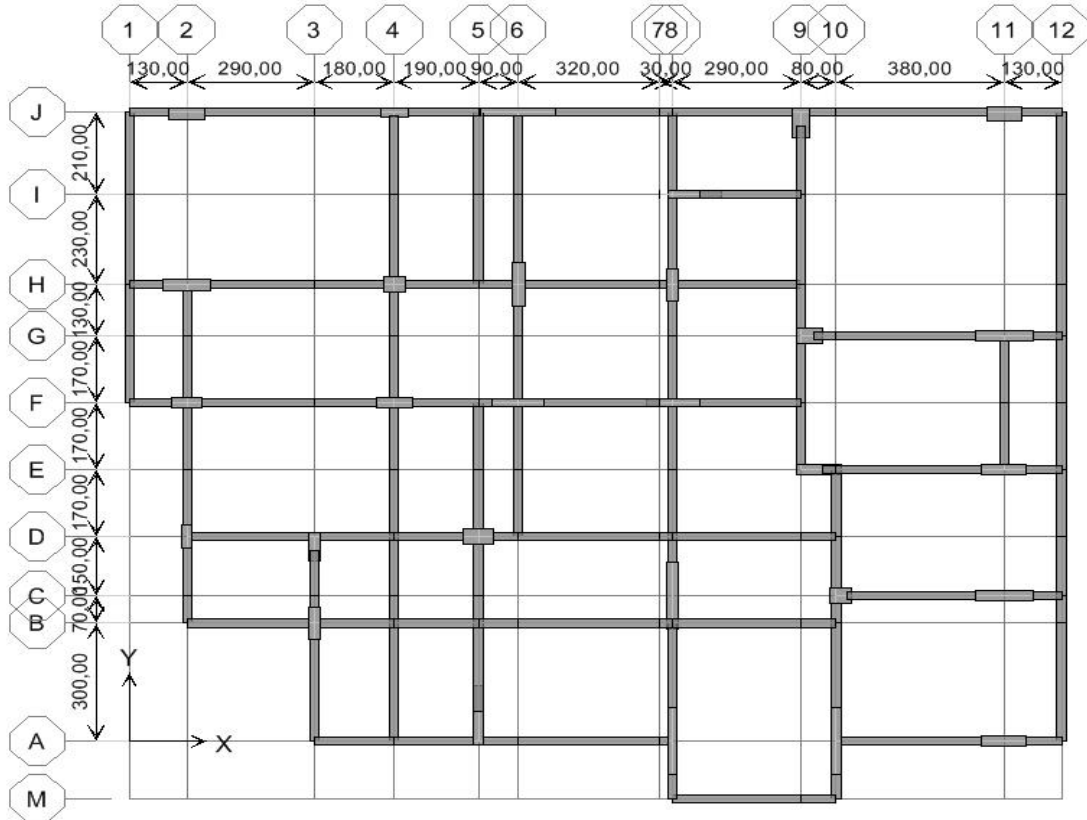
X yönünde tüm kat kirişleri ve kolonlarında plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kesitlerin minimum

(MN) hasar bölgesinde olduklarına karar verilmiştir. Tüm kesitler minimum hasar bölgesinde olduğu için tüm elemanlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla X yönünde bina performans düzeyi Hemen Kullanım (HK) performans seviyesi olarak belirlenmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucu yapının X yönünde meydana gelen maksimum görelî kat ötelemesi oranı 0.0064 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanmış bu oran, DBYBHY Bölüm 7.5.3 de verilen değerler ile karşılaştırıldığında binanın X yönünde hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### 74 nolu bina

Yapı 1995 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. İnönü Mahallesi'nde bulunan yapı bodrum + zemin + yedi normal kattan oluşan toplam dokuz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.55' de verilmiştir.



Şekil 3.55: 74 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.66’da verilmiştir.

Tablo 3.66: 74 nolu bina genel bilgileri

Bina No	74		
Kat Sayısı	9		
Zemin kat yüksekliği	3.50 m		
Normal kat yüksekliği	2.90 m		
Yapı Toplam Yüksekliği	23.80m		
Yapı Kullanı Amacı	Konut		
Yapı Boyutları	Lx	21.20 m	
	Ly	17.60 m	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	12.0 MPa		
Beton çeliği sınıfı	BÇIII		
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/20	
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG		

Her iki doğrultu için birinci(hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70’den küçüktür (Tablo 3.67). Buna göre 74 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirliği bulunmamaktadır.

Tablo 3.67: 74 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle Katkı Oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	1,17725	17,2000	11,5553	0.0000	17,2000	11,5553	0.0000
2	1,07211	7,0201	67,8066	0.0000	24,2201	79,3619	0.0000
3	0.965433	57,0487	1,0001	0.0000	81,2688	80,3620	0.0000
4	0.363349	2,2212	0,6273	0.0000	83,4900	80,9893	0.0000
5	0.324850	0,3098	9,9374	0.0000	83,7998	90,9267	0.0000
6	0.293368	7,5112	0,0581	0.0000	91,3110	90,9848	0.0000
7	0.192762	0,7164	0,0667	0.0000	92,0274	91,0515	0.0000
8	0.165977	0,0168	3,6532	0.0000	92,0442	94,7047	0.0000
9	0.150884	2,7578	0,0015	0.0000	94,8020	94,7062	0.0000
10	0.122062	0,3709	0,0053	0.0000	95,1729	94,7115	0.0000
11	0.101760	0,0004	1,9879	0.0000	95,1733	96,6994	0.0000
12	0.092271	1,5120	0,0022	0.0000	96,6853	96,7016	0.0000



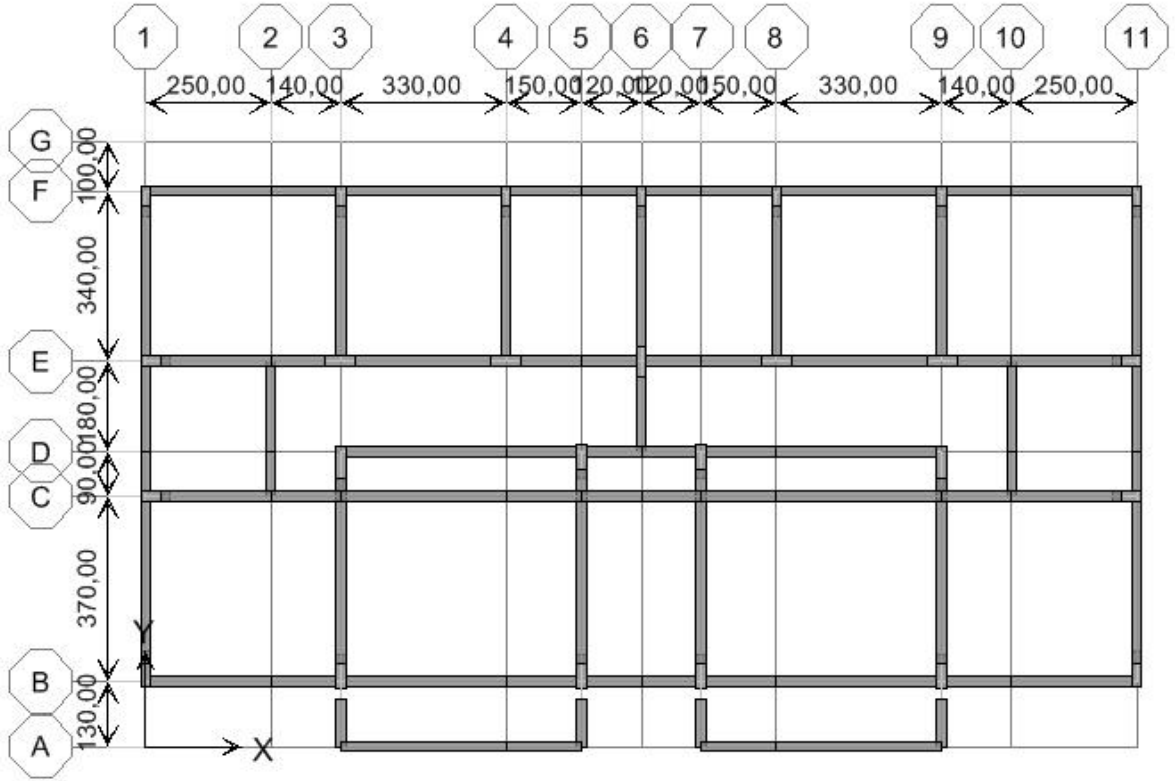
### 74 nolu bina performans değerlendirilmesi

Hem X hem de Y deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının 0.70' den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirilmesi yapılmamıştır.

### 75 nolu bina

1995 yılında inşa edilen işyeri + konut olarak kullanılan bu yapı 8 Ağustos Mahallesi'nde bulunmaktadır. Yapı; bir zemin ve üç de normal kata sahiptir. Yapının zemin katı işyeri olarak kullanılmaktadır. Yapı düzgün bir geometriye sahip değildir. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Bizzat yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje müellifi mühendisten ve bina sahibinden alınan bilgiler ile projeler doğrulanmaya çalışılmıştır.

Zemin kat kalıp planı Şekil 3.56' da gösterilmiştir.



Şekil 3.56: 75 nolu bina normal kat kalıp planı

75 nolu yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.68' de verilmiştir.

Tablo 3.68: 75 nolu bina genel bilgileri

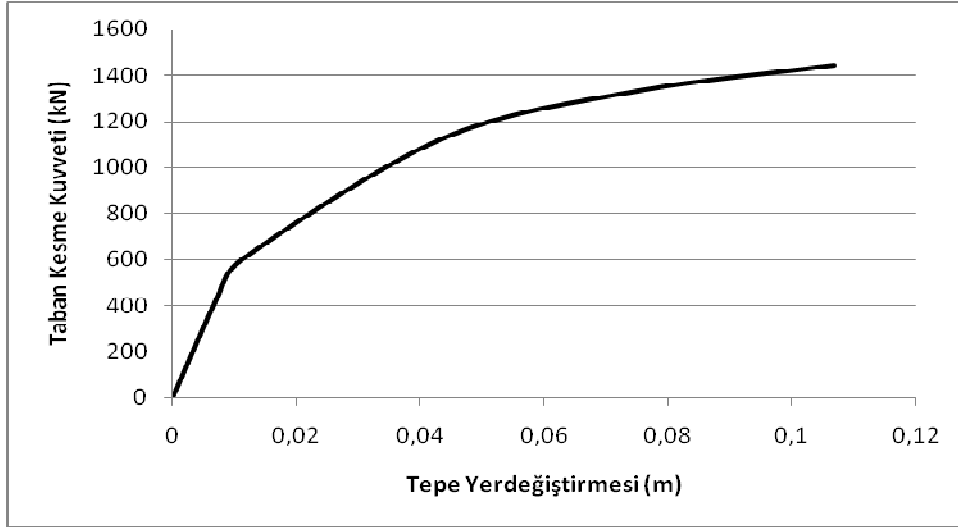
Bina No	75	
Kat Sayısı	5	
Zemin kat yüksekliği	3.50m	
Normal kat yüksekliği	3.00m	
Yapı Toplam Yüksekliği	15.50m	
Yapı Boyutları	Lx	20.00m
	Ly	12.40m
Ortalama Beton Basınç Dayanımı	9.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/25
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremden CG	

75 nolu binanın sadece Y doğrultusunda etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı %70'nin üzerinde kalmaktadır (Tablo 3.69). Dolayısıyla 75 nolu bina için artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi sadece Y yönüne uygulanacaktır.

Tablo 3.69: 75 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.681271	64,2678	0,0000	0.0000	64,2678	0,0000	0.0000
2	0.593792	24,0965	0,0000	0.0000	88,3643	0,0000	0.0000
3	0.583969	0,0000	85,1921	0.0000	88,3643	85,1921	0.0000
4	0.216283	7,2579	0,0000	0.0000	95,6222	85,1921	0.0000
5	0.184083	1,3120	0,0000	0.0000	96,9342	85,1921	0.0000
6	0.174924	0,0000	10,4720	0.0000	96,9342	95,6641	0.0000
7	0.121319	2,0884	0,0000	0.0000	99,0226	95,6641	0.0000
8	0.096469	0,1531	0,0000	0.0000	99,1757	95,6641	0.0000
9	0.088161	0,0000	3,1508	0.0000	99,1757	98,8149	0.0000
10	0.082582	0,6576	0,0000	0.0000	99,8333	98,8149	0.0000
11	0.064615	0,1503	0,0000	0.0000	99,9836	98,8149	0.0000
12	0.060329	0,0135	0,0000	0.0000	99,9971	98,8149	0.0000

Birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrisi Şekil 3.57'de gösterilmiştir.



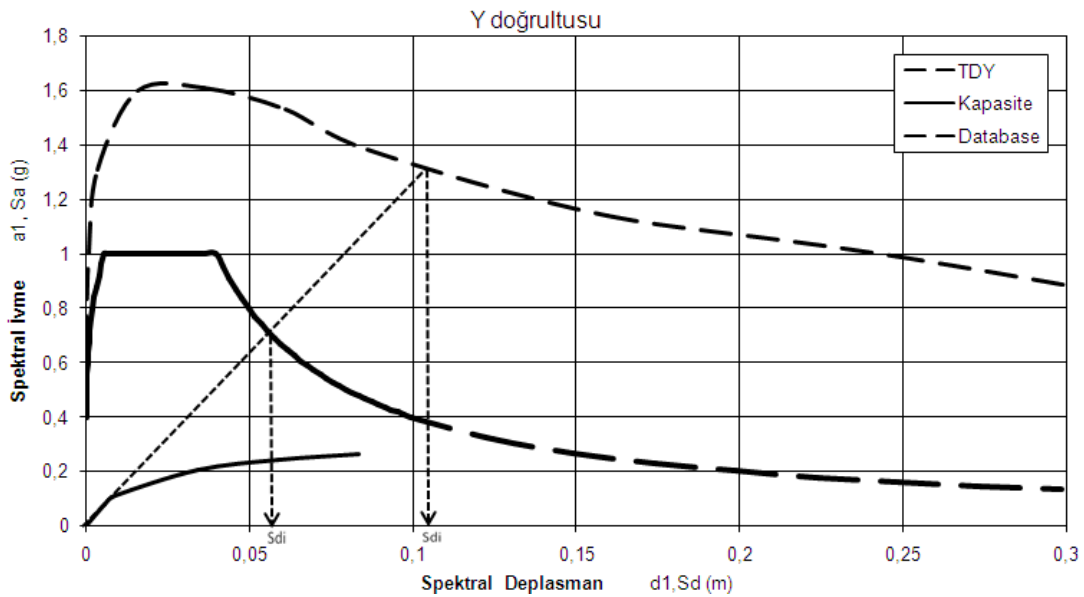
Şekil 3.57: 75 nolu bina Y doğrultusu statik itme eğrisi

Y doğrultusu için modal kapasite diyagramının koordinatları Tablo 3.70' de hesaplanmıştır.

Tablo 3.70:75 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0	0	560,41	0,056	22,83	0	0
0,007256	437,3968	560,41	0,056	22,83	0,780494	0,005675
0,011131	597,2364	560,41	0,056	22,83	1,065713	0,008706
0,043472	1122,329	560,41	0,056	22,83	2,002693	0,034003
0,074872	1328,698	560,41	0,056	22,83	2,370939	0,058563
0,106832	1440,889	560,41	0,056	22,83	2,571134	0,083562

75 nolu binanın modal kapasite-davranış spektrumu aşağıda verilmiştir (Şekil 3.58).



Şekil 3.58: 75 nolu bina için Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_1$ )

Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.71' de hesaplanmıştır.

Tablo 3.71: Y yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{y1}$	$\Phi_{YN1}$	$u_{YN1}$
75	Y	6,377	102,85	0,062	0,584	1	0,062	0,062	22,830	0,056	0,079

Binanın Y doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0.079 m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

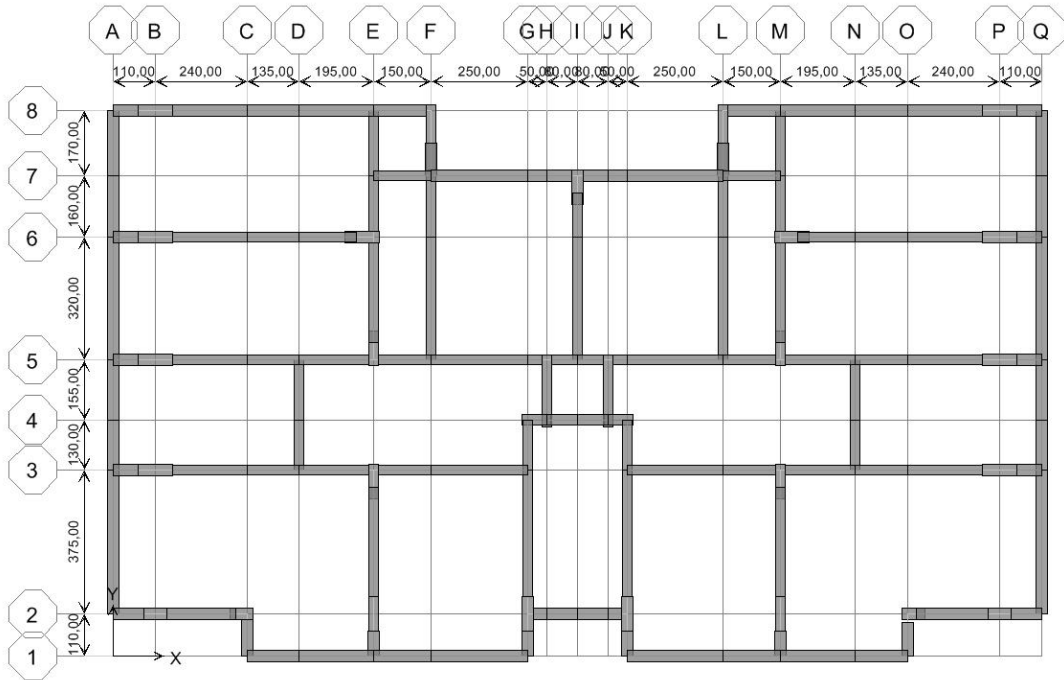
### 75 nolu bina performans değerlendirilmesi

75 nolu bina için hem X deprem doğrultularında birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine oranının 0.70' den küçük olmasından dolayı herhangi bir performans değerlendirilmesi yapılmamıştır.

Y yönünde tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. Y doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kritik katta bulunan 26 adet kolonun 24 adedi belirgin hasar bölgesinde geriye kalan 2 adedi ise minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla bina Y yönünde can güvenliği performans seviyesindedir.

### 76 nolu bina

Yapı 2003 yılında inşa edilmiş olup konut olarak kullanılmaktadır. Saray Mahallesinde bulunan yapı zemin + asma + 6 normal kattan oluşan toplam sekiz katlı bir yapıdır. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile proje doğrulanmıştır. Yapının normal kat kalıp planı Şekil 3.59' da verilmiştir.



Şekil 3.59: 76 nolu bina normal kat kalıp planı

Yapı ile ilgili genel bilgiler Tablo 3.72' de verilmiştir.

Tablo 3.72: 76 nolu bina genel bilgileri

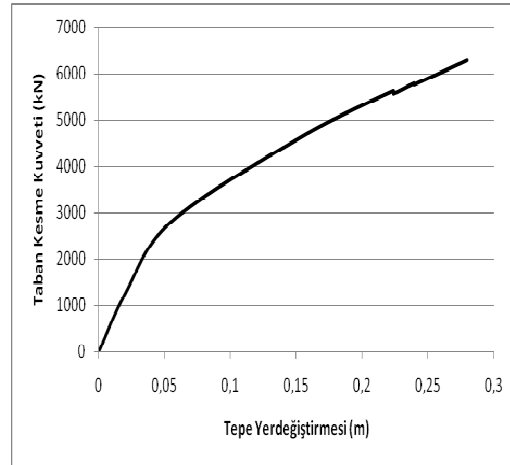
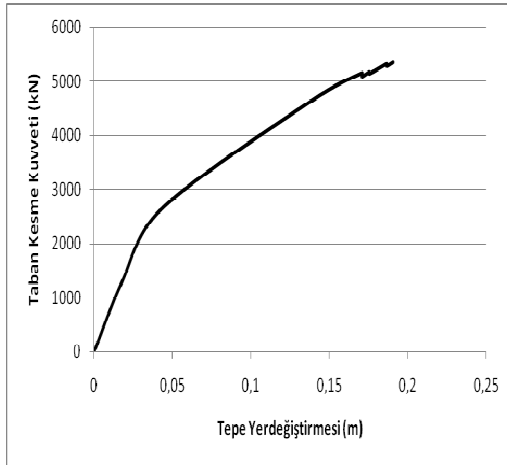
Bina No	76	
Kat Sayısı	8	
Zemin kat yüksekliği	2.90 m	
Normal kat yüksekliği	2.90 m	
Yapı Toplam Yüksekliği	20.80m	
Yapı Kullanı Amacı	Konut	
Yapı Boyutları	Lx	24.20 m
	Ly	14.20 m
Ortalama Beton Basınc Dayanımı	16.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI - BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	Φ8/15
	Kiriş	Φ8/15
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Her iki doğrultu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70'den büyüktür (Tablo 3.73). Buna göre 76 nolu bina için hem X hem de Y doğrultusunda artımsal eşdeğer deprem yükü uygulanabilir.

Tablo 3.73: 76 nolu bina için modal kütle katkı oranları

Modal Kütle katkı oranları							
MOD	PERİYOT	MODAL KÜTLE (%)			KÜMÜLATİF (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.953613	3,1009	0,0012	0.0000	3,1009	0,0012	0.0000
2	0.877007	0,0039	77,1268	0.0000	3,1048	77,1280	0.0000
3	0.845691	78,6382	0,0026	0.0000	81,7430	77,1306	0.0000
4	0.297570	0,1010	0,0140	0.0000	81,8440	77,1446	0.0000
5	0.260732	11,8540	0,0042	0.0000	93,6980	77,1488	0.0000
6	0.246777	0,0020	13,8360	0.0000	93,7000	90,9848	0.0000
7	0.159790	0,0121	0,0161	0.0000	93,7121	91,0009	0.0000
8	0.136294	3,7227	0,0003	0.0000	97,4348	91,0012	0.0000
9	0.117405	0,0002	5,4101	0.0000	97,4350	96,4113	0.0000
10	0.101816	0,0003	0,0003	0.0000	97,4353	96,4116	0.0000
11	0.085257	1,4814	0,0000	0.0000	98,9167	96,4116	0.0000
12	0.072253	0,0000	2,0182	0.0000	98,9167	98,4298	0.0000

Her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur (Şekil 3.60 – Şekil 3.61).



Şekil 3.60:76 nolu bina X yönü statik itme eğrisi      Şekil 3.61:76 nolu bina Y yönü statik itme eğrisi

X ve Y doğrultuları için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı Tablo 3.74 ve Tablo 3.75'de hesaplanmıştır.

