



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**23 EKİM 2011 VAN DEPREMİ**  
**TEKNİK İNCELEME RAPORU**



**Editör : Deniz GÜNEY**

**YTÜ © 2011**

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
1. ÖNSÖZ.....	3
2. GİRİŞ.....	4
3. BÖLGENİN SİSMİK ÖZELLİKLERİ VE SON DEPREMLER (Selçuk M., E., Yıldırım, M.) .	6
3.1 Van ve Çevresindeki Tektonik Yapı .....	6
3.2 Van Depreminin Jeolojik Açından Yorumlanması.....	8
3.3 Van Depreminin Tektonik ve Depremsellik Açısından Değerlendirilmesi .....	10
4. VAN DEPREMİ'NİN TİTREŞİM KARAKTERİSTİKLERİ VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ (Selçuk M., E., Yıldırım, M.).....	15
4.1. Deprem İvmesinin Karakteristikleri .....	16
4.2. Tepki Spektrumları.....	20
4.3. Azalım İlişkisi .....	22
4.4. Zemin Problemleri ve Temel Sistemleri.....	23
5. BÖLGEDE YAPILAN İNCELEME VE DEĞERLENDİRMELER .....	25
5.1 Zemin İncelemesi (Selçuk M., E.) .....	25
5.2 Malzeme İncelemesi (Kızılkant, A., B.) .....	27
5.3 Yapısal İncelemeler (Güney D.).....	31
5.4 Yapısal Hasarların İrdelenmesi (Koçak A.) .....	44
5.5 Kırsalda Meydana Gelen Yapısal Hasar Değerlendirmeleri (Güney D.).....	48
5.6 Alt Yapı İncelemesi (Coşar A.) .....	51
6. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER .....	57
KAYNAKLAR.....	62

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Episantr uzaklıkları (Topografik harita) .....	5
Şekil 2.2. Van ve köylerinde M=5 ve üzeri büyüklüklü depremlerin merkezleri ile gösterildiği harita .....	6
Şekil 3.1. Van ve Çevresinin Genel Jeoloji Haritası (MTA) ve Lejandı.....	7
Şekil 3.2. Van Gölü ve çevresinin genel jeoloji haritası .....	8
Şekil 3.3. 23 Ekim 2011 Van Tabanlı Köyü depremi merkez üssü ile 29 Ekim 2011 tarihine kadar oluşan artçı depremlerin yerleri .....	9
Şekil 3.4. Hakkâri Çukurca-Dilekli Köyü depremi (M= 5.2) .....	9
Şekil 3.5. MTA Türkiye aktif (diri) fay haritası (1992) .....	11
Şekil 3.6. Önerilen Türkiye aktif (diri) fay haritası .....	11
Şekil 3.7. Türkiye deprem bölgeleri haritası (1996).....	14
Şekil 3.8. Önerilen yeni fay haritasına göre önerilen deprem bölgeleri haritası.....	14
Şekil 4.1. Van ve çevresinde 01.01.1900 tarihinden günümüze kadar meydana gelen $M \geq 5$ olan depremlerin dağılımı (AFAD).....	16
Şekil 4.2. Van depremi yer değiştirme-zaman ilişkisi .....	17
Şekil 4.3. Van Depremi 2011 ivme-zaman- hız-zaman grafikleri (KG).....	17
Şekil 4.4. Van Depremi 2011 ivme-zaman- hız-zaman, deplasman-zaman grafikleri (DB) .....	18
Şekil 4.5. Van Depremi Fourier Genlik Spektrumu a) KG b) DB c) Düşey .....	19
Şekil 4.6. Arias şiddeti-zaman değişim grafiği .....	20
Şekil 4.7. Van Depremi tepki spektrumları .....	21
Şekil 4.8. Van Depremi tepki spektrumları .....	22
Şekil 4.9. Boore ve Joyner (1997) azalım ilişkisi.....	22
Şekil 4.10. Erciş, Çelebibabağı - İnönü Mahallesi yanal yayılma (İnce kum ve yüksek yeraltı su seviyesi).....	23
Şekil 4.11. Dağönü Köyü sahil şeridinde meydana gelen heyelan .....	24
Şekil 4.12. Dağönü Köyü'ne ulaşım sağlayan yol boyunca meydana gelen heyelan.....	25
Şekil 4.13. Van Erciş karayolu üzerinde meydana gelen heyelan.....	25
Şekil 5.1. Zemin profili, bodrumsuz yapı (tekil/sürekli temel sistemi) .....	27
Şekil 5.2. Ağır hasarlı ve enkaz haline gelen betonarme karkas binalar .....	27
Şekil 5.3. Depremde göçen yığma yapı enkazı .....	28
Şekil 5.4. Erciş'teki bir enkazdan görüntülenen beton .....	28
Şekil 5.5. Düz inşaat çeliği ile düz ve nervürlü çeliğin birlikte kullanıldığı yapı elemanları .....	29

Şekil 5.6. Perdede burkulan boyuna inşaat çeliği (S 420).....	29
Şekil 5.7. Enkazdan görüntülenen beton kesitleri .....	30
Şekil 5.8. Betonda kullanılan iri malzeme ve yerleştirme problemleri.....	30
Şekil 5.9. Çimento hamuru-agrega arayüz çatlağı ve betondan sıyrılan düz inşaat çeliği.....	31
Şekil 5.10. Kırsal kesimdeki yapı hasarları ve bağlayıcısı uygun olmayan bir yığma yapı detayı	31
Şekil 5.11. Depremde en büyük hasarı gören Erciş İlçe merkezi uydu haritası.....	32
Şekil 5.12. Yıkılan benzin istasyonu kanopisi ve ağır hasarlı tesis .....	33
Şekil 5.13. Erciş Van yolu caddesi üzerinde tamamen kat mekanizması oluşarak göçmüş betonarme yapı .....	33
Şekil 5.14. Van Yolu Caddesinde yer alan ağır hasarlı yapı .....	34
Şekil 5.15. Van yolu caddesinde aşırı yanal ötelenme sebebi ile göçmüş yapı .....	35
Şekil 5.16. Her iki minaresi de birinci şerefeden itibaren yıkılmış Seyit Muhammed camisi...	35
Şekil 5.17. Depremin tetiklediği yüzey ayrılması oluşumu ve ayrılma üzerinde kalan yapıda oluşan 1.50 m'lik ayrılma .....	36
Şekil 5.18. Yanal ötelenme ve burkulma katkısı ile göçme mekanizması oluşmuş yapı .....	36
Şekil 5.19. Yanal ötelenme ve burulma katkısı ile göçme mekanizması oluşmuş yapı .....	37
Şekil 5.20. Yıkılan yapıların hemen yanında bulunan hasarsız yakın betonarme yapılar.....	37
Şekil 5.21. Çekiçleme etkisi ile komşu yapılara çarparak yıkılan betonarme çok katlı yapı .....	38
Şekil 5.22. Ara kat göçmesi ve üst kat göçmesi gözlenen betonarme yapılar.....	39
Şekil 5.23. Çekiçleme etkisi ile birbirine çarparak ağır hasar görmüş betonarme yapılar .....	39
Şekil 5.24. Taşıyıcı sistemi düşeyde düzensiz orta hasarlı betonarme yapı .....	40
Şekil 5.25. Depremde zemin katı yanal hareket sonucu ağır hasar gören betonarme yapı ....	40
Şekil 5.26. Tamamen yıkılmış betonarme çok katlı yapı.....	41
Şekil 5.27. Yumuşak kat oluşumu sonucu kat kaybı ile ağır hasara uğrayan betonarme yapı .	41
Şekil 5.28. En üst katında kolonda ani rijitlik değişimi olan betonarme yapı.....	42
Şekil 5.29. Erciş'de Van Gölü kıyısında yapılan TOKİ konutları camisi ile yapımı devam etmekte olan tünel kalıp çok katlı yapı inşaatları.....	43
Şekil 5.30. Erciş'de Van Gölü kıyısındaki Arsis Otelin depremden önce ve sonraki durumu .	43
Şekil 5.31. Projesinde bodrum katın yerinde yapılmaması ve temelin yumuşak zemine oturtulması .....	44
Şekil 5.32. Yumuşak kat nedeniyle hasar gören binalar .....	45
Şekil 5.33. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon oluşumu.....	45
Şekil 5.34. Yetersiz sargı donatısı.....	46

Şekil 5.35. Asmolen döşemeli, cephesi ağır malzeme kaplanmış ağır binalar .....	46
Şekil 5.36. Dolgu duvar hasarları .....	47
Şekil 5.37. Tasarım hataları.....	47
Şekil 5.38. Çekiçleme etkisi sonucu oluşan hasarlar .....	48
Şekil 5.39. Göllü köyünde ağır hasarlı ilköğretim okulu .....	48
Şekil 5.40. Van yöresinde kırsalda yaygın olan kerpiç yapıların durumu .....	49
Şekil 5.41. Göllü köyünde hasar görmeyen iki katlı betonarme yapı ile alt katı göçen betonarme yapı.....	50
Şekil 5.42. Güveçli köyünde ağır hasarlı briket yağma yapılar ile külahı düşen minare.....	50
Şekil 5.43. Dağönü köyü camisinin depremden sonraki durumu.....	51
Şekil 5.44. Şebeke sistemi terfi merkezi .....	52
Şekil 5.45. Şebeke sistemi ana boru hattı.....	52
Şekil 5.46. Telekomünikasyon sistemlerine ait kırılmış havai hat direkleri ve mobil iletişim ..	53
Şekil 5.47. Elektrik sistemlerine ait havai hat direkleri ve hasarları .....	53
Şekil 5.48. Elektrik sistemlerine ait havai hat direkleri ve hasarları .....	53
Şekil 5.49. Su kaynağı ve şebeke sistemi su alma yapısı.....	54
Şekil 5.50. Su kaynağı ve terfi sistemini sağlayan iki jeneratör beslemeli pompa .....	54
Şekil 5.51. 147 kW gücünde ve 8600 lt/dk kapasiteli iki jeneratör beslemeli pompa .....	54
Şekil 5.52.150mm çaplı ve 35 bar basınca dayanıklı yangın hortumları .....	55
Şekil 5.53. İlçenin giriş noktasındaki su dağıtım merkezi ve klorlama.....	55
Şekil 5.54. Beş ağız çıkışlı sistemle ve 8 musluklu su dağıtım elemanı .....	56
Şekil 5.55. Tankerle camiye taşınan su ve bir şişe suyu dağıtım noktası.....	56
Şekil 5.56. Yağmur suyu kanalizasyon hattının yerüstüne yansıyan durumu .....	57

## **TABLO LİSTESİ**

Tablo 2.1. 23 Ekim 2011 Van depremi genel bilgileri (AFAD).....	4
Tablo 2.2. Depremde can kaybı, yaralı ve hasarlı bina sayıları.....	5
Tablo 4.1. Depreme ait ölçülen en büyük ivme değerleri(AFAD).....	15

## 1. ÖNSÖZ

23 Ekim 2011 Pazar günü, Van ili, Tabanlı Köyü merkezli, Mw=7.2 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Depremin ardından YTÜ (Yıldız Teknik Üniversitesi) öğretim üyeleri; Ali Koçak, Deniz Güney, Ali Coşar, Ahmet B. Kızılkant ve Murat E. Selçuk tarafından oluşan deprem inceleme ve araştırma ekibi, 26 Ekim 2011 Çarşamba günü bölgeye giderek en büyük hasarın olduğu, Van ili ve Erciş ilçesi ile bu iki yerleşim merkezi arasında kalan, hasar görmüş köylerde inceleme ve araştırmalar yaparak, YTÜ öğretim üyesi Mustafa Yıldırım'ın katkıları ile çalışma sonuçlarını bu raporda toplamışlardır. Bu çalışma ile depremin verdiği hasarın ve etkilerinin, değişik bilim dallarına mensup öğretim üyeleri tarafından incelenerek, analiz edilmesi, muhtemel nedenlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Böylece tespit edilen eksik ve hataların tekrarlanmaması için katkı yapmak hedeflenmiştir. Zira ülkemiz topraklarının büyük kısmı deprem riski altındadır ve her iki yılda bir yıkıma, can kaybına sebep olan depremler yaşanmaktadır. Her depremi bir laboratuvar çalışması kabul eden Japon bilim adamları binlerce kilometre öteleden gelerek bu bölgelerde çalışma yapmakta ve bu çalışmalara bağlı olarak kendi ülkelerindeki yapım sistemlerinde iyileştirmeler önermektedirler. Bu konuda çalışan öğretim üyeleri olarak, ülkemiz adına depremle ilgili inceleme ve araştırma çalışmaları yapmamız, sonuçları kamuoyu ve üniversitelerle paylaşarak, hatalardan ders alınması, yapım sistemlerinin iyileştirilmesi adına çaba sarf etmemiz gerekmektedir. Bölgede yapılan çalışmalar esnasında mutlulukla görülmüştür ki, İTÜ, Bogaziçi Üniv., ODTÜ, Atılım Üniv. gibi çok sayıda üniversite ile sivil toplum kuruluşları ve meslek odaları bölgede inceleme ve araştırma çalışmaları yapmıştır.

Yıldız Teknik Üniversitesi adına yapılan bu çalışmanın, basılı bir örnek olarak, bundan sonra meydana gelecek depremler sonrası yapılması beklenen çalışmaları için bir taban teşkil etmesi umulmaktadır.

Yapılan çalışmaları başından beri maddi ve manevi olarak destekleyen Yıldız Teknik Üniversitesi'ne, Rektör Sn. Prof. Dr. İsmail YÜKSEK'e ve YTÜ Vakfına, çalışmada yer alan ve zor şartlar altında, fedakârca çalışan öğretim üyeleri adına teşekkürlerimi sunarım.

Editör: Deniz GÜNEY

## 2. GİRİŞ

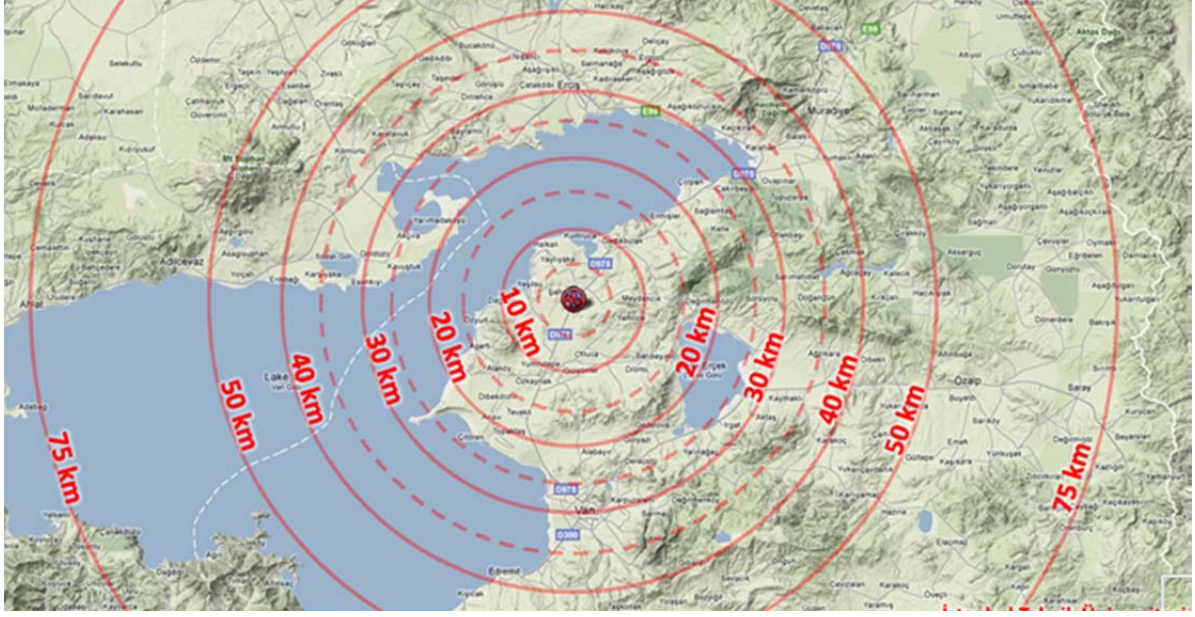
23 Ekim 2011 tarihinde, saat 13:41:21'de,  $M_w=7.2$  büyüklüğünde Van ili, Tabanlı Köyü merkezli bir deprem meydana gelmiştir. Depremin aletsel büyüklüğü, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı – Deprem Dairesi Başkanlığı (DDB) tarafından  $M_L=6.7$  olarak kamuoyuna duyurulmuştur. Depremin büyüklüğü Boğaziçi Üniversitesi – Kandilli Rasathanesi (<http://www.koeri.boun.edu.tr>) ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından  $M_L=6.6$ ,  $M_w=7.2$ ; United States Geological Survey (USGS) tarafından  $M_w=7.2$ ; European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC) tarafından  $M_w=7.3$ , Postdam Sismoloji Merkezi, Almanya (GEOFON) tarafından  $M_w=7.1$ , İsviçre Sismoloji Servis (SED)da  $M_w=7.3$  olarak tanımlanmıştır. Van depremine ait özet bilgiler Tablo 2.1'de sunulmuştur.

