

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği  
Kayseri İl Koordinasyon Kurulu

**KAYSERİ DEPREM RAPORU**  
15.03.2023



**Toplantı Tarihi** : 25.02.2023 - Cumartesi

**Toplantı Yeri** : Makina Mühendisleri Odası Kayseri Şubesi Hizmet Binası

**Toplantı Saati** : 15:00

#### **KATILIMCILAR**

Süleyman VAROL	TMMOB Kayseri İKK Sekreteri Makina Mühendisleri Odası Kayseri Şube Başkanı
Akgün ERGÜL	Kayseri Veteriner Hekimleri Odası Başkanı
Ali KOÇ	Ziraat Mühendisleri Odası Kayseri Şube Başkanı
Başak GÜLESER	Peyzaj Mimarları Odası Kayseri İl Temsilcisi
Cansu SERTOĞLU	Meteoroloji Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Ergül TÜRKASLAN	Gıda Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Hasan ÖZŞAHİN	Orman Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Hüseyin KAYA	Kimya Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Murat YILDIZ	İnşaat Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Mustafa Umut ÖZDEMİR	Jeoloji Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Özgür ÇAKICI	Elektrik Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Özgür YALÇINDAĞ	Jeofizik Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Tamer CİNEL	Şehir Plancıları Odası Kayseri Şube Başkanı
Taylan ÖZTÜRK	Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi
Türkmen ARIKAN	Kayseri Tabip Odası Başkanı
Uğur Nuri AKIN	TEB 12. Bölge Kayseri Eczacı Odası Başkanı
Umut VURAL	Maden Mühendisleri Odası Kayseri İl Temsilcisi

#### **Gündem;**

\* Ülkemizde yaşanan depremlerin sorgulattıkları, Kayseri'ye etkileri ve alınması gereken önlemler nelerdir?

## 1. GİRİŞ

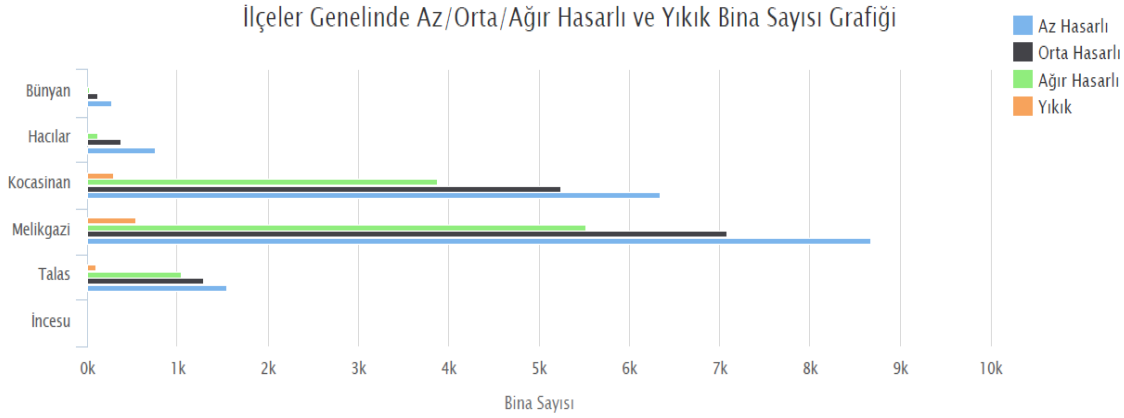
Ülkemizde asrın felaketi olarak adlandırılan 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ili Pazarcık merkezli 7.7 büyüklüğünde ve Elbistan Merkezli 7.6 büyüklüğünde yaşanan iki deprem ile 20 Şubat 2023 tarihinde Hatay ili Defne ilçesi merkezli 6.4 büyüklüğünde depremler gerçekleşmiştir. Depremlerin yakın zaman aralıklarında meydana gelmesi ve ülkemizde artçı sarsıntılarının da şiddetli şekilde devam ediyor olması sonucunda çok sayıda can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Yaşanan depremlerden Kayseri ilimizin ne kadar etkilendiği ve olası bir deprem durumunda depremin zararlarını azaltmaya yönelik yapılması gereken çalışmalar ile ilgili TMMOB' a bağlı Meslek Odaları tarafından gerekli analizler yapılarak "Kayseri Deprem Raporu" oluşturulmuştur.

Kayseri'nin jeolojik yapısını incelediğimizde aktif fay hatları bulunmaktadır. Aktif faylardan Erciyes Fay Zonu geçmişte VIII (mercalli) şiddetinde deprem üretmiştir.

Değiştirilmiş Mercalli şiddet ölçeği (Modified Mercalli Intensity Scale, MMIS)		
Şiddet	Büyükölük	Açıklama
I	1.0 - 3.0	Hemen hemen hiç hissedilmez .
II	3.0 - 3.9	Özellikle üst katlardaki bazı insanlar tarafından hissedilebilir.
III		Binalarda bulunanlar, özellikle üst katlarda yaşayanlar açıkça hissederler. Birçok insan sarsıntının deprem olduğunu farkedemez. Duran araçlar hafifçe sallanır. Sarsıntı, büyükçe bir kamyonun geçişi sırasındaki sarsıntıyı andırır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilebilir.
IV	4.0 - 4.9	Gündüz vakti binalarda bulunan hemen herkes tarafından hissedilir, dışarıda bulunanların çok azı sarsıntıyı hisseder. Gece vakti bazılarını uykudan uyandırır. Tabaklar, pencereler ve kapılar sarsıntının etkisi ile titreşime geçer; duvarlardan çatlıyormuşçasına sesler gelir. Büyük bir tırın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Duran araçlar görünür bir şekilde sallanır.
V	5.0 - 5.9	Hemen hemen herkes tarafından hissedilir ve gece vakti çoğu insanı uykusundan uyandırır. Bazı pencereler ve tabaklar kırılır. Dengesiz nesnelere devrilir. Sarkaçlı saatler durabilir
VI		Herkes tarafından hissedilir ve korku verir. Bazı ağır mobilyalar hareket eder; sıvalarda dökülmeler gözlenir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.
VII	6.0 - 6.9	Tasarımı ve inşaatı çok iyi olan yapılarda gözardı edilebilecek bir hasara yol açarken; iyi inşa edilmiş sıradan binalarda hafif ya da orta ölçüde hasar gözlenir; kötü malzeme kullanılmış ya da kötü inşaa edilmiş binalarda önemli ölçüde hasara neden olur. Bazı bacalar yıkılır.
VIII		Özel olarak tasarlanmış binalarda hafif hasar; normal yapılarda orta hasar zayıf binalarda ise oldukça büyük hasara yol açar. Bacalar devrilir, üst üste yerleştirilmiş malzemeler devrilir, duvar ve kolonlar yıkılır. Ağır mobilyalar devrilir.
IX	7.0 ≤ M	Özel olarak inşaa edilmiş binalarda orta ölçekte hasar oluşurken; iyi inşaa edilmiş kafes yapılar ekseninden kayar. Normal binalarda büyük hasar oluşur ve yer yer yıkılmalar gözlenir. Binalar temellerinden kayarlar.
X		İyi inşaa edilmiş ahşap yapılardan bazıları yıkılırken; taş ve kafes yapıların büyük bir çoğunluğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.
XI		Birkaç yapı (özellikle taş) dışında tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demiryolları büyük oranda eğilir ve bükülür.
XII		Bütün binalar yerle bir olur. Ufuk çizgisi oynak bir yüzeye dönüşür. Nesnelere havada uçar.