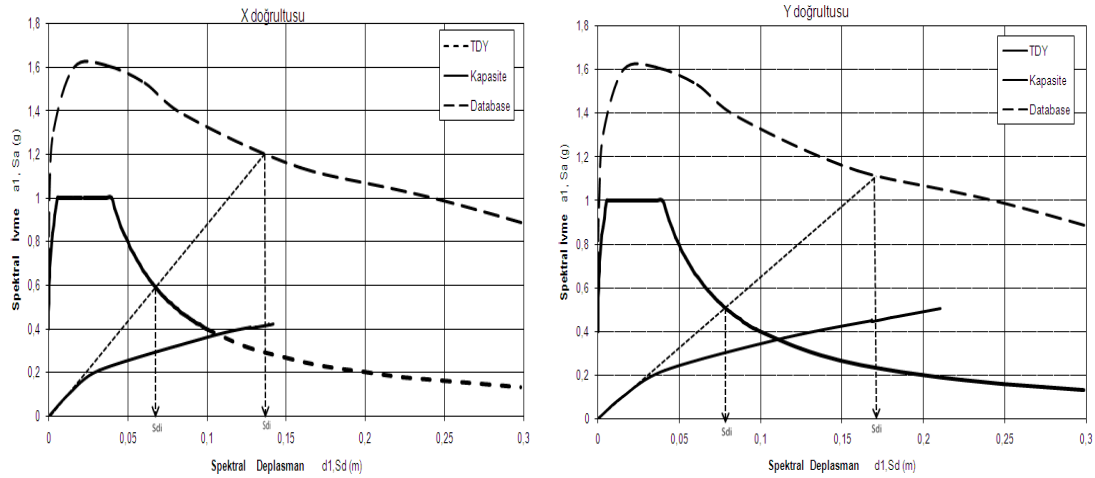
Tablo 3.74:76 nolu bina X doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{xN1}$	$V_x$	$M_x$	$\Phi_{xN1}$	$\Gamma_{x1}$	$a$	$d$
0	0	1296,43	0,036	37,28	0	0
0,017679	1287,626	1296,43	0,036	37,28	0,993209	0,013173
0,043046	2644,098	1296,43	0,036	37,28	2,039523	0,032074
0,138212	4634,886	1296,43	0,036	37,28	3,575115	0,102983
0,17084	5158,504	1296,43	0,036	37,28	3,979007	0,127295
0,170846	5089,785	1296,43	0,036	37,28	3,926001	0,127299
0,175498	5176,105	1296,43	0,036	37,28	3,992583	0,130766
0,175508	5143,512	1296,43	0,036	37,28	3,967443	0,130773
0,186653	5326,469	1296,43	0,036	37,28	4,108567	0,139077
0,186662	5284,492	1296,43	0,036	37,28	4,076188	0,139084
0,190744	5355,548	1296,43	0,036	37,28	4,130997	0,142126

Tablo 3.75: 76 nolu bina Y doğrultusu modal kapasite diyagram koordinatlarının hesabı

$u_{yN1}$	$V_y$	$M_y$	$\Phi_{yN1}$	$\Gamma_{y1}$	$a$	$d$
0,000483	0	1271,52	0,039	34,09	0	0,00036329
0,020222	1260,708	1271,52	0,039	34,09	0,991497	0,01521012
0,054793	2797,605	1271,52	0,039	34,09	2,200205	0,04121293
0,152073	4604,372	1271,52	0,039	34,09	3,621156	0,11438274
0,223636	5632,376	1271,52	0,039	34,09	4,42964	0,16820934
0,223646	5566,616	1271,52	0,039	34,09	4,377923	0,16821686
0,239383	5788,894	1271,52	0,039	34,09	4,552735	0,18005355
0,239393	5761,551	1271,52	0,039	34,09	4,531231	0,18006108
0,279698	6291,06	1271,52	0,039	34,09	4,947669	0,21037676

Bu amaçla, bir önceki adımda elde edilen koordinatlar “a-d” olan modal kapasite diyagramı ile koordinatları “ $S_a$   $S_d$ ” olan davranış spektrumu bir arada çizilmiştir (Şekil 3.62).

Şekil 3.62: 76 nolu bina için X ve Y doğrultusu modal kapasite-davranış spektrumu ( $S_{di} = d_i$ )

X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 7.6.5.7.'ye göre Tablo 3.76' daki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.76: 76 nolu bina için X ve Y yönü için yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{di1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_{X1}$	$\Phi_{xN1}$	$u_{xN1}$
76	X	5,543	71,71	0,073	0,7005	1	0,073	0,073	37,28	0,036	0,0980
	Y	5,150	66,03	0,078	0,6002	1	0,078	0,078	34,09	0,039	0,104

Binanın X doğrultusunda tepe yerdeğiştirmesi istemi olan 0,0980 m ve Y doğrultusunda 0.104 m' ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanacak ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanacaktır.

### 76 nolu bina performans değerlendirilmesi

X ve Y yönünde tüm kat kirişlerinde plastikleşen tüm kesitler minimum hasar bölgesindedir. X doğrultusunda yapılan itme analizi sonucunda kritik katta bulunan kolonlardan sadece iki tanesi belirgin hasar bölgesinde diğerleri ise minimum hasar bölgesindedir. Y yönünde ise tüm kolonlar minimum hasar bölgesindedir. Dolayısıyla bina hem X hem de Y yönünde can güvenliği performans hedefini sağlamaktadır.

X yönünde meydana gelen maksimum görel kat ötelemesi oranı 0.0069 ve Y yönünde ise 0.00657 olarak hesaplanmıştır. Her iki yönde de binanın hemen kullanım performans düzeyinde olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.3.9. Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların bu çalışmadan elde edilen ivme spektrumlarına göre değerlendirilmesi

Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların TDY verilmiş olan ivme spektrumuna göre analizinden sonra bu çalışmada elde edilmiş ivme spektrumu kullanılarak yapılar tekrar incelenmiştir. Yapılar ile ilgili modal kapasite diyagramları ile koordinatları " $S_a S_d$ " olan davranış spektrumları bir arada çizilmiştir (Şekil 3.19, 3.20, 3.24, 3.28, 3.32, 3.35, 3.39, 3.42, 3.45, 3.49, 3.54, 3.58, 3.62).



Binalar için X ve Y doğrultusundaki yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemi hesabı DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.5.7.'ye göre bu çalışma sonucu elde edilen ivme spektrumları kullanılarak Tablo 3.77' deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 3.77: Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların Bitlis için hesaplanmış spektrum eğrisine göre yeniden değerlendirme sonuçları

Bina No	Yön	$S_{ae1}$	$(\omega_1^{(1)})^2$	$S_{de1}$	$T_1$	$C_{R1}$	$S_{d1}$	$d_1^{(p)}$	$\Gamma_1$	$\Phi_{N1}$	$u_{N1}$
4	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil									
	Y										
5	X	12,753	141,70	0,09	0,60482	1	0,09	0,090	29,56	0,044	0,1171
	Y	13,244	155,81	0,085	0,53849	1	0,085	0,085	29,45	0,044	0,1101
7	X	11,576	78,22	0,148	0,8417	1	0,148	0,148	38,84	0,033	0,1897
	Y	11,478	75,51	0,152	0,7975	1	0,152	0,152	37,84	0,035	0,2013
8	X	11,576	78,22	0,148	0,8417	1	0,148	0,148	38,84	0,033	0,1897
	Y	11,478	75,51	0,152	0,7975	1	0,152	0,152	37,84	0,035	0,2013
10	X	10,987	64,63	0,170	1,29225	1	0,170	0,170	34,40	0,039	0,2281
	Y	11,527	81,18	0,142	1,12475	1	0,142	0,142	33,83	0,039	0,1874
13	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil									
	Y										
21	X	11,380	72,4841	0,157	0,8283	1	0,157	0,157	50,54	0,025	0,1984
	Y	12,851	139,685	0,092	0,5722	1	0,092	0,092	46,39	0,028	0,1195
34	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil									
	Y										
49	X	10,104	49,2878	0,205	0,7313	1	0,205	0,205	35,24	0,037	0,2673
	Y	Etkin Kütle oranları yeterli değil									
62	X										
	Y	10,595	51,432	0,206	0,6002	1	0,206	0,206	31,43	0,041	0,2655
66	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil									
	Y										
69	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil									
	Y										
73	X	11,674	81,6364	0,143	0,7895	1	0,143	0,143	49,4	0,025	0,1766
	Y	Etkin Kütle oranı yeterli değil									
74	X										
	Y										
75	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil									
	Y										
76	X	11,772	85,927	0,137	0,7005	1	0,137	0,137	37,28	0,036	0,1839
	Y	11,282	69,642	0,162	0,6002	1	0,162	0,162	34,09	0,039	0,2154

Binaların X ve Y doğrultularında tepe yerdeğiştirme istemleri olan ve Tablo 3.77 'de hesaplanmış olan  $u_{XN1}$  ve  $u_{YN1}$  değerlerine eşit olana kadar itme analizi tekrarlanmış ve

bu değerlere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanmıştır. İncelenmiş binalara ait yapı performans düzeyleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3.79).

Tablo 3.79: nc kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların Bitlis için hesaplanmış spekturm eğrisine göre performans değerlendirme sonuçları

Bina No	Yn	Performans değerlendirmesi
4	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil
	Y	
5	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi
7	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi
8	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi
10	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi
13	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi
21	X	Göçme ncesi performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi
34	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi
49	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Etkin Kütle oranı yeterli değil
62	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi
66	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil
	Y	
69	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil
	Y	
73	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Etkin Kütle oranı yeterli değil
74	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil
	Y	
75	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil
	Y	Göçme ncesi performans düzeyi
76	X	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi

## BÖLÜM 4.

### 4.1. SİSMİK TEHLİKE ANALİZİ

Ülkemiz jeolojik özellikleri, topografik yapısı ve iklim özellikleri nedeniyle doğal afetleri sıkça yaşayan ülkelerden birisidir. Doğal afetler neden oldukları can kaybı yanında Türkiye için önemli ekonomik kayıplar da meydana getirmektedirler. Bu konudaki istatistikler incelendiğinde, doğal afetlerin her yıl gayri safi milli hasılanın %1'i oranında doğrudan ekonomik kayba yol açtığı görülmektedir. Ancak doğrudan ekonomik kayıpların yanında Pazar kaybı, üretim kaybı, işsizlik gibi dolaylı ekonomik kayıplar da göz önünde bulundurulduğunda toplam kaybın gayri safi milli hasılanın %1'inden daha büyük olduğu tahmin edilmektedir [278].

Dünyanın pek çok yerinde depremlerin beşeri faaliyetler üzerinde oluşturduğu tehdit, yapı ve tesislerin tasarımında dikkatli bir şekilde göz önüne alınması için yeterli bir sebeptir. Depreme dayanıklı tasarımın amacı, belirli bir düzeydeki sarsıntıyı, aşırı hasar meydana gelmeden atlatabilecek yapı ve tesisi inşa etmektir. Büyük ölçekli mühendislik yapıların projelendirilmesinde önemli bir yer tutan deprem risk analizinin birinci aşamasını sismik tehlike analizi oluşturmaktadır. Belirli büyüklükteki bir depremin tekerrür aralığının hesaplanması, maksimum yer ivmesi dönüş periyodu ile yer ivmesinin aşılma ihtimalinin belirlenmesi sismik tehlike analizinin konusunu oluşturmaktadır [279].

Depremi diğer afetlerden ayıran kılan dört özellik bulunmaktadır. Deprem önceden kestirilememekte, ani olmakta, çok kısa zamanda olup bitmekte ve durdurulamamaktadır [280].

Deprem riskini etkileyen faktörler; deprem tehlikesi, arazi kullanımı, demografik yapı ve ekonomik yapı olarak değerlendirilebilir. Deprem tehlikesi, başta depremin büyüklüğü olmak üzere, deprem dalgalarının farklı zeminlerdeki yayılım hızları ve yarattıkları ivme değerleriyle ölçülebilmektedir [248].

Hasar ve can kaybı yaratabilecek bir depremden kaynaklanan yer hareketinin belirli bir yerde ve belli zaman periyodunda meydana gelme ihtimali deprem tehlikesi olarak tanımlanmaktadır. Deprem riski, deprem nedeni ile hasar, mal ve can kaybı ihtimali olarak tanımlanabilir. Risk şu soruların yanıtlarının toplamıdır: Ne büyüklükte bir deprem, ne kadar uzaklıkta, nasıl bir zeminde, ne tür bir yapıda, ne değerde hasar ve kayba neden olur? ‘Ne düzeyde tehlike?’ sorusunun yanıtını ararken yapılacak ilk iş nerede deprem olabileceğini deterministik olarak tanımlamak ya da olasılıksal olarak kestirmektir. Deprem tehlikesi, deprem riskinin önemli bir ögesidir [278, 281, 282].

Yapılar kullanım süreleri boyunca farklı yük etkilerinde kalmaktadırlar. Bu yüklerden, deprem yükleri analizi en karmaşık olan yükleme çeşididir. Bir yapının şiddetli bir depreme maruz kalması ekonomik ömrü içinde bir olasılıktır, yani risk mutlak değildir; bu süreç içinde şiddetli bir deprem oluşmama ihtimali de mevcuttur. Yapılar sismik açıdan değerlendirilirken olasılık model ile gerçek davranışlarının farklılıkları da dikkate alınarak incelenmelidir. Kırılganlık analizleri, hasar olasılıklarını ve yapıların tepkilerini belirlemede bir araç olarak kullanılmaktadır. [283].

Depreme dayanıklı yapı tasarımında performans dayalı tasarım yaklaşımının benimsenmesi ile birlikte, kuvvetli yer hareketinin gerçeğe en yakın şekilde benzeştirilmesi konusu önem kazanmıştır. Zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizde kullanılan bilgisayar yazılımları ve yapısal modelleme tekniklerindeki son gelişmeler, bu tip analizlerde girdi olarak kullanılan yapay ivme benzeşimleri konusunu ön plana çıkarmaktadır. Tasarım depremi olarak, benzer özellikler taşıyan mevcut deprem kayıtlarının kullanılması uygun gözükse

dahi, tektonik yapı, deprem büyüklüğü, yerel jeoloji ve yakın fay bölgesi koşullarını sağlayan uygun bir veri dizisinin bulunması çok olası değildir [284].

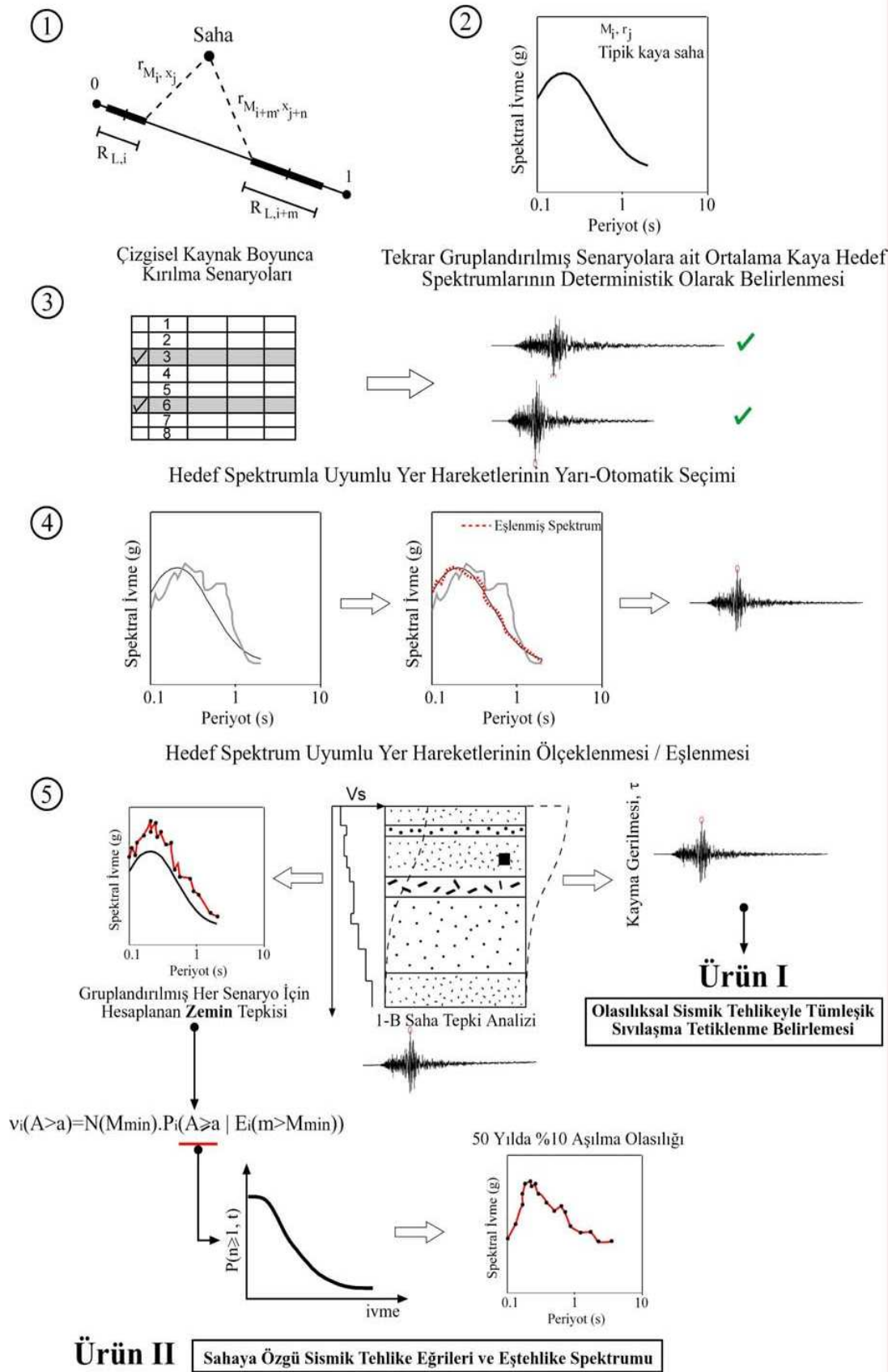
Sismik tehlike analizi, belirli bir sahadaki yer sarsıntısı tehlikesinin nicel olarak hesaplanmasıdır. Sismik tehlike analizinin amacı zeminin ve mühendislik yapılarının gelecekte maruz kalacağı depremsel yükleme şartlarının hesaplanmasında gerekli olan depremsel yer hareketi ile ilgili parametrelerin (ivme, hız, deplasman) hesaplanmasıdır.

Deprem katalogları ve verileri, deprem kaynak parametreleri, kuvvetli yer hareketi, sismik tehlike hesaplanması gibi faktörler sismik tehlike analizin oluşturan dört ana başlık olarak görülmektedir [285].

Sismik tehlike analizinde amaç belirli bir bölgedeki depremlerin zaman ve yer içinde oluşları ile ilgili tarihi ve jeolojik bilgileri bölgenin sismik etkinliği ve deprem parametrelerinin azalımına ilişkin bilgilerle birleştirilerek ileride beklenebilecek sismik faaliyet hakkında belirli olasılık değerlerini saptamaktır. Sismik tehlike analizinin çıktısı, göz önünde tutulan bir noktadaki belirli bir zemin hareketi değişkeninin ya da deprem şiddetinin olasılık dağılımıdır [101].

Sismik tehlikeler, özel bir senaryo depreminin varsayıldığı durumda olduğu gibi deterministik yöntemle veya depremin büyüklüğü, yeri ve oluş zamanıyla ilgili belirsizliklerin açık bir şekilde göz önüne alındığı probabilistik yöntemle analiz edilebilir. Sismik tehlike analizinde tasarım yer hareketi geliştirme önemli bir parça olsa da tasarım yer hareketi için başka bileşenler de vardır [254, 286].

Olasılıksal sismik tehlike analizi için kullanılan gelenekselleşmiş akış şemasında (Şekil 4.1); ilgilenilen saha veya bölge için yerel zemin etkileri, ya mevcut azalım ilişkilerindeki parametreler yoluyla sisteme içsel olarak dahil edilmekte, ya da tipik kaya sahalar için belirlenen tehlike seviyeleri amprik büyütme veya küçültme katsayılarıyla ıslah edilmektedir [5].



Şekil 4.1. Olasılıksal sismik tehlike akış şeması [5]

Deprem tehlikesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bu iki yöntemden birincisi incelenen sahayı etkileyebilecek tüm olası deprem senaryolarını dikkate alan probabilistik deprem tehlike analizidir. Bu analizin sonucunda elde edilen tehlike, referans zemin koşullarında en büyük yer ivmesi ve spektral ivmeler gibi yer hareketi parametreleri ile ifade edilmektedir. Diğer yöntem ise deterministik deprem tehlike analizidir. Deterministik deprem tehlike analizi genellikle probabilistik çalışmayı takiben yapılmaktadır. Bunun nedeni deterministik hesaplamada kullanılan deprem senaryolarının bileşik probabilistik tehlikenin ayrıştırılarak belirli bir bölgedeki deprem tehlikesine en fazla katkı sağlayan deprem kaynaklarının belirlenmesi ile elde edilmesidir. Deterministik analiz sonucunda yer hareketi parametreleri veya yapay kuvvetli yer hareketi ivme zaman hikayeleri elde edilmektedir [254].

Gelecekteki depremlerin konum, büyüklük ve oluş zamanlarında belirsizlikler mevcuttur. Deprem oluşumlarını modellemede kullanılan stokastik modeller bu belirsizliği yansıtır. probabilistik metod basit Poisson Modelidir. Bu model deprem oluşumlarının hafızasız olduğunu ve bir kaynak bölgesi içinde depremlerin gerek konum ve gerekse zaman açısından birbirinden bağımsız olarak meydana geldiğini kabul eder. Zaman-bağımsız modellerden birisi de jeolojik bilgilerdeki belirsizliğin ağırlık faktörleri ile değerlendirildiği Bayes modelidir. Zaman-bağımlı (hafızalı) modeller zaman tahminli, kayma-tahminli modeller ve semi-Markov modelleridir. Bu hafızalı modellerden en yaygın olarak kullanılanı “karakteristik deprem” modelidir. Bu modeller ancak üzerinde çok çalışılmış fay hatları (San Andreas Fayı gibi) ve sadece karakteristik depremlerden kaynaklanacak deprem tehlikesi için geçerli olmakta; fay segmentasyonu ve yinelenme sürelerinden kaynaklanan belirsizlikler bu modellerin Poisson modelinin yerini almasına müsaade etmemektedir. Diğer taraftan, Poisson modeli her durumda diğer modellere nazaran daha emniyetli tarafta deprem tehlikesi sonuçları doğurmaktadır. Sismik riskin hesaplanmasında ilk aşama, incelenen bölgenin etkilenebileceği sınırlar içinde geçmişte meydana gelmiş depremlerin magnitüdlere göre dağılımlarının bulunması bölgenin deprenselliğini yansıtan parametrelerin hesaplanmasıdır. Bu yaklaşımda deprem magnitüdlere göre ortalama dönüşüm periyotları ve seçilen bir zaman süresi içinde olma olasılıkları bulunabilir [287].

Bir bölgede gelecekte büyük bir depremin magnitudünü, yerini ve yer hareketinin ivmesini ve tekrarlanma ilişkisini olasılık analizi yaparak tahmin edebilmek için beş konuda bilgi sahibi olunmalıdır;

- Sismotektonik bölgede önemli yer hareketi oluşturabilecek tüm deprem kaynaklarının tespit edilmesi ve özelliklerinin ortaya konulması, bölgeyi etkisi altına alabilecek depremlerin noktasal, çizgisel veya alansal nitelikte olabilen kaynaklardan hangisine ait olduğunun belirlenmesi
- Bölgenin jeolojik ve tektonik durumu
- Bir sonraki adımda, deprem tekrarlanmasının zamansal dağılımı ortaya konmaktadır. Belirli bir deprem büyüklüğünün aşılacağı ortalama oranı tanımlayan tekrarlanma ilişkisidir. Bu çalışma için 4,0'den daha küçük magnitudlü depremlerin sismik tehlikeye katkısı olmadığı varsayılmıştır. Tekrarlanma ilişkisi ile maksimum büyüklükteki deprem belirlenebilir.
- Kaynak alanının herhangi bir noktasında oluşabilecek herhangi büyüklükteki depremin sismotektonik alanda üreteceği yer hareketi, azalım ilişkileri kullanılarak belirlenmelidir.
- Son olarak; deprem lokasyonu, deprem büyüklüğü ve yer hareketinin kestirilmesi ile ilgili belirsizlikler birleştirilerek, belirli bir zaman aralığında yer hareketi parametresinin aşılma ihtimali elde edilir [286].

#### **4.1.1. Deprem kaynaklarının belirlenmesi ve yorumlanması**

Sismik tehlike çözümlerindeki ilk adım bir bölgeyi etkileyebilecek potansiyel sismik kaynakların belirlenmesidir. Sismik kaynaklar bir bölgedeki homojen depremselliği gösteren coğrafik kaynaklardır. Bu kaynaklar nokta, çizgi ya da alansal kaynak olabilir. Nokta kaynaklar tekrarlı bir biçimde aynı noktada deprem oluşturan kaynaklardır. Genellikle bu tür kaynaklar nadirdirler. Çizgisel kaynaklar, genellikle



doğrusal bir çizgi şeklinde üzerinde deprem dış merkezlerinin bulunduğu fayları gösteren kaynaklardır. Yüksek depremselliğe sahip ancak tam olarak ayrıntıda çizgi ya da nokta olarak tanımlanamayan kaynaklar tipik olarak alansal kaynak olarak modellenmektedir [3, 101].

Bitlis ve civarı faylar ile ilgili bilgiler Bölüm 2’de verilmiştir. Bitlis için sismik tehlike analizi yapılırken iki farklı veri seti kullanılmıştır. Birincisi EZ-FRISK programı veritabanında bulunan Yunanistan, Türkiye, Lübnan Suriye ve İsrail için geçerli olan bölgesel verilerdir. Bu bağlamda KAF, Bitlis Bindirme Kuşağı-Doğu, Bitlis Bindirme Kuşağı-Batı, Van-Kuzey alansal deprem kaynakları dikkate alınmıştır. İkinci olarak, Bitlis ve civarında yer alan Kavakbaşı, Bitlis Kuzey Bindirme, Bitlis Bindirme, Van Doğu, Süphan, Ahlat ve Malazgirt fay grupları alansal kaynaklar şeklinde tanımlanmıştır.

Olasılıksal sismik tehlike analizinin ilk basamağı deprem tehlikesinin tespit edileceği bölge için geçmiş deprem kayıtlarının derlenmesi yoluyla güvenilir bir deprem katalogunun elde edilmesidir. Derlenen deprem katalogunda bulunan kayıtların her biri, incelenen bölgedeki deprem kaynak bölgeleri ile ilişkilendirilerek, kaynak bölgelerinin deprem yaratma kapasiteleri ve sismosite parametreleri hesaplanabilir [370]. Bitlis için geçmiş deprem kayıtlarının derlenmesi Bölüm 2’ de yapılmıştır.