**Tablo 2.1.** 23 Ekim 2011 Van depremi genel bilgileri (AFAD)

$M_w$	$M_l$	Derinlik [km]	Koordinatlar	Kurum
	6.7	19.02	38.68 K 43.47 D	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)
7.2	6.6	5	38.758 K 43.360 D	Kandilli Rasathanesi (KOREI)
7.2		20	38.628 K 43.486 D	A.B.D Jeoloji Servisi (USGS)
7.3		10	38.86 K 43.48 D	Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi (EMSC)
7.1		15	38.67 K 43.58 D	Postdam Sismoloji Merkezi, Almanya (GEOFON)
7.3		10	38.86 K 43.48 D	İsviçre Sismoloji Servis (SED)

Şekil 2.1'de depremin merkezinin yerleşim bölgelerine uzaklıkları verilmiştir. Bu haritaya göre Van ili ve Erciş ilçesi, depremin merkezinden yaklaşık 30km uzaklıkta bulunmaktadır. Depremin merkez üssünün Van ili ve Erciş ilçesi arasında bulunan Tabanlı Köyü olduğu tespit edilmiştir. Yıkıcı hasarın Van ve Erciş ilçeleri arasındaki bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Can kayıpları dikkate alındığında en büyük hasar ve can kaybı Erciş ilçe merkezinde meydana gelmiştir. Depremde yüz civarında çok katlı betonarme yapı tamamen yıkılmıştır. Bu binalarda çok sayıda can kaybı meydana gelmiştir. Deprem sonrası Erciş ilçesinin su, elektrik ve kanalizasyon alt yapısı çökmüştür. Depremden hemen sonra değişik illerden kamu ve özel arama kurtarma timleri süratle bölgeye intikal ederek, yoğun bir çalışma sonrası çok sayıda insanı enkaz altından sağ olarak kurtarmıştır.





**Şekil 2.1.** Episantr uzaklıkları (Topografik harita)

Tablo 2.2’de depremde can kaybı, yaralı sayıları ile çöken bina sayıları görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi en büyük can kaybı Erciş ilçe merkezinde meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra Van ve Erciş arasında olan, çevre yolu ile Van Gölü arasında kalan köylerde, çok sayıda kerpiç ve briketle üretilmiş yığma yapı kısmen veya tamamen göçmüş, bu nedenle ciddi can kayıpları olmuştur.

**Tablo 2.2.** Depremde can kaybı, yaralı ve hasarlı bina sayıları

Yer	Can kaybı	Yaralı	Çöken bina
Merkez, Van	100	350	10
Erciş, Van	354	750	100
<i>Diğer</i>	150	201	2197
Toplam	604	1301	2307

Şekil 2.2’de Van ve Erciş arasında köylerin yerleri ile dört ve üzeri artçı depremlerin gerçekleştiği merkez noktalarını gösteren haritası verilmiştir. Depremden kısa süre sonra yapılan incelemelere göre can kaybı 604 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca bölge ekonomisi için kritik öneme sahip çok sayıda evcil hayvan da telef olmuştur. Deprem en ağır hasarı verdiği

Erciş genelindeki incelenen 14.557 haneden, 5.497 hanenin ağır hasarlı, 9.060 hanenin az hasarlı olduğu bildirilmiştir (Ntvmsnbc, 2011).



**Şekil 2.2.** Van ve köylerinde M=5 ve üzeri büyüklüklü depremlerin merkezleri ile gösterildiği harita

### 3. BÖLGENİN SİSMİK ÖZELLİKLERİ VE SON DEPREMLER (Selçuk M., E., Yıldırım, M.)

#### 3.1 Van ve Çevresindeki Tektonik Yapı

Van ili'nin "Jeolojik Yapısı ve Haritası" MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü), Doğu Anadolu Van Bölge Müdürlüğü Jeoloji Mühendisleri tarafından yapılmıştır. MTA tarafından hazırlanan Van İli Jeolojisi, Jeoloji Haritası ve Lejand'ı, Şekil 3.1'de verilmiştir.

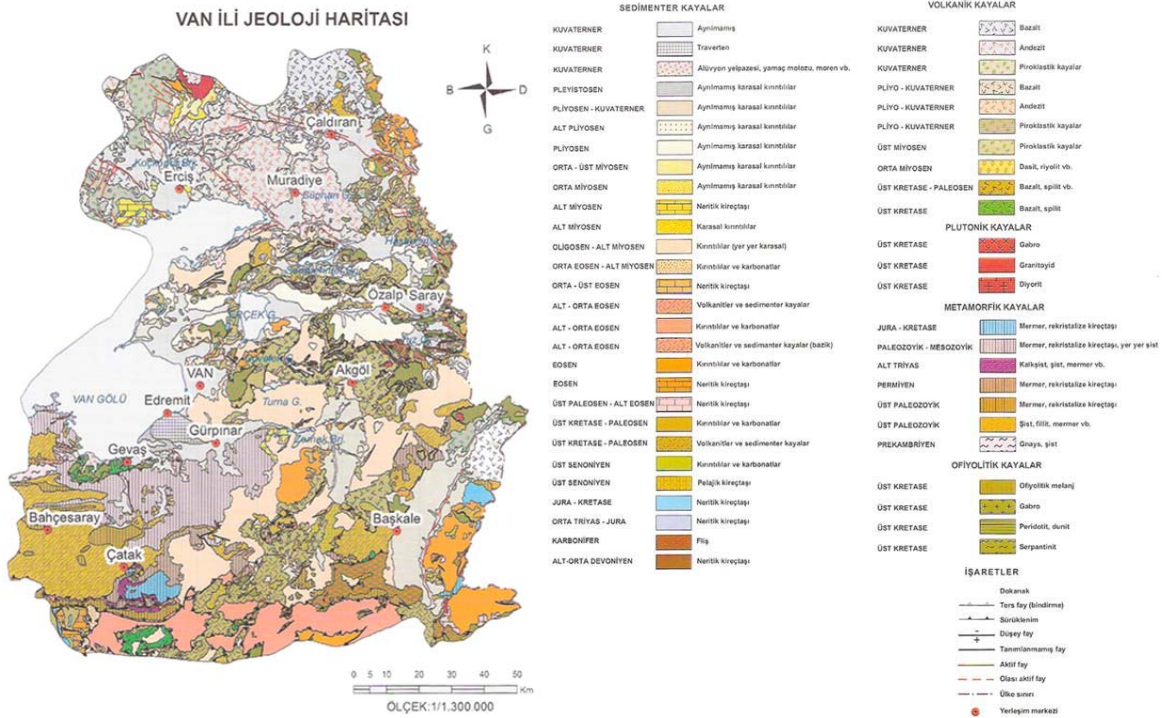
Van ili'nin en yaşlı birimleri Bitlis metamorfitleleri ile doğuda yüzeyleyen Tepedam metamorfitleleridir. Bu litolojik birimlerin, permian öncesi yaşta olduğu düşünülmektedir. Bu birim denizaltı volkanitleri ile ara katkılı çökel kayalardan oluşmuştur. Karbonifer - Permian'de ince taneli kırıntılar ve karbonatlar çökelmiştir. Permian yaşlı karbonatlar üzerine aşıl uyumsuzlukla Triyas yaşlı kırıntılı kayalar gelmektedir. Paleozoyik ve Mesozoyikte gelişen uyumsuzluklar, volkanizmalar ve magmatik olaylar, Tepedam metamorfitleleri ile birlikte diğer Mesozoyik yaşlı formasyonlar, (Yamanyurt Formasyonu ve Kurbağapınar Formasyonu gibi) Kaledoniyen orojenezinden etkilenmiştir. Üst Kretase-

Paleosen – Eosen'deki yoğun volkanizma kıtasal kabuk ve kıta kenarlarında gelişmiştir.

Üst Paleosen – Alt Eosen yaşlı Aktaş Kireçtaşları, tabanda çakıl taşları ile başlamakta, üste doğru derin deniz çökellerine geçmektedir. Alt-Orta-Üst Eosen yaşlı (Eşengül Flişi) tabanda çakıltaşları, üst kesimlerde silttaşı- kumtaşı – kıltaşı ardalanmasından oluşur. Oligosen-Miyosen yaşlı Yücelendere Formasyonu kırıntılılar ile; Alt Miyosen yaşlı Van Formasyonu, kumtaşı marn-kireçtaşı ile; Pliyosen yaşlı Saray ve Vangölü Formasyonları ise çakıltaşı-kıltaşı-seviyeleri ile temsil edilmektedir.

Alt Miyosen sonunda Doğu Anadolu penneplen morfolojisi kazanmıştır. Orta Miyosen döneminde bölge sıkışınca, kıvrımlanmalar başlamış, yükselmeler oluşmuştur. Yükselmeler nedeniyle deniz çekilmeler meydana gelmiştir. Üst Miyosen'de, deniz bölgeden tamamen çekilmiştir. Üst Miyosen sonuna doğru bölgede geniş alanlar kaplayan göller oluşmuş ve göllerin çökelleri arasına Aladağ, Esrük, Pirreşit ve Köseadağ volkanları malzeme vermiştir. Bu yanardağlar büyük havzaları bölmeye başlamıştır.

Esrük Dağı, Çaldıran ve Muradiye havzaları, Van-Erciş havzalarından ayrılmıştır. Orta Pliyosen sonunda, doğrultu atımlı faylar bölgeye egemen olmuştur. Kuvaterner başında Süphan ve Tendürek yanardağları oluşmuştur.



**Şekil 3.1.** Van ve Çevresinin Genel Jeoloji Haritası (MTA) ve Lejandı



### 3.2 Van Depreminin Jeolojik Açıdan Yorumlanması

23 Ekim 2011 Pazar günü saat 13.40'da, odak derinliği 20 km olan,  $M = 7.2$  büyüklüğünde, merkez üssü Van İli, Tabanlı Köyü olan bir deprem meydana gelmiştir. 604 can kaybının yaşandığı depremin artçıları ise devam etmektedir. Tabanlı Köyü'nün kuzeyinde, Erciş İlçesinin güneyinde yer alan yerleşimler ve çevresi, IX şiddetindeki bu depremden etkilenmiş, can ve mal kayıpları ortaya çıkmıştır. Van Gölü ve çevresinin Genel Jeoloji Haritası Şekil 3.2'de, deprem sonrasında oluşan artçı depremlerin yerleri Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Van Gölü ve çevresinin genel jeoloji haritası



**Şekil 3.3.** 23 Ekim 2011 Van Tabanlı Köyü depremi merkez üssü ile 29 Ekim 2011 tarihine kadar oluşan artçı depremlerin yerleri

Tabanlı Köyü merkezli Van Depremi'nin ardından, 27 Ekim 2011 Perşembe günü Van İli güneyinde Hakkari İli, Çukurca İlçesi'nde merkez üssü Dilekli Köyü'nde, odak derinliği 17,50 km olan 5.2 büyüklüğünde ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Ancak Şekil 3.4'de gösterilen bu deprem can ve mal kaybına neden olmamıştır.



**Şekil 3.4.** Hakkâri Çukurca-Dilekli Köyü depremi (M= 5.2)

Van ve Hakkâri yöresi, jeolojik açıdan çok değişik formasyonların sıkça bir arada bulunduğu bir bölgede yer almaktadır. Denizden yüksekliği 1646m olan Van Gölü'nün batısında, Süphan ve Nemrut Dağı gibi şu an sönmüş, ancak günümüzde henüz faaliyetleri sona ermemiş bu volkanlar, birkaç yüzbine sene önce en aktif oldukları dönemde, soğuyup katılaştıklarında set görevi görerek bugünkü Van Gölü'nün oluşumunda etken olmuşlardır. Bu volkanların, Ağrı Dağı volkanları da dahil olmak üzere aktiflikleri yüzyılı aşkın bir süre öncesine kadar korumaları nedeniyle, günümüzde de bölgedeki jeolojik yapı ve tektonik aktiviteye bağlı olarak harekete geçebileceklerinin de ihtimal dahilinde olduğu düşünülmelidir.

### **3.3 Van Depreminin Tektonik ve Depremsellik Açısından Değerlendirilmesi**

Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgesini oluşturan hemen hemen çoğu iller, her zaman büyük depremlerin oluşabileceği alanlardır. Bunların başında Van, Bingöl, Muş, Hakkâri veya Erzincan gibi çok geniş bir coğrafyaya dağılmış iller yer almaktadır.

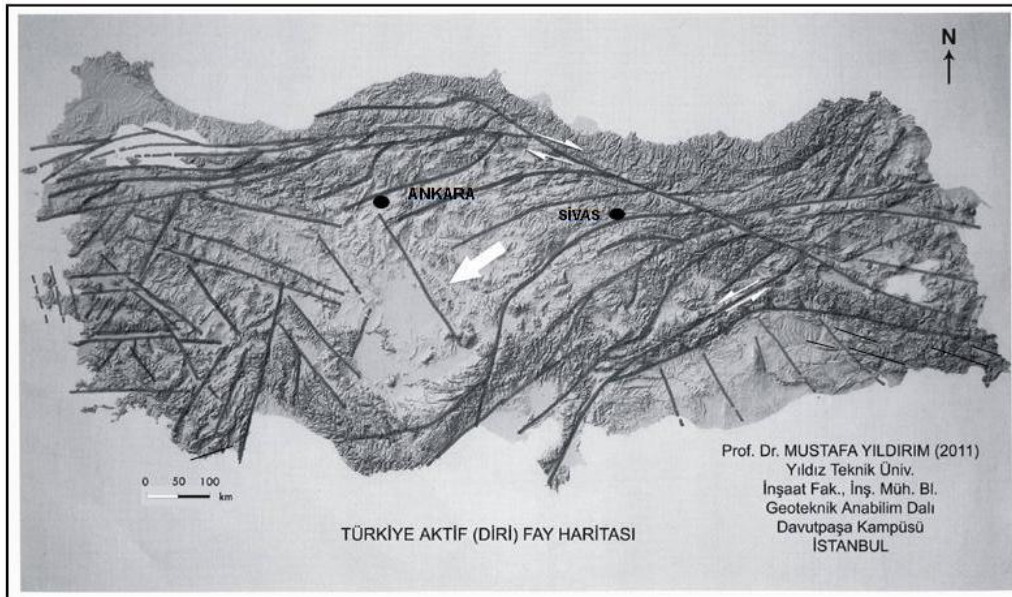
Türkiye'de gerek bu iller, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarının, "Yanal Atımlı Faylar" olmaları nedeniyle en çok tahribata ve kayıplara neden olacak ölçüde yani yıkıcı depremlere maruz kalmaktadır. Yıkıcı nitelik taşıyan ve her zaman değişken zaman aralıklarında sık sık kırılıp yanal ve/veya düşey yönde aniden kırıldıklarında depreme neden olduklarından bu tür faylar "Aktif Faylar" olarak adlandırılır. Günümüzde 1992 yılından beri MTA tarafından hazırlanmış resmi olarak kabul gören aktif faylar ve geçtikleri güzergâhlara bakıldığında, Şekil 3.5'de harita üzerinde gösterilen bu aktif fayların eksik olduğu veya henüz tamamlanmadığı anlaşılmaktadır. Harita üzerindeki kırmızı çizgiler aktif (diri) fayları göstermektedir.