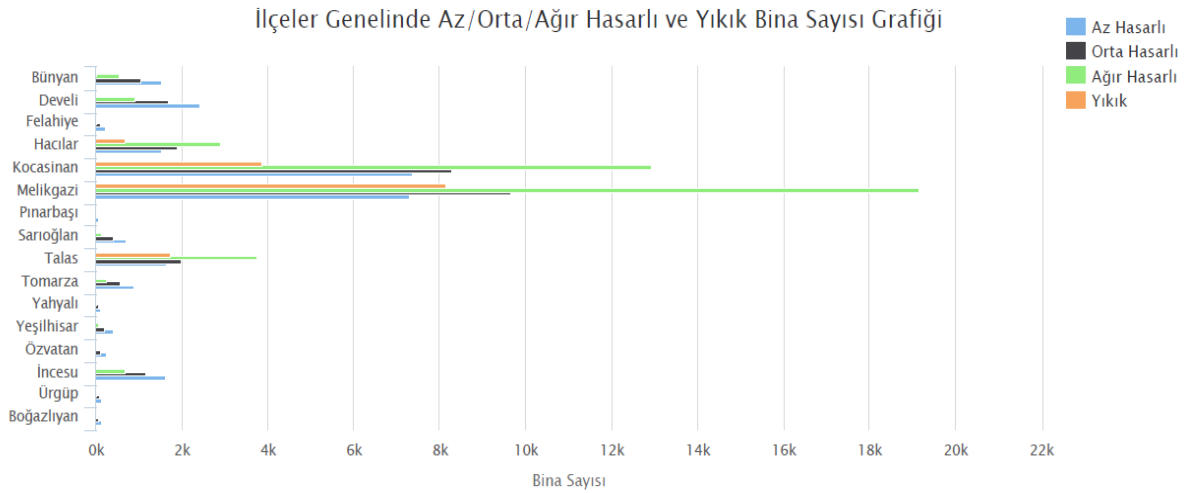
AFAD Planlama ve Risk Azaltma Dairesi tarafından oluşturulmuş olan İRAP raporunu incelediğimizde aşağıdaki tablo Kayseri’ de 6.0 ve 6.8 büyüklüğündeki depremlerin binalarda oluşabileceği hasarı açıkça göstermektedir.

**Şekil 1-** 6.0 Mw Büyüklüğünde Bir Deprem İçin İlçe Bazında Tahmini Hasarlı Ve Yıkık Bina Sayısı



Kaynak: Kayseri İRAP-2021 Raporu

**Şekil 2-** 6.8 Mw Büyüklüğünde Bir Deprem İçin İlçe Bazında Tahmini Hasarlı Ve Yıkık Bina Sayısı

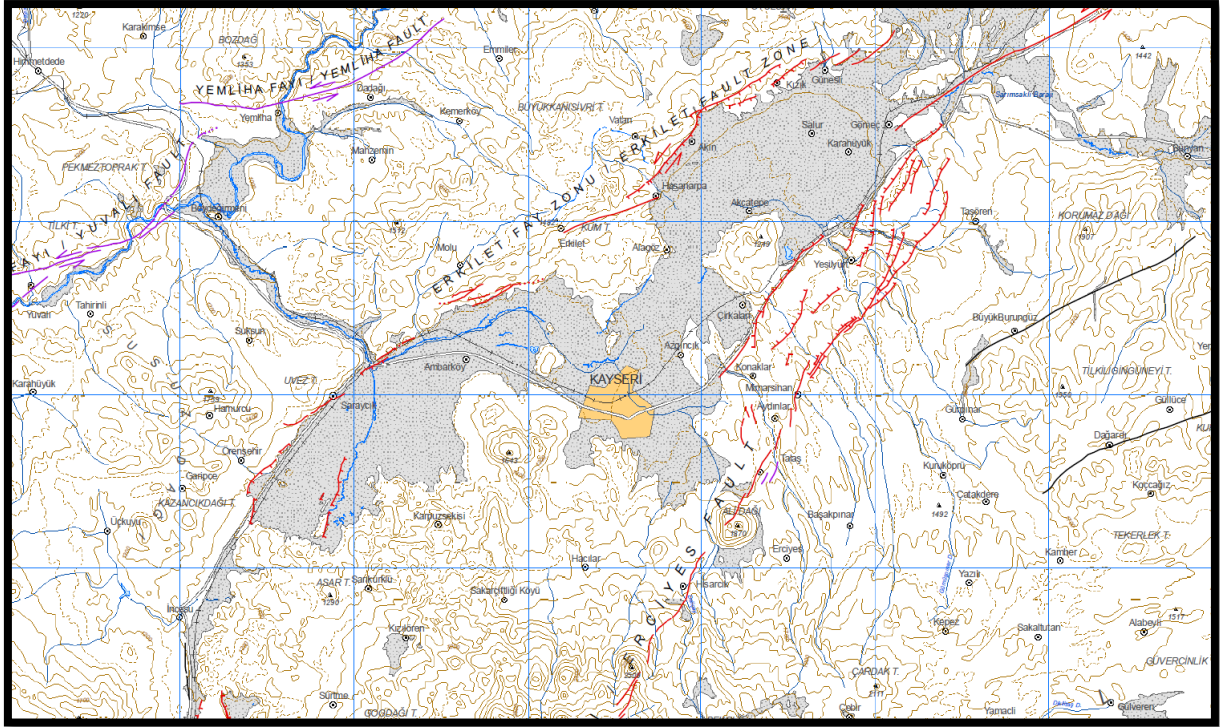


Kaynak: Kayseri İRAP-2021 Raporu

## 2. KAYSERİ’NİN JEOLJİ ve TOPOĞRAFYA YAPISI

Kayseri il merkezi Erciyes dağının eteğindeki kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı bir ova üzerinde kurulmuştur. Jeolojik olarak büyük ölçüde geniş yayılım gösteren çok genç yaşlı volkanik kayalar ve şehir merkezinin de kurulduğu ovayı dolduran alüvyon çökelleri oluşturur. Bu birimler arasındaki sınır çoğu yerde diri faylar tarafından oluşturulmuştur (Şekil 3).

**Şekil 3-** TDFH na göre Kayseri ve çevresindeki diri faylar (Kırmızı renkli kalın çizgiler diri faylardır. Gri noktalı alanlar alüvyon birimlerini göstermektedir. Emre vd., 2013 ten alınmıştır)



### 2.1. KAYSERİ İLİNİ ETKİLEMİŞ OLAN ÖNEMLİ DEPREMLER

Kayseri 1900 yılı öncesi çok sayıda depremden etkilenmiştir. Ancak yörede çok sayıda diri fay bulunması ve bunların sıklıkla deprem üretmiş olması yüzünden Kayseri içerisinde geçen fay(lar)ın tarihsel dönemde hangi tarihlerde ve hangi büyüklükte deprem ürettikleri çok net olarak bilinmemektedir.

Kayseri'nin belgelere dayanan tarihsel depremleri 1714, 1717 ve 1835 depremleridir. Ancak 1714 ve 1717 depremlerinin aynı depremler olması göz ardı edilmemelidir. 1717 Kayseri depremi VIII şiddetinde orta büyüklükte bir depremdir. Bu depremde özellikle Erkiyet, Molu, Güneşli ve Kayseri il merkezi ağır hasar görmüş ve çok sayıda can kaybı vermiştir. Bu depremde Kayseri il merkezindeki tarihi Ulu Cami ağır hasar görmüştür. Depremin neden olduğu toplam can kaybı 8331 olarak rapor edilmiştir. VIII şiddetindeki 1835 depreminde ise Akçakaya, Talas, Aydınlar, Mimarsinan, Bahçeli, Yeşilyurt, Gezibağları, Gömeç, Kayseri il merkezi dahil birçok yerleşim alanı ağır hasar görmüştür. Bu deprem sırasındaki toplam can kaybının ise 600 ile 1064 arasında olduğu rapor edilmiştir.

Bu deprem sırasında yüzey kırıkları da oluşmuştur. Özetle 1717 ve 1835 Kayseri tarihsel depremleri, Kayseri ilini sınırlayan Orta Anadolu Fay Zonuna bağlı oluşmuş olup bu fay zonunun aktif olduğunu açık biçimde kanıtlamaktadır.

1900 sonrasında (aletsel dönem) Kayseri’de 1940 yılında büyüklüğü 5,2 ve 1960 yılında 4,7 olan deprem dışında büyüklüğü 4 ten fazla olan çok sayıda deprem meydana gelmiştir. 2 Şubat 2021’de Kayseri Sarioğlan’da meydana gelen 4.6 büyüklüğündeki deprem halkı korku ve paniğe sevk etmiştir. En son 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş ili Pazarcık merkezli 7.7 büyüklüğünde ve Elbistan Merkezli 7.6 büyüklüğünde yaşanan iki deprem ile 20 Şubat 2023 tarihinde Hatay ili Defne ilçesi merkezli 6.4 büyüklüğünde depremler gerçekleşmiştir. Kahramanmaraş merkezli depremlerden dolayı Sarız’da da birçok bina hasar görmüştür. 28 Şubat 2023 tarihlerinde Kayseri İncesu ilçesinde meydana gelen 4.4 ve 4.0 şiddetindeki depremler sonrasında artçı depremler devam etmektedir.