Modern sismograflar ve bunların oluşturduğu ağlar günümüzdeki depremlerin gözlenmesi ve yorumlanmasını oldukça kolaylaştırmıştır. Belirli bir alanda herhangi bir kuvvetli hareketin aletsel olarak kaydedilmemiş olması gerçeği, burada geçmişte deprem olmadığı anlamına gelmemelidir ve gelecekte olmayacağı da garanti edilemez. Aletsel sismik kayıtların bulunmadığı yerlerde, deprem aktivitesinin diğer ipuçları ortaya çıkarılmalıdır. Bunlar, jeolojik ve tektonik kanıtlar veya tarihsel (aletsel dönem öncesi) depremsellik olabilir [286]. Bitlis ve civarı faylarda oluşmuş depremler araştırılırken, 01.01.1900 -31.12.2006 tarihleri arasında Kandilli Rasathanesi kayıtlarına göre Bitlis Şehir Merkezine 150 km yarıçapındaki daire içerisinde  $70.650 \text{ km}^2$  lik alana düşen aletsel depremler Bölüm 2’ de dikkate alınmıştır.

#### 4.2. Probabilistik (Olasılıksal) Sismik Tehlike Analizi (PSTA)

Belirli bir zaman boyunca oluşabilecek olası yer hareketlerine değer biçilmesi probabilistik analiz olarak adlandırılır. Sismik açıdan önemli her kaynak üzerinde farklı büyüklükteki depremlerin tekrarlanma frekansı veya olasılığı ve yer hareketlerin azaltılması ile birleştirilen doğal belirsizlikler birleştirilerek analiz yapılmaktadır. Bu analiz yapının veya öngörülen geri dönüş periyodunun servis ömrü boyunca deprem hareketlerinin ön görülen seviyelerinin aşılma olasılığında ve seçilen bölge yer hareketlerini seçmekte kullanılmaktadır [203] .

Deprem büyüklüğü, yeri ve oluş zamanıyla ilgili belirsizliklerin açık bir şekilde göz önüne alındığı probabilistik yöntemle sismik tehlike analizleri elde edilebilmektedir [254] . Probabilistik deprem tehlikesi, yıllık tehlike olarak tanımlanan, yıllık aşılma olasılığı veya onun bir bölünmesi ile elde edilen, ortalama yineleme periyodu olarak ifade edilebilir. Kentsel deprem tehlikesi analizlerinin temel sonuçları, spesifik bir kent için ve mevcut jeoloji ve depremsellik bilgilerine dayalı olarak hazırlanan maksimum yer hareketi aşılma olasılığı dağılımları olarak verilir. Deprem tehlikesi bilgileri belirli yer hareketi parametrelerine (maksimum ivme ve şiddet gibi) ve belirli dönüş periyotlarına tekabül eden konturlar olarak sunulur [238].

Sismik tehlike analizlerinin standart metodolojisinde, azalım ilişkileri kullanılır ve elde edilen sonuçlar, bir dizi yer hareketi frekans aralıklarında tehlike spektrumunun oluşturulmasında kullanılır. Sismik tehlike hesapları, toplam olasılık teoreminin bir uygulaması olarak aşağıda verilen denklemlerle ifade edilebilir [8];

$$H(\alpha) = \sum_i v_i \iint P [A > \alpha | m, r] f_{M_i}(m) f_{R_i | M_i}(r, m) dr dm \quad (4.1)$$

Bu denklemde, tehlike olarak ifade edilen  $H(a)$ , “a” dan daha yüksek bir değer olan “A” genliğini üreten depremin yıllık frekansıdır. “A” burada tepe ivme, hız veya deplasmandır.

Toplam ( $\Sigma$ ) işareti bütün kaynakları içine aldığı;  $v_i$  ise I deprem kaynağında  $M_{oi}$  büyüklüğünden daha büyük depremlerin yıllık gerçekleşme oranını belirtmektedir.

$fMi(m)$  ve  $fRi|Mi(r;m)$  , sırasıyla, deprem büyüklüğünün ve mesafenin olasılıksal yoğunluk fonksiyonlarını belirtmektedir.  $P[A > a|m, r ]$  ise, r uzaklığında m büyüklüğün | de bir depremin, incelenen yerleşim biriminde, “a” dan büyük bir “A” yer hareketi genliğini oluşturma olasılığını ifade etmektedir.

Deprem kaynakları çizgisel (faylar) veya alansal kaynaklar olabilirler. Kaynak geometrilerinin özellikleri ve  $fRi|Mi$  ‘nin hesaplanmasında deprem kaynağının çizgisel olması veya alansal olması farklılıklar arz etmektedir.

Çizgisel kaynaklar için  $P[A > a|m, r ]$ , aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

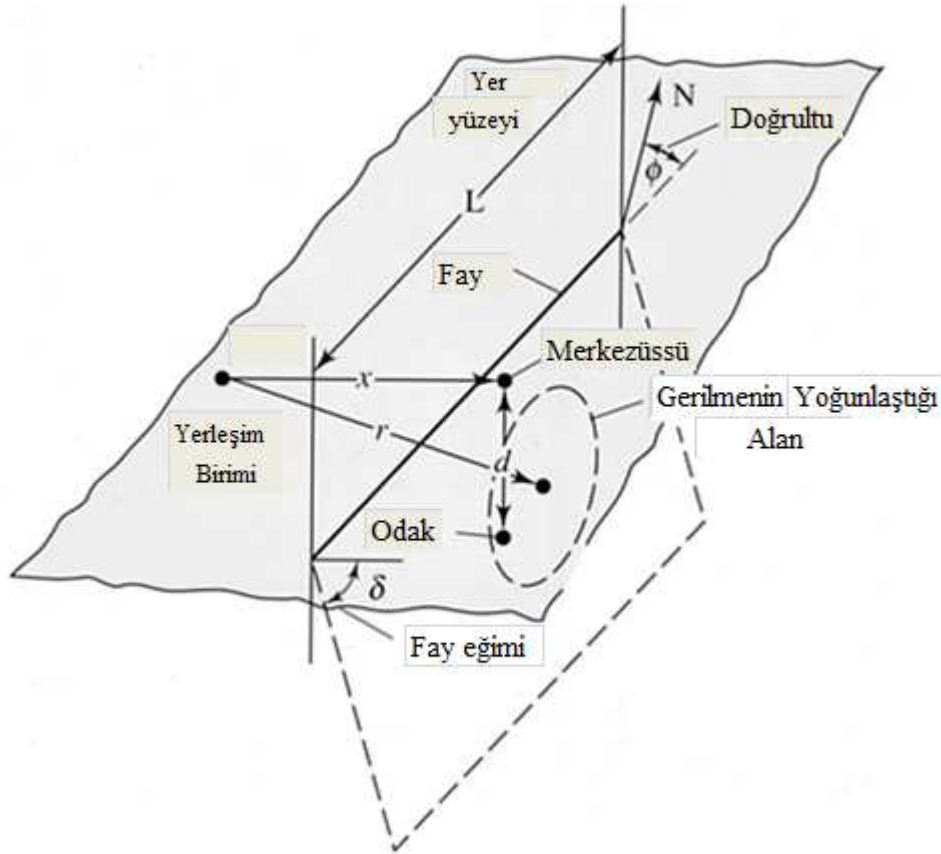
$$\ln A = C_1 + C_2 M + C_3 \ln R + C_4 R + \varepsilon; \quad \varepsilon \approx N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (4.2)$$

Burada, R mesafe olarak farklı biçimlerde hesaplanabilmektedir, örneğin, fay yırtığına en kısa mesafe, fay yırtığının yatay izdüşümüne en kısa mesafe, vb.

Kaynağın alansal alınması durumunda  $P[A > a|m, r ]$ ,

$$\ln A = C_1 + C_2 M + C_3 \ln (R + RZEROA) + C_4 R + \varepsilon; \quad \varepsilon \approx N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (4.3)$$

Bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Burada, R odak uzaklığı olup, yatay mesafe ve odak derinliğinden (d) hesaplanmaktadır (Şekil 4.2). Yukarıdaki bağıntılarda,  $C_1, C_2, C_3, C_4, RZEROA$  ve  $\sigma_\varepsilon$  , M ve R den bağımsız sabit katsayılarıdır.



Şekil 4.2: Fay terminolojisi [289]

Yukarıda verilen iki bağıntının herbiri, aşağıda verilen forma dönüştürülebilir:

$$P [ A > a \mid m, r ] = \Phi^* \left( \frac{\ln a - \ln A(m, r)}{\sigma_\varepsilon} \right) \quad (4.4)$$

Burada,  $\Phi$  normal tamamlayıcı kümülatif dağılım fonksiyonudur ve  $\ln A(m, r)$  ise  $\varepsilon = 0$  için 4.2 ve 4.3' te elde edilen  $\ln A$  değeridir.

Deprem büyüklüğünün dağılımı genellikle üstel fonksiyon (exponensiyel) formda ifadesi aşağıdaki denklemle yazılabilir:

$$f_{M_i}(m) = k_i \beta_i \exp[\beta_i (m - M_{oi})], \quad M_{oi} \leq m \leq M_{max i} \quad (4.5)$$

Burada  $k_i = (1 - \exp[b_i (m - M_{oi})])^{-1}$  normalleştirme sabitidir.  $M_{oi}$  önceden tanımlanan eşik büyüklük ve  $M_{max i}$  ise deprem kaynağında oluşabilecek en büyük deprem büyüklüğüdür. Üstel fonksiyonla ifade edilen büyüklük dağılımına alternatif olarak

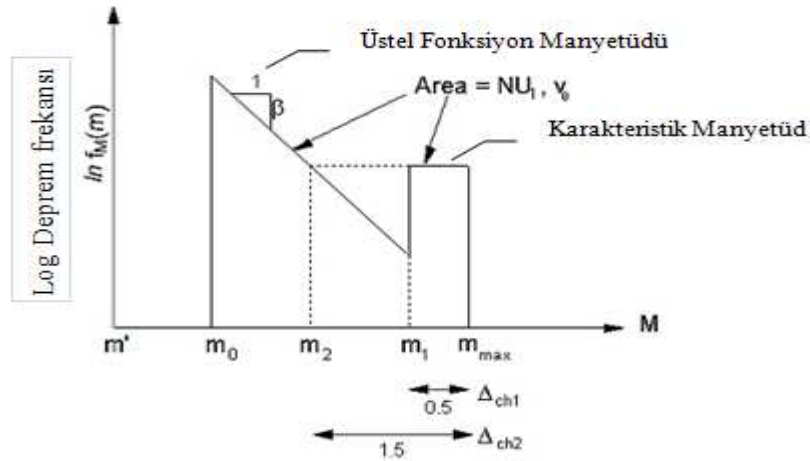
Youngs ve Coppersmith [290] tarafından önerilen karakteristik model aşağıdaki denklemlerle tanımlanmaktadır:

$$f_{M_i}(m) = k_i' \exp(-\beta_i(m - M_{oi})), \quad M_{oi} \leq m \leq M_{maxi} - 3/2 \quad (4.5)$$

$$= k_i' \exp(-\beta_i((M_{maxi} - 3/2) - M_{oi})), \quad M_{maxi} - 1/2 \leq m \leq M_{maxi}$$

Burada ki  $k_i'$  sabiti, 4.5'i 1'e entegre eden normalleştirme katsayısıdır. Karakteristik model sadece çizgisel kaynaklar için kullanılabilir.

Mesafenin dağılımı, kaynak boyutları, kaynak mesafesi ve sahanın göreceli oryantasyonuna göre belirlenebilmektedir. Mesafe hesabında, yırtılmanın boyutu göz önüne alınacaksa, mesafenin dağılımı deprem büyüklüğüne bağlı olacaktır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Karakteristik Manyetüd Modeli [8]

#### 4.2.1. Azalım ilişkileri

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, tasarıma esas deprem hareketinin gerçeğe en yakın şekilde simüle edilmesi konusu giderek önem kazanmaktadır. Tasarım deprem hareketini yer hareketi karakteristikleri cinsinden tanımlandığından, yer hareketi parametrelerini hesaplama yöntemlerine gerek duyulur. Yer hareketi parametrelerini hesaplamada, belirli bir yer hareketi parametresini o parametreyi en kuvvetli şekilde etkileyen büyüklükler cinsinden ifade eden azalım ilişkileri kullanılmaktadır. Azalım

ilişkileri, sismik tasarımda kullanılan sismik tehlike analizinde önemli rol oynamaktadır [205].

Deprem tehlikesi çalışmalarında kullanılan azalım ilişkileri yer hareketinin kaynak, yayılma hattı ve bölge özelliklerine bağlı bir ölçüsüdür. Deprem tehlikesi çalışmalarında kullanılan azalım ilişkileri, maksimum ivme, şiddet ve spektral ivme gibi yer hareketi parametrelerini deprem kaynak parametreleri, yayılma hattı ve zemin özelliklerine bağlı olarak belirler [3].

#### 4. 3. Bitlis Şehri Sismik Tehlike Analizi

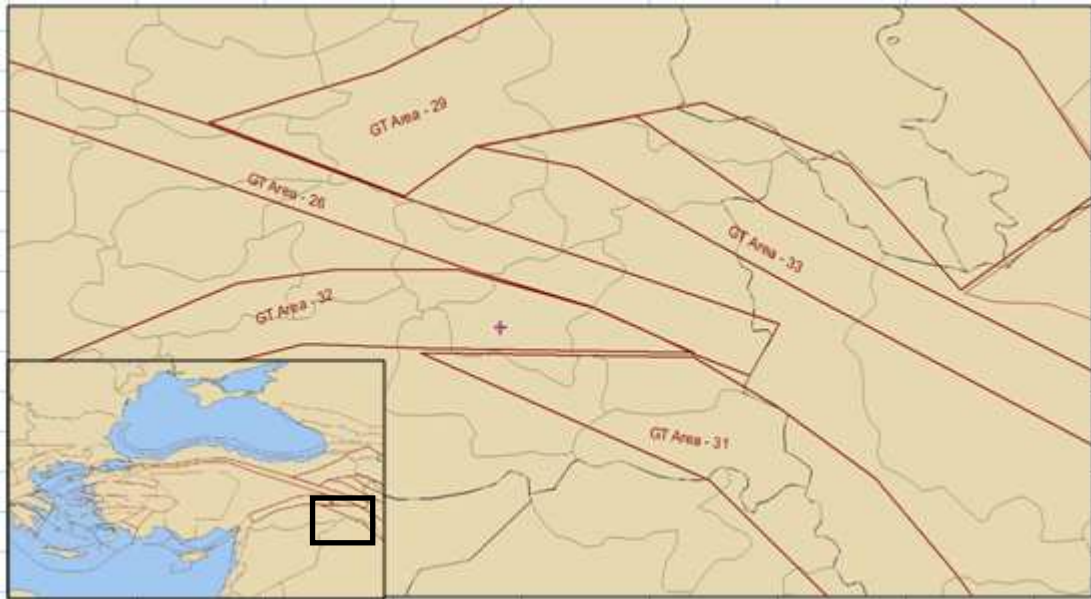
Bu çalışmada, Bitlis şehir merkezi için olasılıksal sismik tehlike analizi hesaplamaları, Robin McGuire tarafından geliştirilen EZ-FRISK v7.43 bilgisayar yazılımı vasıtasıyla yapılmıştır. Hesaplamalarda deprem kaynağı seçiminde iki veri seti kullanılmıştır. Birincisi, EZ-FRISK programı veritabanında bulunan Yunanistan, Türkiye Lübnan Suriye ve İsrail için geçerli olan bölgesel veriler göz önüne alınarak bir çalışma yapılmıştır. Bu bağlamda, GT Area 26 (Kuzey Anadolu Fayı), GT Area 31 (Bitlis bindirme Kuşağı-Doğu), GT Area 32 (Bitlis bindirme Kuşağı-Batı), GT Area 33 (Van Kuzey) alansal deprem kaynakları, analizlerde göz önüne alınmıştır. (Şekil 4.4)

İkinci olarak, Bitlis ve civarında yer alan fay grupları alansal kaynaklar şeklinde tanımlanarak yapılmıştır. Bölgede çok sayıda fay ve fay grupları yer aldığından ve fay parametreleri tanımlanamadığından deprem kaynağı olarak alansal kaynakların tanımlanmasının zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada fay grupları, Kavakbaşı, Bitlis Kuzey Bindirme, Bitlis Bindirme, Van Doğu, Süphan, Ahlat ve Malazgirt alanları olarak tanımlanmıştır. (Şekil 4.6) Bu alansal deprem kaynakları kullanılarak aşılma olasılıkları 50 yılda % 50, %10 ve %2 olan depremler için spektral ivmelerin periyotla değişimi hesaplanmıştır. (Şekil 4.5)

Çalışmada, dünya genelinde sığ depremler için geçerli Abrahamson-Silva (1997) [243]; Avrupa ve Orta Doğu bölgesinden depremler kullanılarak geliştirilen Ambraseys (2005) [244], Kuzeybatı Amerika'daki sığ depremler için geliştirilen

Boore-Joyner- Fumal (1997) [245] ve Campbell (2003) [246], dünya genelinde aktif tektonik bölgelerde geçerli olan Graizer-Kalkan (2009) [291] ve doğrudan atımlı sığ depremler için geliştirilen Idriss (2008) [247] azalım ilişkileri kullanılmıştır. (Şekil 2.22)

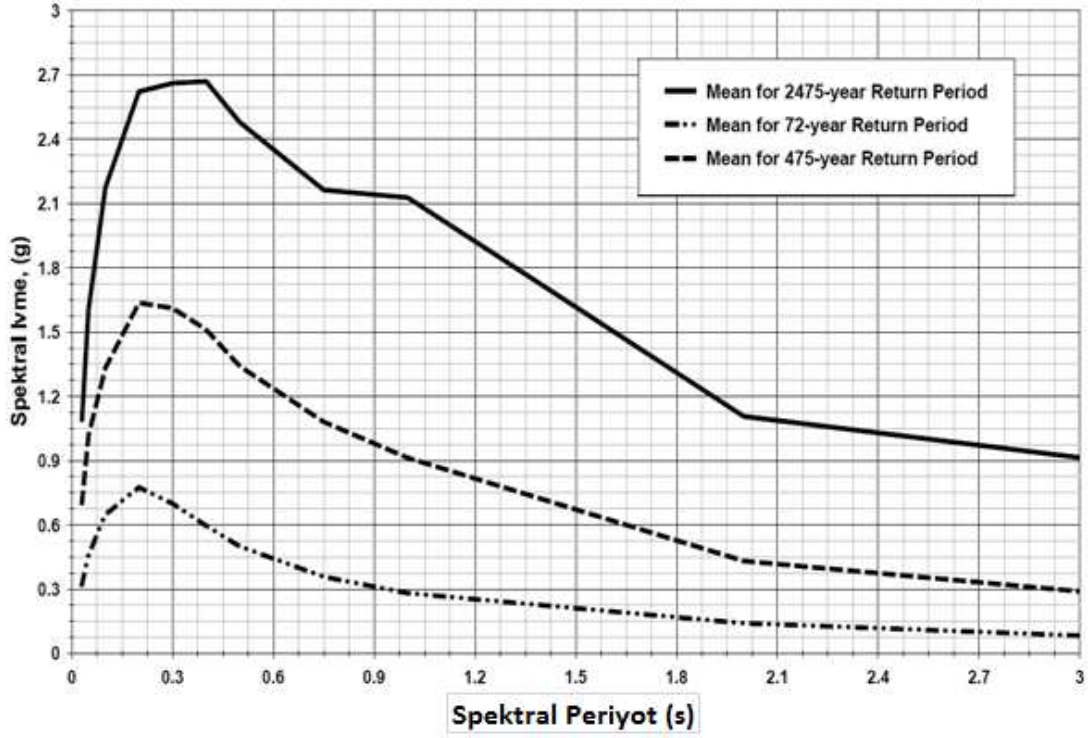
Sismik tehlike analizi, Bitlis merkez olmak üzere 150km yarıçapındaki bir alanda meydana gelebilecek moment büyüklüğü 5 ile 7.5 olan depremler için gerçekleştirilmiştir.



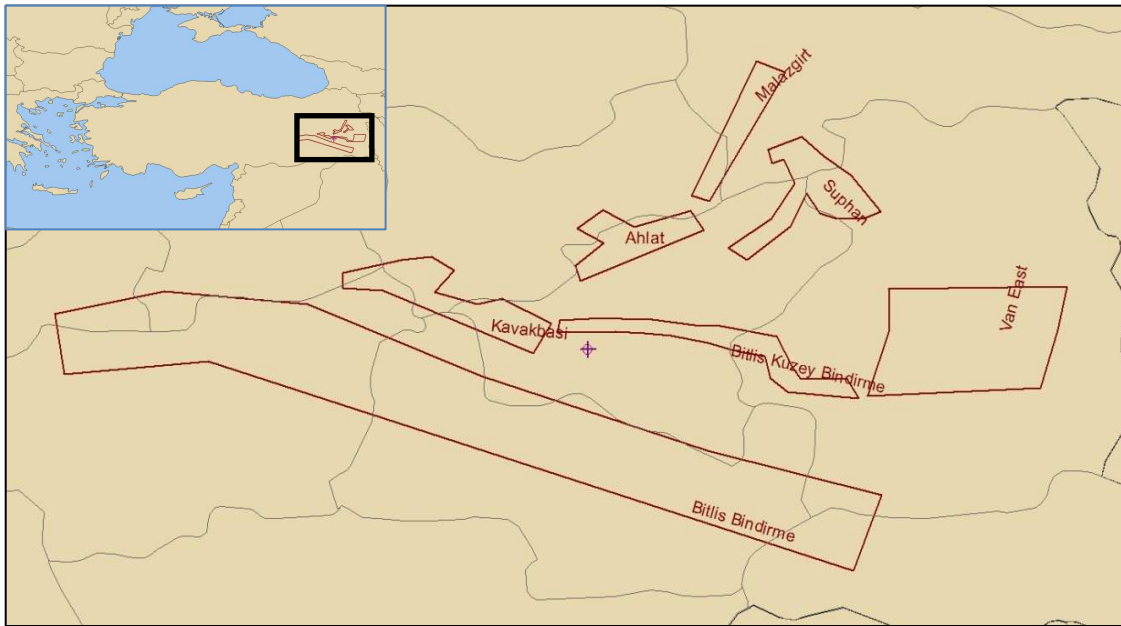
Şekil 4.4. Sismik tehlike analizinde EZ-FRISK yazılımı veritabanında yer alan Bitlis ve civarı alansal deprem kaynakları

Bitlis ve civarında tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 2 olan depremler için karşılaştırılması yapılmıştır. ( Şekil 4.7)

Bitlis için yapılan olasılıksal sismik tehlike analizlerinden elde edilen ivme spektrumları aşağıda verilmiştir. (Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10)

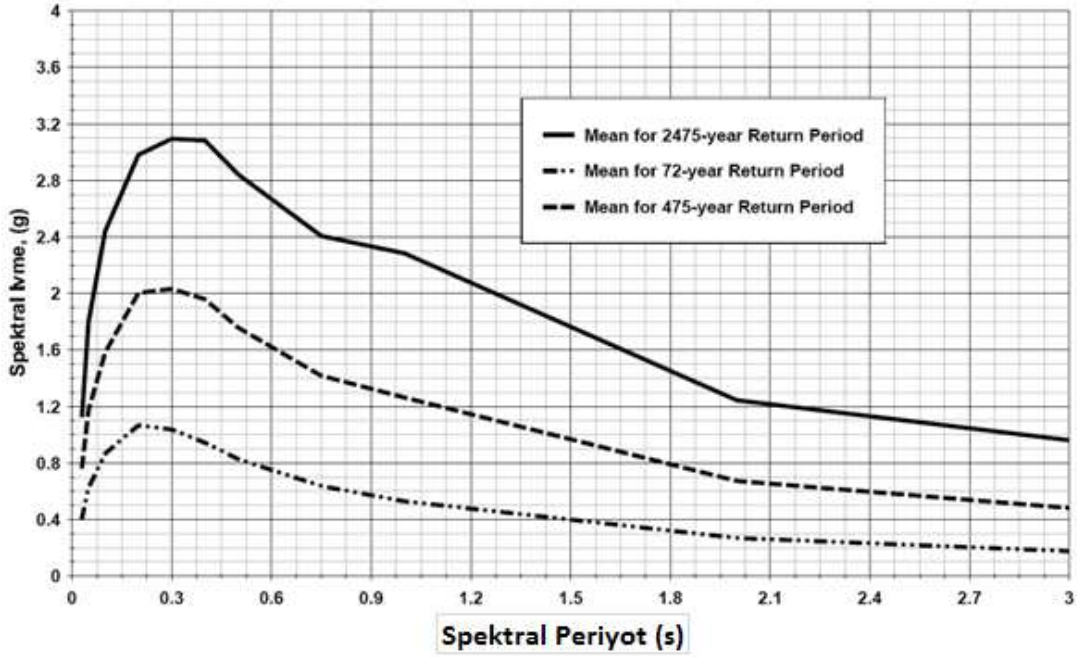


Şekil 4.5. EZ FRISK yazılımı veritabanında yer alan Bitlis ve civarı alansal deprem kaynakları kullanılarak hesaplanan, aşılma olasılıkları 50 yılda % 50, %10 ve %2 olan depremler için spektral ivmelerin periyotla değişiminin elde edilmesi.