Şekil 3.5. MTA Türkiye aktif (diri) fay haritası (1992)

Tektonik açıdan Türkiye'nin plaka hareketleri nedeniyle sıkışmasına bağlı olarak oluşan yanıl veya düşey atımlı aktif fayların yer aldığı yeni bir "Aktif Fay Haritası", Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu harita, Mart 2011 tarihinde, tüm aktif faylar dikkate alınarak, Mustafa YILDIRIM tarafından, 25 Mart 2011 tarihinde tartışmaya açılmıştır.



Şekil 3.6. Önerilen Türkiye aktif (diri) fay haritası

a) Günümüze kadar Van İli yakın civarında aktif bir fay ya da fay zonu yer almadığı Şekil 3.5'de öngörüldüğü halde Şekil 3.6'da Tabanlı Köyü'nden geçen aktif bir fay zonunun Mart 2011 tarihi itibarıyla var olduğu görülmektedir. Yaklaşık doğu-batı doğrultuya yakın bu zonda, bu hatta birleşen ya da paralel fayların ağırlıklı olarak kuzey-güney sıkışması ile aşırı stres sonucu kırılarak yanal atımı olan ters fayları ve yanal yayılımlarla yarıkları oluşturduğu anlaşılmaktadır. Bölgede 7.2'lik bir deprem üreten ve hakim sıkışmanın kuzey-güney yönlü olması nedeniyle oluşan ters fayın kırılan kesimin uzunluğunun 40-50km'den çok daha fazla olabileceği tahmin edilmektedir. Bindirme hareketinin hakim olduğu bu fayın Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun, Doğu Anadolu Fayı ile kesiştiği Karlıova'nın doğu uzantısında yer almakta, ancak hakim sıkışma yönünün ilk gözlemlere göre kuzey-güney yönlü olarak gelişmiş olduğu şeklindedir.

b) Şekil 2.6'da görüldüğü üzere, yörede Van Tabanlı'dan geçen ve yaklaşık doğu-batı doğrultuda uzanan ana aktif fayın, Aktif Fay Haritası'nda Van Gölü'nün batısına doğru devamının izlenebilmesi nedeniyle, Van Gölü batısında bu hat boyunca zaman içinde tetiklenebileceği böylece Muş, Varto'ya kadar doğu-batı doğrultusu boyunca uzanan bir zon içinde yeni bir deprem oluşturabileceği ve bu hat boyunca yer alan yerleşim alanlarında yaşayan insanların depreme karşı hazırlıklı olmaları gerektiği düşünülmektedir.

c) Yine Şekil 3.5'de Hakkari-Çukurca'dan da aktif bir fay geçmediği varsayılmakta, Şekil 3.6'da ise, doğu-batı doğrultuda uzanan diğer bir aktif fayın varlığı bu yörede de görülmektedir.

d) Üçüncü bir yenilik olarak da Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Şekil 3.6'da gösterildiği üzere, tek bir ana koldan değil, dört ana koldan oluştuğudur. Şekil 3.6'da Akdeniz'e kadar uzanan ve ana kolları oluşturan bu aktif faylar yer almaktadır.

Tektonik açıdan bakıldığında Şekil 3.6'da gösterildiği üzere Türkiye'nin birçok bölgesinde ve doğusunda aktif fayların olduğu görülmektedir. Bu fayları canlı tutan mekanizma ise; Afrika Kıtasının Akdeniz içindeki uzantısının kuzeye doğru senede ortalama 4 cm, Arap Plakası'nın (Levha) ise kuzeybatıya saat yönünün tersi doğrultuda, cm'ler mertebesinde devamlı ilerleyip sıkıştırması ile açıklanabilir. İtme yönüne bağlı olarak Türkiye'nin biçimlendiği, bu etki ile Doğu ve Güneydoğu Anadolu Dağlarının oluştuğu, meydana gelen sıkışma ile dağların oluşarak yükseldiği, volkanların bu yörelerde daha sık meydana geldiği görülmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da hâkim sıkışma yönünün daha çok kuzey-güney yönünde olması,



bu yörelerde yanal atımı da olması gereken ters fayların sık sık oluşmasına neden olmaktadır. Sıkışma sonuçta, tıpkı bir kirazı iki parmak arasında sıkıştırıldığında, kirazın çekirdeğinin sıkışma yönüne bağlı olarak kirazdan ayrılması örneğinde olduğu gibi, ayrılma yüzeyleri batıya doğru uzanan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarını oluşturmuştur. Bu faylar, bir balık iskeleti gibi, birçok kılıçığın ana gövdeye bağlanmasına benzer şekilde, ana faylara da birçok değişik yönlerde ve atımlarda aktif fayların bağlanması şeklinde bir benzetme yapılabilir.

Türkiye'nin tamamında aktif olan faylar, Afrika Kıtası'nın kuzeye ve Arap Levhasının kuzeybatıya hareketi ile günümüzde şekillenmekte ve şekillenmeye devam etmektedir. Bu sebepten, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayları ile Ege Bölgesi içinde graben ve horstları oluşturmuş faylar topluca levha hareketlerinin devam ettiği ve edeceğini göstermektedir.

Burada önemle belirtilmesi gereken diğer bir husus ise " Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası" nın gözden geçirilmesi gerektiğidir. Zira Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında "Van İl Merkezi", 2. derece deprem bölgesi içinde yer almaktadır. Şekil 3.6'da gösterilen, önerilen yeni aktif fay haritasında görüldüğü üzere Van'ın aktif faya yakınlığı ve 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van Depremi'nin  $M= 7.2$  büyüklüğünde olması da göz önüne alındığında Van Merkez'in 1. derece deprem bölgesi olarak gösterilmesi gerektiği düşünülmektedir. Diğer bir deyişle, bu büyüklükteki deprem, 1996 yılından beri geçerli olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında, Deprem Bölgeleri'nin yeniden gözden geçirilmesi ve Türkiye'de 1. derece deprem bölgelerinin daha geniş alanlar kaplaması gerektiğinin işaretidir.

Şekil 3.7'de gösterilen, 2. veya 3., 4., hatta deprem tehlikesinin olmadığı varsayılan 5. derece deprem bölgeleri mutlak surette güncellenmelidir. Örnek olarak, 1. derece deprem bölgesi içinde yer alan herhangi bir bölgede deprem esnasında, şayet bölge 4. derece deprem bölgesi olarak gösterilmiş ve binalar bu değere göre tasarlanıp inşa edilmiş ise, deprem esnasında yörenin 1. derece deprem bölgesi içinde yer alması nedeniyle yatay ivmenin 4 kat artması sonucu mevcut yapılarda ciddi sorunların oluşması beklenmelidir. Bu durum, 1. derece deprem bölgesi içinde yer alan bir bölgede inşa edilen yapıların 2. ile 5. deprem bölgeleri arası gösterilmesi, binaların mutlak surette depreme dayanıklılığının yeniden sorgulanması gerektiğini göstermektedir. Doğru derecelenmiş bir deprem haritasında, mevcut şartnamelere göre yapılmış yapılarda ise asla herhangi bir sorun yaşanmayacak, depremin ne zaman olacağı, artçı mı öncü mü gibi soru ve verilen cevaplara da gerek



Şekil 3.7'deki haritada koyu kırmızı renkli şeritler halinde gösterilen zonlar, 1. Derece Deprem Bölgelerini oluşturmaktadır. Harita revize edildiği ve altta yer alan güncel yeni aktif diri fay haritası da dikkate alındığında 2., 3., 4. ve kısmen de 5. Derece Deprem bölgeleri olarak gösterilen Şekil 3.8'deki harita üzerine taranmış kesimlerin de 1. derece deprem bölgesi içinde yer alacağı görülecektir.

17 Ağustos 1999 tarihinde Mw=7.5 büyüklüğünde meydana gelen Marmara (Gölcük) depreminden birkaç ay sonra Gölcük'ün doğusunda Mw=7.2 büyüklüğünde 12 Kasım 1999 yılında meydana gelen deprem de göz önüne alındığında, Van ili kuzeyinde merkez üssü Tabanlı Köyü civarında oluşan depremin ardından Van Gölü'nün batısında aktif fayların harekete geçebileceği düşünülmelidir. Şekil 3.6'da gösterildiği üzere, "Aktif Fay Haritası"nda Tabanlı'dan Van Gölü batısına uzanan aktif fayın, Van Depremi etkisiyle Varto-Karlıova-Erzincan doğrultusu boyunca da tetiklenip depreme neden olabileceği ve bu yörelerde yer alan yerleşim alanlarında deprem öncesi önlemlerin eksiksiz yerine getirilmesi konusu dikkate alınmalıdır.

#### 4. VAN DEPREMİ'NİN TİTREŞİM KARAKTERİSTİKLERİ VE MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ (Selçuk M., E., Yıldırım, M.)

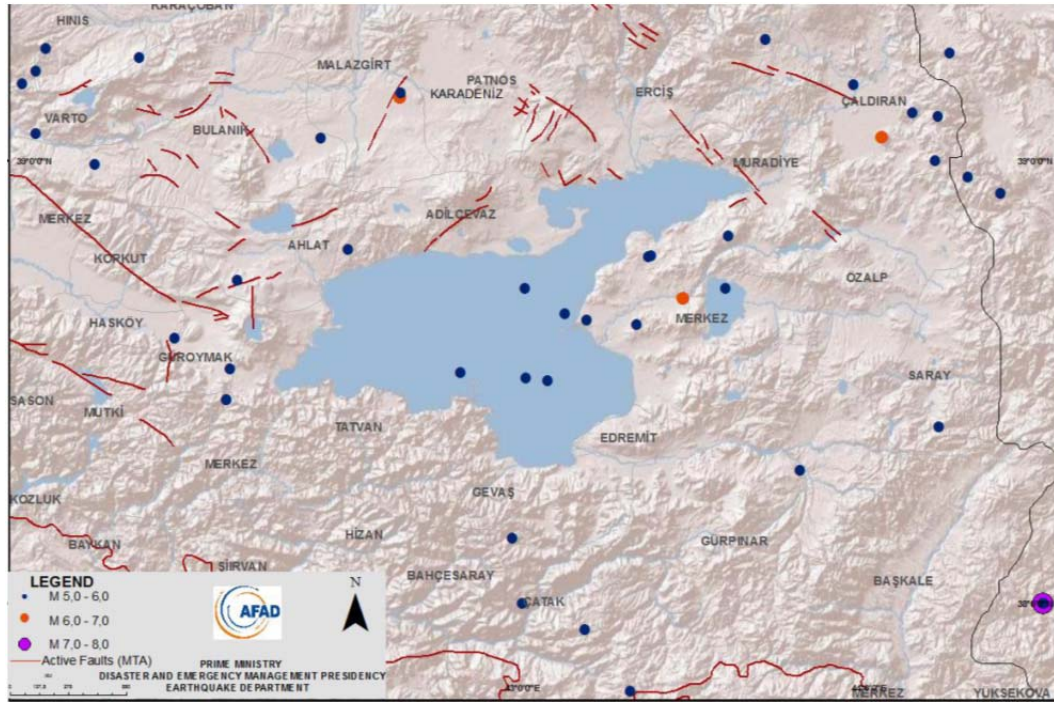
Depremi merkezi 38.6890N - 43.4657E koordinatlarında olmak üzere 42-590 km uzaklıklarda yer alan 22 farklı ivmeölçer istasyonlarında kaydedilmiştir(AFAD). En büyük yatay ivme değerlerinin ölçüldüğü dört adet ivmeölçer istasyonuna ait bilgiler ve ivme büyüklükleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Bu kayıtlarda elde edilen büyüklükler ham verilerden elde edilmiştir.

**Tablo 4.1.** Depreme ait ölçülen en büyük ivme değerleri(AFAD)

İL	İLÇE	KOORDİNAT	KG (cm/s <sup>2</sup> )	DB (cm/s <sup>2</sup> )	Düşey (cm/s <sup>2</sup> )	R (Episantra olan mesafe) (km)
Van	Muradiye	38.99011 43.76302	178.5	168.5	75.5	42
Muş	Malazgirt	39.14394 42.53072	44.5	25.5	95	95
Bitlis	Merkez	38.466 42.15	89,66	102,24	35,51	116
Ağrı	Merkez	39.71978 43.0164	18,45	15,08	7,21	121

02.11.2011 itibari ile bölgede  $M > 4$  büyüklüğünde meydana gelen artçı depremlerin sayısı 128'dir. Bu depremlerden 120'si  $M_L = 4-5$  arasında, sekizi ise Şekil 2.2'de gösterildiği gibi  $M_L = 5-6$  arasında gerçekleşmiştir. Artçı depremler büyüklükleri azalarak devam etmektedir. Kaydedilen en büyük artçı depremin büyüklüğü  $M_L = 5.8$  değerini almış, en büyük yer ivmesi değeri ise Van Muradiye istasyonunda  $38 \text{ cm/s}^2$  olarak ölçülmüştür.

Bölgenin sismisitesi incelendiğinde, 1976 Çaldıran ve 1939 Erzincan olmak üzere  $M > 7$  olan iki deprem yer almaktadır. Şekil 4.1'de 1900 yılından bu yana bölgede gözlenen  $M > 5$  olan depremlerin yerleri gösterilmiştir (1945  $M = 5.8$  Çatak, 1972  $M = 5.2$  Van, 1977  $M = 5.1$  Erciş).

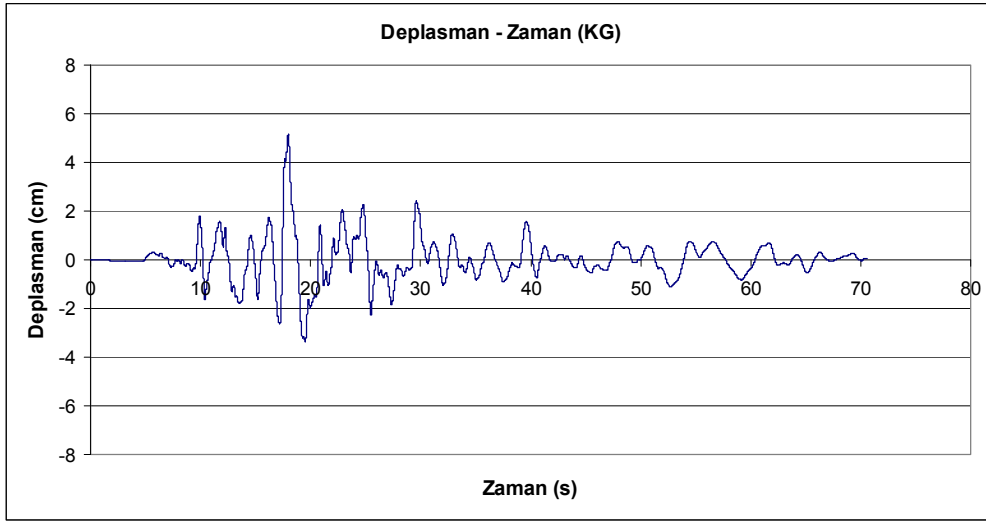


**Şekil 4.1.** Van ve çevresinde 01.01.1900 tarihinden günümüze kadar meydana gelen  $M \geq 5$  olan depremlerin dağılımı (AFAD)