## 2.2. KAYSERİ’DEKİ DİRİ FAYLAR NEREDE?

TDFH na göre Kayseri il merkezi kuzeybatısından ve güneydoğusundan geçen fay zonları tarafından sınırlanır. Bu zonlardan ilki kuzeybatıda olup Erkilet Fay Zonu olarak tanımlanmıştır. Eğim atım bileşenli sol yanal atımlı fay karakterinde olup kuzeydoğu doğrultulu olarak uzanır. Güneydoğuda yer alan Erciyes Fay Zonu ise Erciyes dağı boyunca birbirine paralel çok sayıda faydan oluşur. Talas ilçesinin güneydoğusunu sınırlayan eğim atımlı faylardan oluşur ve kuzeydoğuya doğru devam eder Erciyes Fay Zonu orta-yüksek büyüklükte deprem üretme kapasitesine sahiptir. ( Şekil4-5).

**Şekil 4**-Türkiye Diri Fay Haritasına göre Kayseri kent merkezi ve yakınından geçen diri faylar.

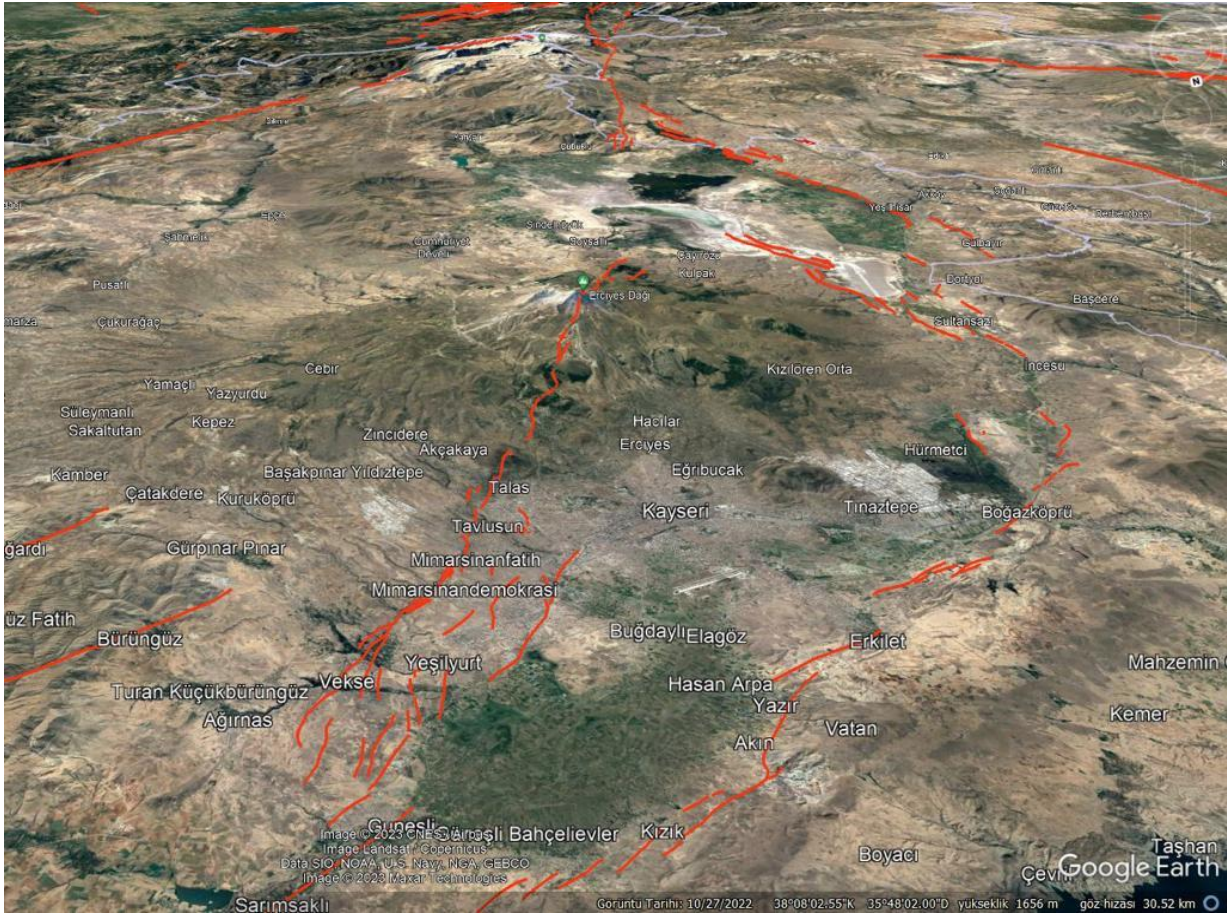


Yerlerinin hassas olarak bilinmemesi nedeniyle faylar 100 m kalınlığında şeritler olarak gösterilmiştir. Yapılacak araştırmalar ile fay yerlerinin hassas olarak belirlenmesi gerekmektedir. Diri fayların haritalanması farklı disiplinlerden veri girişi ile jeoloji mühendisliği temelinde yapılacak paleosismolojik araştırmalar sonucu gerçekleştirilir. Diri fayların yerlerinin imar planlarına altlık oluşturacak hassasiyette haritalanması ile geçmişte hangi büyüklükte ve hangi sıklıkta deprem ürettiği,

Dolayısı ile gelecekte ne zaman ve ne büyüklükte deprem olabileceğine yönelik olasılıkların belirlenmesi jeolojik, jeofizik, jeodezik, jeomorfolojik ve bunlar üzerine oturacak paleosismolojik araştırmalarla mümkündür.

Diri fayların Kayseri il merkezinden geçtiği bilinmekte ise de fayın tam olarak nereden geçtiği ve bu fay üzerinde son birkaç depremin hangi tarihlerde olduğu henüz yeterli detayda araştırılmamıştır. Yapılan bazı araştırmalar ise nazım veya uygulama imar planlarına işlenmemiştir.

**Şekil 5-** Kayseri kent merkezi ve yakınından geçen diri faylar kuzeyden görünüşü.



Kayseri kentinin depremselliği bununla da sınırlı değildir. Kayseri Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde Melikgazi, Kocasinan, Talas ve Yeşilhisar ilçe merkezleri ile yine Kayseri'ye bağlı eski köy/belde niteliğine sahip 18 mahallesi doğrudan fay zonu üstüne oturmaktadır. Yine Kovalı, Sarımsaklı barajları ile Çamlıca HES'in gövde aksı fay zonu üstüne veya oldukça yakınına inşa edilmiş durumdadır. Bu açıdan bakıldığında yapılacak çalışmaların sadece il merkezinde değil kent bütününde yapılmasının önemi ve aciliyeti kendisini açıkça göstermektedir.

### 3. YAPILMASI GEREKEN JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ÇALIŞMALARI

Raporun bu kısmındaki bilgiler; Prof.Dr. Ali KEÇELİ'nin 2012 TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Jeofizik, 2012, 17 dergisindeki "NEDEN JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ETÜTLERİ ZEMİN ETÜTLERİNDE ZORUNLU OLMALI" isimli makalesi ve Doç.Dr. Osman UYANIK'ın 2015 yılındaki "Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması için Makro ve Mikro Bölgeleştirmelerin Önemi" isimli makalesinden derlenerek hazırlanmıştır.

Mühendislik yapılarının üzerinde bulunduğu zeminlerin deprem anındaki davranışları **dinamik** bir hareket olduğundan bu jeolojik birimlerin dinamik parametrelerinin bilinmesi gerekir. Bu dinamik parametreler, sahada yapılan Jeofizik Mühendislik etütleri ile elde edilmektedir. Kentsel yer seçimlerinin de sahada uygulanacak olan jeofizik etütler sonucunda yapılmasının bir zorunluluk olduğu, maalesef son büyük depremlerle bir kez daha anlaşılmıştır:

Bir şehir planlaması ya da imara açılacak alanlar belirlenirken büyük bir deprem beklemeye gerek olmadan ağır hasarlı alanlar; makro, mikro bölgelemeler ve parsel bazında çalışmalar yapılarak belirlenebilir. Dünyanın birçok deprem bölgesinde bilimsel araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların sonucunda ağır hasarlı alanlar, dolgu alanların içerisinde olan gömülü vadilerin ortalarında veya gömülü sırtların kenarlarında sismik odaklanma sonucunda meydana gelir. Ayrıca vadi kenarlarındaki dik yamaçlarda ve düşük hız tabakalarında sismik dalgaların tekrarlı yansımaları (sismik enerji kapanları) oluşarak zemin büyütmesini artırır ve deprem süresini uzatması nedeniyle ağır hasarlı alanlar oluştuğu gözlenmiştir.