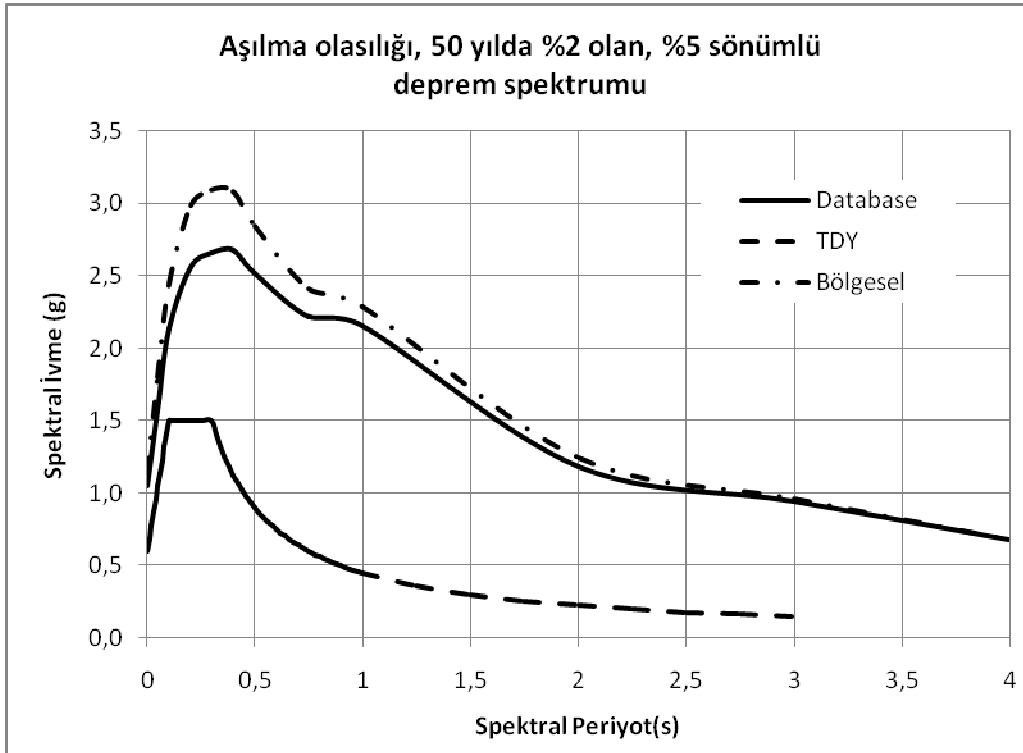


Şekil 4.6. Sismik tehlike analizinde Bitlis ve civarında bulunan fay gruplarının alansal deprem kaynakları olarak tanımlanması

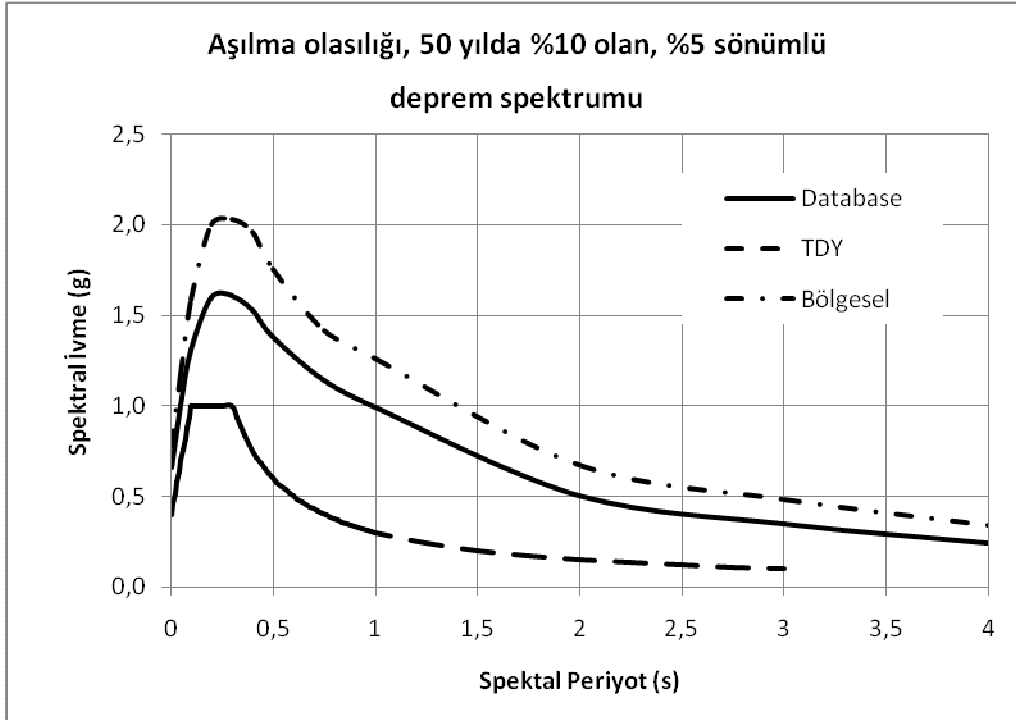




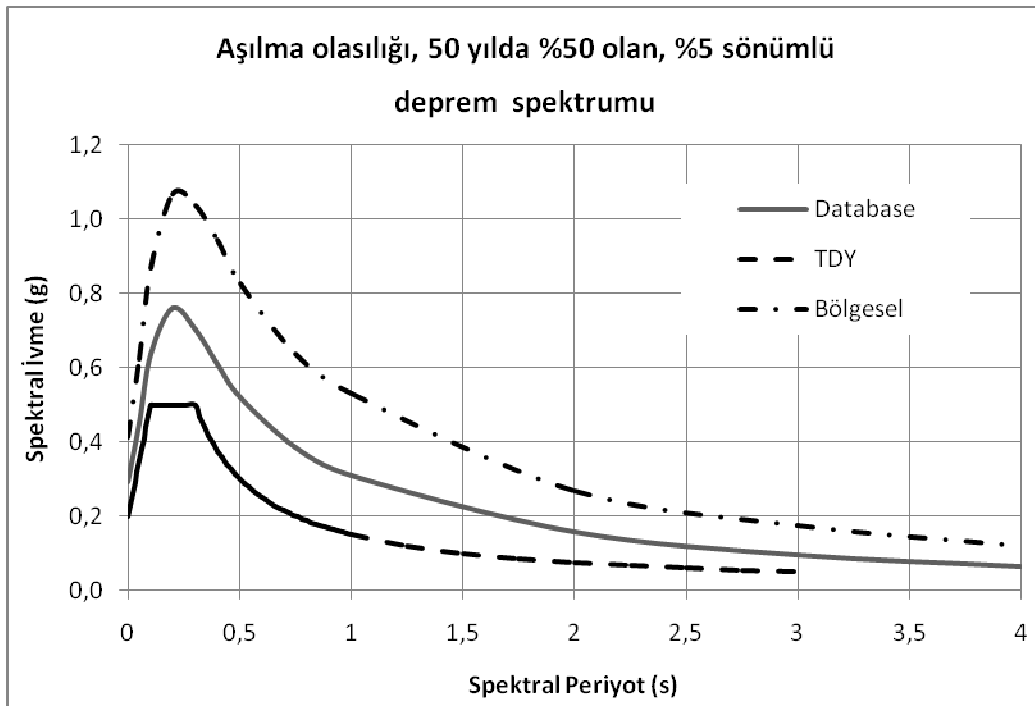
Şekil 4.7. Bitlis ve civarında bulunan fay grupları için tanımlanan alansal deprem kaynakları kullanılarak hesaplanan, aşılma olasılıkları 50 yılda % 50, %10 ve %2 olan depremler için spektral ivmelerin periyotla değişiminin elde edilmesi.



Şekil 4.8. Bitlis ve civarında tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 2 olan depremler için karşılaştırılması



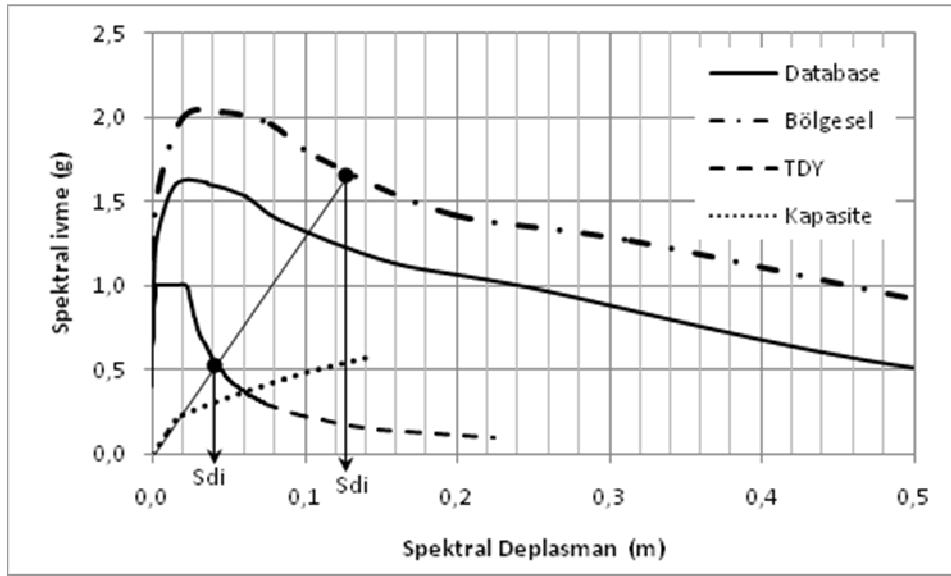
Şekil 4.9. Bitlis ve civarında tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 10 olan depremler için karşılaştırılması



Şekil 4.10. Bitlis ve civarında tanımlanan alansal deprem kaynakları, EZ FRISK bilgisayar yazılımı veritabanı ve Türkiye Deprem Yönetmeliği'nce önerilen %5 sönümlü ivme spektrumlarının aşılma olasılıkları 50 yılda % 50 olan depremler için karşılaştırılması

2007 de kabul edilen Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre mevcut bir yapının deprem performansının belirlenmesinde kullanılacak talep spektrumu, Yönetmeliğin

İkinci Bölümü’nde verilen tasarım (50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan depremler) spektrumudur. Bitlis için yapılan olasılıksal sismik tehlike analizlerinden elde edilen ivme spektrumları ile (Şekil 4.8, 4.9, 4.10) karşılaştırıldığında, genliklerin ve frekans aralıklarının oldukça farklı olduğu görülmüştür. Bu durumun, yerdeğiştirme istemlerini önemli oranda değiştireceği açıktır (Şekil 4.11). Daha yüksek değerlerde yerdeğiştirme talepleri karşılanmayan yapılarda hasar tahminlerinin ve bina performansının gerçek değerlerden uzaklaşacağı açıktır.



Şekil 4.11. Depremin yerdeğiştirme istemlerinin karşılaştırılması

#### 4.4. Bitlis Şehri için Kayıp Tahmin Analizleri

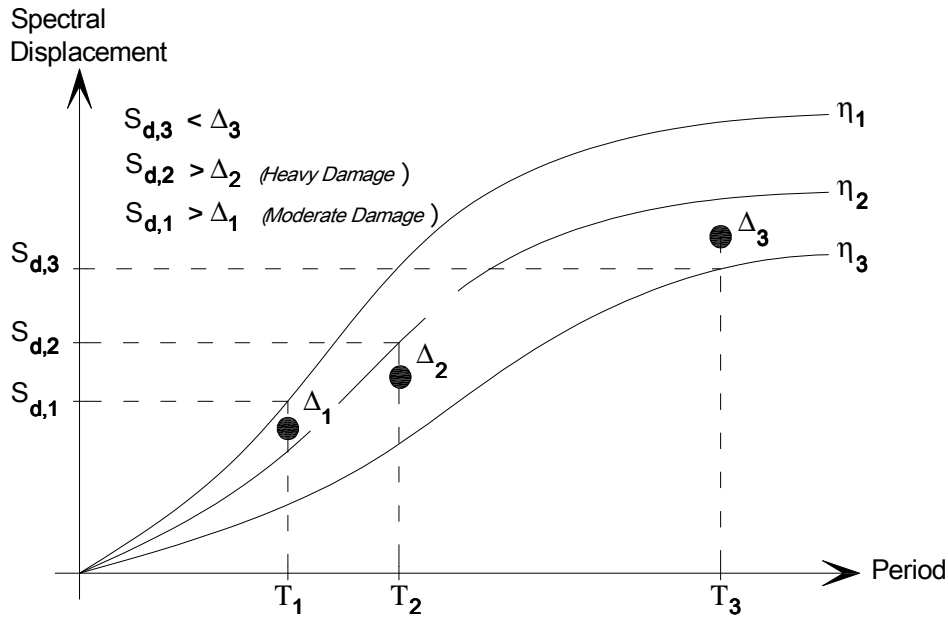
Depremler öncelikli olarak insan hayatı olmak üzere her türlü sosyal yapılanma ve ekonomik hayat üzerinde çok ciddi yıkımlara neden olmaktadır. Depremin hemen sonrasında hasar düzeyleri can kaybı ve yaralanmalar ile ifade edilmektedir. Depremin en belirgin etkisi yapılaşma süreci tamamlanmış çevrenin yıkımıdır. Deprem yapıların tamamının hasar görmesine sebebiyet verebilmektedir. Zaman zaman yapıların tüm fonksiyonlarını kaybetmesine neden olabilmektedir. Bu zararlar yörenin ekonomik yapısını bozacaktır. Deprem tehlikesi altında bulunan yerleşim bölgelerinde depreme bağlı oluşabilecek kayıpların hesaplanması “ kayıp tahmin modelleri” olarak adlandırılmaktadır. Kayıp tahmin modellerinde amaç depremin oluşturacağı şiddete bağlı olarak herhangi bir bölgedeki oluşabilecek kayıpların hesap edilmesidir.

Bitlis için kayıp tahmin analizleri yapılırken DBELA v.2.1 yazılımı kullanılmıştır. DBELA Pavia kentinde bulunan Rose School'da geliştirilen deprem kayıp tahmin analiz yazılımıdır. Dr. İhsan Engin BAL ve diğerleri tarafından İstanbul için kalibre edilmiştir. Genel olarak binaların yapısal özellikleri ve hasar mekanizmaları dikkate alınarak farklı limit durumlarında binaların deplasman kapasitelerini tanımlayan bir formülle hesaplar yapılmaktadır. Bu durum herhangi bir periyotta talep ve kapasite hesaplamalarına imkan sağlamaktadır. [35, 36, 37]

DBELA v.2.1 yazılımı MATLAB programı altında çalışan bir kayıp-tahmin analiz yazılımıdır. Mevcut betonarme yapılarda korelasyonu iyi sonuçlar vermektedir. Yazılım belirli bir yörenin coğrafi birimlerini, mevcut yapı stoğunun özelliklerini ve sayılarını ve senaryo depremlerini içermektedir.

Yöntemin ilk adımı, mevcut yapı stoğunu temsil edecek bir bina grubunun simülasyon olarak oluşturulmasıdır. Monte Carlo simülasyonu kullanılarak binlerce binadan oluşan bir set oluşturulur, bu setin içindeki her bir binada malzeme ve geometri özellikleri (kat yüksekliği, kiriş uzunluğu, kesit boyutları, betonarme çeliği akma dayanımı v.s.) farklılık arzedecektir. Bu set oluşturulurken, daha önce yapı stoğu üzerinde yapılan gözlemlerden elde edilen istatistiksel sonuçlar (parametrelerin ortalama, standart sapma ve dağılım özellikleri) kullanılmaktadır. Simüle edilen herhangi bir binanın yer değiştirme kapasitesi hesaplandıktan sonra, her bir limit durum için duktilite değerleri ve periyotları elde edilebilir. Bundan sonra da her bir limit durum için doğrusal yer değiştirme talep spektrumu  $\square$  değeri ile çarpılarak azaltılır ve her limit durumun periyoduna denk gelen yer değiştirme talebi o limit durumun yer değiştirme kapasitesi ile karşılaştırılarak hasara karar verilir (Şekil 4.12).

Bitlis için kayıp tahmin analizleri yapılırken her bir mahalle bir coğrafi birim (geocell) olarak dikkate alınmıştır (Şekil 4.13) Her bir mahallenin koordinatları Google Earth programı yardımı ile belirlenmiştir (Tablo 4.1).



Şekil 4.12. DBELA yönteminin hasar tahmini işlemini gösteren diyagram (buna göre yapı ağır hasar görecektir)

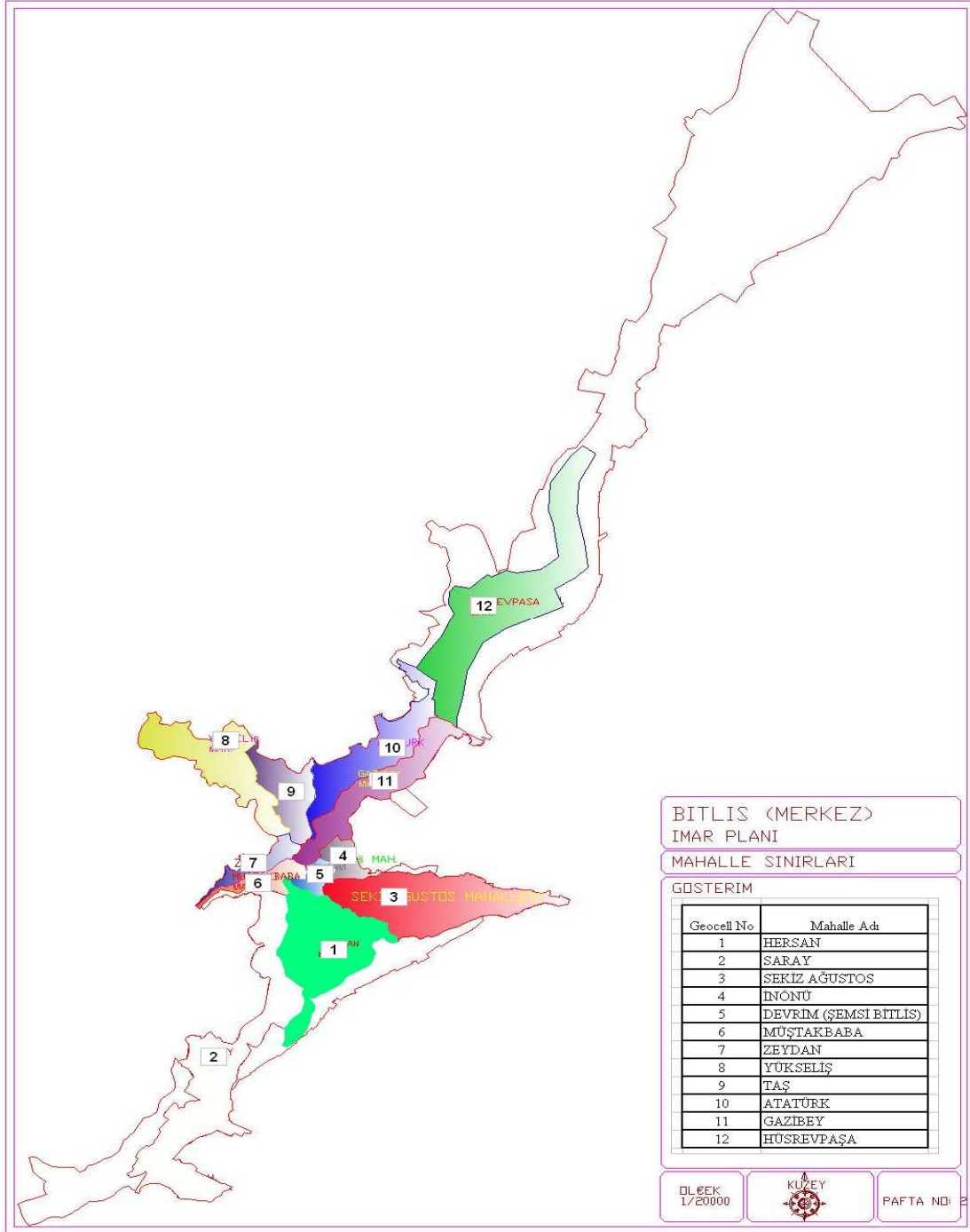
Tablo 4.1: Bitlis İli Mahalle Ağırlık Merkez Koordinatları

Geocell No	Mahalle Adı	Geocell Merkezi Koordinatları	
		Enlem	Boylam
1	HERSAN	38,23,31	42,06,27
2	SARAY	38,23,30	42,06,02
3	SEKİZ AĞUSTOS	38,23,34	42,07,16
4	İNÖNÜ	38 24,10	42 06,44
5	DEVİRİM (ŞEMSI BİTLİS)	38,23,58	42,06,37
6	MÜŞTAKBABA	38,23,54	42,06,08
7	ZEYDAN	38,24,09	42,06,09
8	YÜKSELİŞ	38,24,46	42,05,58
9	TAŞ	38,24,32	42,06,28
10	ATATÜRK	38,24,57	42,06,56
11	GAZİBEY	38,24,51	42,07,24
12	HÜSREVPASA	38,25,53	42,07,60

Bundan sonraki aşamada her bir mahallede bulunan betonarme yapıların sayısı, bu yapıların kat adetleri ve yapım yılları ile birtakım özellikleri ayrı ayrı elde edilerek DBELA programında veri olarak girilmiştir.

DBELA programı kullanılarak, Bitlis'in 12 mahallesinde bulunan toplam 3888 BA bina için, 6 farklı senaryo depremi altında hasar kayıp tahmini yapılmıştır. Her bir senaryo için deterministik senaryo kabulü yapılmış ve yazılım programının

özelliğinden dolayı faylar noktasal kaynak olarak tarif edilmiştir. Her bir mahallenin zemin özellikleri ve bina stoğunun mahalle ağırlık merkezinde toplandığı kabul edilmiştir.



Şekil 4.13: Bitlis İlının coğrafik birimlere (geocell) ayrılması

Şehirde toplam 5186 adet BA bina bulunmakta, bunların yaklaşık %15'i 98 ve sonrası Yönetmelik koşullarını sağlamaktadır (Tablo 4.2). Bu çalışmada, DBELA v2.1 programı tarafından çözümü yapılabilen 98 öncesi, çerçevesi ve sarkık kirişli

yapılar dikkate alınmıştır ki bu yapılar da 3888 bina ile Bitlis BA yapı stoğunun yaklaşık %75'ini meydana getirmektedir.

Tablo 4. 2: Bitlis İli mahalle bazında betonarme yapı dağılımı

Geocell No	Mahalle Adı	Betonarme Bina sayısı	98'e uygun bina sayısı (%)	BA Perdeli yapı sayısı (%)	98'e uygun yapılmayan perdeli bina (%)
1	HERSAN	504	0,15	0,05	0,02
2	SARAY	313	0,15	0,05	0,02
3	SEKİZ AĞUSTOS	742	0,15	0,05	0,02
4	İNÖNÜ	353	0,15	0,05	0,02
5	DEVİRİM (ŞEMSİ BİTLİS)	219	0,15	0,05	0,02
6	MÜŞTAKBABA	460	0,15	0,05	0,02
7	ZEYDAN	272	0,15	0,05	0,02
8	YÜKSELİŞ	358	0,15	0,05	0,02
9	TAŞ	456	0,15	0,05	0,02
10	ATATÜRK	488	0,15	0,05	0,02
11	GAZİBEY	467	0,15	0,05	0,02
12	HÜSREVPASA	554	0,15	0,05	0,02

Her bir coğrafik birimde (geocell) bulunan betonarme yapıların yapım yıllarına göre oranları aşağıda Tablo 4,3'de verilmiştir.