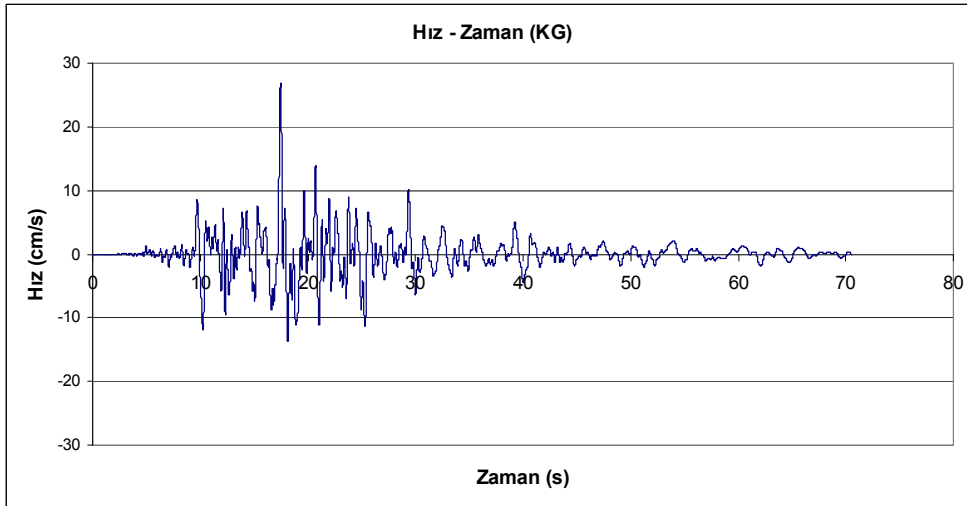
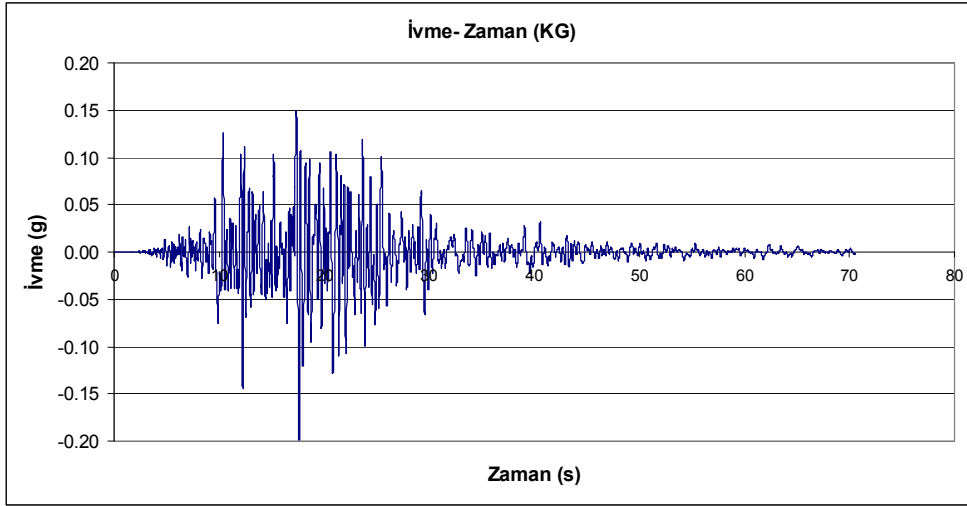
#### 4.1. Deprem İvmesinin Karakteristikleri

Van Muradiye istasyonunda kaydedilen ivme değerlerine ait ivme zaman-hız zaman ve yer değiştirme-zaman grafikleri gürültü etkilerinden filtrelenmiş veriler için Kuzey Güney ve Doğu Batı doğrultuları için Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'de gösterilmiştir.

Ham verilerin 0.1 Hz -25 Hz aralığı dışındaki gürültü içeriği Butterworth filtreleme yöntemiyle ayrıştırılmıştır. Filtrelenmiş değerler incelendiğinde en büyük yer ivmesi değeri Kuzey güney doğrultusunda  $195 \text{ cm/s}^2$  seviyelerinde olduğu görülmektedir

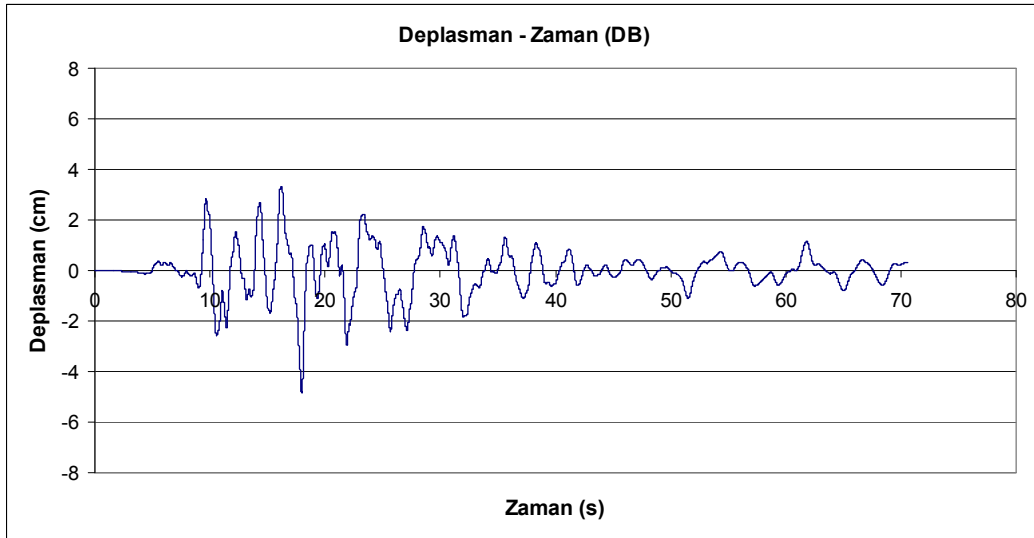
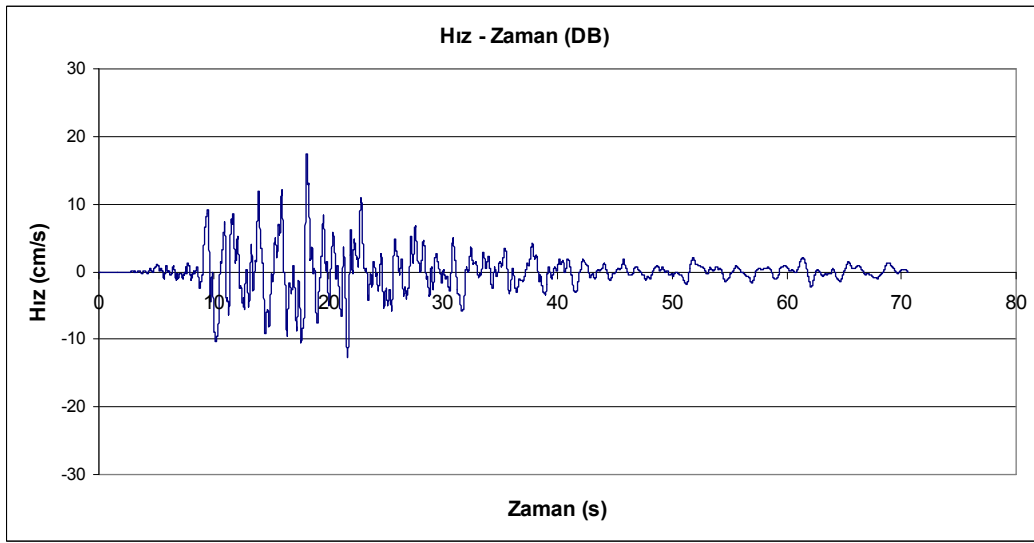
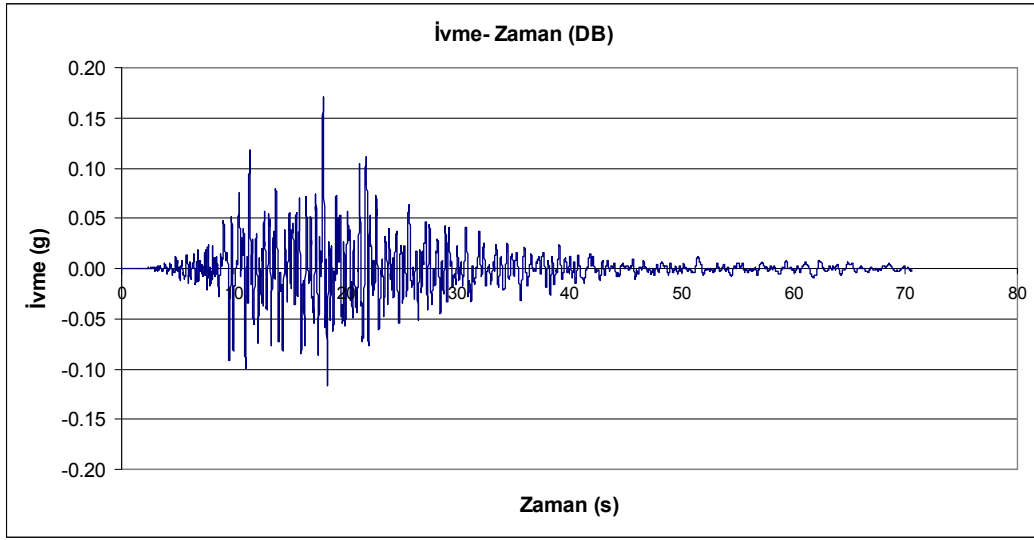


**Şekil 4.2.** Van depremi yer değiştirme-zaman ilişkisi

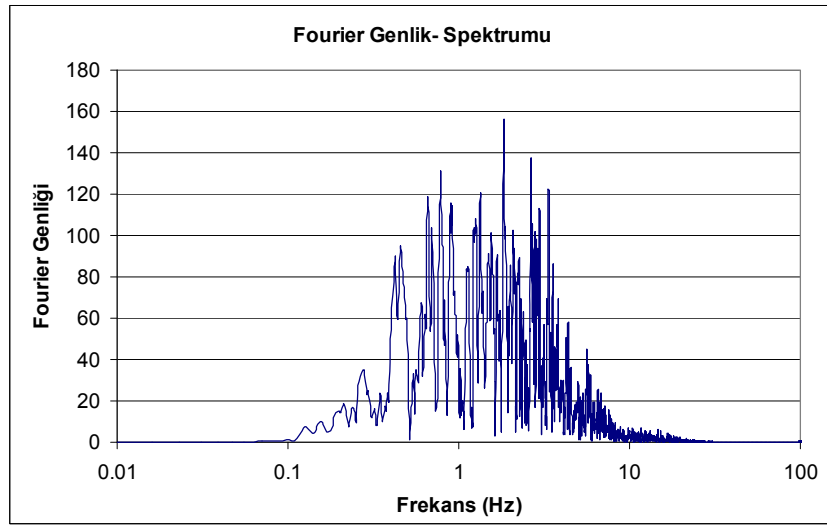
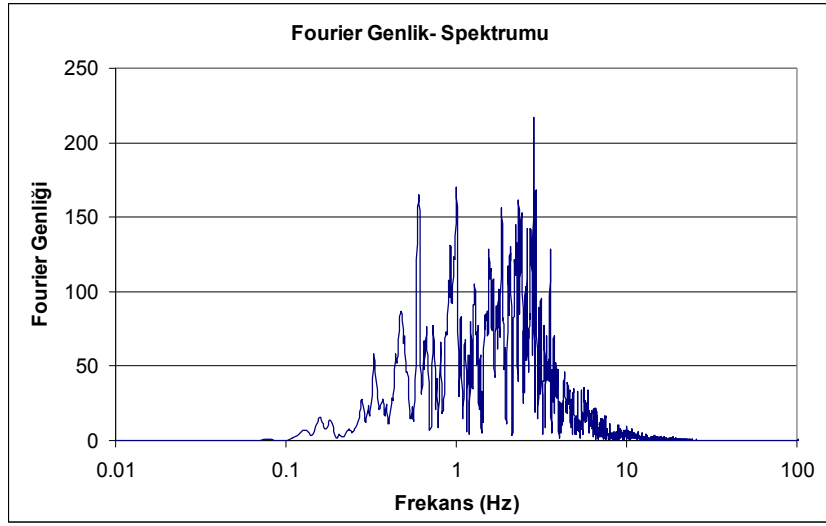


**Şekil 4.3.** Van Depremi 2011 ivme-zaman- hız-zaman grafikleri (KG)

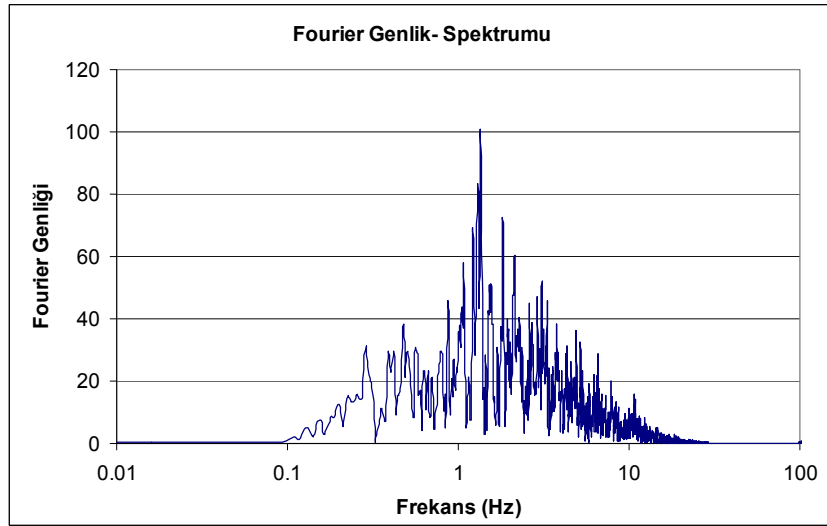
Depremi Fourier Genlik Spektrumu (KG, DB, Düşey) doğrultuları için Şekil 4.5'de verilmiştir.



**Şekil 4.4.** Van Depremi 2011 ivme-zaman- hız-zaman, deplasman-zaman grafikleri (DB)



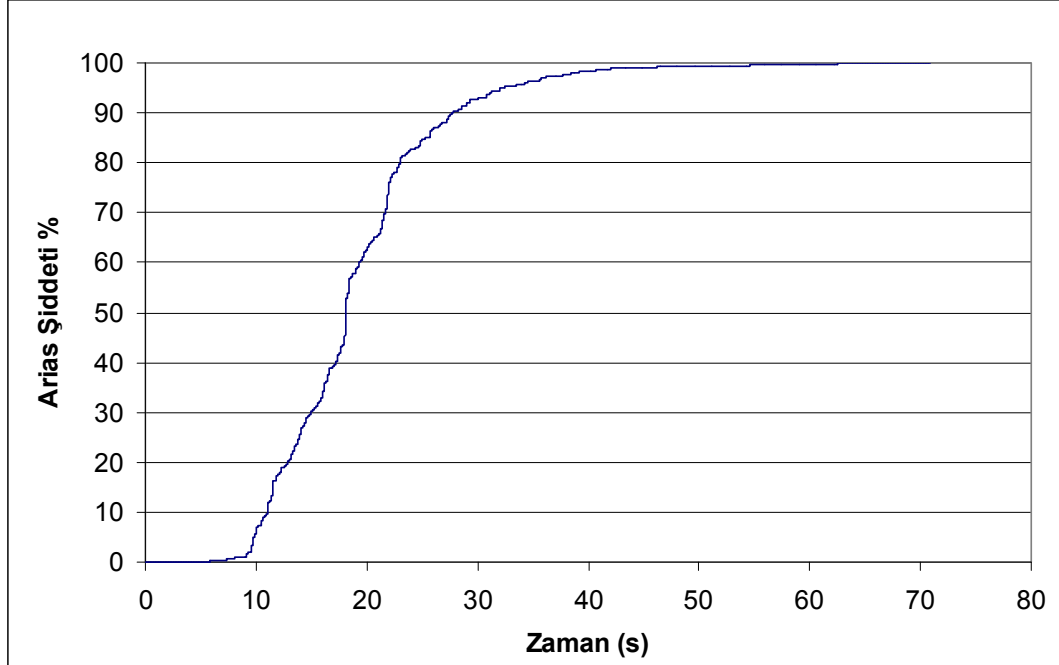
**B**



**C**

**Şekil 4.5.** Van Depremi Fourier Genlik Spektrumu a) KG b) DB c) Düşey

Deprem süresini belirlenmesinde Arias Şiddetinden faydalanılmıştır. Arias Şiddeti eğrisinde %5-95 aralığındaki süre etkin süre olarak tanımlanmaktadır. Van Muradiye istasyonunda elde edilen kayıttan hesaplanan Arias Şiddetine göre depremin etkin süresi 28.58 sn olarak hesaplanmıştır ve Şekil 4.6. Arias Şiddeti-Zaman değişim grafiği Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