Depremde belirli alanlarda çok fazla ağır hasarlar oluşurken diğer alanlarda daha az veya hiç hasar olmamaktadır. Bu durum yerleşim yeri ve civarının derin yeraltı yapısıyla birlikte yüzeydeki zemin özelliklerinin detaylı olarak araştırılmasını gerektirir. Geçmiş depremler ve bu depremlerin ağır hasarlı alanları incelendiğinde, bu durumun, yer içinin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı görülmektedir. Bu nedenle, ülkemizde yapılan yakın-yüzey zemin etütlerinin ağır hasar alanlarının belirlenmesinde tek başına bir anlam ifade etmeyeceği açıktır. Bu yüzden yerleşim yerlerinin makro ve mikro bölgeleştirme çalışmaları yapılmalıdır. Daha sonra yakın-yüzey zemin etüt çalışmalarının yapılması doğru olacaktır.

Dünya üzerinde ağır hasar görülen alanlarda yapılan makro bölgeleştirme çalışmalarından faydalanılarak, Kayseri bölgesinde yapılacak makro ve mikro bölgeleştirme çalışmalarına yön verilebilir. Bu çalışmalar ile deprem olmasını beklemeden ağır hasarlı alanların önceden belirlenmesi hayati önem taşımaktadır. Bu çalışmalar, bir kentin planlanması, planlanmış kentlerin revizyonu ve var olan yapıların güçlendirme maliyetlerini azaltacağı için, şehirler açısından önem taşımaktadır.

#### 3.1. Giriş

Oluşan depremlerle etkilenen sahalarda farklı hasarlar gözlenmektedir. **Yapılarda hasar oluşturan depremlerdeki en önemli etkenler**; depremin büyüklüğü, mekanizması, yeri ve süresi gibi faktörlerin yanı sıra deprem dalgalarının yayıldığı ortamın fiziksel ve yapısal özellikleri ile o ortamın bölgesel davranış özellikleridir. Bu ortamların, oluşan deprem dalgalarını iletme karakteri, dinamik elastik özellikleri, deprem salınımlarını soğurma ve genleştirme gibi etkileri, taban topografyasından kaynaklı deprem dalgalarının odaklama etkisi, düşük hız tabakalarında deprem dalgalarının ardışık yansımaların bir bölgeye kanalize olması gibi bazı durumlar ortamın bölgesel özelliklerini oluşturur. Mühendislik yapıları üzerine etkiyi büyük ölçüde bu özellikler yansıtır.



Belirli bir yerdeki elastik dalga; titreşimin süresi ve şiddetine, deprem kaynağına olan uzaklığa, depremin büyüklüğüne ve o yerin zemin özellikleri gibi birçok faktöre bağlıdır (Bullen ve Bolt, 1985). Kaynaktan yayılan sismik dalgalar zemin tabakalarına erişinceye kadar, kabuğu oluşturan ana kaya içinde kilometrelerce yol almalarına karşın, zemin tabakaları içinde aldıkları yol genellikle 100m'den daha azdır. Fakat zemin tabakaları, yeryüzünde gözlenen hareketin özelliklerini belirlemede önemli role sahiptir. Zemin tabakaları sismik dalgalar için bir süzgeç gibidir. Bazı frekanslardaki sismik dalgalar sönmümlendirilirken bazıları da büyütülür.

Yumuşak zeminlerde deprem hareketinin genliğinin artmasının başlıca nedeni zemin ile onun altındaki ana kaya arasındaki sismik empedans farkıdır. Sismik empedans, tanecik hareketine karşı ortam direncinin bir ölçüsü olarak düşünülebilir (Aki ve Richards, 1980). Buradan hareketle, zemin büyütmelelerinde ana kaya ile üstteki tabakaların sismik hız değerlerinin ve hakim periyotlarının önemi ortaya çıkmaktadır.

**Gevşek, bol gözenekli jeolojik koşullar sismik dalga genliğini büyütmektedir.** Bu nedenle gevşek ve bol gözenekli birimler sıkı ve sert kayalara göre daha çok sarsılmaktadır. Zeminin sıklık veya gevşekliğini belirlemek için jeoteknik deneylerin dışında kayma dalga ölçümleri de etkin olarak kullanılmaktadır. Küçük kayma dalga hızına sahip zeminler deprem sarsıntısını büyüterek daha büyük hasara neden olmaktadır.

Bilindiği üzere mühendislik yapısı, kurulduğu ortama statik olarak etki yapmaktadır ve ortamın dengesini bozmaya çalışmaktadır. Aynı zamanda bu ortamın da bir parçasıdır. Dolayısıyla yapının yapılacağı ortamın bilinmesi ve mühendislik yapısı ile ortamın dengelerinin kurulması gerekmektedir. Bu dengeyi oluşturabilmek için deprem dalgalarının zemindeki yayılımı ve salınımı, yeraltı yapısının deprem dalgalarına göstereceği direnç ve dinamik özellikleri bilinmelidir (Uyanık vd., 2006).

Yapılaşma alanı olan bir bölgede meydana gelebilecek bir depremin yaratacağı etkiler belirlenmeye çalışıldığında, bu bölgenin zemin özelliklerinin yapılara nasıl etki edeceği ve bu etkilerin değişiminin bilinmesi çok önem kazanmaktadır. Dolayısıyla deprem sonucunda hasarların azaltılabilmesi için dinamik kuvvetler altında farklı davranış gösterecek bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda yapılan jeoteknik çalışmalar ile daha az hasar görebilecek zeminler belirlenebilmektedir.

### 3.2. Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi

Depremde ağır hasarlı alanların önceden belirlenmesi için deprem parametreleri ve yerel zemin koşullarının bilinmesi hayati önem taşımaktadır. Deprem parametreleri olarak depremin uzaklığı, odak derinliği, büyüklüğü, süresi, ivmesi ve fayın geometrisi gibi parametrelerin bilinmesi deprem senaryoları açısından önemlidir. Deprem hasarında yerel zemin koşullarının etkisi düşünüldüğünde; zemin sıvılaşması, zemin büyütmesi, zemin hakim titreşim periyodu ve yapı periyodu, zeminin ivme değeri, alüvyon kalınlığının etkisi, zeminin taşıma gücü, zeminin Vs(30) değeri, zeminin türü ve bunun gibi parametrelerin belirlenmesi gereklidir.

Günümüzde önceden deprem tahmini mümkün değildir, ancak deprem ağır hasar mevkilerinin tahmini mümkündür. *Bunun için büyük bir deprem beklemeye gerek yoktur. Depremde oluşacak ağır hasar alanların önceden belirlenmesi* için üç aşamalı çalışmalar yapılması gereklidir. Bu aşamalar makro bölgelendirme, mikro bölgelendirme ve parsel bazında çalışmalar olarak sıralanabilir.

#### 3.2.1. Makro Bölgelendirme

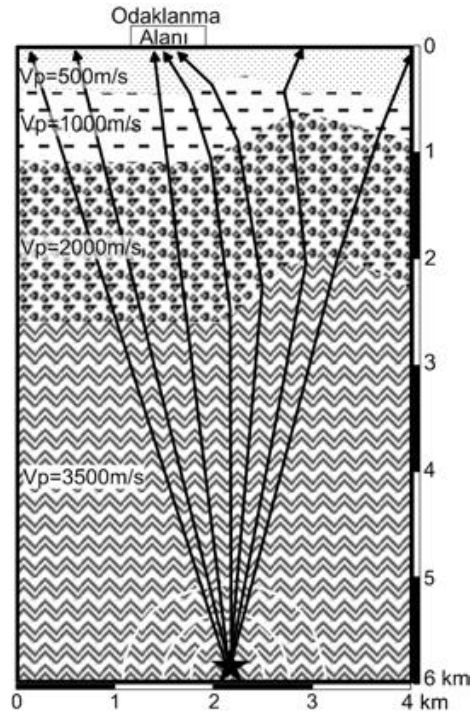
Makro bölgeleme için derin yeraltı yapısının çözümlenmesi gereklidir. Eğer yerin iç yapısının fiziksel ve yapısal özellikleri homojen olsaydı deprem dalgalarının yeryüzünde dairesel bir şiddet dağılımı göstermesi gerekirdi. Birçok araştırmacı dünyadaki birçok depremde kaya veya zemin olan sahalarda ağır hasarlar oluşabilirken gevşek zeminlerde çok daha az hasar olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu hasarın yeraltının heterojen yapısal özelliklerinin deprem hasar şiddetini

artırmasından kaynaklandığı sonucunu elde etmişlerdir. Motosaka ve Nagana (1997) 1995 Kobe depreminde deprem dalgalarının odaklama yaparak ağır hasarlı alanlar oluşturduğunu belirtmiştir. Ayrıca, Alvarez (1990), 1985 Mexico City depreminde depremin merkezinden 400km uzakta olan şehirde 2m eninde 1.5km uzunluğunda bir alanın çökmesiyle ağır hasarlı alan oluştuğunu belirtmiştir. Bu durum, kireçtaşı içerisindeki düşük hızlı bir seviyede ardışık yansımaların oluşması ve şehrin altında derin bir kanyonun varlığının jeofizik yöntemler ile belirlenmesiyle açıklanmıştır (Keçeli, 2009).