Tablo 4.3: Bitlis İli mahalle bazında betonarme binaların yapım yıllarına göre dağılımı

Geocell No	Mahalle Adı	1970 öncesi	1970–1980 arası	1980–1990 arası	1990–2000 arası	2000–2010 arası
1	HERSAN	0,03	0,11	0,35	0,36	0,15
2	SARAY	0,18	0,23	0,12	0,32	0,15
3	SEKİZ AĞUSTOS	0,11	0,22	0,33	0,19	0,15
4	İNÖNÜ	0,17	0,28	0,16	0,24	0,15
5	DEVİRİM	0,20	0,32	0,22	0,11	0,15
6	MÜŞTAKBABA	0,12	0,25	0,35	0,13	0,15
7	ZEYDAN	0,14	0,31	0,22	0,18	0,15
8	YÜKSELİŞ	0,10	0,22	0,38	0,15	0,15
9	TAŞ	0,15	0,21	0,29	0,20	0,15
10	ATATÜRK	0,13	0,22	0,24	0,26	0,15
11	GAZİBEY	0,10	0,24	0,31	0,20	0,15
12	HÜSREVPASA	0,03	0,05	0,39	0,38	0,15

Bitlis İli için yapılan hesaplamalarda dikkate alınan betonarme binaların kat adetlerine göre yüzde cinsinden dağılımları aşağıda Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.4: Bitlis İli mahalle bazında betonarme binaların kat adetlerinin % cinsinden dağılımı

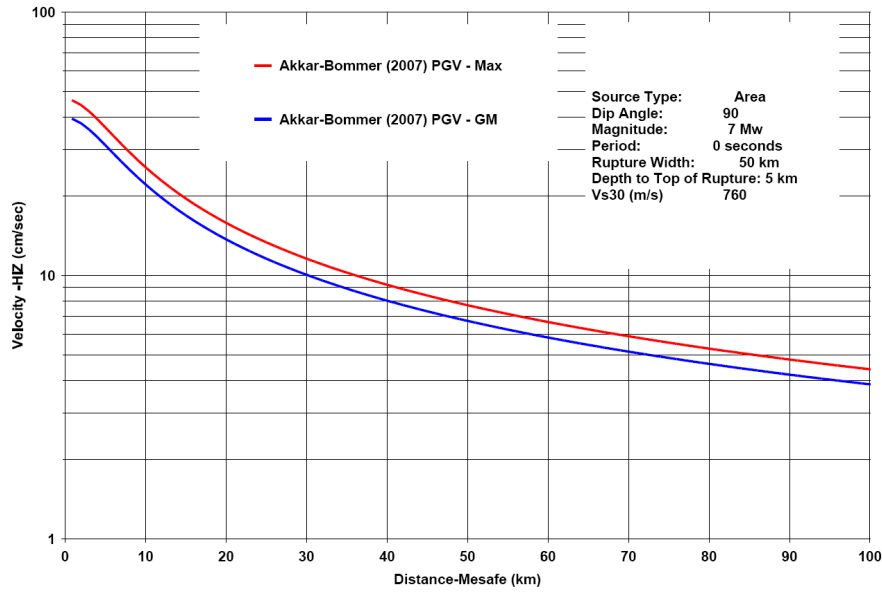
Geocell No	Mahalle Adı	1 katlı	2 katlı	3 katlı	4 katlı	5 katlı	6 katlı	7 katlı	8 katlı	9 katlı
1	HERSAN	41	23	12	10	5	5	3	1	0
2	SARAY	35	32	11	8	4	6	2	2	0
3	SEKİZ AĞUSTOS	31	19	15	13	10	4	5	2	1
4	İNÖNÜ	27	17	14	12	11	9	5	3	2
5	DEVİRİM (ŞEMSI BİTLİS)	21	18	16	9	12	10	7	4	3
6	MÜŞTAKBABA	37	23	18	9	7	3	2	1	0
7	ZEYDAN	36	21	17	9	8	4	2	2	1
8	YÜKSELİŞ	33	25	13	12	7	5	4	1	0
9	TAŞ	29	17	14	11	9	7	6	4	3
10	ATATÜRK	26	16	15	12	9	8	5	5	4
11	GAZİBEY	23	20	14	15	12	10	3	2	1
12	HÜSREVPAŞA	18	17	11	13	14	8	8	6	5

Senaryo depremi olarak kullanılan 6 deprem, Bitlis'te tarihi olarak daha önce gerçekleşen ve Bölüm 3,3'de belirtilmiş olan depremlerden elde edilmiştir. Buna göre birinci senaryoda 28.04.1903 tarihinde meydana gelen ve şehre 87 km uzaklıkta moment magnitudünün 6.2 olduğu tahmin edilen deprem kullanılmıştır. İkinci senaryoda 14.02.1915 tarihinde şehre 58km mesafede meydana gelen 5.7'lik deprem, Üçüncü senaryoda ise 19.08.1966 tarihinde şehre 99km mesafede meydana gelen 6.0'lık deprem kullanılmıştır. Dördüncü senaryoda 6.7 magnitudü 1705 Bitlis Depremi, beşinci senaryoda yine 6.7 magnitudü 18 Mayıs 1881 Bitlis Depremi, son olarak altıncı senaryoda ise 7.3 magnitudü ve 30 Mayıs 1881 tarihinde meydana gelen Van-Nemrut Depremi kullanılmıştır.

Bölüm 2,2'de elde edilen verilere göre tüm mahallelerde zemin sınıfı Z2'dir. Bu durumda kayma dalgası hızı tüm zeminlerde 800 m/s olarak kullanılmıştır.

Spektrumların tahmini için Akkar&Bommer (2007) [373] bağıntısı kullanılmıştır (Şekil 4.14). Ayrıca 5 km korelasyon uzaklığı da kullanılarak her bir senaryo için 100 adet simülasyon yapılarak (100 adet farklı spektrum oluşturularak) bu spektrumların alansal korelasyonu (spatial correlation) da dikkate alınmıştır.





Şekil 4.14. Akkar ve Bommer (2007) [292] tarafından Avrupa ve Ortadoğu'daki depremler derlenerek hazırlanan azalım ilişkisi

Yapılan hasar kayıp tahminlerinde her bir deprem senaryosu için her bir coğrafik birimde ve il geneli toplamında meydana gelebilecek kayıplar aşağıda tablolarda gösterilmiştir (Tablo 4.5, 4.6, 4.7., 4.8, 4.9., 4.10.).

Tablo 4.5: Bitlis İli 1.senaryo depremine göre kayıp tahminleri

Senaryo 1	Mw=6.2						
	MDR= 0,02%						
Mahalle	Bina Adetleri						Toplam Bina
	Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız	PFN Toplam	
HERSAN	0	0	1	1	376	378	504
SARAY	0	0	1	1	233	235	313
SEKİZ AĞUSTOS	0	0	1	1	554	556	742
İNÖNÜ	0	0	1	1	263	265	353
DEVRİM (ŞEMŞİ BİTLİS)	0	0	1	1	162	164	219
MÜŞTAKBABA	0	0	1	1	343	345	460
ZEYDAN	0	0	1	1	202	204	272
YÜKSELİŞ	1	1	1	1	264	268	358
TAŞ	0	1	1	1	339	342	456
ATATÜRK	0	1	1	1	363	366	488
GAZİBEY	0	1	1	1	347	350	467
HÜSREVPAŞA	0	0	1	1	413	415	554
TOPLAM	1	4	12	12	3859	3888	5186
ORAN	0,0%	0,1%	0,3%	0,3%	99,3%		

Tablo 4.6: Bitlis İli 2. senaryo depremine göre kayıp tahminleri

Senaryo 2	Mw=5.7						
	MDR=	0,02%					
Mahalle	Bina Adetleri						
	Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız	PFN Toplam	Toplam Bina
HERSAN	0	0	1	1	376	378	504
SARAY	0	0	1	1	233	235	313
SEKİZ AĞUSTOS	0	0	1	2	553	556	742
İNÖNÜ	0	0	1	1	263	265	353
DEVİRİM (ŞEMŞİ BİTLİS)	0	0	1	1	162	164	219
MÜŞTAKBABA	0	0	1	1	343	345	460
ZEYDAN	0	0	1	1	202	204	272
YÜKSELİŞ	0	0	1	1	266	268	358
TAŞ	1	1	1	1	338	342	456
ATATÜRK	0	0	1	1	364	366	488
GAZİBEY	0	0	1	1	348	350	467
HÜSREVPAŞA	0	0	1	1	413	415	554
TOPLAM	1	1	12	13	3861	3888	5186
ORAN	0,0%	0,0%	0,3%	0,3%	99,3%		

Tablo 4.7: Bitlis İli 3. senaryo depremine göre kayıp tahminleri

Senaryo 3	Mw=6.0						
	MDR=	0,07%					
Mahalle	Bina Adetleri						
	Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız	PFN Toplam	Toplam Bina
HERSAN	1	1	1	3	372	378	504
SARAY	0	0	1	2	232	235	313
SEKİZ AĞUSTOS	0	0	1	5	550	556	742
İNÖNÜ	0	1	1	3	260	265	353
DEVİRİM (ŞEMŞİ BİTLİS)	1	1	1	3	158	164	219
MÜŞTAKBABA	0	1	1	2	341	345	460
ZEYDAN	0	1	1	2	200	204	272
YÜKSELİŞ	1	1	1	3	262	268	358
TAŞ	1	1	1	4	335	342	456
ATATÜRK	1	1	1	4	359	366	488
GAZİBEY	1	1	1	4	343	350	467
HÜSREVPAŞA	0	1	1	5	408	415	554
TOPLAM	6	10	12	40	3820	3888	5186
ORAN	0,2%	0,3%	0,3%	1,0%	98,3%		

Tablo 4.8: Bitlis İli 4. senaryo depremine göre kayıp tahminleri

Senaryo 4	Mw=6.7		Bina Adetleri					Toplam Bina
	MDR=	24.90%	Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız	
HERSAN	31	22	61	79	185	378	504	
SARAY	20	15	42	50	108	235	313	
SEKİZ AĞUSTOS	54	39	105	120	238	556	742	
İNÖNÜ	30	22	57	58	98	265	353	
DEVİRİM (ŞEMSI BİTLİS)	22	14	39	36	53	164	219	
MÜŞTAKBABA	32	23	61	72	157	345	460	
ZEYDAN	21	14	37	44	88	204	272	
YÜKSELİŞ	25	18	51	58	116	268	358	
TAŞ	37	27	71	75	132	342	456	
ATATÜRK	38	28	77	81	142	366	488	
GAZİBEY	34	26	74	79	137	350	467	
HÜSREVPAŞA	29	28	84	101	173	415	554	
TOPLAM	373	276	759	853	1627	3888	5186	
ORAN	9,6%	7,1%	19,5%	21,9%	41,8%			

Tablo 4.9: Bitlis İli 5. senaryo depremine göre kayıp tahminleri

Senaryo 5	Mw=6.6		Bina Adetleri					Toplam Bina
	MDR=	15.16%	Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız	
HERSAN	17	17	52	76	216	378	504	
SARAY	12	11	35	49	128	235	313	
SEKİZ AĞUSTOS	27	30	96	119	284	556	742	
İNÖNÜ	14	13	45	59	134	265	353	
DEVİRİM (ŞEMSI BİTLİS)	10	10	31	39	74	164	219	
MÜŞTAKBABA	14	16	49	71	195	345	460	
ZEYDAN	8	10	30	42	114	204	272	
YÜKSELİŞ	9	11	35	54	159	268	358	
TAŞ	15	15	54	74	184	342	456	
ATATÜRK	15	15	55	79	202	366	488	
GAZİBEY	13	14	53	75	195	350	467	
HÜSREVPAŞA	12	15	53	86	249	415	554	
TOPLAM	166	177	588	823	2134	3888	5186	
ORAN	4,3%	4,6%	15,1%	21,2%	54,9%			

Tablo 4.10: Bitlis İli 6. senaryo depremine göre kayıp tahminleri

Senaryo 6	Mw=7.3						
	MDR=	0.08%					
Mahalle	Bina Adetleri						
	Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız	PFN Toplam	Toplam Bina
HERSAN	1	1	1	3	372	378	504
SARAY	1	1	1	2	230	235	313
SEKİZ AĞUSTOS	1	1	1	6	547	556	742
İNÖNÜ	1	1	1	3	259	265	353
DEVİRİM (ŞEMŞİ BİTLİS)	1	1	1	3	158	164	219
MÜŞTAKBABA	1	1	1	3	339	345	460
ZEYDAN	1	1	1	2	199	204	272
YÜKSELİŞ	1	1	1	3	262	268	358
TAŞ	0	1	1	4	336	342	456
ATATÜRK	1	1	1	5	358	366	488
GAZİBEY	0	0	1	4	345	350	467
HÜSREVPAŞA	1	1	1	5	407	415	554
TOPLAM	10	11	12	43	3812	3888	5186
ORAN	0,3%	0,3%	0,3%	1,1%	98,0%		

Yapılan hasar kayıp tahminlerinde, 4. ve 5. senaryoların haricindeki senaryoların gerçekleşmesi durumunda yıkılma oranının sıfır olduğu, buna karşın nadir de olsa çeşitli mahallelerde ağır, orta ve az hasarlı binaların bulunduğu gözlemlenmiştir. 4 ve 5 nolu depremler şehir merkezine çok yakın gerçekleştiği tahmin edilen depremlerdir ve bunların aynen tekrarı olması durumunda mevcut BA yapı stoğunun %4.3 ile %9.6'sının yıkılacağı, %4-%7'sinin ağır hasar göreceği, %15-20'sinin orta hasar alacağı ve %21-22'sinin hafif hasarla kurtulacağı hesaplanmıştır.

Yapılan hesaplamalarda ayrıca MDR (Mean Damage Ratio) değeri de bulunmuştur. Bu değer yapılarda oluşan direk hasarın telafisi (yapısal ve/veya yapısal olmayan onarım ve/veya güçlendirme) için gerekli paranın bu yapıları yeniden yapmak için gerekli olan paraya bölünmesi ile bulunmaktadır. Bu değer tüm şehir için tek skalar bir rakam olarak hesaplanmakta ve hasarın derecesi hakkında bir fikir vermektedir. Örneğin Adalar açıklarında beklenen 7.4 veya 7.6'lık İstanbul depremi için bu değer %16 ile %18 arasında seyretmektedir. Bitlis için ise MDR değeri 4 ve 5 nolu senaryolar haricindeki senaryolarda %0.2 ile %0.8 arasında seyretmektedir. En yıkıcı 4 ve 5 nolu senaryolarda ise bu değer %15-25 arasında oynamaktadır.

## BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

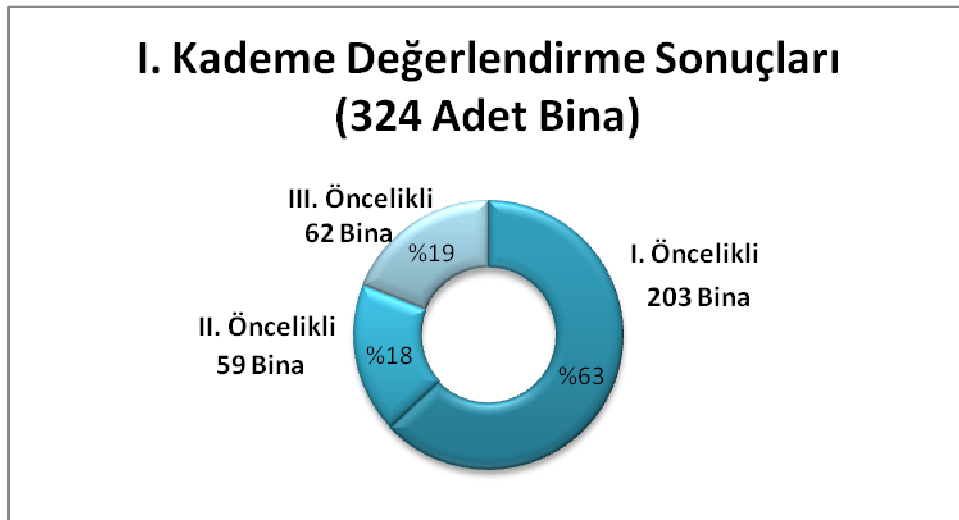
Bu çalışmada yerleşim biriminin olasılığa dayalı (probabilistik) sismik tehlike analizinin yapılması, gelecek depremlerin konumu, oluş zamanı, büyüklüğü ve diğer özellikler, olasılık hesaplarına dayalı olarak tahmin edilmesi; tasarım spektrumlarının veya benzeştirilmiş kuvvetli yer hareketlerinin elde edilmesi, bir önceki aşamada öngörülen deprem parametreleri ile uyumlu “anakaya” yer hareketinin belirlenmesi ve bunun, seçilen çalışma alanında yer alan zemin profiline uygulanarak zemin yüzeyinde tasarım yer hareketinin elde edilmesinde kullanılması; deplasmana dayalı hesap yöntemleri ile yapısal çözümlenmelerin yapılması, seçilen çalışma alanında bulunan yapı stoğu incelenerek, bilgi düzeyleri ve yapı elemanlarının doğrusal elastik olmayan (nonlinear) özelliklerinin belirlenmesi; nonlinear statik hesap yöntemleri kullanılarak yapı sistemlerinin performans düzeylerinin belirlenmesi; Yapıların performans düzeylerine bağlı olarak kayıp tahmini yapılması ele alınmıştır.

Bitlis ve özellikle yakın çevresinin deprenselliği ve buralarda geçmişte meydana gelen depremlerden dolayı Bitlis incelenmeye değer bir konumdadır. Bu çalışma ile Bitlis ilinin sismik tehlike ve risk analizi yapılmıştır. Bitlis ve çevresindeki bölgelerde bulunan fayların yerleri ve özellikleri ile bu faylarda meydana gelen aktivitelerin tarihsel gelişimi araştırılarak sismik tehlike analizi yapılmıştır. Bitlis şehir merkezinde seçilen çalışma alanına, ait zemin özellikleri dikkate alınarak yer – tepki analizleri yapılmış olup tepki spektrumlarının DBYBHY 2007’de verilen spektrumlarla karşılaştırılması yapılmıştır.

Mevcut çalışma ile Bitlis ili mevcut yapı stoğunun tamamı için olmasa da belirli bir yapı stoğu için değerlendirmeler yapılarak Bitlis için yapılacak deprem master planının hazırlanması ve risk yönetimi için çok ciddi katkıları olacaktır. Bitlis yapı

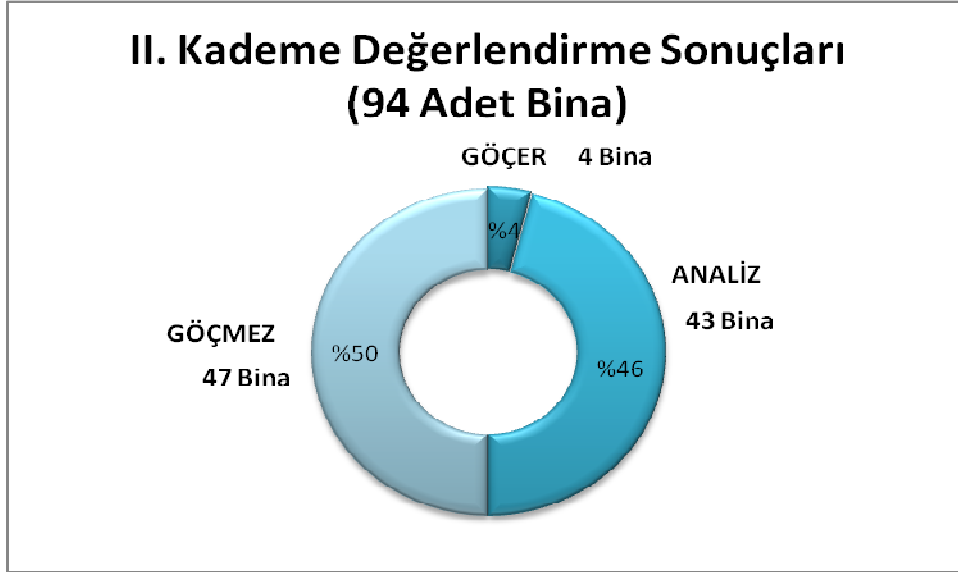
stoğunun deprem tehlikesine karşı envanterinin incelenmesi ve değerlendirilmesi için önemli bir rol oynayacaktır.

Bitlis şehir merkezinde seçilen belirli yapılar kademeli değerlendirme aşamalarına tabi tutulmuştur. Bitlis için yapı stoğu incelenirken üç kademeli bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme yapılırken Bitlis kentsel yerleşim alanlarını oluşturan her mahalleden yapı örnekleri alınarak hesaplamalar yapılmıştır. I. kademe değerlendirmesinde incelenen toplam 324 adet binanın %63'ü birinci öncelikli; %18'i ikinci öncelikli ve %19'u üçüncü öncelikli olarak incelenecek yapı grubunda çıkmıştır (Şekil 5.1).



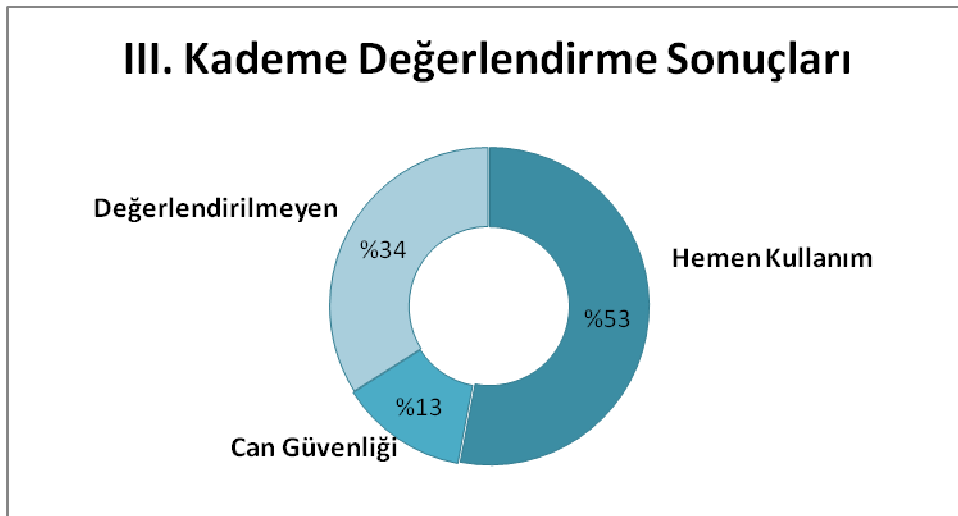
Şekil 5.1: I.kademe değerlendirme sonuçları

I. kademe değerlendirmenin ardından P25 v.2 yönteminin kullanıldığı II. kademe değerlendirmeye geçilmiştir. I.kademe değerlendirmeye tabi tutulan 324 adet yapıdan 94 adedi II. kademeye tabi tutulmuştur. I. kademe değerlendirmesinde dikkate alınan yapıların %29'u II. kademeye değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. II. kademe değerlendirme sonucunda değerlendirmeye tabi tutulan binaların %46'sı için III. Kademe değerlendirme yapılması, %4'ünün göçme riski taşıdığı ve %50'sinin de hiçbir risk taşımadığı sonucu ortaya çıkmıştır (Şekil 5.2). Ancak II. kademe değerlendirme 4 ve üzeri katlar için yapıldığında yapıların %66'lık bir kısmının detaylı analize tabi tutulması hesap edilmiştir. Mevcut yapı stoğunda 4 ve üzeri kat adedine sahip her on yapıdan 7 adedinin detaylı olarak incelenmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. I.kademe değerlendirmeye göre bulunan sonuç puanları ile II. kademe sonuç puanları arasında bir uyumun olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.2: II. kademe değerlendirme sonuçları

III. kademeye tabi tutulan binaların tümünün I.kademe değerlendirme sonucunda 1. öncelikli yapı sınıfına girdiği görülmektedir. Bu yapıların II. kademe değerlendirme sonucunda iki adedi göçme riski taşımakta, on iki adedi için detaylı analiz yapılması gerekmekte ve geriye kalan iki adedi için ise herhangi bir risk olmadığı görülmektedir. III. Kademe değerlendirme sonucunda incelenen yapıların %53'ü hemen kullanım performans düzeyinde, %13'ü can güvenliği performans düzeyinde ve %34'lük bir kısmında ise etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70'den küçük olduğundan herhangi bir performans değerlendirmesine tabi tutulmadığı hesaplanmıştır (Şekil 5.3)



Şekil 5.3: III. kademe değerlendirme sonucu yapı performans düzeyleri

Bitlis için yapılan olasılıksal sismik tehlike analizlerinden elde edilen tepki spektrumları ile DBYBHY 2007 II. Bölümünde verilen spektrumlar karşılaştırılmış ve genliklerin ve frekans aralıklarının oldukça farklı olduğu görülmüştür. Bu durum, yerdeğiştirme istemlerini önemli oranda değiştireceği sonucunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1: TDY ile bu çalışma sonucu elde edilen tepki spektrumları sonucu hesaplanan yapı tepe noktası yerdeğiştirme istemlerin karşılaştırılması