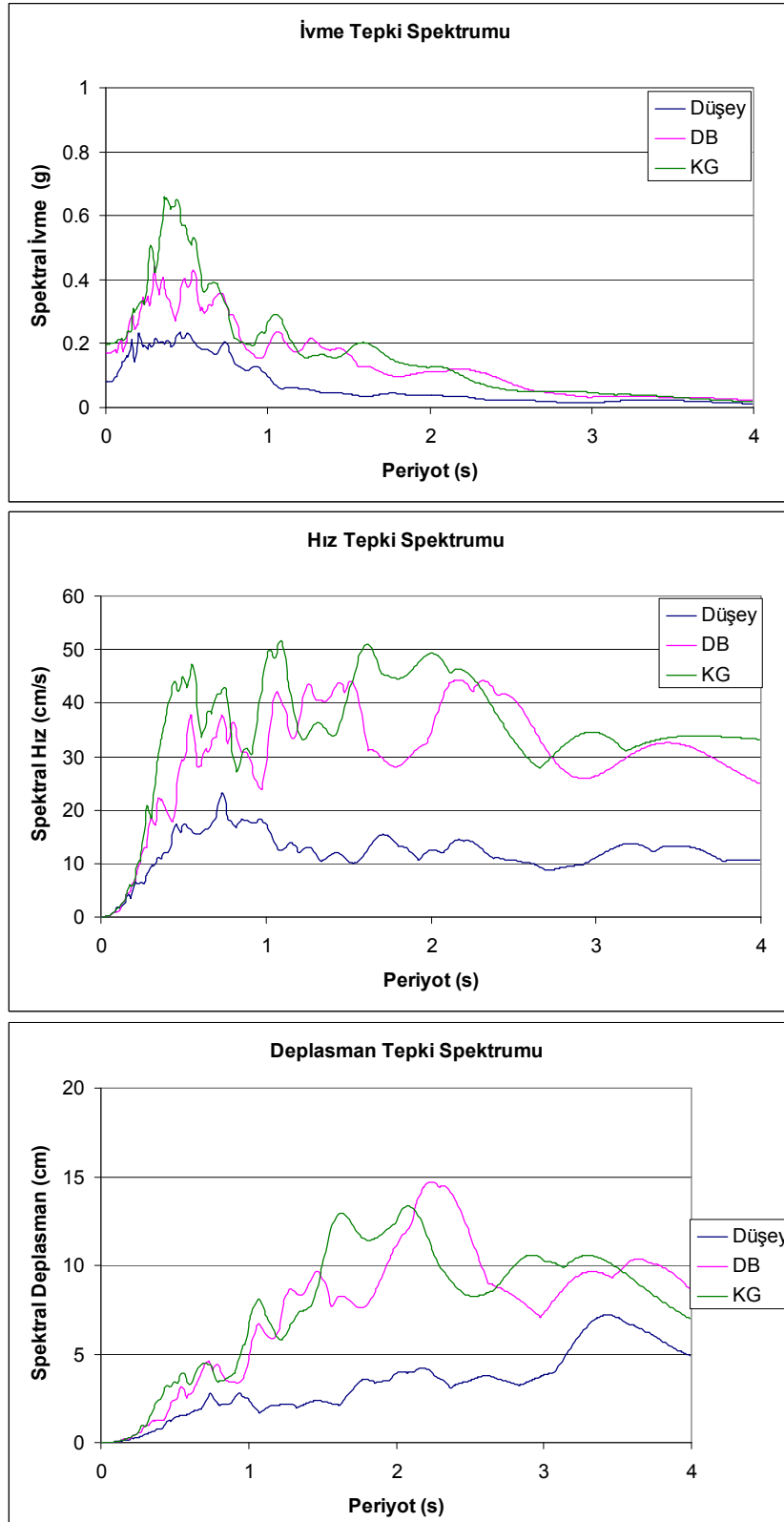


Şekil 4.6. Arias şiddeti-zaman değişim grafiği

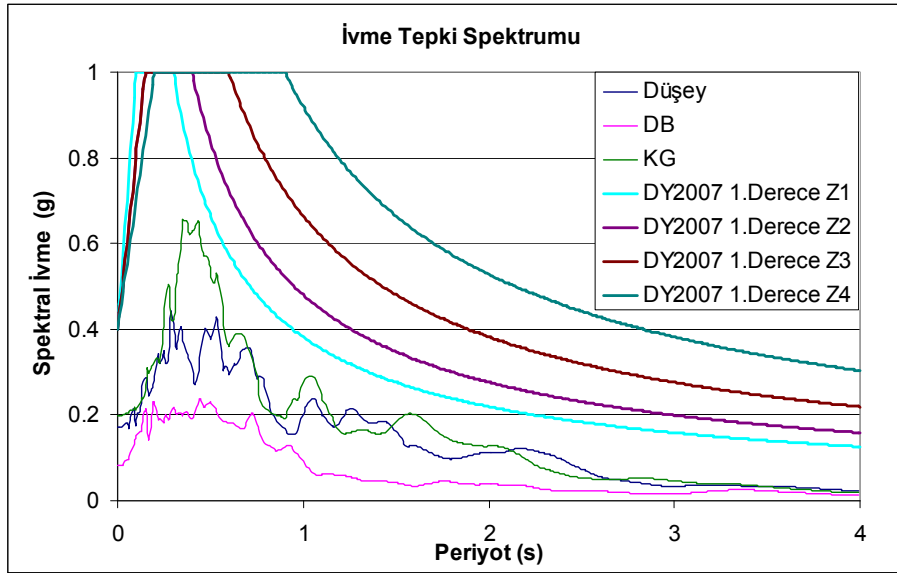
#### 4.2. Tepki Spektrumları

Kuvvetli yer hareketinin spektral karakteristikleri olan ivme, hız ve yer değiştirme tepki spektrumları %5 sönüm oranı için hesaplanarak Şekil 4.7'de gösterilmiştir. En büyük spektral ivme değeri 0.65g, en büyük spektral hız değeri 52 cm/s ve yer değiştirme değeri ise 14.7 cm olarak hesaplanmıştır. Van Depreminde elde edilen tepki spektrumları 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte verilen tepki spektrumları ile karşılaştırılmıştır ve Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Karşılaştırma grafiği incelendiğinde birinci derece deprem bölgesi için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremin ivmesi DY2007 de 0.4g iken Van Muradiye'de ölçülen en büyük yer ivmesi değeri 0.195g seviyelerinde olduğu, farklı periyotlardaki spektral ivme büyüklüklerinin de yönetmelikte öngörülen spektral ivmelerden daha düşük olduğu görülmektedir. Elde edilen hız spektrumları ve yer değiştirme spektrumları incelendiğinde, ivme spektrumlarına benzer şekilde yönetmelik değerlerinden küçük olduğu görülmektedir.





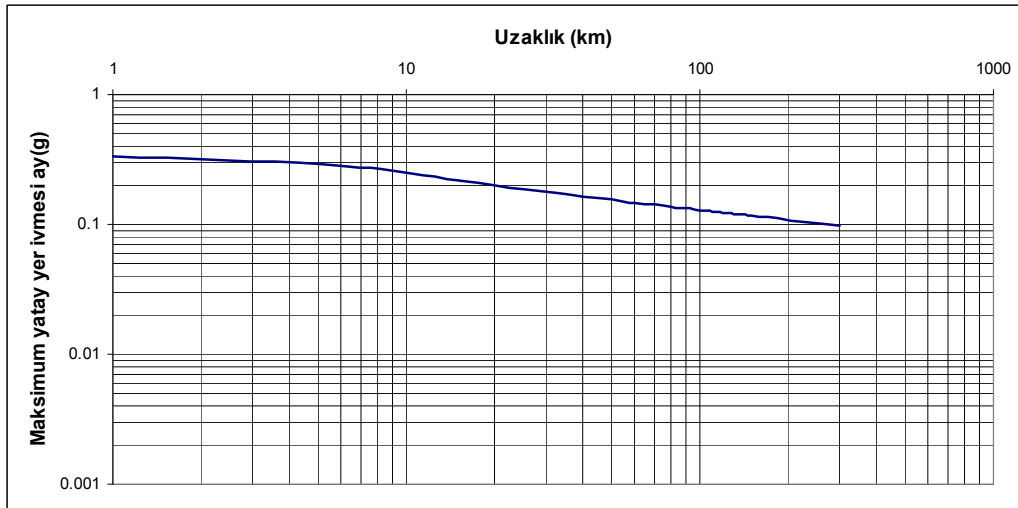
Şekil 4.7. Van Depremi tepki spektrumları



Şekil 4.8. Van Depremi tepki spektrumları

#### 4.3. Azalım ilişkisi

Olasılıksal Azalım ilişkileri kullanılarak deprem merkezinde olması muhtemel en büyük yer ivmesi değeri tahmin edilebilmektedir. Van depremi odağında beklenen en büyük yatay yer ivmesi değerini tahmin etmek için Boore Joyner (1997) Azalım ilişkisi kullanılarak  $M_w=7.2$ , fay derinliği 5km ve  $V_{s30}=300$  m/s için çizilen uzaklık – en büyük yatay yer ivmesi grafiği elde edilmiştir. Şekil 4.9 incelendiğinde deprem merkezinde hesaplanan en büyük ivme değeri 0.31 g seviyelerinde olacağı beklenmektedir.



Şekil 4.9. Boore ve Joyner (1997) azalım ilişkisi

#### 4.4. Zemin Problemleri ve Temel Sistemleri

Van- Erciş bölgesinde yapılan arazi gözlemlerine miyosen dönemde çekilen deniz seviyesi ile birlikte çökellik kayalardan oluştuğu anlaşılmaktadır. Bölge genelinde hakim litojinin tabanda çakıltaşları, üzerinde deniz çökelleri silttaşı- kumtaşı kiltası ardalanmalarından oluşmaktadır. Erciş bölgesi yerleşimi magmatic kayalar ve kireçtaşlarından oluşan tepelerin alt kotlarında bulunan deniz çökelleri üzerine yerleşmiştir. Yeraltı su seviyesi ise yüzeye oldukça yakındır.

Kum çökellerinin yer aldığı ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu Erciş İnönü Mahallesiinde sivilaşma kaynaklı yanal yayılmalar gözlenmiştir. Yer altı su seviyesinin yüzeye çok yakın olduğu, düşük eğimli ince kumlu zemin profilinde yaklaşık 300 m boyunca yanal yayılma gözlemlenmiştir. Şekil 4.10'da görüldüğü gibi çekme çatlaklarının derinliği 80 cm, genişliği ise 30cm'ye yaklaşmıştır.



**Şekil 4.10.** Erciş, Çelebibağı - İnönü Mahallesi yanal yayılma (İnce kum ve yüksek yeraltı su seviyesi)

Deprem merkezine yakın köy yerleşimlerinden olan ve Van gölüne yakınlarında yer alan Dağönü Köyündeki yapılarda büyük oranda tam göçme yaşanmıştır. 80 haneden oluşan köyde 78 hanede tam göçme gerçekleşmiştir. Bölge zemin incelemeleri sonucunda gevşek

tutturulmuş kumlu çakıltaşları üzerinde kumlu alüvyal zeminler yer almaktadır. Van gölüne yakın olan bu köyün kıyı şeridinde yapılan zemin incelemelerinde benzer litolojinin yer aldığı görülmüştür. Arazi gözlemlerinde, kıyı şeridinin göl seviyesinden yaklaşık 10 m yüksekliğinde oldukça dik açığa sahip bir şev yaptığı görülmüştür. Yüzeyde 1-2 m kalınlığında alüvyal zemin bulunmakta, derinlere inildikçe hafif tutturulmuş çakıltaşlarından, kumlu çakıltaşlarından oluştuğu görülmektedir. Şekil 4.11’de görüldüğü gibi yüksek şev açısına sahip kıyı şeridinde 1 km boyunca heyelanlar oluştuğu gözlenmiştir.

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi meydana gelen bu heyelanlarda oluşan çekme çatlaklarının köye ulaşımı sağlayan yol üzerine kadar gerilediği görülmüştür. Artan yağışla birlikte heyelanın şiddetini artacağı, köyün ulaşımını sağlayan yolun önemli bir kısmını kullanılmaz hale getireceği düşünüldüğünden gerekli önlemlerin ivedilikle alınması gerekmektedir. Ayrıca Alaköy ve civarında kıyıya yakın bölgelerde yer alan deniz çökellerinin ince kum seviyelerinden oluştuğu, yeraltı su seviyesinin de yüksek olması sebebiyle sivilaşma görülmüştür.

Şekil 4.13’de görüldüğü gibi Van ile Erciş ilçesini bağlayan karayolu üzerinde tüm bölgede yer yer dolgu şev stabilitesi kayıpları gözlenmiştir. Özellikle dere geçişlerinin olduğu ve göl kenarında olan bölgelerde zeminde ve dolgu şevinde stabilite kayıpları meydana gelmiş, yol üzerinde trafik hızını azaltacak aksatacak boyutta çekme çatlakları gözlenmiştir. Oluşan çekme çatlaklarını genişliği 10cm seviyelerine ulaşmıştır. Karayolları ekiplerinin yolda oluşan çekme çatlaklarını tamiri çalışmaları, inceleme yapıldığı sırada devam etmektedir.



**Şekil 4.11.** Dağönü Köyü sahil şeridinde meydana gelen heyelan





**Şekil 4.12.** Dağönü Köyü'ne ulaşım sağlayan yol boyunca meydana gelen heyelan



**Şekil 4.13.** Van Erciş karayolu üzerinde meydana gelen heyelan

## **5. BÖLGEDE YAPILAN İNCELEME VE DEĞERLENDİRMELER**

### **5.1 Zemin İncelemesi (Selçuk M., E.)**

Van, Erçek ve Muradiye gibi yerleşim alanlarının çoğu, dağlık alanlarda değil, düzlük alanları kaplayan dere yataklarının oluşturdukları geniş düzlük alanlarda güncel alüvyal çökelleri üzerinde yer almaktadır. Dolayısı ile bu tür alüvyon ya da Neojen yaşlı gevşek tutturulmuş, ya da tutturulmamış zayıf nitelikli zeminlerde yer alan yerleşim alanları depremden en çok etkilenen alanları oluşturmuşlardır. Zayıf nitelikli bu tür zeminlerin dikkate alınmaması ve ölümlere neden olan yıkılan ya da hasar gören yapıların üst yapı ile doğru ilişkilendirilmemesi gibi önemli hususlar, hasar ve yıkımlarda diğer önemli etkenler yanında, başta jeolojik yapının dikkate alınmamasından kaynaklanmıştır.

Bölge genelinde hakim litojinin tabanda çakıltaşları, üzerinde deniz çökelleri silttaşı- kumtaşı kıltaşı aralanmalarından oluşmaktadır. Erciş bölgesi yerleşimi magmatic kayalar ve kireçtaşlarından oluşan tepelerin alt kotlarında bulunan deniz çökelleri üzerine yerleşmiştir. Yeraltı su seviyesi ise yüzeye oldukça yakındır. Kum çökellerinin yer aldığı ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu Erciş İnönü Mahallesiinde sivilaşma kaynaklı yanal yayılmalar gözlenmiştir. Yer altı su seviyesinin yüzeye çok yakın olduğu, düşük eğimli ince kumlu zemin profilinde yaklaşık 300 m boyunca yanal yayılma gözlemlenmiştir. Alaköy'de zemin sivilaşması görüldüğü belirtilmektedir.

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi bina temelleri incelendiğinde çoğunluğunun genç çökeller üzerine bodrum kat yapılmadan inşa edildiği görülmüştür. Arazi gözlemlerinde, bina temel sistemlerinin genelde tekil temel ve sürekli temel şeklinde olduğu görülmüştür. Yüksek sismisiteye sahip bu bölgede, yapıların genç çökeller üzerinde yerleşmiş olması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olmasının da etkisiyle düşük temel taşıma gücüne sahip olduğu açıktır. Bu sebeple bina temel sistemleri düzenlenirken projede olduğu halde çoğu yerde düzenlenmemiş olan bodrum kat yapımına dikkat edilmesi, edilmesi gerekmektedir.. Ayrıca taşıma gücünün yetersiz olduğu bölgelerde radye temel sisteminin tercih edilmesi, yetersiz kaldığı durumlarda kazıklı temel sistemleri ile yapı yüklerinin daha alt tabakalara yük aktarımının yapılması önemlidir. İnce kumlu zemin profiline sahip alanlarda ise yeraltı su seviyesinin yüksekliğine bağlı olarak zemin içerisinde taş kolonlar, geopier gibi sistemlerinin seçilmesi ile deprem sırasında oluşacak boşluksuyu basıncının sönmülenmesi sağlanmış olacaktır. Gevşek ve yumuşak zemin tabakalarında bir başka alternatif olarak ise deprem dalgaları nedeniyle oluşacak efekif gerilme kayıplarına karşı jet grout vb enjeksiyon yöntemlerinin kullanılması düşünülebilir. Ayrıca her türlü yapının taşıyıcı elemanlarının korozyondan korunması için yapılan temel sistemlerinde su izolasyonuna ve yüzey drenajına azami dikkat gösterilmesi gerekmektedir.