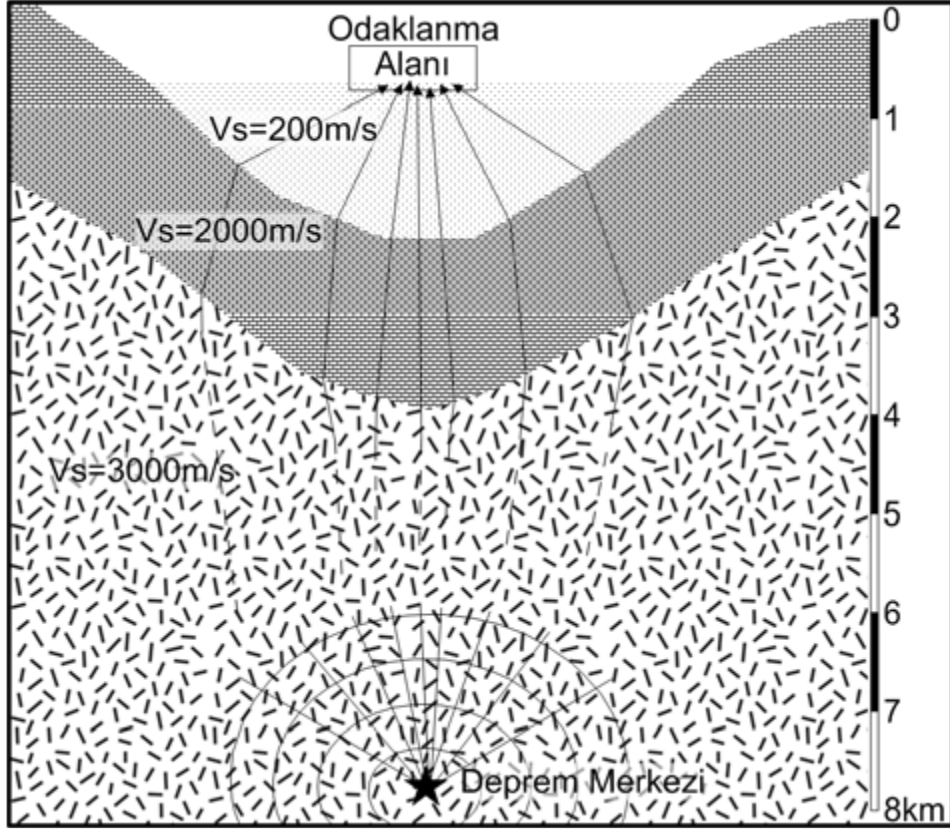
Yer içi yapısının durumuna bağlı olarak deprem dalgaları yönlendirilmektedir. Özellikle derindeki anakaya topografyasının ondülasyonlu yapısı deprem dalgalarını odaklar ya da dağıtır. Bu yüzden deprem dalgalarının hangi alanlara odaklandığı yer iç yapısının çözülmesi ile ortaya konulabilir. USGS (2000) deprem dalgalarının, derindeki ondülasyonlu arayüzeyden geçerken dalga hızlarının ve yöneliminin değiştiğini ve yüzeye yakın ondülasyonlu arayüzeyde tekrar değiştiğini belirtmiştir. Dolayısıyla, derin ve yakın-yüzey yeraltı yapısı ve tabakaların yanal yöndeki yayılım şekli deprem dalgalarını yönlendirerek odaklama ya da saçılma yapmaktadır.

Odaklama bölgeleri ağır hasarlı alanları oluştururken, saçılma bölgeleri sarsıntı şiddetini %75 civarında azaltmaktadır. Bunun dışında gevşek ve suya doymuş kalın zeminler, sismik dalga genliğini büyütürken, daha fazla sarsılmaktadırlar. Zeminlerin sıklığı ya da gevşekliğini belirlemek için kayma dalga hızının belirlenmesi gerekmektedir. Böylece gevşek suya doymuş zeminlerin alanı çok rahat belirlenebilir. Havza altındaki taban kayanın içbükey olması durumunda deprem dalgaları odaklama yaparak ağır hasarlı alanları oluştururken dışbükey topografya deprem dalgalarını saçarak hasarsız ya da az hasarlı bölgeleri meydana getirmektedir (Şekil 6 ve 7).

**Şekil 6.** Odaklanma ve saçılma etkilerinin bilgisayar simülasyonu (USGS,2000' den düzenlenmiştir.)



Şekil 7. Deprem dalgalarının odaklanması.



Tabankaya topoğrafyası, deprem şiddetini ve titreşim süresini 2-3 kat artırabilmekte veya azaltabilmektedir. Tabankaya topoğrafyasına bağlı ağır deprem hasarlarının dağılımı, belirli yerlerde ve deprem merkezinden uzakta meydana gelebilmektedir. Kentlerin yerleştiği alanlarda, derinlerdeki tabankaya topoğrafyasının saptanması bir zorunluluktur. Ayrıca deprem dalgaları, içinde ilerledikleri jeolojik birimlerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak, bazı birimlerde hızlı bazılarında ise yavaş ilerler. Yer içindeki düşük hızlı ara ortamlarda ilerleyen deprem dalgaları, ardışık olarak yansıma ve kırılmalarla bu düşük hızlı ortamda yoluna devam eder. Bu şekilde belli bir bölgeye kanalizasyon olan deprem dalgaları yeryüzünde diğer bölgelere göre daha fazla hasar oluşmasına neden olurlar. Yeraltındaki bu tür ortamların tespitleri jeofizik etütlerle ortaya konulabilir (Keçeli,2012).

### 3.2.2. Mikro Bölgeleme

Mikro bölgeleme, büyük ve geniş çalışma alanlarını daha küçük bölgelere ayırma olarak tanımlanır. Ancak günümüzde mikro-bölgeleme yalnızca çok büyük alanları zemin cinslerine ve dinamik davranışlarına göre daha küçük bölgelere ayırmak olarak algılanmamalıdır. Mikro bölgeleme, çalışma alanındaki zemin türleri, bu zeminlerin dinamik özellikleri, uzak ya da yakın depremler sırasındaki bu zeminlerin davranışları ve bu zeminler üzerine inşa edilecek olan yapıların maruz kalacağı kuvvetlerin önceden hesaplanması olarak algılanmalıdır.