Bina No	Yön	TDY		DATABASE	
		$S_{de1}$	$u_{N1}$	$S_{de1}$	$u_{N1}$
4	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil			
	Y				
5	X	0,056	0,073	0,09	0,1171
	Y	0,052	0,067	0,085	0,1101
7	X	0,072	0,0923	0,148	0,1897
	Y	0,079	0,1046	0,152	0,2013
8	X	0,072	0,0923	0,148	0,1897
	Y	0,079	0,1046	0,152	0,2013
10	X	0,08	0,1073	0,17	0,2281
	Y	0,069	0,091	0,142	0,1874
13	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil			
	Y				
21	X	0,079	0,0998	0,157	0,1984
	Y	0,051	0,066	0,092	0,1195
34	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil			
	Y				
49	X	0,089	0,116	0,205	0,2673
	Y	Etkin Kütle oranı yeterli değil			
62	X	0,053	0,0675	0,091	0,1159
	Y	0,088	0,113	0,206	0,2655
66	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil			
	Y				
69	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil			
	Y				
73	X	0,072	0,0889	0,143	0,1766
	Y	Etkin Kütle oranı yeterli değil			
74	X	Etkin Kütle oranları yeterli değil			
	Y				
75	X	Etkin Kütle oranı yeterli değil			
	Y				
76	X	0,062	0,079	0,105	0,1342
	Y	0,073	0,098	0,137	0,1839
76	X	0,073	0,098	0,137	0,1839
	Y	0,078	0,104	0,162	0,2154



Daha yüksek değerlerde yerdeğiştirme talepleri karşılanmayan yapılarda hasar tahminlerinin ve belirlenen bina performansının gerçek değerlerlerden uzaklaşacağı sonucunu ortaya çıkarmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2: Üçüncü kademe değerlendirmeye tabi tutulan binaların performanslarının karşılaştırılması

Bina No	Yön	Performans değerlendirmesi (TDY 2007)	Performans değerlendirmesi (Database)
4	X	Etkin Kütlev oranları yeterli değil	Etkin Kütlev oranları yeterli değil
	Y		
5	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Hemen kullanım performans düzeyi
7	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
8	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
10	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
13	X	Etkin Kütlev oranı yeterli değil	Etkin Kütlev oranı yeterli değil
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Hemen kullanım performans düzeyi
21	X	Can Güvenliği performans düzeyi	Göçme öncesi performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
34	X	Etkin Kütlev oranı yeterli değil	Etkin Kütlev oranı yeterli değil
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Hemen kullanım performans düzeyi
49	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Etkin Kütlev oranı yeterli değil	Etkin Kütlev oranı yeterli değil
62	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
66	X	Etkin Kütlev oranları yeterli değil	Etkin Kütlev oranları yeterli değil
	Y		
69	X	Etkin Kütlev oranları yeterli değil	Etkin Kütlev oranları yeterli değil
	Y		
73	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Etkin Kütlev oranı yeterli değil	Etkin Kütlev oranı yeterli değil
74	X	Etkin Kütlev oranları yeterli değil	Etkin Kütlev oranları yeterli değil
	Y		
75	X	Etkin Kütlev oranı yeterli değil	Etkin Kütlev oranı yeterli değil
	Y	Can Güvenliği performans düzeyi	Göçme öncesi performans düzeyi
76	X	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi
	Y	Hemen kullanım performans düzeyi	Can Güvenliği performans düzeyi

TDY 2007’de verilen ve bu çalışma sonucu elde edilen tepki spektrumları sonucu elde edilen yerdeğiştirme istemleri arasındaki farktan dolayı bina performanslarında değişiklikler olmuştur. Bina performans değerlerinin TDY 2007 ve bu çalışmadan elde edilen tepki spektrumuna göre karşılaştırıldığında incelenen binaların tamamına yakınında bir üst düzey performans seviyesine çıktığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre TDY 2007’ de verilen tepki spektrumlarının bölgesel olarak hesaplanması yönetmeliğinin gelişmesine katkı sağlayacağı gibi bina performanslarının gerçekçi olarak hesaplanmasına imkan sağlayacaktır. Bu bağlamda spektrumların bölgesel olarak hesaplanması konusu detaylı bir şekilde ele alınmalıdır.

Yapılan hasar kayıp tahminlerinde, 4. ve 5. senaryoların haricindeki senaryoların gerçekleşmesi durumunda yıkılma oranının sıfır olduğu, buna karşın nadir de olsa çeşitli mahallelerde ağır, orta ve az hasarlı binaların bulunduğu gözlemlenmiştir. 4 ve 5 nolu depremler şehir merkezine çok yakın gerçekleştiği tahmin edilen depremlerdir ve bunların aynen tekrarı olması durumunda mevcut betonarme yapı stoğunun %4.3 ila %9.6’sının yıkılacağı, %4-%7’sinin ağır hasar göreceği, %15-20’sinin orta hasar alacağı ve %21-22’sinin hafif hasarla kurtulacağı hesaplanmıştır ( Tablo 5.3).

Tablo 5.3: Bitlis İli senaryo depremlerine göre kayıp tahminleri

Senaryo Deprem No	Mw	MDR	HASAR DÜZEYLERİ				
			Yıkık	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı	Hasarsız
1	6,2	0,02%	0,00%	0,10%	0,30%	0,30%	99,30%
2	5,7	0,02%	0,00%	0,00%	0,30%	0,30%	99,30%
3	6,0	0,07%	0,20%	0,30%	0,30%	1,00%	98,30%
4	6,7	24,90%	9,60%	7,10%	19,50%	21,90%	41,80%
5	6,6	15,16%	4,30%	4,60%	15,10%	21,20%	54,90%
6	7,3	0,08%	0,30%	0,30%	0,30%	1,10%	98,00%

Bitlis şehri için hasar görebilirlik analizi, mevcut yapıların deprem performanslarını belirlemede yerel tasarım spektrumu önermektedir. Bu veriler, yörede deprem zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmalarda kullanılabilir. Elde edilen veriler, Türk Deprem Yönetmeliği’nin geliştirilmesine de katkı sağlayacaktır. Yerleşim birimlerinin deprem performans analizi konusunda diğer Anadolu şehirleri

için bir model oluşturacaktır. Ayrıca bu çalışmada performansa dayalı hesap yöntemleri sonuçları yöntemin kalibre edilmesinde önemli bir veri olarak sonraki çalışmalarda değerlendirilebilir.

Ülkemizde, mevcut yapı stoğunun hasar-görebilirlik analizleri birkaç pilot bölge için yapılmıştır. Bu konuda da yeterli veritabanının oluşturulması gerekmektedir. Bu bağlamda bu çalışma Bitlis için bir veri tabanı oluşturması açısından ön adım olacaktır.

Kısıtlı imkanlar ile yapılan ve belirli bir yapı stoğunu kapsayan bu çalışma genişletilerek Bitlis kentsel yerleşim alanlarının tamamında gerekli incelemeler yapılmalıdır. Yapı stoğunun deprem tehlikesine karşı envanterinin incelenmesi ve değerlendirilmesi için belirlenecek stratejiye bu çalışma öncülük yapacaktır. Bu çalışmada incelenen yapılar dahil olmak üzere tüm yapılar konu ile ilgili uzmanlardan oluşmuş bir komisyon vasıtası ile değerlendirilip öncelikle yüksek riskli yapıların belirlenmesi gerekmektedir. İlk olarak emniyet, iletişim, itfaiye, hastane ve kamu binaları gibi deprem sonrası kullanım önceliği olan yapıların deprem dayanımlarının bir an önce tespit edilip gerekli görülen durumlarda takviye edilmeleri gerekmektedir. Ayrıca yapılacak geniş kapsamlı bu çalışma ile yapıların ruhsatlarının, projelerinin olup olmadığı ruhsatlarına ve dolayısıyla projelerine uygun olarak yapılıp yapılmadığı tespit edilecektir. Mevcut deprem riskinin azaltılması yönünde tedbirler alınırken yapı envanteri çalışmasından sonra güvenli olmayan ve güçlendirilmesi ekonomik olmayan yapılar yıktırılmalıdır. Güçlendirilerek kurtarılabilecek yapılar gerekli mühendislik çalışması yapılarak hazırlanan projelerle güçlendirilmelidir.

Bitlis'te meydana gelebilecek deprem zararlarını azaltmak için; yeni yapılacak yapıların mevcut deprem riskini arttırmasını önlemek ve denetiminde gerekli hassasiyet gösterilmesi gerekmektedir. Bunun uygulanması için yeni yapılaşmaların olacağı bölgelerde deprem etkilerini göz önüne alacak şekilde düzenlenmiş kent planlaması ve arazi kullanım düzenlemelerinin yapılması önem arz etmektedir.

Deprem zararlarının azaltılmasında esas unsurları deprem öncesi alınacak tedbirler oluşturmaktadır. Halkın deprem tehlikesi ve alınması gerekli tedbirler hususunda bilinçlendirilmesi bu tedbirlerden en önemlisidir.

Bitlis Belediyesi bünyesinde deprem riskinin araştırılması ve azaltılması hususunda koordinasyon görevi yapacak bir birimin oluşturulması hem mevcut yapıların incelenmesi konusunda hem de yeni yapılacak yapıların denetimini sağlayarak deprem zararlarının azaltılması konusunda tedbirlerden biri olacaktır. Ayrıca bu birim aracılığı ile halkın deprem konusunda bilinçlendirilmesi sağlanabilecektir.

Bitlis gibi tarihsel ve kültürel yapıya sahip olan bir ilde bulunan tarihsel yapıların da incelenmesi bu çalışmada yer almamıştır. Yapılacak sonraki çalışmalarda tarihsel yapıların değerlendirmeye alınması Bitlis İli'nin hem tarihi hem de kültürel yapısının korunması açısından önemli olacaktır.

Yapılan kayıp tahmin analizlerinde betonarme binalar dikkate alınmıştır. Ayrıca Bitlis yapı stoğunun önemli bir kısmını oluşturan yığma yapılar için de kayıp tahmin analizlerinin yapılması elde edilen sonuçları daha değerli kılacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Internet adresi: <http://sismo.deprem.gov.tr/>, 18.06.2007
- [2] SÜMER, F., “Ahlat Şehri ve Ahlatşahlar”, Belleten, Türk Tarih Kurumu, Cilt 2, Sayı 197, Ankara, sah. 459, Ağustos 1986
- [3] <http://www.koeri.boun.edu.tr//deprenmmuh/izmir/izmirrapor2002.htm>, 20.06.2007
- [4] ÖZMEN. B., NURLU M., GÜLER H., KOCAEFE S., “Seismic Risk Analysis for the City Of Ankara” Second Balkan Geophysical Congress and Exhibition, The Marmara Hotel Conference Hall, Istanbul, Turkey 16p, 5-9 July 1999
- [5] YUNATÇI A., ÇETİN Ö.K., “Olasılıksal Sismik Tehlike Analizleriyle Tümüleştirilmiş, Sahaya Özel Sismik Tepki ve Zemin Sıvılaşması Değerlendirilmesi”,Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s.17-28., 16-20 Ekim 2007
- [6] CORNELL, C.A., “Engineering Seismic Risk Analysis”, Bull. Seism. Soc. Am., v.58, p. 1583-1606.
- [7] KING, S.A, and KIREMIDJIAN, A., “Regional Seismic Hazard and Risk Analysis Through Geographic Information Systems”, Report no :111
- [8] MC GUIRE, R., “Seismic Hazard and Risk Analysis”, EERI, Oakland, CA, 2004
- [9] MARFAI M.A., NJAGIH J.K., “Vulnerability Analysis and Risk Assesment For Seismic and Flood Hazard in Turialba City, Costa Rica, International Institute for Geo information Sciences and Earth Observation (ITC) Enschede Netherlands 24p.
- [10] ÖZER, M.F., IRMAK, T.S., “1 Ekim 1995 Dinar Depremi Kaynak ve Yırtılma Mekanizması”, 14.Jeofizik Kurultayı ve Sergisi, Genişletilmiş Sunular Kitabı, s. 32-34., 2001
- [11] ÇETİN, K.Ö., YUNATÇI, A.A., ÇAĞLI, S., AKTAŞ, R., “Bursa Şehri için CBS Destekli Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi ve Risk Haritası Oluşturulması” Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul, 16-17 Eylül 2004

- [12] YÜCEMEN, M. S. “Deprem Tehlikesinin Tahmininde Olasılıksal Yöntemler”, 14. Bölüm, Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri, Editorler, E. Canbay v.d., Bizim Büro Basımevi, Ankara, 28s., Mayıs 2008.
- [13] SHIGA, T., SHIBITA, A. and TAKAHASHI, T., “Earthquake Damage and Wall Index of Reinforced Concrete Buildings”, Proceedings of Tohoku District Symposium, Architectural Institute of Japan, No.12, December, pp 29-32, 1968
- [14] FEMA 154 –ATC-21 “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, Federal Emergency Management Agency; FEMA 500 C Street, SW Washington, D.C., 1988
- [15] FEMA 155 ATC-21-1 “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”, Federal Emergency Management Agency; FEMA 500 C Street, SW Washington, D.C, 1988
- [16] TEZCAN, S. S., AKBAŞ, R, “Deflection Criteria for Aseismic Design of Tall Buildings”, Engineering Structures, Elsevier Publications, (18)12, p.957-966.
- [17] HASSAN, A. F., SÖZEN, M. A., “Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes”, ACI Structural Journal, 94(1): 31 - 39.
- [18] GÜLKAN, P., SÖZEN M. A., ‘Procedure for Determining Seismic Vulnerability of Building Structures, ACI Structural Journal, v.96(3) , p.336 – 342.
- [19] PAY, A.C., “New Methodology for the Seismic Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Turkey”, Master Thesis, METU, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, Ankara, Turkey, August 2001
- [20] BAYSAN, F. F., “Mevcut Bir Binanın Yapısal Analiz ve Japon Sismik İndex Yöntemleri ile Değerlendirilmesi”, Bitirme Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü, 2002
- [21] BODUROĞLU H., ÖZDEMİR, P., İLKİ, A., ŞİRİN. S., DEMİR, C., BAYSAN F, “ Towards a Modified Rapid Screening Method for Existing Medium Rise RC Buildings in Turkey ”, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, 1-6 August.
- [22] YAKUT, A., “A Preliminary Seismic Assessment Procedure for Reinforced Concrete Buildings in Turkey”, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, 1-6 August., 2004

- [23] YAKUT A, GÜLKAN, P., BAKIR, B. S., YILMAZ, M. T., “Re-examination of Damage Distribution in Adapazarı Structural Considerations ” Engineering Structures, Elsevier Publications, 27 : 990-1001., 2005
- [24] YAKUT, A., ÖZCEBE G, YÜCEMEN, M. S.,’Seismic Vulnerability Assessment Using Regional Empirical Data” Earthquake Eng. and Structural Dynamics, 35:1187-1202., 2006
- [25] SUCUOĞLU, H., YAZGAN, U., “Simple Survey Procedures for Seismic Risk Assessment in Urban Building Stocks” in: WASTI, S.T., ÖZCEBE, G., (ed.) of Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings, Earth and Environmental Sciences, (29): 97-118., 2003
- [26] HABIBULLAH, A. and PYLE, S., Practical Three Dimensional Nonlinear Static Pushover Analysis in SAP2000, Structure Magazine, 1, 1-4.,1998
- [27] GANZERLI, S., PANTELIDES, C.P. and REAVELEY, L.D., “Performance-Based Design Using Structural Optimization, Earthquake Engineering and Structural Dynamics”, 29, 1677 – 1690., 2000
- [28] CHOPRA, A.K. and GOEL, R.K., “A Modal Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Building”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31, 561–582.,2002
- [29] MAISON, B.F., “Discussions of ‘Evaluation of Modal and FEMA Pushover Analyses”, Earthquake Spectra, 21, 275-279.,2005
- [30] KARASU, C.O., “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem ile Belirlenmesi ve P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi ile Karşılaştırılması” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107s., 2007
- [31] BENDIMERAD, F., “Loss Estimation: A Powerful Tool for Risk Assessment andMitigation”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, v.21, p.467-472., 2001
- [32] SHARMA, V.K.,” Gujarat Earthquake – Some Emerging Issues”, Disaster Prevention and Management, v.10/5, p.349-355, 2001
- [33] BOMMER, J., SPENCE, R., ERDİK, M., TABUCHI, S., AYDINOĞLU, N., BOOTH, E., REDEL, D. , PETERKEN, O., “Development of an Earthquake Loss Model for Turkish Catastrophe Insurance”, Journal of Seismology, v.6, p.431-446., 2002
- [34] TÜZÜN, C., “A Seismic Vulnerability Analysis Procedure for Urban Loss Assesment”, Phd Thesis, Boğazici University, ASSESSMENTKandilli Observatory and Earthquake Research Institute, 2008 114p.,

- [35] CROWLEY, H., BOMMER. J.J., “Modelling Seismic Hazard in Earthquake Loss Models with Spatially Distributed Exposure” Bulletin of Earthquake Engineering v.4, p.249–273 Springer 2006 DOI 10.1007/s10518-006-9009, 2006
- [36] BAL İ.E., CROWLEY, H., PINHO, R., GÜLAY, G., “Detailed Assessment of Structural Characteristics of Turkish RC Building Stock for Loss Assessment Models”, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 28, 914–932r 2007 Elsevier Ltd., 2008
- [37] BAL İ.E., CROWLEY, H., PINHO, R., GÜLAY, G., “ Displacement-Based Earthquake Loss Assessment For an Earthquake Scenario in Istanbul”, Journal of Earthquake Engineering, A. S. Elnashai and N. N. Ambraseys , European Centre for Training and Research in Earthquake Engineering 10p
- [38] Report “Eartquake Risk Assessment MAEVIZ Tutorial” Mid America Earthquake Center, University of Illinois at Urbana-Champaign June 15p, 2007
- [39] ERDİK M., ZÜLFİKAR C., DEMİRCİOĞLU, M.B., HANCILAR, U., ŞEŞETİYAN, K., KAMER, Y., “Earthquake Shake Mapping and Loss Assessment Applications by ELER v2.0” Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU2010-14688-3, 2010 EGU General Assembly 2010
- [40] SERDAR M.T., “Rüyalar Şehri Bitlis”, Bitlis Valiliği Yayınları, No.7, Bitlis 234 s., 2000
- [41] Bitlis Valiliği, [www.bitlis.gov.tr](http://www.bitlis.gov.tr), 22.09.2007
- [42] BORCHERD R.D., “Influence Of Local Geology In the San Fransisco Bay region California on Ground Motions Generated 1990, by the Loma Prieta earthquake of October 17, 1989”, Proceedings of International Symposium on Safety of Urban Life and Facilities., Tokyo, Japan, Novamber 1-2, pp 1-35
- [43 ] JEO MASİF, “Bitlis İli Merkez İlçesi Değişik Parselleri İçin Jeoteknik Raporları” Jeo-Masif Enjeksiyon Ankraj İnş. ve Taah. Ltd.Şti. 2001- 2003.
- [44] Rapor, “Bitlis Rahva 2. Bölge 272 Adet Konut Adaiçi ve Genel Altyapı ile Çevre Düzenlemesi İnşaatı Alanının Zemin ve Temel etüdü Raporu”, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Haziran 2006
- [ 45] ÖZKAYMAK Ç., SAĞLAM A., KÖSE O., “Van Gölü Doğusu Aktif tektonik Özellikleri” ATAG-7 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı Bildiri Özleri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği BölümüVAN , s22-23, , 01-03 Ekim 2003



- [46] FACENNA, C., BELLIER, O., MARTINOD, J., PIROMALLO, C., REGARD, V., “Slab Detachment Beneath Eastren Anatolia: A possible Cause for the Formation of the North Anatolian Fault”, *Earth and Planetary Science Letters*, v. 242, p. 85-97, 2006.
- [47] KÖSE O., “Van Gölü Yakın Çevresinin Coğrafyası” Van Gölü Havzası Jeotransversleri Çalıştay Kitapçığı. DAJEO-2004. 1-6 s. YYÜ. Van., 2004
- [48] BORAY A., “Bitlis Dolayının Yapısı ve Metamorfizması”, *TJK Bülteni*, 18 s. 81-84
- [49] KETİN, İ., “Relations Between General Tectonic Features and the Main Earthquake Regions of Turkey” *Bulletein of Mineral and Reearch Expl. Inst. Turkey*, no. 71, pp. 63-67, Ankara, 1968
- [50] GENÇ S. “Bitlis Masifi, Lice-Kulp (Diyarbakır) ve Çökekyazı- Gökay (Hizan-Bitlis) Yöreleri Gnays ve Amfibolitlerinin Köken Sorununun İrdelenmsi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi. s.31-38, Nisan 1985
- [51] MTA Türkiye'nin Jeoloji Haritası, Ölçek 1/500000) (MTA 2004)
- [52] OYAN V., TOLLUOĞLU A.Ü, “Bitlis Masifi'nde Alt Metamorfite Kesen K-Feldispatça Zengin Aplit Dayklarının Ekonomik Önemi” 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı. 16-22 Nisan, 63-67, Ankara.
- [53] OKAY A.I, ARMAN M.B., GÖNCÜOĞLU M.C., “Petrology and phase relations of the kyanite-eclogites from eastern Turkey” *Contributions to Mineralogy and Petrology*, Springer-Verlag 1985- 91: 196-204., 1985
- [54] GÖNCÜOĞLU, M.C., TURHAN, N., “Geology of Bitlis Metamorphic Belt” In: Tekeli, O., and Göncüoğlu, M.C. (Editors), *Int.Symp.on the Geology of the Taurus Belt*, Proceedings, 237-244,1984
- [55] HELVACI, C., “Genesis of the Apatite-Rich Iron Ore Deposits, Avnik (Bingöl) Region, Bitlis massif, Turkey”, *Geological Bulletein of Turkey*, v. 19, p.33-51, Ocak, 1984
- [56] OKAY A. I., “ Geology of Turkey : A Synopsis”, *Anschnitt*, v.21, p.19-42
- [57] ŞAROĞLU F., “Doğu Anadolu'nun Neotektonik Dönemde Jeolojik Yapısal Evrimi”, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Rapor 244, Ankara 1986
- [58] USTAÖMER P.A., USTAÖMER T., COLLINS A.S., ROBERTSON A.H.F., “Cadomian (Ediacaran Cambrian) Arc Magmatism In The Bitlis Massif , SE Turkey: Magmatism Along the Devolving Northern Magrin Of Gondwana” *Tectonophysics*, Vol. 124242, 14p., Doi : 10.1016/j.tecto.2008.06.010

- [59] ERENTÖZ C., “General Review of the Turkey Geology” Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, v.48, p.40-58
- [60] GENÇ, S., “Relations Between The Metamorphism And Deformation İn The Southern Margin Of The Bitlis Massif (Lice-Kulp district, Diyarbakır Province , SE Turkey)”, Geological Bulletin of Turkey, v. 19, p.11-14, Ocak, 1984
- [61] YEŞİLOVA, Ç., YAKUPOĞLU, T., YEŞİLOVA, P., G., AYGÜN, Ö., “Van Gölü KB-GD kesimlerinin Senozoyik Stratigrafisi”, 30.Yıl Fikret Kurtman Jeoloji Sempozyumu, Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Konya, 20-23 Eylül 2006, Konya
- [62] ŞENGÜLER, İ., TOPRAK, S., “Petrographic Properties of the Lignites of Varto, Hınıs, Bulanık, Malazgirt Regions”, Geological Bulletin of Turkey, V. 34, 15-22, Ağustos 1991
- [63] ŞENGÖR, A.M.C., ÖZEREN, M.S., KESKİN M., SAKINÇ M., ÖZBAKIR A.D., KAYAN İ., “Eastern Turkish High Plateau as a Small Turkic-Type Orogen: Implications for Post-Collisional Crust-Forming Processes In Turkic Type Orogens”, Earth Science Reviews, vol.90, pp.1-48, 2008
- [64] DEMİRTAŞLI E., PISONI. C., “The Geology of Ahlat-Adilcevaz Area (North of Van Lake)”, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Bulletin, v. 64, 22-35, 1965
- [65] YEŞİLOVA Ç., YAKUPOĞLU T., “Adilcevaz Kireçtaşının (Van Gölü Kuzeyi) Mikrofasiyes Özellikleri”, Türkiye Jeoloji Bülteni ,Cilt 50, Sayı 1, s.27-38., Nisan 2007
- [66] BÜYÜKUTKU, A.G., “The Reservoir Potential of Miocene Carbonate Rocks in the Askale and Hınıs-Mus-Van Sub-basins East Anatolia, Turkey” Journal of Petroleum Geology, vol.26 (2), pp 175-188, April 2003,
- [67] ÖZCAN E., LESS G., “First Record Of the Co-Occurrence of Western Tethyan and Indo-Pacific Larger Foraminifera in the Burdigalian of the Mediterranean Province” Journal of Foraminiferal Research, v. 39, no. 1, p. 23–39, January 2009
- [68] SÖZERİ T.E., “Muş Civarı (Doğu Anadolu Bölgesi) Burdigaliyen Kireçtaşlarının Fasiyes ve Rezervuar Özelliklerinin İncelenmesi”, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2007.
- [69] ÖZPEKER, L, “Nemrut yanardağının volkanolojik incelenmesi”, Tübitak 4.Bilim Kongresi, Yerbilimleri Sektörünü Tebliğler Kitabı,s.1-17., 1973