**Şekil 5.1.** Zemin profili, bodrumsuz yapı (tekil/sürekli temel sistemi)

## **5.2 Malzeme İncelemesi (Kızılkant, A., B.)**

Van merkezde ve Erciş'te depremde hasar gören/göçen binaların genellikle betonarme karkas olduğu (Şekil 5.2), kısmen yığma yapıların bulunduğu, genellikle yığma yapıların kullanıldığı, Şekil 5.3'de görüldüğü gibi, çevre köylerde ise hasarın bu yapılarda olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 5.2.** Ağır hasarlı ve enkaz haline gelen betonarme karkas binalar



**Şekil 5.3.** Depremde göçen yığma yapı enkazı

Enkazda ve hasar gören yapılarda yapılan inceleme ve tespitler aşağıda verilmiştir; Betonarme yapılarda, özellikle göçen binalarda hazır beton yerine şantiyede geleneksel yöntemlerle üretilen kalitesiz beton (Şekil 5.4) kullanılmıştır.



**Şekil 5.4.** Erciş'teki bir enkazdan görüntülenen beton

Betonarme yapılarda genellikle düz inşaat çeliğinin kullanıldığı (Şekil 5.5), nervürlü inşaat çeliği kullanılan bazı yapılarda ise etriye olarak düz inşaat çeliğinin tercih edildiği, etriye kancalarının  $135^\circ$  yerine  $90^\circ$  büküldüğü (Şekil 5.5) tespit edilmiştir.





**Şekil 5.5.** Düz inşaat çeliği ile düz ve nervürlü çeliğin birlikte kullanıldığı yapı elemanları

Bazı binalarda gözlenebilen yapı elemanlarında boyuna donatının burkulduğu (Şekil 5.6) görülmüştür.



**Şekil 5.6.** Perdede burkulan boyuna inşaat çeliği (S 420)

Beton üretiminde uygun granülometride, boyut ve biçimde agrega kullanılmadığı, maksimum dane çapı yaklaşık 70-80 mm olan tüvenan agrega kullanıldığı, agrega dağılımının homojen olmadığı (Şekil 5.7) görülmüştür.



**Şekil 5.7.** Enkazdan görüntülenen beton kesitleri

Donatı aralıklarının sık, agrega maksimum dane çapının büyük olması nedeni ile betonun yerine iyi yerleştirilemediği (Şekil 5.8) ve betonda büyük boşluklar oluştuğu tespit edilmiştir.



**Şekil 5.8.** Betonda kullanılan iri malzeme ve yerleştirme problemleri

Kil-mil oranı ve suyun yüksek, dozajın oldukça düşük, agrega-çimento hamuru aderansının yetersiz olduğu, bunun sonucu olarak betonda kırılmanın agrega-çimento hamuru arayüzünde (Şekil 5.9), betonarmede ise beton ile donatı arayüzünde sıyrılma şeklinde (Şekil 5.9) gerçekleştiği görülmüştür.





**Şekil 5.9.** Çimento hamuru-agrega arayüz çatlağı ve betondan sıyrılan düz inşaat çeliği

Ayrıca izolasyon amaçlı betonarme binalarda yapılan yatay delikli tuğla ile sandviç duvar uygulamalarında, dış cephe tuğla duvarlarının yalıtım malzemesi arayüzünden devrildiği gözlenmiştir. Yığma yapılarda taşıyıcı duvarlarda briket veya kerpicin kullanıldığı (Şekil 5.10) tespit edilmiştir. İstenen standartlarda ve uygun koşullarda imal edilmeyen, zayıf mekanik özelliklere sahip bu malzemelerin kullanılması özellikle kırsal kesimde büyük hasara neden olmuştur.



**Şekil 5.10.** Kırsal kesimdeki yapı hasarları ve bağlayıcısı uygun olmayan bir yığma yapı detayı

### 5.3 Yapısal İncelemeler (Güney D.)

Geçmişte yaşanan depremler gerek toplumun, gerekse bilim insanlarının ve yapı imalat sürecinde bulunanların ilk günlerde yoğun şekilde ilgisini çekmekte, ilerleyen süreçte

toplumun ve yapı imalat sürecinde bulunanların gündeminden çıkmaktadır. Ancak depremde hasar gören yapılar akademik çevrelerin ilgisini çekmekte, depremde hasar görmeyen yapılarda araştırma konusu olmaktadır. Deprem sonrası hazırlanan raporlara bakıldığında da yapı hasarları bakımından çok farklılık göze çarpmamaktadır. 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1996 Adana (Ceyhan), 1999 Gölcük, 1999 Düzce ve 2003 Bingöl Depremleri gibi can ve mal kaybına sebep olan depremler de hasar gören yapılar incelendiğinde aynı hasar şekline ve aynı yapısal kalitesizliğe rastlanılmıştır. Bütün bu araştırmaların sonucunda bina tasarımından bina üretim sürecine kadar birçok süreçte hatalar olduğu, depreme dayanıklı yapı üretmediğimiz, malzeme ve işçilik hatalarıyla dolu sağlıksız yapılar ortaya çıktığı görülmüştür. Yapılan incelemelerde en ağır yapısal hasarın Erciş ilçesinde olduğu görülmüştür. İlçeye ait uydu görüntüsü Şekil 5.11’de verilmiştir.



**Şekil 5.11.** Depremde en büyük hasarı gören Erciş İlçe merkezi uydu haritası

Van-Erciş karayolu üzerinde yer alan Norşin Petrol kanopisi ve 2 katlı hizmet binasında görülen hasarlar Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Yıkılan kanopinin tesis doğrultusunda açıklığı



10m'ye yaklaşmaktadır. Kanopinin yerden temiz yüksekliği ise 6ç16m olarak ölçülmüştür. Ayrıca kanopi hizmet binasına ankre edilmiştir. Farklı titreşim karakteristikleri olan çelik kanopi ve dolgu duvarlı hizmet yapısı deprem esnasında beklendiği gibi farklı davranarak birbirlerine zarar vermiştir. Kanopi, uzun konsol doğrultusunda yıkılarak altında kalan minibüsü ezmiş, ankrajlarını kopararak, bağlantı kalkan duvarıda kendi üzerine devirmiştir. Hizmet binasında duvarlar düzlemi dışına hareket ederek devrilmiş, betonarme taşıyıcı sistemde ciddi hasar görerek, bina kullanılmaz hale gelmiştir.

Şekil 5.13'de Erciş Van yolu caddesi üzerinde tamamen kat mekanizması oluşarak göçmüş betonarme yapı görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi yapı deprem sonrası büyük ölçüde dağılmış, bu nedenle enkazdan canlı kazazede kurtarma şansı azalmıştır.



**Şekil 5.12.** Yıkılan benzin istasyonu kanopisi ve ağır hasarlı tesis



**Şekil 5.13.** Erciş Van yolu caddesi üzerinde tamamen kat mekanizması oluşarak göçmüş betonarme yapı

Van Yolu Erciş Van arasındaki ulaşımı sağlayan, yoğun bir trafik oluşan, değer olarak ilçenin en değerli ve merkezi yoludur. Ticari değerinden dolayı yapıların alt katları genel olarak farklı maksatlarla ticarethane olarak kullanılmaktadır. Bu binaların alt katlarının dükkân olması ve dolgu duvarların kaldırılması yumuşak kat oluşumuna sebep olmuş, görelî kat deplasmanları sebebi ile alt katlarda hasar oluşmasına veya yapının tamamen göçmesine neden olmuştur.

Bazı kolonlarda ileri derecede akstan kayma gözlenmektedir. Bu durum kalıp işçiliğinin oldukça kötü olduğu sonucunu vermektedir. Düşey aksı tutmayan kolon veya perdelerin beklenen performansı göstermesi çok zordur.

şekil 5.14’de görülen yapıda, düğüm noktaları plastik mafsallaşmıştır. Uygun düğüm noktası tasarımı ve imalatı yapılamadığı için düğüm noktaları plastikleşmiştir. Ayrıca Van Yolu Caddesindeki çoğu yapı gibi alt katı dükkân olup bu bölgelerde yumuşak kat oluşmuştur. Buna ek olarak kirişlerin kolonlar kadar güçlü olduğu, güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesine aykırı tasarım yapıldığı görülmektedir.



**şekil 5.14.** Van Yolu Caddesinde yer alan ağır hasarlı yapı

şekil 5.15’de görüldüğü gibi alt kat kolonları zayıf aksta depreme yakalanmış. Yapı güçlü olduğu doğrultuda depreme yakalansa göçmeden atlatabilirdi ancak tasarım hatası nedeni ile

zemin kat kolonları bir doğrultuda güçlü inşa edildiği görülmektedir. Bu durum ağır hasarın önemli sebeplerinden biri olarak gözlenmektedir.



**Şekil 5.15.** Van yolu caddesinde aşırı yanal ötelenme sebebi ile göçmüş yapı

Şekil 5.16'da görüldüğü gibi minare birinci şerefelerinde detay ve birleşim hatasından dolayı yeterince kesme kuvveti aktaramadığı için hasar gözlenmiştir. Bu nedenle deprem sonrası Seyit Muhammed (Erciş) camisinin minarelerinin her ikisi de birinci şerefeden itibaren yıkılmıştır.



**Şekil 5.16.** Her iki minaresi de birinci şerefeden itibaren yıkılmış Seyit Muhammed camisi



Şekil 5.17’de görüldüğü gibi fay hareketinin tetiklediği zeminde yüzey ayrılması dolayısı ile ayrılmalar oluşmuştur. Bu ayrılma hattında kalan yapıda yaklaşık 1.50m’lik yarık oluşmuş bu nedenle yığma (briket) yapı kullanılamaz hale gelmiştir ancak tamamen göçmemiştir.



**Şekil 5.17.** Depremin tetiklediği yüzey ayrılması oluşumu ve ayrılma üzerinde kalan yapıda oluşan 1.50 m’lik yarılma

Şekil 5.18’de görüldüğü gibi tamamen mekanizma haline gelmiş yapıda, malzeme ve detay eksikliklerinin yanı sıra taşıyıcı sistem asimetrisinden kaynaklanan burulma etkisinin de yapının toptan göçmesi için etkili olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.18.** Yanal ötelenme ve burkulma katkısı ile göçme mekanizması oluşturmuş yapı

Şekil 5.19’da görülen yapı ağır kat kütlelerinin aşırı yer değiştirmesini karşılayamaması sonucu düşey elemanların düğüm noktasından kırılması sonucu göçmüştür. Yapı köşesinde bulunan



perde elemanda bu doğrultuda yeterli olamamış ve kat seviyesinde donatıları koparak kattan ayrılmıştır. Bu yapıda S420 nervürlü çelik kullanıldığı görölmektedir. Ancak beton kalitesinin yetersiz olduğu düşünölmektedir.



**Şekil 5.19.** Yanal ötelenme ve burulma katkısı ile göçme mekanizması oluşmuş yapı

Şekil 5.19'da görölen yıkılan yapıların hemen yanında hasar görmemiş veya duvar çatlakları olan betonarme altı katlı yapılar, Şekil 5.20'de görölmektedir. Hasarsız yapılarda perde çerçeve taşıyıcı sistem kullanıldığı görölmektedir. Dolgu duvarları henüz yapılmamış yapıda taşıyıcı elemanlarda herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. Ayrıca bu yapıda kalkan duvarlar çatıya kadar uzanan kolonlara bağlanarak deprem esnasında devrilmesi engellenmiştir. Sağ tarafta bulunan altı katlı betonarme yapıda duvarlar yapılmıştır. Bu yapıda küçük duvar hasarları dışında yapısal hasar gözlemlenmemiştir.



**Şekil 5.20.** Yıkılan yapıların hemen yanında bulunan hasarsıza yakın betonarme yapılar

Şekil 5.21’de görüldüğü gibi altı katlı betonarme yapı, farklı titreşim karakteristiğine sahip olduğu bitişik komşu yapılara çarparak, çekiçleme etkisi ile önemli hasar verdikten sonra tamamen kat mekanizması haline gelerek göçmüştür. Malzeme ve tasarım olarak daha iyi görülen yapı ise ayakta hem deprem etkisi hem de çarpan yapı etkisine rağmen ciddi hasar görmeye birlikte ayakta kalmayı başarmıştır.



**Şekil 5.21.** Çekiçleme etkisi ile komşu yapılara çarparak yıkılan betonarme çok katlı yapı

Şekil 5.22’de sol tarafta görülen yapıda rölatif kat yer değiştirmelerinin fazlalığı nedeni ile ara kat göçmesi yaşayan yapı görülmektedir. Özellikle ara katta bulunan köşe kolonlarının kırılması söz konusudur. Sağ tarafta ise dükkân katı ayakta kalan ancak üst katları göçen yapı görülmektedir. Bu yapıda göçmede farklı dönem eklerinin rol oynadığı düşünülmektedir.



**Şekil 5.22.** Ara kat göçmesi ve üst kat göçmesi gözlenen betonarme yapılar

Şekil 5.23’de birinci katları dükkân olduğu için yumuşak oluşumu ve çekişleme etkisi ile birbirine çarparak alt katları ezilmiş ve ağır hasar görmüş betonarme dört katlı yapılar görülmektedir.



**Şekil 5.23.** Çekişleme etkisi ile birbirine çarparak ağır hasar görmüş betonarme yapılar

Şekil 5.24’de görüldüğü gibi zemin kat betonarme perdeleri birinci kat seviyesinde oldukça küçülerek yaklaşık üçte bir genişliğe ulaşmaktadır. Perde elemanlarının yetersiz kalıp işçiliği ile aksından kaydığı görülmektedir. Bu elemanlarda malzeme ve işçiliğinde oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca ağır briket elemanlarının dolgu duvar malzemesi olarak



kullanılması söz konusudur. Bu briket elemanlar düzlemi dışına doğru hareket ederek yıkılmıştır.



**Şekil 5.24.** Taşıyıcı sistemi düşeyde düzensiz orta hasarlı betonarme yapı

Şekil 5.25’de zemin katı yanal yer değiştirme yapmaya çalışan ancak katlar arası rijitlik farkı nedeniyle zemin kat seviyesinde yaklaşık 3m yer değiştirme yaparak göçen yapı görülmektedir. Bu katta kolonların güçlü aksı harekete dik doğrultuda olduğu için yapı yer değiştirmelerini sınırlandıramamıştır. Ayrıca betonun oldukça kötü olduğu, granülometrinin olmadığı, çok iri çakılların oluşturduğu aşırı boşluklu kalitesiz betonun hasarı arttırdığı görülmektedir.



**Şekil 5.25.** Depremde zemin katı yanal hareket sonucu ağır hasar gören betonarme yapı

Şekil 5.26’da görüldüğü gibi betonarme yapı tamamen göçmüştür. Bu yapıda kolonların kirişlere göre yeterince güçlü olmadığı, ayrıca bodrum kat yapılmadan, yetersiz hafriyat yapılarak nehati toprağın üzerine oturtulan, temeli uygun olmayan, briket ayırıcı duvarlarla iyice ağırlaştırılmış yapının tüm katlarının göçtüğü görülmektedir.



**Şekil 5.26.** Tamamen yıkılmış betonarme çok katlı yapı

Şekil 5.27’de alt katı dükkân olarak kullanıldığı için yumuşak kat oluşan böylece kat kaybı ile ağır hasara uğrayan betonarme yapı dört katlı yapı görülmektedir. Yapı alt katının hasar görmesi nedeni ile yola doğru yıkılmıştır. Betonarme yapının üst katlarında ise duvar hasarı bile görülmemektedir.



**Şekil 5.27.** Yumuşak kat oluşumu sonucu kat kaybı ile ağır hasara uğrayan betonarme yapı



Şekil 5.28’de sol tarafta görülen yapıda en üst kat taban döşemesi seviyesinde kolonda ani rijitlik değişimi görülmektedir. Ayrıca en üst katta tamamen yığma olarak briket elemanlar kullanılarak yapılmış mekân görülmektedir. Şiddetli depreme rağmen bu yapıda taşıyıcı sistemde önemli bir hasar gözlemlenmemiştir.