Jeofizik yöntemlerden sismik yöntemler ile mühendislik problemlerinin çözümünde; katman kalınlıkları ve derinlikleri, katmanların sismik hızları, katmanların dinamik elastik özellikleri, yeraltı yapısı ve sağlam zemin derinliği, tektonik oluşumların ve örtülü fayların konumları, zeminin hakim titreşim periyodu, zeminin hasar büyütmesi ve sıvılaşır ya da sıvılaşmaz zeminler saptanmaktadır. Bunun yanında sismik yöntemlerden elde edilen zeminin dinamik parametreleri ile zeminlerin

gözenekli yapısı, kayaçların ise kırıklı, çatlaklı ve altere (bozmuş) zonları ortaya çıkarılabilmektedir. (Uyanık,2015)

Mikrobölgeleme etütlerinde sismik dalgaların yayılım yollarına bağlı potansiyel ağır hasar mevkilerini tahmin edebilmek için kesinlikle yeraltı jeolojik yapısı ve özellikle tabankaya topoğrafyası ile mekanik özelliğinin en az 100 metre derinlikte tespit edilmesi ve yeraltısuyu seviyesinin haritalanması ve saptanacak potansiyel ağır hasar mevkilerinin imar planlarında sakıncalı olarak yer alması şarttır. Bu bakımdan, mikrobölgeleme veya parsel etütlerinde 20-30 metre derinlikli etütler ancak mühendislik yapısı yüküne bağlı oluşacak aktif derinlik sınırlarında zemin oturması ve zemin sıvılaşması saptaması için yeterli olabilir. Kaldı ki son depremlerde de gözlemlendiği üzere, aynı parsel içinde kalan yapılarda bile farklı hasarlar oluşabilmektedir. Bir noktada yapılan sondajın bütün parseli yansıtmadığını anlamak için büyük depremlere ihtiyacımız yoktur. Jeofizik etütler, parselin bütünü hakkında dinamik parametreleri elde etmemizi sağlar.

20-30 metre derinlikli, sadece bir noktayı tanımlayan zemin etütleri, deprem dalgalarının odaklanmasının ve ardışık yansımalarının sebep olabileceği potansiyel ağır hasar mevkilerini belirlemek için yeterli değildir. Sadece 20-30 metre derinlikli etütlerle yetinmek **deprem riskli bölgeler için günü kurtarma etütleri olup eksik ve sakıncalıdır** (Keçeli, 2012)

Örneğin; ağır hasarların meydana gelmesinde önemli faktörlerden biri olan ve depremde oluşan, P (boyuna) ve S (kayma) dalgalarından çok büyük genlik ve periyoda sahip yüzey dalgasının etkin derinliği 30-40 metrelere kadar inebilmektedir. Bu nedenle, zemin etütlerinde 30 metre derinliğe kadar olan zemin birimlerinin sınıflamasının sismik kayma dalgası hızı, yüzey dalgasına yakın olan öncelikle yüzey dalgası hızıyla yapılması ABD Deprem Hasarları Azaltma Ulusal Programı (National Earthquake Hazards Reduction Program, (NEHRP)) koşulu ve AB standardı olmuştur.

Mikrobölgeleme, çalışma alanındaki zemin türleri, bu zeminlerin dinamik özellikleri, uzak ya da yakın depremler sırasındaki bu zeminlerin davranışları ve bu zeminler üzerine inşa edilecek olan yapıların maruz kalacağı kuvvetlerin önceden hesaplanması olarak algılanmalıdır.

Mikrobölgeleme etütlerinde, potansiyel ağır hasar mevkileri için ada veya parsel bazında, jeofizik etütler olmadan zemin ve temel etütleri yapmak sakıncalıdır. Bu bakımdan, ada veya parsel bazında zemin ve temel etütlerinde **söz konusu etkileri dikkate almayan raporlar eksik ve sakıncalıdır**. Çünkü olası bir ağır hasar mevkiinde zemin ve temel etüdü raporunun dayanağı yoktur. Açıklandığı üzere, deprem ağır hasarlarına sebep olabilecek gömülü potansiyel tabankaya topoğrafyasının saptanması ancak jeofizik mühendisliği etütleriyle mümkündür. Jeofizik mühendisliği etütlerinin diğer bir avantajı yer içinin iki ve üç boyutlu tomografisinin elde edilebilmesidir.

Mikrobölgeleme sonucunda; olası bir depremde ağır hasar olabilecek alanların önceden belirlenmesinin yararı, önceden belirlenen ağır hasar alanlarındaki mühendislik yapılarının güçlendirilmesine öncelik verilerek deprem tehlikesi zararlarını azaltma çalışmalarında ekonomik yarar sağlamaktadır.

### 3.2.2.1. Kayma Dalga Hızı, Vs(30)

**Tablo 1.** Eurocode8'de Vs(30)'a göre Zemin Sınıflaması (CEN, 2004).

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_s > 800$
B	Çok sıkı kum, çakıl ya da çok sert killer	$360 < V_s \leq 800$
C	Sıkı yada orta sıkı kum, çakıl veya sert kil	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşek'den orta sıkı'ya kadar kohezyonsuz zemin veya yumuşak-sert arası Kohezyonlu Zemin	$180 < V_s$

Deprem dalgalarından yeryüzüne ikinci olarak ulaşan kayma (enine) dalgalarıdır. Kayma dalgaları parçacık hareketine dik yönde ve sadece katı ortamlarda yayılırlar. Yani sıvılarda ve gazlarda yayılamazlar. Bu dalgaların katılardaki hızı 50-4000m/s arasında değişir. Kayma dalga hızları zeminin mukavemetini yansıtan bir parametredir. Bu yüzden kayma dalga hızına bağlı zemin sınıflamaları verilmektedir.

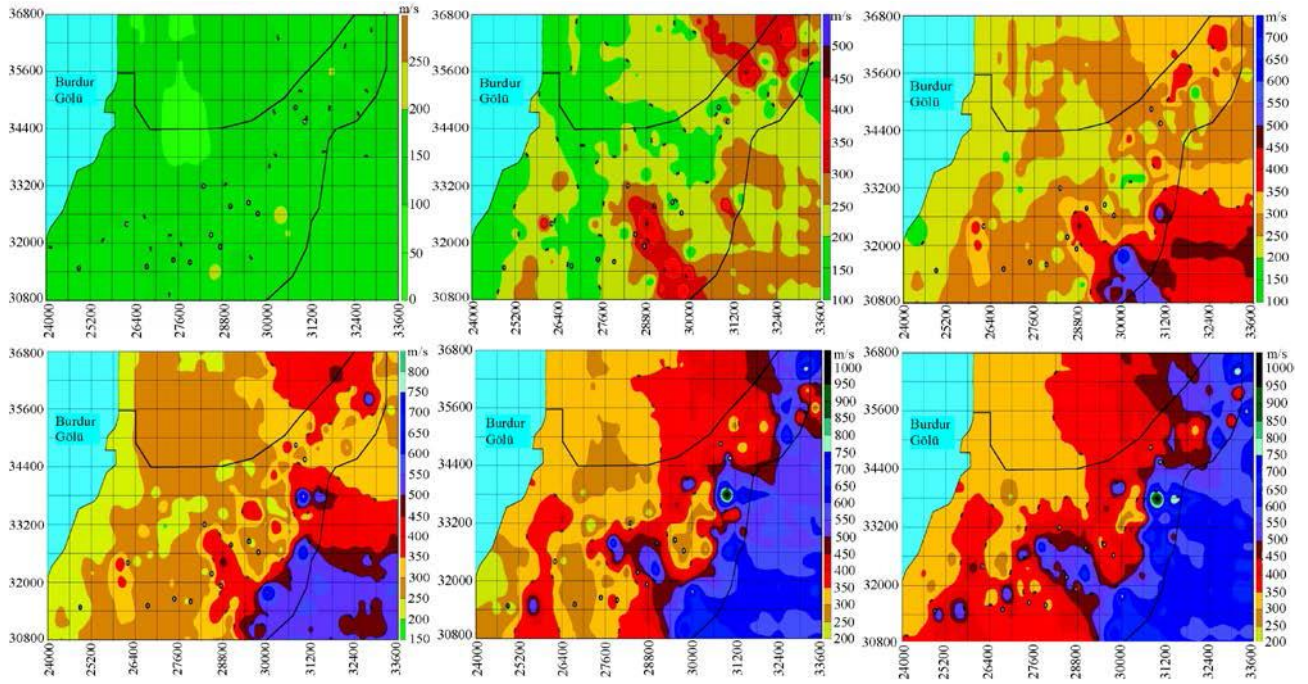
**Tablo 2.** NEHRP Hükümlerinde ve Uniform Building Code'da Vs(30)'a göre Zemin Sınıflaması (BSSC, 1997)

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sağlam Kaya	$V_s > 1500$
B	Kaya	$760 < V_s \leq 1500$
C	Çok Sıkı-Sert Zemin yada Yumuşak Kaya	$360 < V_s \leq 760$
D	Sert-Sıkı Zemin	$180 < V_s \leq 360$
E	Zayıf Zemin	$V_s < 180$

Bu parametre zemin sınıflamalarında ve bina kodlarının belirlenmesinde önemli bir parametredir. Ayrıca kayma dalga hız modellerinden tahmin edilen alan sınıflamaları güçlü sarsıntılarının etkilerinin önceden tahmin eşitliklerinin türetilmesinde, deprem hasarı, azaltma haritalarının yapımında ve bina kodlarının belirlenmesinde de önemlidir.