- [70] ERCAN T., FUJİTANİ T.,MATSUDA J.I.,NOTSU K., TOKEL S.,Uİ T., “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen Kuvarterner Volkanitlerine ilişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu”, MTA Dergisi 110, 143-164, 1990.
- [71] AKAY E., “Doğu Toroslar'da Çarpışma Sonrası Kratonik Havzaların Evrimi” MTA Dergisi, 109, s.77-88, 1989
- [72] CERAN M.F., “Mutki (Bitlis ) Yöresinin Jeolojisi ve Cevher İmkanları”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 89s., Konya 2006
- [73] TABBAN A., “Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları , No:56, Ankara, 500s, 2000
- [74] BİÇEK A.C., “Sekiz Ağustos Tüneli Mühendislik Jeolojisi İncelemesi”, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 115s., Van 2006
- [75] ALTINLI İ.E., “Geology of Eastern and Souteastern Anatolia Part II” Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, v.67, p.1-22
- [76] DEERE D.U. , ve MILLER 1966 Engineering classification and index properties for intact rock Tech Report AFWL-TR-65-116 Air Force Weapons Lab.
- [77] ABYYHY(1998), “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik”, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, İlk Yayın Tarihi: 02.09.1997-23098 Mükerrer Sayılı Resmi Gazete, Değişiklik Tarihi: 02.07.1998-23390 Sayılı Resmi Gazete., 1998
- [78] YILDIRIM C., KÜRÇER A., “26 Ağustos 2007 Karlıova Bingöl Depreminin Değerlendirilmesi”,  
[http://www.mta.gov.tr/deprem/26\\_Agustos\\_Karlıova\\_Depremi.pdf](http://www.mta.gov.tr/deprem/26_Agustos_Karlıova_Depremi.pdf),  
22.12.2007
- [79] LEI J., ZHAO D., “Teleseismic Evidence For A Break-Off Subducting Slab Under Eastern Turkey”, Earth and Planetary Science Letters, Vol.257, pp.14-28, doi: 10.106/j.epsl.2007.02.011, 2007
- [80] KARAMAN E. M., “17 Ağustos 1909 Gölotik-Arifiye Depremi ve Yer Bilimleri”, Yer Bilimleri Haber Bülteni, s. 14-26, Ekim 1999,
- [81] TAPAN M., ÖZVAN A., ŞENGÜL M.A., “2 Temmuz 2004 Doğubeyazıt Depremi Yer-Yapı İlişkisi ve Yaşanan Kayıplar” 5. Ulusal Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart, s.1074-1080, Kocaeli 2005 ,

- [82] YILMAZ M., KALKAN E., YARBAŞI N., AKSOY G., “Doğu Anadolu Bölgesi'nde 2002-2004 Yıllarında Meydana Gelen Depremlere Ait Artçı Depremlerin İstatistiksel Çözümlemesi” 5. Ulusal Deprem Sempozyumu, , s.1447-1449, 23-25 Mart 2005
- [83] Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Sismoloji Servisi, “1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Ön Raporu”, Mayıs 2003.
- [84] ÖZMEN B., NURLU M., GÜLER H., “Coğrafi Bilgi Sistemi İle Deprem Bölgelerinin İncelenmesi”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 65s., Ağustos 1997
- [85] UTKUCU M., PINAR A., ALPTEKİN Ö., “Uzak Alan P dalga Şekillerinin Sonlu-Fay Çözümünden 22 Mayıs 1971 Bingöl Depremi Kırılma Sürecinin İncelenmesi”, Hacettepe Üniversitesi, Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Yer Bilimleri, 28 (2003), s.65-79
- [86] NALBANT, S.,S., McCLOSKEY, J., STEACY,S., BARKA, A.A., “Stress Accumulation and Increased Seismic Risk in Eastern Turkey”, Earth and Planetary Science Letters 195 (2002), p.291-298
- [87] TÜRKELLİ, N., ZOR, E.,GOK R., BEKLER T., EKEN, T.,GURBUZ, C T.,SANDVOL, E., SEBER, D.,AL-LAZKİ A., BARAZANGİ, M., “Seismogenic Zones in Eastern Turkey: Results from the Eastren Turkey Seismic Experiment”, American Geophysical Union Fall Meeting 2002,Abstract S61D-07, 2002
- [88] KALAFAT D., KEKOVALI K.,GÜNEŞ Y., KÜSMEZER A., GARİP P., BERBEROĞLU P., BEKLER F., “25 January 2005 Hakkari Earthquake” Report, “<http://www.emsc-csem.org/Doc/Hakkari-Earthquake.pdf>”
- [89] KAYNAK, U., “Dış Merkez Dağılımına Dayalı Türkiye Sismotektoniği”, Jeofizik Bülteni, Sayı.54, s.335-342, Ocak-Nisan 2007
- [90] EMRE, Ö., HERECE, E., DOĞAN, A., PARLAK,O., ÖZAKSOY, V., ÇIPLAK, R., ÖZALP, S., “Bingöl-Karlıova-Erzincan Üçgeni İçersinde Meydana Gelen 27 Ocak 2003 Pülümür ve 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremlerinin Değerlendirilmesi”, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Kuvarterner Çalışmayı IV, 2003.
- [91] MADEN, N., GELİŞLİ, K., EYÜBOĞLU, Y. & BEKTAŞ, O. Two-and-Three- Dimensional Crustal Thickness of the Eastern Pontides (NE Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences [Turkish J. Earth Sci.] (2008) [in press].
- [92] ATAMAN G., BUKET E., Z.ÇAPAN U., “The North Anatolia Fault Zone”: A New Interpretation As a Paleo-Benioff Zone ", Bulletein of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, v. 84, p.97-102., 1975,

- [93] ŞENGÖR A.M.C., TÜYSÜZ O., İMREN C., SAKINÇ M., EYİDOĞAN H., GÖRÜR N., PİCHON X.L., RANGIN C., “The North Anatolian Fault: A New Look”, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2005. p.33:37–112, doi: 10.1146/annurev. earth.32.101802.120415.
- [94] KETİN İ., “Kuzey Anadolu Fayı Hakkında" MTA Dergisi 72-1, s.1-29, 1972,
- [95] SANÇAR T., “Geometry and Segmentation of the North Anatolian Fault Zone Between Yedisu and Kaliova Triple Junction; A new Seismic Gap in Eastern Turkey”, *Geophysical Research Abstracts*, vol.10, EGU 2008-A-00445, Sref-ID: 1607-7962/gra7EGU2008-A-00445, 2008
- [96] AKSOY E., İNCEÖZ M., KOÇYİĞİT A., “Lake Hazar Basin: A Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey”, *Turkish Journal of Earth Sciences* , Vol. 16, , pp. 319-338. TÜBİTAK, 2007
- [97] DEMİRTAŞ R., “Türkiye’deki Sismik Boşluklar ve 27 Haziran 1998 Ceyhan (Adana) Depremi (Ms=6.3)” *Depremsellik*, s.24-28  
[www.jmo.org.tr/resimler/ekler/72d30ab508237ac\\_ek.pdf?dergi=HABER+B%DCLTEN%DD](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/72d30ab508237ac_ek.pdf?dergi=HABER+B%DCLTEN%DD)
- [98] HAKTANIR T., ELCUMAN H., “Bingöl İli ve Çevresinde Kaydedilmiş Yıllık Ekstrem Depremlerin İstatistiksel frekans Analizi ve Yörenin Depremselliği” *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, s. 359-369, 16-20 Ekim 2007,
- [99] ÇIPLAK R., AKYÜZ S., “Erkenek-Gölbaşı (Adıyaman) Arasında Doğu Anadolu Fayının Özellikleri", *Türkiye Kuvarterner Sempozyumu V*, İTÜ, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, s. 41-47, 02-05 Haziran 2005
- [100] BARKA A.A., “Büyük Magnitüdü Depremlerin Episantr Alanlarını Önceden Belirleyebilecek Bazı Jeolojik Veriler” *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C. 26,21-30 Şubat 1983
- [101] GÜLKAN P., KOÇYİĞİT A., YÜCEMEN. M.S., DOYURAN V., BAŞÖZ N., “En Son Verilere Göre Hazırlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğüne 92-03-03-18 No.lu Proje Sonuç Raporu* , Rapor No. 93-01 Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Ocak 1993
- [102] AYDIN U., “Erzurum Merkezli Doğu Anadolu Bölgesi'nde Yakın Alan Depremleri İçin Sismik Dalga Sönüm Oranları Hesaplaması”, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 68s., Adana 2006
- [103] MADEN, N., GELİŞLİ, K., BEKTAŞ, O. EYÜBOĞLU, Y., “Anadolu'da Kabuk Yapısı ve Tektonik Yapı İle İlişkisi”, *II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK*, İstanbul 17-19 Kasım 2005, s.492-496., 2005

- [104] TİRİFİNOV, V. G., 1995, World Map of Active Faults (Preliminary Result of Studies). Quaternary International, V. 25, pp. 3-12,1995.
- [105] SOYSAL, H., SİPAHİOĞLU,S., KOLÇAK,D., ALTINOK., 1981, “Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Katoloğu” TÜBİTAK Proje No:TBAG-341
- [106] İnternet adresi “<http://angora.depren.gov.tr/matnetrapor.htm>”, 09.11.2007
- [107] ERGİN.K., GÜÇLÜ U., UZ Z., “Türkiye ve Civarının Deprem Katoloğu”, İTÜ, Maden Fakültesi Yayını No: 24, 136s. 1967.
- [108] AL-DAMEGH, K., SANDVOL, E.; AL-LAZKI, A.,BARANGI, M. Regional Seismic Wave Propagation (Lg and Sn) and Pn Attenuation in the Arabian Plate and Surrounding Regions. Geophysical Journal International, vol. 157, p. 775-95. ISBN: 0956-540X. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02246.x>, 2004
- [109] HOMKE S., “Timing of Shortening and Uplift of the Pusht-E Kuh Arc In the Zagros Fold-and Thrust Belt (Iran); A Combined Magnetostratigraphy and Apatite Thermochronolgy Analysis”, Universitat de Barcelona, Facultat de Geologia,Departamento de Geodinámica y Geofísica, 213p., 2007
- [110] BONNIN, J., CARA, M., CISTERNAS, A., “Seismic Hazard in Mediterranean Regions”, Proceedings of the Summer School Organized in Strasbourg, France, July15-August 1, ISBN:9027727791-9789027727794, 399p., 1996
- [111] PİPER J., TATAR O., GÜRSOY H., MESCİ L., KOÇBULUT F.,HUANG B. “Post-Collisional Deformation of the Anatolides and Motion of the Arabian indenter : A Paleomagnetic Analysis” IOP Publishing, Donald D Harrington Symposium on the Geology of the Aegean, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2 012011 doi:10.1088/1755-1307/2/1/012011, 2008
- [112] STERN R.J., JOHNSON P.R., “Do variations in Arabian Plate Lithospheric Structure Control Deformation in the Arabian-Eurasian Convergence Zone?”, Donald D Harrington Symposium on the Geology of the Aegean IOP Publishing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 2, 012005 doi: 10.1088/1755 1307/2/1/012005, 7pp., 2008
- [113] LYBERIS, N., YURUR, T., CHROWICZ, J., KASAPOĞLU, E., GUNDOĞDU., N., “The East Anatolian Fault : An Oblique Collisional Belt”, Tectonophysics 204, p.1-15., 1992
- [114] ÖZMEN B., “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası Nedir ve Nasıl Hazırlanır?” Sivil Savunma Müdürlüğü Sunumu, 6.s
- [115] MCCLUSKY S., REILINGER R., MAHMOUD S., SARI D.B., TEALEB A., “GPS Constraints on Africa (Nubia) and Arabia Plate Motions”, Geophys.J.Int., v.155, p.126-138., 2003

- [116] MCKENZIE D.P., “Active Tectonics of the Mediterranean”, *Geophysical Journal of Structural*, 30(2) p.109-185, 1972
- [117] DEWEY J.F., HEMPTON M.R., KIDD W.S.F., ŞAROĞLU F., ŞENGÖR A.M.C., “Shortening of Continental Lithosphere: the Neotectonics of Eastern Anatolia-a Young Collision Zone”, *Geological Society, London, Special Publications* 1986; v. 19; p. 1-36, doi:10.1144/GSL.SP.1986.019.01.01
- [118] <http://iisee.kenken.go.jp/hara7turkey/SeismicityIn Turkey.html> 24.10.2008
- [120] ESENTÜRK Y., ÖKSE A.T., GÖRMÜŞ A., “Earthquake Traces In the Anatolian Bronze Age”, *International Earthquake Symposium Kocaeli 2007*, p.758-762, 22-26 October 2007,
- [121] PINAR A., HONKURA Y., KUGE K., MATSUSHIMA M., SEZGİN N., YILMAZER M., OGUTCU Z., “The November 15, 2000 Lake Van Earthquake (Mw=5.6) in Eastern Turkey: Seismotectonic Implications for Arabia-Eurasia Collision Zone”, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 01525, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-01525., 2007
- [122] ÖZTÜRK, S., BAYRAK, Y., KARSLI, H., ÇINAR H., “Farklı Sismik Bölgeler Dikkate Alınarak Türkiye'deki Deprem Tehlikesi Çalışmalarında Kullanılabilecek Homojen Deprem Katalogunun Hazırlanması” *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, s.347-358, İstanbul, 16-20 Ekim 2007
- [123] PAMPAL S., ÖZMEN B., “Türkiye Deprem Bölgelerinin Gelişimi”, *6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, s.1-8, 16-27 Ekim 2007,
- [124] T.C. , Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı T.C., Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası
- [125] İzah Raporu “Bitlis (Merkez) Revizyon+İlave Uygulama İmar Planı İzah Raporu” Ankara 2007
- [126] [http://neic.usgs.gov/neis/eq\\_depot/2004/eq\\_040701/neic\\_kjdg\\_w.html](http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2004/eq_040701/neic_kjdg_w.html), 16.05.2008
- [127] MOSTAFAZADEH M., ALPTEKİN Ö., ÖNCEL A.O., “Body Wave From Five Moderately Earthquakes In the Zagros Fold Thrust Belt” , *JSEE: Vol. 2. No.3 / 1 p.1-10*, Summer 2000.
- [128] ÖZVAN A.; “Van Yerleşkesinin Deprem Tehlikesi ve Olası Bir Depremin Sonuçları”, *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005* , 23-25 Mart, s.1386-1393.

- [129] ÖZTÜRK B., BALKIS N., GUVEN K..C., AKSU A., GÖRGÜN M., ÜNLÜ S., HANILCI N., “Investigations on the Sediment of Lake Van, II. Heavy Metals, Sulfur, hydrogen Sulfide and Thiosulfuric Acid S-(2-amino ethyl ester) Contents”, Journal of Black Sea/ Mediterranean Environment , Vol 11: 125- 138 (2005).
- [130] HORASAN G., BOZTEPE-GÜNEY A.; “Observation and Analysis of Low-Frequency Crustal Earthquakes In Lake Van and Its Vicinity, Eastern Turkey” Journal of Seismology Vol.11, 2007, pp.1-13
- [131] TOKER M., KRASTEL S., DEMİREL-SCHLUETER, F., DEMİRBAĞ, E., İMREN, C., “Volcano-Seismicity of Lake Van (Eastern Turkey), A Comparative Analysis of Seismic Reflection and Three Component Velocity Seismogram Data and New Insights Into Volcanic Lake Seismicity” International Earthquake Symposium Kocaeli 2007, 22-26 October 2007, p.103- 109
- [132] AKKÖPRÜ E., CHRISTOL A., “Modelling Van Lake Level and Water Budget Variations in the Past Out of Interpretation of Coastal Deposits and DEM . Approach, Aims and Preliminary Results” , Türkiye Kuvartener Sempozyumu VI, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 16-18 Mayıs 2007,
- [133] LITT T., KRASTEL S., STURM M., KIPFER M., ÖRÇEN S., HEUMANN G., FRANZ S.O., ÜLGEN U.B., NIESSEN F., “PALEOVAN, International Continental Scientific Drilling Program (ICDP): Site Survey Results and Perspectives” Elsevier Ltd., Quaternary Science Reviews 28 (2009) p. 1555–1567, doi:10.1016/j.quascirev.2009.03.002.
- [134] MALEKZADEH T. “İran’ın Kuzeybatısı (Azerbaycan) ve Doğu Anadolu Depremselliğinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması”, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara 2007, 112s.
- [135] ÖKSÜM E., “Van Gölü Civarı Havadan Magnetik Verilerinin Kantitatif Yorumu” Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta 2006, 86s.
- [136] GEZDİRİCİ, “Deprem Monitörü Programı”,2001.
- [137] KAHRAMAN S., BARAN T., SAATÇI İ.A., “Batı Anadolu Örneğinde Bölge Sınırları Seçiminin Deprem Tehlikesinin Belirlenmesine Etkileri”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, s. 335-347
- [138] AKDENİZ A., Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Depremselliği, Kabuk ve Üst Manto Yapısı ve Deprem Riskinin Belirlenmesi, Ankara üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Ankara 2003.



- [139] EGERAN N., LAHN E., “1/2.400.000 Mikyaslı Türkiye Yerdepremleri Haritası Hakkında Muhtıra”, MTA Dergisi 36, 1944 s.270-289.
- [140] LAHN E., “Van Mıntıkası Yer Sarsıntuları Hakkında Not (Temmuz-Kasım 1945)”, sayı 35/1, s.126-129 1946, Temmuz.
- [141] TAŞMAN C.E., “Varto ve Van Depremleri” , MTA Dergisi, 36-5, s. 287-291
- [142] DEGENS T., WONG H.K., KEMPE S., KURTMAN F., “A Geological Study of Lake Van, Eastern Turkey”, International Journal of Earth Sciences ,Volume 73, Number 2 / June, 1984, DOI: 10.1007/BF01824978, p.701-734
- [143] TAN O., TAPIRDAMAZ M.C., YÖRÜK A., “The Earthquake Catalogues for Turkey” Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 17, 2008, pp. 405–418., TÜBİTAK First published online 28 December 2007.
- [144] INNOCENTI F., MAZZUOLI .R., PASQUARE G., SERRI G., VILLARI L., “Geology of the Volcanic Area North of Van Lake (Turkey)”, International Journal of Earth Sciences, Volume 69, Issue 1, 1980, p. 292-323.
- [145] TOMONAGA Y., BRENWALD Y.S., KIPFER R. “Spatial Variability in the Release of the Terrigenic He From the Sediments of Lake Van (Turkey)”, Goldschmidt Confrence 2007 , EAWAG Aquatic Research 20p.
- [146] “ [www.depremler.com](http://www.depremler.com)”, 07.03.2008
- [147] TOKER M., “Van Segmenti Mikrodeprem Potansiyelini Kontrol Eden Neotektonik Unsurlar” ATAG-10 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı Sözlü Bildiri Özleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 02-04 Kasım 2001, İzmir , s91-92
- [148] KIPFER R., HERTIG W., BAUR H., HOFER M., SIGNER P., “Injection of Mantle Type Helium into Lake Van ( Turkey): the Clue for Quantifying Deep Water Renewal”, Earth and Planetary Science Letters 125 ,357L370, 1994
- [149] SELÇUK. S., KİBAR.A., KARAŞİN A.H., KARAESMEN. E., KARAESMEN Er., “1 Mayıs 2003, Bingöl Depremi”, ODTÜ.
- [150] TOKER M., KRASSEL S., DEMİREL-SCHLUETER, F., DEMİRBAĞ, E., İMREN, C., “Basin Inversion and Extensional Magmatism by Accretionary Wedge Deformation In Lake Van Basin , Eastern Anatolia High Plateau (E-Turkey)”, <http://www.cprm.gov.br/331GC/1205711.html>.
- [151] ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö. ve KUŞÇU,”Türkiye Diri Fay Haritası” MTA, Ankara, 1992
- [152] BOZKURT E., “Neotectonics of Turkey-a Synthesis”, Geodinamica Acta, p:3-30., 14(2001)

- [153] GÖNCÜOĞLU M.C., TURHAN N., “Bitlis Metamorfik kuşağı Orta Bölümünün Temel Jeolojisi”, M.T.A. Raporu, Rapor No: 7707, Ankara. 225s., 1985
- [154] ÖRGÜLÜ, G., AKTAR, M., TÜRKELLİ, N., SANDVOL, E., BARAZANGİ, M., “Contribution to the Seismotectonics of the eastern Anatolian Plateau from Moderate and Small Size Events”, *Geophys. Res. Lett.*,30(24), 2003. p.1-12.
- [155] GÜZEL S., UĞUR Ü, Rapor “Bitlis İli Çevre Durum Raporu (2006-2007 Yılları)”, Bitlis Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Bitlis 2006-2007 , 197s.
- [156] ŞENOL M., “Van Gölü Havzası Güney ve Doğu Kesiminde Yer Alan Tarım Toprakları Üzerinde Olan Doğal Olmayan Sekilerin Kökeni ve Sürdürülebilir Kullanımları”, YYÜ, Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı, 2002-FED-094.
- [157] PEARCE J.A., BENDER J.F., DE LONG S.E., KIDD W.S.F., LOW P.J., GUNER Y., SAROGLU F., YILMAZ Y., MOORBATH S., MITCHELL J.G., “Genesis of Collision Volcanism in Eastern Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 44, Issues 1-2, p. 189-229., 20 December 1990
- [158] ÖZDEMİR Y., KARAOĞLU Ö., TOLLUOĞLU A.Ü., GÜLEÇ N., “Volcanostigraphy and Petrogenesis of the Nemrut Stratovolcano (East Anatolia High Plateau): The Most Recent Post-Collisional Volcanism in Turkey” *Elsevier, Chemical Geology*, 226(2006), p.189-211., doi: 10.1016/j.chemgeo.2005.09.020
- [159] KARAOĞLU Ö., ÖZDEMİR Y., TOLLUOĞLU A.Ü., “Nemrut Açılma Çatlağı'nın Etkinliğine Ait Bulgular”, ATAG-7 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı Bildiri Özleri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, VAN , s38-39., 01-03 Ekim 2003,
- [160] KARAOĞLU Ö., ÖZDEMİR Y., TOLLUOĞLU A.Ü., KARABIYIKOĞLU M., KÖSE O. FROGER J.L., “Stratigraphy of the Volcanic Products Around Nemrut Caldera: Implications for Reconstruction of the Caldera Formation” *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 14, pp. 123–143.TUBİTAK, 2005,
- [161] ULUSOY İ., LABAZUY P., AYDAR E., ERSOY O., ÇUBUKÇU E., “Structure of the Nemrut Caldera (Eastern Anatolia, Turkey) and Associated Hydrothermal Fluid Circulation”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 174, p. 269–283, 2008
- [162] UTKUCU M., “Implications for the Water Level Change Triggered Moderate ( $M \geq 4.0$ ) Earthquakes in Lake Van Basin, Eastern Turkey” *Journal of Seismology* **10**: 105–117, DOI: 10.1007/s10950-005-9002-y, 2006

- [163] DEGENS, E. T. and KURTMAN, F., “The geology of Lake Van.”, MTA Yayınları. Ankara, 169, 158 PP., 1978
- [164] GÜNDOĞDU O., “Van ve Çevresinin Deprem Tehlikesi”, Van Kent Sempozyumu, TMMOB Van İl Koordinasyon Kurulu, Van, s.97-116, 1-3 Ekim 2009,
- [165] DHONT D., CHOROWICZ., J., “Review of the Neotectonics of the Eastern Turkish-Armenian Plateau By Geomorphic Analysis of Digital Elevation Model Imagery”, International Journal of Earth Science (Geol Rundsch) V.95: p.34–49, DOI 10.1007/s00531-005-0020-3, 2006
- [166] KETİN İ., “Van Gölü ile İran Sınırı Arasındaki Bölgede Yapılan Jeoloji Gözlemlerinin Sonuçları Hakkında Kısa Bir Açıklama”, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, c.20, s.79-85, Ağustos 1977.
- [167] KOÇYİĞİT, A., “Doğu Anadolu Bölgesi'nin Depremselliği ve Gerekli Çalışmalar”., Yeryuvarı ve İnsan, s. 8, n.3, s.25-29., 1983
- [168] BARKA A.A., KADINSKY-CADE K., “Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity” , Tectonics, Vol.7, No.3, p.663-684, June 1988.
- [169] DOĞAN A., EMRE Ö., YILDIRIM C., ÖZALP S., “21 Ocak 2007 Tutak (Ağrı) Depremi Hakkında Değerlendirme” MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi, Aktif Tektonik Araştırmalar Birliği, 22 Ocak 2007.
- [170] IŞIK B.C., “Depremler ve Türkiye”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita ve Kadastro Mühendisliği Yayınları. 102-109s.
- [171] ŞAROĞLU F., GÜNER Y., KIDD M.S.F., ŞENGÖR A.M.C. “Neotectonics Of Eastern Turkey: New Evidence For Crustal Shortening and Thickening in a Collision Zone” EOS, Vol.61, , p.360., April22,1980
- [172] [http://neic.usgs.gov/neis/eq\\_depot/2003/eq\\_030501/neic\\_tgac\\_w.html](http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2003/eq_030501/neic_tgac_w.html), 12.01.2008
- [173] SCAWTHORN, C., “Earthquakes: A Historical Perspective”, Earthquake Engineering Handbook CRC Press LLC, 66p., 2003
- [174] GUIDIBONI, E., TRAINA, G., “A New Catalogue of Earthquakes in the Historical Armenian Area from Antiquity to 12th Century”, Annali Di Geofisica., v.38, p.85-147, 1995.
- [175] ŞAROĞLU F., GÜNER Y., “Tutak Fayı” Yeryuvarı ve İnsan, Sayı :1/3, s.11-15, 1979
- [176] KOÇYİĞİT, A., “2005.01.25, Mw 5.9 Sütluce (Hakkari) Depreminin Kaynağı: Başkale Fay Kuşağı, GD Türkiye”, Beşinci Ulusal Deprem Sempozyumu, Sözlü Sunum, 23-25 Mart 2005, Kocaeli, 2s.