**Şekil 5.28.** En üst katında kolonda ani rijitlik değişimi olan betonarme yapı

Şekil 5.29’da sol tarafta Van ili Erciş ilçesinde Van Gölü kıyısında inşa edilmiş olan TOKİ konutları görülmektedir. Bu yapılar beş katlı, tünel kalıp sistemine göre yapılmış, radye temele sahip betonarme yapılardır. Bu yapılarda sıva çatlakları ve duvardaki çok hafif ayrılma çatlakları dışında kayda değer hasarlar gözlemlenmemiştir. Yapılarda oturan insanlar günlük hayatlarına devam edebilmektedir. Yine sağ tarafta inşaatı devam eden ve hiçbir şekilde hasar görmeyen tünel kalıp yapılar ve kule vinçleri görülmektedir.



**Şekil 5.29.** Erciş’de Van Gölü kıyısında yapılan TOKİ konutları camisi ile yapımı devam etmekte olan tünel kalıp çok katlı yapı inşaatları

Şekil 5.30’da Van ili Erciş ilçesinde Van Gölü kıyısında bulunan ve tamamen yıkılmış olan Hotel Grand Arsisa’nın yıkılmadan önceki ve sonraki durumu görülmektedir. Söz konusu yapı zemin ve birinci katta geniş bir alana yayılan alana sahiptir. Bu yapının üst katlarında kule şeklinde yukarı çıkan odaların bulunduğu katlar yer almaktadır. Yapı 2000 yılında yapılmıştır. Taşıyıcı sistemi perde-çerçeve dir. Malzeme olarak nervürlü çelik kullanıldığı görülmektedir. Ancak beton kalitesinin düşük olduğu görülmektedir. Bu yapıda üst katlara doğru yükselen kule kısmı tamamen devrilerek genişleyen alt katların üstüne devrilmiş ve ikiye bölünmüştür. Geniş kısımdan kule katlarına geçişte, düşey doğrultuda, ciddi bir rijitlik süreksizliği sonucu depremde ortaya çıkan büyük kesme kuvveti ve moment üst kata aktarılamayarak, üst katları devirdiği ve ikiye böldüğü düşünülmektedir.



**Şekil 5.30.** Erciş’de Van Gölü kıyısındaki Arsisa Otelin depremden önce ve sonraki durumu

#### 5.4 Yapısal Hasarların İrdelenmesi (Koçak A.)

“Yerel zemin koşullarına uyumsuzluk, binanın mimari ve taşıyıcı sistem tasarımında yapılan hatalar, kalitesiz malzeme ve kötü işçilik, yetersiz denetim” deprem hasarlarını belirleyen en önemli faktörlerdir. Diğer yandan projersiz, projesine uygun olmayan ya da proje dışı kat ilavesi, bina oturum alanının büyütülmesi gibi durumları içeren binalarda deprem hasarı daha yoğun olmaktadır. Burada sayılan tüm olumsuzluklar diğer deprem bölgelerinde olduğu gibi Van Depremi’nde de görülmüştür. Diğer depremlerde olduğu gibi yönetmeliğe asgari koşullarda uyan binalar ayakta kalmış, diğer binalar ağır hasar almıştır. Van ve ilçelerinde hasar gören binalar son 10-15 yılda yapılan binalar olup, maalesef depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerine uymayan, deformasyon kabiliyeti bulunmayan binalardır. Aşağıda betonarme binalarda deprem hasarları ve nedenleri verilmiştir:

##### 1. Proje dışı bodrum katın iptali

Van ve ilçelerinde özellikle yoğun hasar gözlenen Erciş ilçesinde binalar doğrudan bodrum kat yapılmadan 1 metrelik don seviyesine temel yapılarak zemin kattan itibaren yapılmıştır. Bu durumun sonucu olarak bina temellerinin daha yumuşak zemine oturmasına neden olmuştur (Şekil 5.31).



**Şekil 5.31.** Projesinde bodrum katın yerinde yapılmaması ve temelin yumuşak zemine oturtulması



## 2. Yumuşak/Zayıf Kat Oluşumu

Ana cadde üzerinde yer alan binaların zemin katı genel olarak dükkân veya mağaza olarak tasarlanmış, üst kattaki bölme duvarlar zemin katta yapılmamıştır. Çok sayıda binanın bu katları yoğun hasar almış, birçok bina da bundan dolayı çökmüştür (Şekil 5.32).



Şekil 5.32. Yumuşak kat nedeniyle hasar gören binalar

## 3. Kuvvetli Kiriş-Zayıf Kolon Oluşumu

Çoğunlukla rastlanan tasarım hatalarından biri de kirişlerin kolonlardan güçlü olmasıdır. Yıkılan hemen her binada plastik mafsallar kolonlarda oluşmuş, bu nedenle de binalar ağır hasar almış veya yıkılmıştır (Şekil 5.33).



Şekil 5.33. Kuvvetli kiriş-zayıf kolon oluşumu

#### 4. Yetersiz Sargı Donatısı

Hasar gören binaların kolon-kiriş bağlantı noktalarındaki etriye aralığı genelde 15-35 cm aralığında yer aldığı görülmüştür. Özellikle kolonlar yeterli düzeyde sargılanamadığı için plastik mafsal oluşumu kolonlarda daha yoğun olmuştur (Şekil 5.34).



Şekil 5.34. Yetersiz sargı donatısı

#### 5. Ağır Bina Kullanımı

Binaların birçoğu briket veya delikli tuğla kullanılarak asmolen döşeme sistemli olarak imal edilmiştir. Ayrıca bina cephelerinde kullanılan malzemelerde yapıyı ağırlaştırmıştır (Şekil 5.35).



Şekil 5.35. Asmolen döşemeli, cephesi ağır malzeme kaplanmış ağır binalar



## 6. Dolgu Duvar Hasarları

Deprem bölgesinde genelde briket tuğla kullanılmış, çok az sayıdaki binada duvarlar deprem yükünü taşımış ya da rijitlik göstermiştir. Genelde duvarlar kütle halinde binadan ayrılmıştır (Şekil 5.36).



Şekil 5.36. Dolgu duvar hasarları

## 7. Tasarım Hataları

Depreme dayanıklı yapı tasarımında temel ilkelerden biri taşıyıcı sistemin düzenli ve sisteme gelen yükleri hasara uğramadan aktarmasıdır. Ancak aşağıdaki şekillerden de görüleceği gibi gerek mimari zorunluluktan ve gerekse kullanım amacından dolayı binalarda tasarım hataları yapılmıştır (Şekil 5.37).



Şekil 5.37. Tasarım hataları

## 8. Çarpışma-Çekiçleme Hasarları

Bitişik binalarda çoğunlukla derz olmadığından deprem sırasında oluşan çarpışma sonrası binalarda hasarlar kimi zaman yıkılmalar oluşmuştur (Şekil 5.38).



Şekil 5.38. Çekiçleme etkisi sonucu oluşan hasarlar

### 5.5 Kırsalda Meydana Gelen Yapısal Hasar Değerlendirmeleri (Güney D.)

Şekil 5.39'da, Göllü köyünde deprem nedeni ile ağır hasar gören köy ilköğretim okulu görülmektedir. Okul taş parçaları kullanılarak yığma olarak yapılmıştır. Üst kısımda betonarme bir hatıl görülmektedir. Taş parçaları arasındaki bağlayıcının çok zayıf olması sistemin yanal dayanımını çok azaltmış bunun sonucu olarak yapı ağır hasar görmüştür. Deprem Pazar günü olması nedeni ile okul kapalı olduğundan can kaybı olmamıştır. Bu köyde seksen civarı hanenin yaklaşık kırk beşi ağır hasar görmüştür. Buna ek olarak çoğunlukla kerpiç kısmen briket ile yığma olarak yapılan hayvan barınaklarının büyük kısmı yıkılmıştır.



Şekil 5.39. Göllü köyünde ağır hasarlı ilköğretim okulu

Şekil 5.40'da Göllü köyünde hasar gören kerpiç yapıların durumu görülmektedir. Bölgede köylerde geleneksel olarak kerpiç, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş toprak esaslı bu malzeme, üst üste konularak yığma yapı formu elde edilmektedir. Ancak aradaki bağlayıcı harç yok denecek kadar azdır. Çoğu zaman çamur bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Ayrıca yapılarda basit silindirik kesitli ahşap kirişler, kerpiç duvarların üstüne oturtulmuş, bu kirişlerin üstüne yerleştirilen ahşap çitelerin üstüne yer yer 50cm kalınlığı bulan toprak damlar oturtulmuştur. Yanal yük taşıma kapasitesi çok düşük olan kerpiç duvarlar, deprem esnasında ağır olan damın hareketine dayanamayarak kısmen veya tamamen göçmüştür. Bu hasar karakteristiği incelenen diğer köylerdeki hasarlarla paraleldir.



**Şekil 5.40.** Van yöresinde kırsalda yaygın olan kerpiç yapıların durumu

Şekil 5.41'de, sol tarafta Göllü köyünde yapılmış olan ve depremde hasar görmeyen, hale kullanılan iki katlı betonarme yapı görülmektedir. Söz konusu yapının düzgün bir taşıyıcı sistemi ve nispeten daha iyi malzeme kullanılarak yapıldığı görülmektedir. Sağ taraftaki şekilde alt katı depo ve ahır olarak kullanılan ve depremde zemin katı göçen iki katlı betonarme yapı görülmektedir. Bu yapıda beton ve çelik malzeme kalitesinin çok düşük olduğu, işçilik ve bağlantı detaylarının yetersiz olduğu ayrıca alt katta yumuşak kat oluşturulduğu, bunun sonucu olarak alt katın tamamen göçtüğü görülmektedir.





**Şekil 5.41.** Göllü köyünde hasar görmeyen iki katlı betonarme yapı ile alt katı göçen betonarme yapı

Depremde en ağır hasar gören köylerden biri olan Güveçli köyünde 17 civarında can kaybı olduğu ve 200 hanenin büyük kısmının yıkıldığı öğrenilmiştir. Yapı karakteristiği yine kerpiç veya briket yığma olan yapılarda, ahşap elemanlar üzerine toprak dam yapılmış bunun üzerine de ahşap kırma çatı konularak yer yer sac ile kaplanmıştır. Şekil 5.42’de düzlemi dışına devrilmiş briket duvar görülmekte, bunun arkasında ise külahlı uçan minare görülmektedir. Sağ taraftaki Şekilde zayıf aksta olduğu için kerpiç duvarların devrildiği, güçlü akstaki duvarların ayakta kaldığı görülmektedir. Bu yapıların büyük bir kısmında temel olmadığı, yer yer yığma taş ile teşkil edilen tabanın üzerine yapının oturtulduğu görülmektedir.



**Şekil 5.42.** Güveçli köyünde ağır hasarlı briket yığma yapılar ile külahlı düşen minare



Depremde Van Gölüne yakın olan köylerden Dağönü köyü de ağır hasar görmüştür. Bu köyde bulunan yaklaşık 80 haneden sadece 78'i tamamen yıkılarak kullanılmaz hale gelmiş, deprem sonucu 18 can kaybı, 8 ağır yaralı kaydedilmiştir. Şekil 5.43'de ağır hasar gören köy camisi görülmektedir. Yaklaşık otuz beş yıllık olduğu öğrenilen caminin içinde ahşap asma tavanı taşıyan dikmeler olmakla birlikte ana taşıyıcı sistem taş ve kerpiç yığmadır. Yanal dayanımı çok zayıf olan, yetersiz bağlayıcı ile birleştirilen yığma elemanlar, yapının bir miktar da burulması ile ağır hasar görmüştür. Yine camide de ahşap elemanların üzerine yerleştirilen toprak dam ve üstünde ahşap elemanlarla teşkil edilip sac ile kaplanmış çatı uygulaması görülmektedir. Caminin iki yıl önce betonarme olarak yapılan minaresinde ise kayda değer bir hasar görülmemektedir. Minarenin altına 6mx6m ebadında temel yapılarak, zemin kotundan yaklaşık 3m aşağıya inşa edilmiştir.



**Şekil 5.43.** Dağönü köyü camisinin depremden sonraki durumu

## **5.6 Alt Yapı İncelemesi (Coşar A.)**

Van ilinde yapılan incelemelerde alt yapı sistemlerinin çalıştığı belirlenmiştir. İnceleme yapılan bölgelerde altyapı hasarlarına rastlanmamıştır. Erciş ilçesinde yapılan incelemelerde içme suyu şebeke sisteminin çalışmadığı ve ilçeye su verilemediği görülmüştür. Şebeke sisteminde meydana gelen hasarlardan dolayı içme suyu sistemi işletilememektedir. Sistem Yukarı Işıklı köyündeki su kaynağından (kaynak suyu) terfi merkezi yardımıyla beslenmektedir (Şekil 5.43). Şebeke ana borusu su kaynağından yaklaşık 500 m mesafedeki tepeyi geçerek bu noktadan sonra alt kottaki Erciş ilçesini beslemektedir (Şekil 5.44, 45). Ana borunun yaklaşık 1000 m'lik kısmı yerüstünden gittiğinden görülebilmekte ve bu mesafeden sonra sistem

yeraltına indiğinden takip edilememektedir.



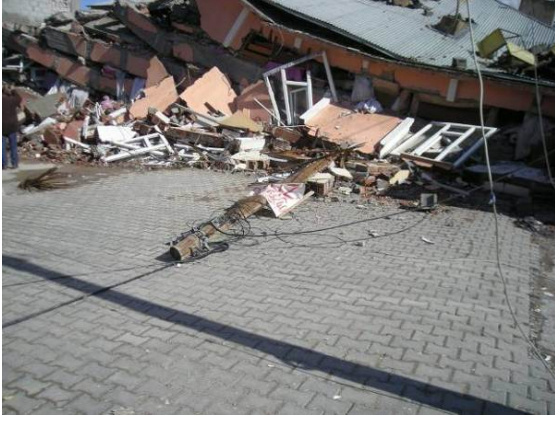
**Şekil 5.44.** Şebeke sistemi terfi merkezi



**Şekil 5.45.** Şebeke sistemi ana boru hattı

Şebeke alt yapısının çalışmamasının yanı sıra elektrik ve telekomünikasyon sistemleri de havai hat olarak inşa edildiğinden binaların çökmesi sonucu hasara uğradığından yerleşime elektrik verilememektedir (Şekil 5.46, 47, 48). Elektriğin mevcut olmamasından dolayı terfi merkezide çalıştırılmamaktadır.





**Şekil 5.46.** Telekomünikasyon sistemlerine ait kırılmış havai hat direkleri ve mobil iletişim



**Şekil 5.47.** Elektrik sistemlerine ait havai hat direkleri ve hasarları



**Şekil 5.48.** Elektrik sistemlerine ait havai hat direkleri ve hasarları

Sistemin çalıştırılabilmesi için İstanbul İtfaiye Teşkilatı kendi mevcut ekipmanları ile sistemin çalıştırılmasını sağlamaya çalışmaktadır (Şekil 5.49). İstanbul İtfaiye Teşkilatında mevcut 147 kW gücünde ve 8600 lt/dk kapasiteli iki jeneratör beslemeli pompa su kaynağı yakınına yerleştirilerek sistemin geçici bir hatla ilçe merkezi girişine kadar su iletecek şekilde

düzenlendiği görüldü (Şekil 5.50, 51).



Şekil 5.49. Su kaynağı ve şebeke sistemi su alma yapısı



Şekil 5.50. Su kaynağı ve terfi sistemini sağlayan iki jeneratör beslemeli pompa



Şekil 5.51. 147 kW gücünde ve 8600 lt/dk kapasiteli iki jeneratör beslemeli pompa

Biri yedek olmak üzere iki pompa sistemi iki ayrı hat düzenlemesi ile 150mm çaplı ve 35 bar basınca dayanıklı yangın hortumlarının birleştirilmesi ile 5 km'lik bir hat oluşturularak yerleşim yerinin giriş noktasına kadar su götürülmesi için düzenleme yapılmıştır (Şekil 5.52). Hat her biri 50 m'lik boruların birleştirilmesi ile oluşturulmuştur.