Bu konu ile ilgili örnek olarak, Doç.Dr. Osman UYANIK tarafından önceki yıllarda Burdur bölgesinde yapılan bir çalışmada, Burdur yerleşim alanı ve civarında alınan sismik kayma dalga hızlarından yararlanılarak değişik derinliklerdeki seviyeler için sismik dalga hızı haritaları yapılmıştır.

**Şekil 8.** Burdur bölgesinin farklı derinlikleri için kayma dalga hız haritaları (soldan sağa doğru sırayla 0-2m, 2-4m, 4-8m, 8-12m, 12-16m ve 16-20m derinlikler) (Uyanık vd., 2006'dan düzenlenmiştir).



- Kayma dalga hızlarının 200m/s den küçük olması bu zeminlerin kayma mukavemetinin zayıf olduğunu belirtir. Bu seviyeye yerleştirilen temellerde oturma kaçınılmazdır.
- 300-500m/s arasındaki kayma dalga hızları orta dayanımlı zeminleri tanımlar. 4-8m derinlik için haritada koyu renkli alanlarda sismik enine dalga hızlarının 450m/s ye yükselmesi orta dayanımlı zeminleri, diğer bölgelerde 300m/s nin altında olması gevşek yapıdaki zeminleri tanımlar.
- Yeraltı suyu seviyesi yüksek ve zemin kumlu siltli ise sıvılaşma potansiyeli söz konusudur. 8-12m derinlik için sismik kayma dalga hız haritasında, önceki haritalara nazaran,  $V_s=700\text{m/s}$  civarındaki hızlar gözlenmektedir.
- Bu hızlar haritanın güney doğusunda yoğunlaşmaktadır. Bu durum, Burdur formasyonunun yüzeye en yakın kesimlerini göstermektedir. Daha derinler için kayma dalga hız haritalarında 500m/s'nin üzerine çıkan sismik kayma dalga hızları dayanımlı katmanları tanımlarken 700m/s civarında enine dalga hızları da ana kayaya ulaşıldığını göstermektedir.

### 3.2.2.2. Zemin Hakim Titreşim Periyodu (Etkin frekans)

Depremler esnasında zeminin hakim titreşim periyotlarının mikrotremor ve mikro-sismik titreşimlerden elde edilen hakim titreşim periyotları ile çok benzer olduğu belirtilmiştir (Kanai vd.,1966). Bu durumda mikro sismik çalışmalarla elde edilen zemin hakim titreşim periyotları ile depremin zeminde oluşturacağı hakim periyotlar hakkında önceden bilgi edinilebilir.

Hakim titreşim periyodunun büyük değerleri, suya doymuş ve yumuşak topraklarda, küçük değerleri ise kayalarda elde edilir. Zeminlerin hakim titreşim periyodu genelde 0-1.2s arasında değişebilir. 0.4s kaya ile zemini ayıran sınır değerdir. Bilindiği üzere, deprem dalgalarının hakim periyodu ile zeminin hakim periyodu birbirine yakın olduğunda rezonans olayı gerçekleşir. Aynı durum zeminin hakim periyodu ile bina periyodunun çakışması durumunda da gerçekleşir. Bu yüzden zeminin hakim titreşim periyodunun ne olacağını önceden belirlenmesi bina periyodunun belirlenmesi açısından önemlidir. Zeminin hakim titreşim periyodunun ( $T_0$ ) belirlenmesi durumunda zeminin alt ve üst hakim periyotlarını yani spektrum karakteristik periyotlarını aşağıdaki ilişkiler ile belirlemek mümkündür.

$$T_A = T_0 / 1.5$$

$$T_B = T_0 \times 1.5$$

Bu  $T_A$ ,  $T_B$  katsayıları yerel zemin sınıfı belirlemede ve yapılacak bina periyodunun seçiminde kullanılmaktadır. Bina periyodu,  $T_A$  ve  $T_B$  periyotları arasında seçilmemelidir.

İnşaat mühendislerinin ihtiyacı olan, zeminin **dinamik** parametrelerini, ancak jeofizik mühendisliği etütleri ile elde edebiliriz. Mühendislik yapısının yükseleceği zeminin “hakim titreşim periyodu” (etkin frekansı), jeofizik etütler sonucunda tespit edilmeden yapı yüksekliğine karar verilmemelidir. Özellikle eski yapılarda bu özelliğin araştırılması gerekmektedir.

### 3.2.2.3. Zeminin Deprem Hasarını Büyütmesi

Deprem bölgelerinde yapılan çok sayıda araştırmalar neticesinde, yüzeydeki bazı zemin cinslerinin deprem şiddetini ve dolayısıyla yapılardaki hasarı artırdığı tespit edilmiş ve zeminler relatif şiddet artışlarına göre ayıklanmıştır (Medvedev, 1965). Zemin cinslerine göre depremin şiddet artışı Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Zemin Cinsleri ve Gözlemsel Sonuçlara Göre Verdikleri Şiddet Artış Değerleri (Medvedev,1965).

Zemin Cinsi	Şiddet Artış Değerleri
Granit	0
Kalker ve Kumtaşı	0-1
Orta sağlamlıktaki zeminler	1
Yamaç molozu-Birikinti konisi gibi iri parçalı zeminler	1-2
İri çakıl ve çakıllı zeminler	1-2
Kumlu zeminler	1-2
Killi zeminler	1-2
Gevşek toprak dolgu zeminler	2-3

Bu tablo dışında dolgunun kalınlığı ve ana kaya topografyasının dik meyilli oluşu da deprem şiddetini artırmaktadır. Medvedev (1965) de zeminlerin sismik empedansı ile şiddet artış değerleri arasında logaritmik bir bağıntı geliştirmiştir.

Saha çalışmaları sonucunda zeminin şiddet artış değeri 0-3 arasında değişebilir. Şiddet artış değerinin sifıra yakın değerleri sağlam zeminlerde, 3’e yakın değerleri ise yumuşak ve dolgu zeminlerde elde edilir. Bu metodun pratikliği ve hesap kolaylığı vardır. Ancak, metodun matematiksel esası ortamı tam elastik kabul eder. Fakat tam elastik bir ortam bulmak mümkün değildir. Ayrıca yöntem, şiddet artışına neden olarak zeminlerin fiziksel özelliklerini dikkate almaktadır. Pratikte bu metodun hesapladığı deprem şiddet değeri, mühendisler tarafından, yapıların depreme karşı hesabında doğrudan kullanılmamaktadır. Ancak bütün eksikliklerine rağmen düşük katlı ve rijit yapıların projelendirilmesinde emniyetle uygulanmaktadır.

#### 3.2.2.4. Zemin Sıvılaşması

Suya doymun kumlu zemin tabakaları depremin tekrarlı yükleri altında daha sıkı duruma geçmeye zorlanır. Bu anda boşluk suyu basıncı artar ve zemin daneleri arasında bulunduğu düşünölen efektif çevre gerilmesinin azalmasına, hatta sıfır olmasına neden olur. Kumlu seviyelerde efektif çevre gerilmesinin sıfır olması kayma mukavemetini yok eder. Bu durumda zemin bir sıvı gibi davranır ve büyük şekil değiştirmeleri gösterir.

Doğada arazinin topografyasına ve tabakalaşmaya bağlı olarak bir deprem sırasında kum tabakalarında oluşan sıvılaşmaların genellikle iki tip olaya yol ağtığı söylenebilir. Bunlardan ilki eğimli bölgelerde sıvılaşma nedeniyle bir şev kaymasının oluşması, ikincisi ise arazinin düz olduğu yerlerde sıvılaşmadan dolayı yapılar da temellerin göçme ve oturma olayıdır.

Kayseri bölgesi hem eğimli hem de düz alanlar üzerine kurulmuştur. Bu alanlardaki yeraltı su seviyesinin altındaki suya doymun kumlu ve siltli seviyelerdeki Vs değerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu seviyelerin Vs'leri (Uyanık vd. (2013) - kayma dalga hızından sıvılaşma analiz yöntemi) kullanılarak sıvılaşma potansiyeli taşıyan bölgenin sınırları çizilmelidir. Sıvılaşma sınırları içerisinde kalan bölgelerdeki binalarda sıvılaşma etkisiyle deprem hasarı daha da artacaktır.