- [177] BERBERIAN, M., "Seismotectonic Map of Iran, Scale 1/2 500 000", in M. Berberian (Editor), Contribution of the Seismotectonics of Iran (Part II), Geol. Surv. Iran, Rep. 39, pp. 397-418., 1976
- [178] KOÇYİĞİT A., "Karayazı Fayı" Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C.28, 67-72, Şubat 1985
- [179] TOKER M., "Muş- Van Havzası ve Doğu Van Segmenti Sığ Derinlikli ( $\leq 10$ km) Uzun Periyotlu Deprem Aktivitelerine ( $2 \leq M_d \leq 4$ ) Volkanosismojenik Bir Yaklaşım" Türkiye Kuvvarterner Sempozyumu VI, İTÜ, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 16-18 Mayıs 2007,
- [180] BARKA A.A., REILINGER R., "Active Tectonics of the Eastern Mediterranean Region; Deduced from GPS, Neotectonic and Seismicity Data" Anali Di Geofisica, vol. XL, n.3, p.587-610, June 1997,
- [181] TÜYSÜZ, O., "Neotectonics and Seismicity of Turkey" ITU, Eurasia Institute of Earth Sciences, 70p., 2005
- [182] TAYMAZ T, DAĞISTANLI M.A., <http://www.kesfetmekicinbak.com/doga/00492/> 24.10.2008 Sayı 98 / Mayıs 2001
- [183] ÖZTÜRK S. , ÇINAR H., BAYRAK Y., DANIEL G., "Properties of After Shock Sequences of 2003 Bingöl ,  $M_d = 6,4$  Turkey, Earthquake", Pure and Applied Geophysics, 165, p.349-371, Basel, 2008, DOI 10.1007/s00024-008-0300-5, 2008
- [184] WALLACE R.E., "Earthquake of August 19, 1966, Varto Area, Eastern Turkey" Bulletin of seismological Society of Amerika, 58/11, p.11-45, 1968
- [185] KOÇYİĞİT A., "2005.03.12-14 Kızılcubuk (Karlöva- Bingöl) Depremleri ( $M_w 5.7-5,8$  )" ODTÜ, Müh. Fak, Jeoloji Müh. , Aktif Tektonik ve Deprem Araştırma Lab.
- [186] DEMİRTAŞ, R., YILMAZ, R., BERCHEMER, H., BAIER, B., "13 Mart 1992 Erzincan Depremi yüzey kırıkları, artçı sarsıntıları ve 17 Ekim 1989 Loma Prieta depremi ile karşılaştırılması", TJK Bül., Sayı 9, 77-90., 1988
- [187] AMBRASEYS, N., N., ZATOPEK, A., "The Varto-Üstükran (E.A.Natolia) Earthquake Of 19 August 1966", A Field Report, Unesco, Paris, February 1968, 68p.
- [188] MTA, "1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Değerlendirme Raporu", Rapor No: 10585, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara, 9 Mayıs 2003
- [189] Japon Society of Civil Engineers, "The Bingöl Earthquake of May 1, 2003", JSCE, 96p., July 2003

- [190] EMRE, Ö, ÖZALP, S., YILDIRIM, C., ÖZAKSOY, V. ve DOĞAN, A., “12-14 Mart 2005 Karlıova Depremlerinin Değerlendirilmesi”, <http://www.mta.gov.tr>, 2005
- [191] ARPAT, E. ve ŞAROĞLU, F., “Doğu Anadolu Fayı İle İlgili Bazı Gözlemler ve Düşünceler”, MTA Derg., 78, s. 44-50., 1972
- [192] ÖZDEMİR M.A., İNCEÖZ M., “Doğu Anadolu Fay Zonunda (Karlıova-Türkoğlu Arasında) Akarsu Ötelenmelerinin Tektonik Verilerle Karşılaştırılması”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 5 (1), s.89-114.
- [193] Rapor, “12 Mart ve 14 Mart 2004 Bingöl-Karlıova Depremi Ön Değerlendirme Raporu” İTÜ, Yapı ve Deprem Uygulama-Araştırma Merkezi, İTÜ 2005
- [194] SANCAR, T., AKYÜZ, H., S., “Preliminary Investigations on Geomorphical and Paleoseismological Studies on Yedisu Seismic Gap, North Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey”, Geophysical Research Abstracts , Vol.9, 0096, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-0096, 2007
- [195] KOÇYİĞİT A., KAYMAKÇI N., “1 Mayıs 2003 Sudüğünü (Sancak-Bingöl) Depremi Raporu”, ODTÜ, Müh. Fak, Jeoloji Müh., Aktif Tektonik ve Deprem Araştırma Lab. Rapor no 14, 38 s. Ankara 2003.
- [196] AKKAR S., BOORE D.M., GÜLKAN P., “An Evaluation of the Strong Ground Motion Recorded During the May1, 2003, Bingöl, Turkey, Earthquake”, Journal of Earthquake Engineering", 9, p.173-197. , 2005
- [197] SEYMEN, İ. ve AYDIN, A., “Bingöl Deprem Fayı ve Bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile İlişkisi”, MTA Dergisi, 79, s1-8., 1972
- [198] KOÇYİĞİT A., “Karakoçan Fay Zonu : Atımı , Yaşı, Etkin Stres sistemi ve Depremselliği”, ATAG-7 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı Bildiri Özleri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van , s15-16, 01-03 Ekim 2003
- [199] İMAMOĞLU M.Ş., “Diyarbakır Lice'de Aktif Faylanma”, ATAG-10 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı Sözlü Bildiri Özleri, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir , s41, 02-04 Kasım 2001,
- [200] YANEV P.I., “The Lice, Turkey, Earthquake of September 6. 1975, Reconnaissance Report” URS/Blume Publ. (San Fransisco, Calofornia 94105, 26 p., November 1975,
- [201] DEMİRTAŞ, R., İRAVUL, Y., ERKMEN, C., KARTAL, R., F., KARAKISA, S., “25-26 Ocak 2005 Hakkari Depremleri”, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Basın Duyurusu, 2s., 26.01.2005,

- [202] EMRE Ö., DOĞAN A., ÖZALP S., YILDIRIM C., “25 Ocak 2005 Hakkari Depremi Hakkında Ön Değerlendirme”, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Yer Dinamikleri Araştırma ve Değerlendirme Koordinatörlüğü Aktif Tektonik Araştırmaları Birimi 26.01. 2005.
- [203] HULLA, ERDİK. M., TURFAN. M., PAVONE M., ATAY. E., "Seismic Hazard Assesment For the Hakkari Project" Hydpower&Dams Journal, Issue 5, p. 66-70, 2002
- [204] KALYONCUOĞLU, Ü.,Y., ÖZER, M.,F., “Türkiye'nin Sismisitesi, Yüksek Riskli Alanlar ve Tektoniğine Yeni Bir Yaklaşım”, Beşinci Ulusal Deprem Sempozyumu, s. 125-127, Kocaeli, 23-25 Mart 2005,
- [205] KUTANİS M., “Earthquake Engineering”, Sakarya Univercity, Spring 2005
- [206] ANSAL A., ERDİK M., AYDINOĞLU N., DURUKAL, E. TÖNÜK G., KURTULUŞ A., DEMİRCİOĞLU M., ŞEŞETKAN K., HANCILAR U., “İstanbul İçin Deprem Hasar Senaryoları”, Mühendisler Odası, İstanbul Bülteni , Sayı:91/2007, s.12-16
- [207] CELEP Z., KUMBASAR N., “Yapı Dinamiği ve Deprem Mühendisliğine Giriş” İstanbul 1996, Sema Matbaacılık, ISBN .975-95405-1-7
- [208] LITT. T, KRASSEL S., ÖRÇEN. S., KARABIYIKOĞLU M.; Lake Van Drilling Project: A Long Continental Record in Eastern TURKEY, Scientific Drilling, No: 4 , March 2007, page 40-41 doi:10.2204/iodp.sd.4.13.2007
- [209] <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/thistoric.html>, 22.10.2008
- [210] GUIDOBONI E., TRAIÑA G., “A New Catalogue of Earthquakes In the Historical Armenian Area from Antiquity to the 12th Century” , Anali Dı Geofisica Vol. XXXVIII, N.1, p.85-111, March 1995 ,
- [211] AMBRASEYS N., “Earthquakes In The Mediterranean and Middle East, A Multidisciplinary of Seismicity up to 1900”, Cambridge Univercity Pres, ISBN-13 : 9780521872928
- [212] Significant Earthquake Database  
[http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?t=101650&s=13&d=229,26,13,12&nd=display&eq\\_0=600](http://www.ngdc.noaa.gov/nndc/struts/results?t=101650&s=13&d=229,26,13,12&nd=display&eq_0=600) , 25.10.2008
- [213] BARAN B., YANIK K., KARTAL R., ALKAN A., “1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi , Bölgenin Deprem Etkinliği ve Artçı Deprem Çalışmaları” , Rapor No:5149-1, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, 11s., Ocak 2004
- [214] VIDRIH R., GODEC M., “17 August 1999 Earthquake In Turkey”, Earthquakes In 1999, Environmental Agency of the Republic Sloveni Seismological Office “, p.154-175, Ljunljana 2001

- [215] MILNE J., "A Catalogue of Destructive Earthquakes A.D. 7 to A.D. 1899", British Association for the Advancement of Science Portsmouth Meeting London 92p., 1911
- [216] LEE W.H.K. , KANAMORI H., JEMINGS C.P., KISLMSE C., "International Handbook of Earthquake and Sismolgy", Cilt I, International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior, Academic Pres, ISBN : 0-12440-652-1, 911p.
- [217] AMBRASEYS N.N., MELVILLE C.P., "A History of Persian Earthquakes", Cambridge Univercity Press 1982 , Cambridge earth Science Series,
- [218] AMBRASEYS N.N., JACKSON J.A., "Faulting Associated with Historical and Recent Earthquakes in the Eastern Mediterranean Region" , Geophys Journal International, Vol.133, p.390-406, 1998
- [219] BERBERIAN M., "Historical Earthquake Catalague", <http://www.iiees.ac.ir/iiees/bank/Berberian/uncatlog4.txt>, 18.12.2008
- [220] HAROUTIUNIAN R., "The Historical Volcanoes of Armenia and Adjacent Areas Revisited", Journal of Volcanology and Geothermal Research 155 p.334–337, 2006
- [221] The New York Times , "No Details From Bitlis" ,April 2, 1907
- [222] The New York Times , "Few Killed in Earthquake" , April 3, 1907
- [223] The New York Times , "Bitlis Again Shaken" , April 4, 1907
- [224] Colonist, Volume XLIX, Issue 11901, 4 April 1907, Page 3
- [225] Nelson Evening Mail, Volume XLII, 3 April 1907, Page 3
- [226] Hawera & Normanby Star, Volume LIII, Issue 9304, 3 April 1907, Page 5
- [227] Star , Issue 8893, 3 April 1907, Page 3
- [228] The New York Times , "Situation at Bitlis Beter" , April 8, 1907
- [229] GEORGE, J. "Merchants In Exile: The Armenians In the Manchester, England, 1835-1935" p:134-135
- [230] Otago Witness, Issue 2769, 10 April 1907, Page 19
- [231] Nelson Evening Mail, Volume XLII, 5 April 1907, Page 3
- [232] ROTHE, P.,J., "Annual Summary of Information on Natural Disaters", Number: 4 1969, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization , UNESCO 1971

- [233] İMAMOĞLU M.Ş., ÇETİN E., “Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği”, Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Dergisi s.9 s.93-107., Temmuz 2007
- [234] DİLSİZ, A., TÜNER, A., “Türkiye’de Yığma Yapılar İçin Deprem Risk Haritası Oluşturulması”, YDGA2005, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 12s., 17 Şubat 2005,
- [235] KASAP. R., GÜRLER Ü., “Obtaining the Return Period of Earthquake Magnitudes: As An Example Marmara Region”, Doğu Üniversitesi Dergisi, 4(2) , p. 157-166, 2003.
- [236] <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/mudim/il.asp>, 18.10.2008
- [237] ERDİK M., BİRO Y.A., ONUR T., SESETYAN K., BİRGÖREN G., “Assesment of Earthquake Hazard in Turkey and Neighboring Regions” Annali Di Geofisica Vol.42, n.6, p.1125-1138, December 1999,
- [238] ERDİK, M., DOYURAN V., AKKAŞ N., GÜLKAN P., “A Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey”, Tectonophysics, 117, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 295-344., 1985
- [239] GUTENBERG, B., RICHTER, C.F., “Frequency Of Earthquakes In California”, Bulletin of Seismology Society America, v.34, p.185-188, 1944
- [240] AYDIN, M.C., “Alttan Alışlı Dolusavak Havalandırıcıların CFD Analizi”, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Elazığ, 2006
- [241] BAYRAK Y., ÖZTÜRK S., ÇINAR H., KALAFAT D., TSAPANOS T.M., KORAVAS G.Ch., LEVENTAKİS G.-A., “Estimating Earthquake Hazard Parameters From Instrumental Data for Different Regions in Around Turkey” Engineering Geology, Vol. 105, p.200-210., 2009,
- [242] WELLS, D.L. and COPPERSMITH, K.J., “New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002, 1994
- [243] ABRAHAMSON, N.A. and Silva, W.J. "Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes," Seismological Research Letters, vol. 68, no. 1, pp 94-127
- [244] AMBRASEYS, N. N., DOUGLAS, J., SARMA, S. K., and SMIT, P. M., "Equations for the Estimation of Strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration", Bulletin of Earthquake Engineering, 3:1–53, [DOI 10.1007/s10518-005-0183-0], Springer 2005,



- [245] BOORE, D.M., JOYNER, W.B. and FUMAL, T.E., "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work," Seismological Research Letters, vol. 68, no. 1, pp 128-153., 1997
- [246] CAMPBELL, K.W., (2003). "Prediction of Strong Ground Motion Using the Hybrid Empirical Method and Its Use in the Development of Ground-Motion (Attenuation) Relations in Eastern North America." Bulletin Seismological Society of America, Vol. 93, No. 3, pp. 1012-1033, June
- [247] IDRİSS, I. M., "An NGA Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated By Shallow Crustal Earthquake", Earthquake Spectra, Volume 24, No. 1, pages 217-242, © 2008, Earthquake Engineering Research Institute, February 2008;
- [248] KUNDAK S., TÜRKOĞLU H., "İstanbul'da Deprem Riski Analizi" İTÜ Dergisi A, Mimarlık Planlama tasarım, Cilt:6, Sayı:2, 37-46, Eylül 2007
- [249] ÇİNİCİOĞLU F.S., BOZBEY İ., KELEŞOĞLU K., ÖZTOPRAK S., ÖZTORUN N.K., Deprem Bölgeleri İçin Kentsel Yönetim Sistemlerinin Ayrılmaz Bileşeni: Deprem Risk Analizleri
- [250] ÇELİK T., ÖZTORUN N.T., "Geniş Alan Deprem Master Planı Hazırlanması ve Risk Yönetimi için Yeni Bir Yöntem ( Bakırköy Örneği)", ([www.e-kutuphane.imo.trpdf.10121](http://www.e-kutuphane.imo.trpdf.10121)), 22.12.2008
- [251] SUCUOĞLU H., "2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirilmesi" Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Sayı.444-445, 2006/4-5, s. 24-36.
- [252] AY B.Ö., ERBERİK M.A., "Türkiye'deki Az ve Orta katlı Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği Açısından İrdelenmesi", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s.37-48., 16-20 Ekim 2007,
- [253] AKINCITÜRK N., "Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci" Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1, s.189-201, 2003
- [254] KUTANİS, M., "Statik İtme Analizi Yöntemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi" Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, YOGS-2006, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 7-8 Aralık 2006
- [255] ŞENGEZER, S.B, 1999, "13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye'de Deprem Sorunu", Y.T.Ü. Basın Yayın Merkezi, İstanbul 1999
- [256] KARAŞİN A.H., KARAESMEN. E., "Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yapısal Hasarların İrdelenmesi" Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005 , 23-25 Mart, s.386-396.

- [257] COMERIO, M.C., Disaster hits home: New Policy for Urban Housing Recovery, University of California Press., Berkeley, p.300.
- [258] İNEL M., ÖZMEN H.B., BİLGİN H., “Türkiye’de Yaşanan Deprem Hasarları ve Yapı Stoğunun Değerlendirilmesi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s. 249-261., 16-20 Ekim 2007.
- [259] SUCUOĞLU H., “Kentsel Yapı Stoklarında Deprem Risklerinin Sokaktan Tarama Yöntemi İle Belirlenmesi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s. 267-284., 16-20 Ekim 2007.
- [260] DBYBHY, 2007 “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007
- [261] ÖZMEN H.B., İNEL M., BİLGİN H., “Yumuşak Kat Davranışının Duvar Etkisi Dikkate Alınarak İncelenmesi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s.423-434., 16-20 Ekim 2007.
- [262] TEZCAN S. ,YAZICI A., ÖZDEMİR Z. ,ERKAL A., “Zayıf Kat- Yumuşak Kat Düzensizliği”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s. 339-350., 16-20 Ekim 2007.
- [263] ÖNEL, H., AKBULUT, M. T., 2003, Deprem Bölgelerinde Güvenli Yapı Tasarımına İlişkin Temel Yaklaşımlar, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükşehir Şubesi, 15-16 Şubat 2002,
- [264] ASLANKARA Y., İNEL M., TOPRAK S., “Kent Ölçeğinde Senaryo Depremde Oluşacak Bina Hasarlarının Tahmini”, Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005 , 23-25 Mart, s.1434-1443.
- [265] BAL İ.E., TEZCAN S.S., GÜLAY G.F., “Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s.661-674, 16-20 Ekim 2007.
- [266] BAL İ.E., “Deprem Etkisindeki betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri İle Belirlenmesi” İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 136s., Temmuz 2005.
- [267] ÇAĞATAY İ.H., “Binalara Kısa Kolona Etki eden Parametrelerin İncelenmesi”, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, s.229-236., 16-20 Ekim 2007,
- [268] ÇATAL H.H., ERTUTAR Y., “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Ana İlkeleri”, Deprem Araştırma Bülteni , Sayı 68, Yıl 17, s. 15-21., 1990
- [269] ÖZCEBE G., “Deprem Güvenliğinin Saptanması İçin Yöntemler Geliştirilmesi Sonuç Raporu”, TÜBİTAK İÇTAG YMAÜ 1574 Nolu Araştırma Projesi , Ankara, Ocak 2004,

- [270] LIOLIOS A., KARABANIS A., ABDALLAH K., “Seismic Interaction Between Adjacent Buildings: An Optimal Control Numerical Approach”, Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October 2007, Istanbul, Turkey, p.17-24.
- [271] AYDINOĞLU, M.N. “An incremental response spectrum analysis procedure based on inelastic spectral deformation for multi-mode seismic evaluation”, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 3-36., 2003
- [272] AYDINOĞLU, M.N., “Dayanıma Göre Tasarımdan Şekildeğiştirmeye Göre Tasarıma”, GYTE Semineri, Gebze, 31 Mayıs 2007,
- [273] FREEMAN, S.A., NICOLETTI, J.P., and TYRELL, J.V., “Evaluations of Existing Buildings for Seismic Risk – A Case Study of Puget Sound Naval Shipyard Bremerton, Washington”. Proceedings of the U.S. National Conference on Earthquake Engineers, EERI, pp 113-122, Berkeley, 1975
- [274] KUTANİS, M., M., “Investigation of Novel Nonlinear Static Analysis Procedures”, 7th International Congress on Advances in Civil Engineering, October 11-13, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey, 2006
- [275] AYDINOĞLU, M. N. “A Response Spectrum-Based Nonlinear Assessment Tool for Practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA)”, ISET Journal of Earthquake Technology, Vol. 44, No. 1., 2007
- [276] AYDINOĞLU, M.N.(2003),” Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi için Artımsal Spektrum Analizi (arsa) Yöntemi” 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 26-30 Mayıs 2003
- [277] FEMA 356 “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”, FEMA, Washington, DC. , 2000
- [278] ÖZMEN B., “Ankara İçin Deprem Senaryosu”, Ankara'nın Deprem Tehlikesi ve Riski Çalışmayı 17s,
- [279] KAYABALI K., “Sismik Tehlike Analizi ve Uygulama”, Ankara Üniversitesi Jeolojî Mühendisliği, 46/J8-43,1995.
- [280] ŞAROĞLU F. , " Doğal Afetlerde Görev ve Sorumluluk" Building For Survival Stop Disasters No:14 s.10-12, , July 1993,
- [281] TÜRKELLİ N., “Sismik Ağların Deprem Tehlike Analizlerine Katkısı” Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeofizik Bölümü, [www.eies.itu.edu.tr/barkalecture7turkelli\\_barka\\_2005.pdf](http://www.eies.itu.edu.tr/barkalecture7turkelli_barka_2005.pdf), 18.11.2008
- [282] EYİDOĞAN, H., “Tektonik ve Deprem Tehlikesi”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Davetli Konuşma , 26-30 Mayıs 2003
- [283] KORKMAZ A., AKTAŞ E., “Betonarmer Çerçevelerin Olasılıklı Sismik Tehlike Analizi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 1, 55-64, 2006

- [284] ERDİK M., DURUKAL E., SİYAHİ B., FAHJAN Y., ŞEŞETİYAN K., DEMİRCİOĞLU M., AKMAN H., “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Deprem Yer Hareketinin Belirlenmesi”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Davetli Konuşma, 26-30 Mayıs 2003
- [285] GIARDINI, D., “The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP)-1992/1999”, *Annali di Geofisica*, vol.42, n.6, p.957-974., December 1999
- [286] KRAMER L. S., “Geoteknik Deprem Mühendisliği, Gazi Kitabevi, ISBN : 975-8640-63-1, 708 s., Temmuz 2003.
- [287] ÖZMEN B, İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik İncelemeler için Depremselliğin Değerlendirilmesiyle İlgili Öneriler, 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 14-20 Nisan, MTA Genel Müdürlüğü Kültür Sitesi, C Ankara, 2003
- [289] BOLT, B., “Earthquakes”, 4th Edition, Chapter 5, Figure 5.5
- [290] YOUNGS, R.R., and COPPERSMITH, K.J., ”Implications of Fault Slip Rate and Earthquakes Recurrence Models to Probabilistic Seismic Hazard Estimates”, *Bull. Seism. Soc. Am.* 58, p: 939- 964., 1985
- [291] GRAIZER, V., and KALKAN, E., "Prediction of Spectral Acceleration Response Ordinates Based on PGA Attenuation," *Earthquake Spectra*, Volume 25, No. 1, pages 39–69, Earthquake Engineering Research Institute, February 2009
- [292] AKKAR, S., and BOMMER, J.J., Julian "Empirical Prediction Equations for Peak Ground Velocity Derived from Strong-Motion Records from Europe and the Middle East", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97, No. 2, pp. 511–530, doi: 10.1785/0120060141, April 2007,

## ÖZGEÇMİŞ

Ercan IŞIK, 10.02.1975 tarihinde Bitlis'te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bitlis'te tamamladı. 1993 yılında Bitlis Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 1997 yılında bitirdi. 2000 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Bilim Dalı'nda yüksek lisansını tamamladı. 2004–2005 eğitim yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yapı Bilim Dalı'nda doktora çalışmalarına başladı. Evli ve iki çocuk babası olup halen akademik çalışmalarına devam etmektedir