**Şekil 5.52.** 150mm çaplı ve 35 bar basınca dayanıklı yangın hortumları

İlçenin giriş noktasına getirilen su beş ağız çıkışlı sistemle düzenlenmiş olup bu parçadan bir boru vasıtasıyla 8 musluklu su dağıtım noktasına su verilmekte olup diğer ağızlar tankerlere su doldurmak için kullanılmaktadır (Şekil 5.53). Bu noktadan dağıtılan sular için klorlama klor tabletleri ile yapılmaktadır.



**Şekil 5.53.** İlçenin giriş noktasındaki su dağıtım merkezi ve klorlama

Bu noktadan tankerlere doldurulan su ilçenin değişik noktalarına taşınmaktadır. Tankerle taşınan sular cami vb. umumi su kullanım noktalarına ve kişilerin su alabilmesi için ilçenin bazı noktalarına getirilmektedir (Şekil 5.54). İlçede su dağıtımını düzgün olmadığından su ihtiyacının tamamı şişe sularından karşılanmaktadır. Ancak getirilen sular umumi su kullanım noktalarındaki su tesisatları zarar gördüğünden kullanılamamakta, sadece depo çıkışlarından

su alınarak kullanılmaktadır (Şekil 5.55).



Şekil 5.54. Beş ağız çıkışlı sistemle ve 8 musluklu su dağıtım elemanı



Şekil 5.55. Tankerle camiye taşınan su ve bir şişe suyu dağıtım noktası

Köy gibi küçük yerleşim yerlerinin bir kısmında su şebekeleri zarar görmesine karşın bazı köy yerleşimlerinde ise hasarlara rastlanmamıştır. İçme suyu şebeke sistemlerinin yanı sıra atıksu ve yağmur suyu kanalizasyon sistemlerinde de hasarlar olduğu düşünülmektedir. Ancak atıksu kanalizasyon sistemlerinin ilçeye su verilemediği ve su kullanımı olmadığı için zarar görüp görmediği tespit edilememiştir. Atıksu kanalizasyon sistemlerinin hasarlı olup olmadığı ancak yapılarda su kullanımı başladıktan sonra anlaşılacaktır. Yağmur suyu kanalizasyon sistemlerindeki durumun atıksu kanalizasyon sistemlerindeki benzer olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.56). Köy yerleşimlerinde büyük bir çoğunlukla atıksu ve yağmur

suyu sistemleri mevcut olmadığından, genellikle fosseptik çukurları kullanıldığından böyle bir problem söz konusu değildir.



**Şekil 5.56.** Yağmur suyu kanalizasyon hattının yerüstüne yansıyan durumu

## 6. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

“Deprem Bölgeleri Haritaları” hazırlanırken, sismik verilerin, sismometre ağının ve erken uyarı sistemlerinin yaygınlaştırılması yanında mutlaka gerçek bir aktif fay haritası dikkate alınarak, aktif fay zonlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Türkiye aktif fay haritası ve deprem bölgeleri haritaları güncellenmelidir. Van il merkezi 2. Derece deprem bölgesi olmasına rağmen depremde ciddi hasar oluşması bu bölgenin birinci derece olması gerektiğini göstermektedir. Buna benzer bölgelerinde varlığı bilindiğine göre haritalar güncellenmelidir.

Bölgede genelde kullanılan yapı sistemi ve hasarlı bina temelleri incelendiğinde çoğunluğunun genç çökeller üzerine bodrum kat yapılmadan inşa edildiği görülmüştür. Arazi gözlemlerinde, bina temel sistemlerinin genelde tekil temel ve sürekli temel şeklinde olduğu görülmüştür. Yüksek sismisiteye sahip bu bölgede, yapıların genç çökeller üzerinde yerleşmiş olması ve yeraltı su seviyesinin yüksek olmasının da etkisiyle düşük temel taşıma gücüne sahip olduğu açıktır. Bodrum katların nebati toprak tabakası bile kaldırılmadan yükseltilmesi temelden zemin yük aktarımı konusunda önemli bir zaafiyet oluşturmaktadır. Yapılarda bodrum kat yapılması ve temel derinliğinin gerekli seviyeye kadar indirilmesi gereklidir.



Depremde ağır hasar gören ve göçen binalarda, hazır beton yerine geleneksel yöntemlerle, şantiyede, düşük dozajlı beton üretildiği tespit edilmiştir. Bu betonlarda kullanılan malzemelerin herhangi bir standart gözetilmeksizin üretimde kullanıldığı, donatı olarak genellikle düz inşaat çeliğinin tercih edildiği görülmüştür. Kalitesiz beton üretimi ve düz inşaat çeliği kullanımı, betonarmede aderansı olumsuz yönde etkilemiş, betonda kırılmanın agrega-çimento hamuru ara yüzünde, betonarmede ise beton ile donatı ara yüzünde sıyrılma şeklinde gerçekleşmiştir. Ayrıca yığma yapılarda istenen standartlarda ve uygun koşullarda imal edilmeyen, zayıf mekanik özelliklere sahip malzemelerin kullanılması, özellikle kırsal kesimde, büyük hasara neden olmuştur. Malzeme testlerinin de yapılmadığı veya yetersiz yapıldığı, denetim mekanizmasının işlemediği açıktır.

Erciş ilçe merkezinde ağır hasar gören betonarme yapıların önemli bir bölümünde, ticari değerinden dolayı yapıların alt katları genel olarak farklı maksatlarla ticarethane olarak kullanılmaktadır. Bu binaların alt katlarının dükkân olması ve dolgu duvarların kaldırılması yumuşak kat oluşumuna sebep olmuş, görelî kat yer değiştirmeleri sebebi ile alt katlarda hasar oluşmasına veya yapının tamamen göçmesine neden olmuştur. Bu durumu engellemek için yumuşak kat oluşumunu engelleyecek tasarımlar yapılmalıdır.

Tasarım hataları incelendiğinde, kirişlerin kolonlar kadar güçlü olduğu, güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesine aykırı tasarım yapıldığı görülmektedir. Bu durumda kolonlar kirişlerden önce göçerek yapıların tamamen göçmesine ve tost haline gelmesine neden olmuştur. Tasarım sorunlarından bir diğeri de, kolonları zayıf aksta depreme yakalanmış yapıların durumudur. Yapıların her iki doğrultuda güçlü olması gerekirken, rijitlik dağılımı asimetrik olarak yapılarak bir aksta zayıflatılmıştır. Bu durum yapılarda birinci mod şeklinin burulma olmasına, burulma etkisi ile de yapının ağır hasar görmesine neden olmuştur.

Farklı titreşim karakteristiğine sahip olan bitişik nizamda yapılan yapılar deprem esnasında birbirlerine çarparak, çekiçleme etkisi ile birbirlerine önemli hasar verdikten sonra tamamen kat mekanizması haline gelerek kısmen veya tamamen göçmüştür. Bu durumu engellemek için yapılar arasına yeterince mesafe bırakılmalı, çarpışma engellenmelidir.

Yapılarda farklı dönem eklerinin oluşturduğu süreksizliklerin deprem sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetlerini karşılayamadığı bu nedenle hasara yol açtığı düşünülmektedir. Seçim dönemlerini kullanarak ilave kat yapılması ve bunların da sonradan ruhsata bağlanması, bu kalitesiz, projersiz ve kaçak yapıların depremde yıkılmasının önemli sebeplerindendir.



Betonarme taşıyıcı elemanların, yetersiz kalıp işçiliği ile aksından kaydığı görülmektedir. Bu elemanlarda malzeme ve işçiliğin de oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Donatıların aralıkları ve işçiliği de yetersizdir. Bu gözlemlere dayanarak gerek proje gerekse inşaat aşamalarında teknik elemanlardan, mimar ve mühendislerden yararlanılmadığı, gerekli kontrollerin (yapı denetim, belediye veya bakanlık tarafından yapılması gereken) yapılmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Briketler veya tuğla elemanlar, delikleri doğrultusunda daha çok yük alırken dik doğrultuda daha düşük yük taşıma kapasitesinde sahiptir. Bazı yapılarda briketlerin yanlış doğrultuda kullanıldığı görülmüştür. Bu nedenle depremde kötü performans sergileyerek hasara neden olmuştur. Briket elemanlar arasında bağlayıcı harcın olmadığı veya oldukça az olduğu görülmüştür. Briketlerinde standartlara uygun imal edilmediği gözlemlenmiştir.

Bölgede köylerde geleneksel olarak kerpiç, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş toprak esaslı bu malzeme, üst üste konularak yığma yapı formu elde edilmektedir. Ancak aradaki bağlayıcı harç yok denecek kadar azdır. Ayrıca yapılarda basit silindirik kesitli ahşap kirişler, kerpiç duvarların üstüne oturtulmuş, bu kirişlerin üstüne yerleştirilen ahşap çitelerin üstüne yer yer 50cm kalınlığı bulan toprak damlar oturtulmuştur. Yanal yük taşıma kapasitesi çok düşük olan kerpiç duvarlar, deprem esnasında ağır olan damın hareketine dayanamayarak kısmen veya tamamen göçmüştür. Kırsal bölgeler için yanal dayanımı olan, bölgedeki yaygın malzemelerinde kullanılabileceği ucuz ve pratik konut yapım sistemleri geliştirilmelidir. Bu konuda UNDP ile ortaklaşa çalışma yapılabilir. UNDP geliştirmekte olan deprem riski bulunan ülkelerde ucuz ve dayanıklı konut geliştirme projelerini uzun süredir devam ettirmektedir. Bu alt yapıdan yararlanılması bölge ve ülke için yerinde olacaktır.

Birinci katta konsollarla kat alanında genişleme sağlayabilmek için kolonların doğrultuları değiştirilerek konsol ucunda kolon uygulaması yapılmıştır. Esasen bu durum 1999 da zorunlu hale gelen deprem yönetmeliğinde yasaklanmıştır. Yönetmeliğe aykırı bu uygulama hasara neden olmuştur.

Yapı denetim ve kontrollük acilen yeniden değerlendirilmeli, yapı denetim yasası değiştirilerek daha sıkı denetim sağlanmalıdır. Yapı denetime odaların katılımı ve kontrolü de sağlanmalıdır. Van bölgesinde hasarın önemli sebeplerinden biri mimari ve statik plan projesi olan yapılarda bile mal sahipleri inşaat için kalfaları tercih ederek, düşük maliyetle projelerini

uygulatmak istemiş, projeye uygunluk denetlenmemiştir. Söz konusu müteahhitler iyi niyetli ve dürüst olsalar bile teknik detaylara haiz olmadıkları için dramatik işçilik ve uygulama hatalarına imza atmışlardır. İnşaat işçileri ise maalesef hiçbir eğitim almayan, toplumda en eğitimsiz insanlardan seçilmekte ve yapım işini sahada görerek öğrenmektedir. Yapılan işin detayları hakkında bilgisiz ve bilinçsiz olan işçiler kontrol edilmediğinde büyük eksikliklere sahip binalara imza atmaktadırlar. Bu sistemin radikal şekilde rehabilite edilmesi gerekmektedir. Müteahhitlik yapmak için temel teknik altyapıya sahip olunması gerekmektedir. Zira inşaat işleri ve projenin uygulanması ciddi bir mühendislik altyapısı gerektirmektedir. Ayrıca kontrollük sistemi kâğıt üzerinde kalmamalıdır. Ülkemizde ve bölgede yapı denetim firmalarının birçoğu düşük maliyetlerle, tecrübesiz veya emekli mühendislerin sadece diplomalarını kullanmakta, sahada etkin bir denetim yapmamakta, yetersiz yapıları yeterli göstermek için önemli suiistimallere yol açmaktadırlar.

Yerel yönetimler ile merkezi yönetimin henüz deprem konusunda etkin ve yeterli bir sistem kurduğunu söylemek mümkün değildir. Popülist söylemler yerine radikal tedbirler alınması gereklidir. Kaçak yapılan ve yönetmelik hükümlerini sağlamayan yapılar, hızla ve tavizsiz olarak yıkılmalıdır. Her seçim öncesi patlama yapan kaçak inşaatlar engellenmelidir. Bu durum belli kesimlerde tepki oluştursa da toplumun geneli ve sağlığı açısından hayati öneme sahiptir. Kaçak ve denetimsiz inşaat yapan herkes cezasını göreceği ve yaptığı yapının resmi birimlerce yıkılacağı konusunda tereddüt duymamalıdır. Bu hedefe ulaşmak için hukuki düzenlemelere ihtiyaç olduğu açıktır.

Mevcut yapıların riski de halen devam etmektedir. Ülke genelinde kentsel dönüşüm ele alınmalı, dönüşüm deprem odaklı ve modern kent ölçeğinde tasarlanmalıdır. Ayrıca mevcut yapılar acilen incelenmeli, olası bir depremde yıkılacak veya ağır hasara uğrayacak olanlar yıkılmalı, korunması gerekenler basit ve ucuz güçlendirme teknikleri ile güçlendirilmelidir. Zira bir yapının tek başına güvenli olması depremde ayakta kalabilmesi için yeterli değildir, çarpışma etkisi ile kendisi iyi durumda olan yapılarda yıkılabilir.

Diğer yandan bölgesel veya bir bölge içinde yer alan ada ölçeğinde parseller birleştirilerek yeşil alanı ve sosyal donatı alanı yüksek olan binalar üretilmelidir. O adada üretilen konutlar yaşayan halka verilerek sosyal barış da sağlanmalıdır. Özellikle İstanbul için bu sistemin adil ve etkin şekilde kurulması gerekmektedir.

Olası bir depremde kurtarma, yardım, erzak dağıtımı ve hasar tespiti için merkezi sistemle ekipler kurulmalı, deprem durumunda bu ekipler en kısa zamanda bölgeye iletilmelidir. Hemen her bölge için acil eylem planı hazırlanmalıdır.

Mimarlar ve inşaat mühendislerinin tamamının mezuniyet sonrası deprem ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ve inşaatı konusunda yeterli bilgi sahibi olduğu söylenemez. Bu durum projesi olan yapılarda da bilinçsiz davranılması durumunda tasarım kaynaklı hasarlara yol açmaktadır. Bu eksikliği engellemek için eğitim sistemi güncellenerek bu dersler zorunlu olmalı ve ders saatleri arttırılmalıdır. Ayrıca ülkemizde çok farklı kalitede eğitim verildiği bilindiğine göre ABD veya Japonya'daki gibi bir yeterlik ve sertifika sistemine geçilmesi şarttır. Kullanılmayan bilgi unutulabileceğine göre belli aralıklarla eğitim ve sınav sistemi kurularak mimar ve inşaat mühendislerinin bilgilerini güncellemesi, teknolojik gelişmeleri izlemesi sağlanmalıdır.

İlk ve ortaöğretimde deprem olgusu ile temel yapı karakteristikleri öğretilmelidir. Bu sayede yapı konusunda temel bilgi ve terminolojiye sahip bireyler yetiştirilerek otokontrol mekanizması tesis edilmelidir.

Günümüzde en pahalı ve prestijli projeleri tasarlayan, yapan mimar ve mühendisler ile bunların teknik altyapıları bilinmemektedir. Bilinçli tüketici oluşturmak adına firmalar internette teknik elemanları ve aldıkları eğitimleri yayınlamalıdır. Tüketiciler gerçek taşıyıcı sistem tasarımı, hesabı, malzemesi gibi konularda bilinçlendirilmelidir. Kaliteli yapılan her şeyin sıradan olana göre bir maliyeti olacağı bilinmelidir.

## KAYNAKLAR

T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, (1980). Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu, Ankara.

Boore, D.M., Joyner, W.B. and Fumal, T.E., 1997, Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: A summary of recent work, Seismol. Res. Lett. 68(1), 128–153

<http://www.afad.gov.tr>, 10, 2011.

<http://www.deprem.gov.tr>, 10, 2011.

<http://www.emsc-csem.org>, 10, 2011.

<http://www.koeri.boun.edu.tr>, 10, 2011.

<http://www.mta.gov.tr>, 10, 2011.

<http://www.mta.gov.tr/v1.0/bolgeler/van/van.html>, 10, 2011.

<http://www.ntvmsnbc.com>, 10, 2011.

<http://www.usgs.gov>, 10, 2011.