Yeraltısuyuna da bağlı olarak, zeminlerin deprem anında tıpkı sıvı gibi davranacağı bölgeler, jeolojik, jeoteknik ve jeofizik etütlerle tespit edilerek deprem anında ortaya çıkacak **zemin sıvılaşmasının** olacağı bu bölgelere yerleşim **yapılmaması** sağlanmalıdır.

#### 3.2.2.5. En Büyük Yatay Yer İvmesi

Bir deprem sırasında oluşan zemin titreşimleri, deprem odağından çevreye küresel olarak yayılır ve etkinlikleri zemin koşullarına bağlı olarak odaktan uzaklařtıķa azalacaktır. Azalım ilişkileri, zemin parametrelerinin odak noktasından uzaklařtıķa nasıl değişeceğini gösteren ve gözlemsel yollarla çıkarılan işlevlerdir. Magnitöd, depremin büyüklüğü için en geçerli ölçü olmakla birlikte, depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde doğrudan doğruya kullanılamaz. Ancak sıvılaşma analizleri için deprem büyüklüğü ve ivme gibi parametreler kullanılmaktadır. Bundan dolayı, M büyüklüğündeki bir depremin, R odak uzaklığındaki yeryüzünün bir noktasında yapacağı en büyük ivme değerini veren azalım ilişkilerine gerek duyulmaktadır. Depremle ilgili mühendislik hesaplarında yer ivmesinin öneminden dolayı birçok araştırmacı yeryüzünün çeşitli bölgeleri için azalım ilişkileri geliştirmişlerdir. Çünkü deprem sırasında yapıyı etkileyen yanal yükler bu ivmenin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Gözlemsel azalım ilişkilerinin çıkarılması için gerekli veriler, Türkiye'de yeterli miktarda ivme kayıtlarının olmaması nedeniyle yeterli değildir. Bu nedenle, ölkemiz için ve çalışılan değişik bölgeler için azalım ilişkisi formu kurmak olanaksızlaşmaktadır. Bu nedenle, yeryüzünün çeşitli bölgeleri için elde edilmiş olan azalım ilişkilerinin ölkemizde kullanılması zorunlu olmaktadır. Bu azalım ilişkilerinden Kanai (1965) ilişkisi kullanılarak Ecemiş Fay Zonunda oluşabilecek farklı büyüklüklerdeki depremlerin Kayseri bölgesi için meydana getireceği yatay yer ivme değerlerinin; zeminin kayma dalga hızı, zeminin hakim periyodu ve dinamik deprem parametreleri kullanılarak yaklaşık olarak hesaplanması gerekmektedir.

#### 3.2.2.6. Zemin Kalınlığının Deprem Hasarına Etkisi

Deprem dalgalarının yumuşak ve kalın zeminlerde genlikleri büyür ve dalga hızı bu tür zeminlerde yavaşlayarak daha büyük hasarlar oluşturur. Buna karşın kaya zeminlerde deprem dalgalarının genlikleri küçüktür ve dalgalar daha hızlı hareket ederler. Buna benzer birçok problem den dolayı kaya zeminlerde yüksek katlı, yumuşak zeminlerde kısa katlı yapıların yapılması genel bir kaidedir. Japonya'da yapılan bir araştırmaya göre depremde; zemin tabakalarının kalınlığı 300m derinliğe kadar olan bölgelerde yapılan 5-9 katlı binalarda %10, 10-14 katlı binalarda %30, 14 ve üzeri



katlı binalarda %80'e varan hasarlar oluşmuştur. Bu durumda imara açılacak bölgelerin detaylı yer içi araştırmaları yapılarak bina boylarına karar vermek, depremden daha az hasarla kurtulan bir şehir oluşturmanın ilk adımı olacaktır.

### 3.3. Sonuçlar

Daha sağlıklı yerleşim planlarının gerçekleştirilmesi için yöneticiler, jeoteknik çalışmalar yapan mühendislerden asgari olarak aşağıdaki parametrelerin belirlenmesini istemelidir.

☐ Makro bölgelendirmeler için;

- 1- En az 100m derinliğe kadar yeraltının aydınlatılması
- 2- Taban kaya topografyası ve yeraltı yapılarının yanıl değişimlerin saptanması
- 3- Yeraltında gömülü vadi ve tepelerin konumlarının belirlenmesi
- 4- Sismik dalgaların odaklanma alanlarının belirlenmesi
- 5- Olası fayların yüzey ve yeraltı konumlarının belirlenmesi
- 6- Üç boyutlu yeraltı sismik basınç ve kayma dalga hız modellerinin belirlenmesi
- 7- Dinamik parametrelerin saptanması

☐ Mikro bölgelendirmeler için;

- 1- En az 30m derinliğe kadar araştırma yapılması
- 2- Zemindeki birimlerin yanıl ve düşey yöndeki yayılımının belirlenmesi
- 3- Zemindeki birimlerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi
- 4- 30 m derinlik için yeraltı sismik basınç ve kayma dalga hız dağılımının belirlenmesi
- 5- Sıvılaşabilecek alanların saptanması
- 6- Zeminin hakim periyodu, büyütmesi, ivmesi gibi parametrelerin haritalarının belirlenmesi

☐ Parsel bazında çalışmalar için;

1- Ağır hasar alanları belirlenmemiş yerleşim yerlerindeki binada olası bir depremde ağır hasar meydana gelirse sorumlusu kim olacaktır? Bu nedenle, bilinmelidir ki parsel bazında çalışan mühendislerin hazırladıkları raporlar olası ağır hasar alanlarını belirleyecek derinlikler için hazırlanmamaktadır. Bu yüzden makro ve mikro bölgelendirme çalışmaları yerel yönetimler tarafından yaptırılıp parsel bazında çalışan mühendislere yönlendirilmelidir.

2- Olası bir depremde ağır hasar olabilecek alanların önceden belirlenmesinin yararı; önceden belirlenen ağır hasar alanlarındaki mühendislik yapılarının güçlendirilmesine öncelik verilerek deprem tehlikesi zararlarını azaltma çalışmalarında ekonomik yarar sağlamaktadır.

3- Parsel bazında zemin birimlerine ait sismik basınç ve kayma dalga hızları,  $V_s(30)$ , dinamik elastik parametreler, Poisson oranı, zemin taşıma miktarları, oturma, yatak katsayısı, zeminin diğer statik ve dinamik parametreleri belirlenmelidir.

Kayseri merkez bölgesindeki 500 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yapılacak olan makro ve mikro bölgeleme etütleri için, üniversitelerin ve ilgili Odaların da organizasyona dahil olduğu uygun saha ekipleri kurularak geniş kapsamlı bir çalışma yapılmalıdır.

Bu çalışmalardan makro bölgeleme etütleri yaklaşık 6 ay, mikro bölgeleme etütleri ise yaklaşık 4 ay gibi sürelerde tamamlanabilir.

## **4.6 ŞUBAT 2023 KAHRAMANMARAŞ PAZARCİK VE ELBİSTAN DEPREMLERİ YAPI HASARLARI ÖN DEĞERLENDİRME RAPORU**

6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizin doğusunda gerçekleşen deprem felaketi hepimizi derinden etkiledi. Böylesi büyük felaketlerin bir daha yaşanmaması ümit ediyoruz. Depremlerin ardından bölgede yapısal anlamda incelemeler birtakım sonuçları ortaya koydu.

Yıkılan binalar yapısal olarak incelendiğinde ilk katlarının tamamen veya kısmen taşıma gücünü kaybederek tüm katların üst üste sandviç şeklinde ya da yan tarafa doğru bütün olarak veya kısmen dönerek yıkıldığı görülmüştür. Bazı zayıf zeminli bölgelerde de zemin sıvılaşması etkisiyle binaların temel sistemi özelliklerine bağlı zemine batarak ya binanın tamamı yana yatarak ya da kısmen sıvılaşan zemine batarak eğik vaziyette göçtüğü de görülmüştür. Bu yapısal hasarların sebepleri maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır;

### **4.1. Zayıf Zemin Koşulları:**

Deprem hasarlarının yaygın olduğu yerleşim yerlerinin, genellikle verimli tarım arazileri üzerinde planlanmış bölgeler olduğu görülmüştür. Zeminde meydana gelen sıvılaşma olayı ile binaların temel sistemindeki yanlışlara bağlı olarak binaların yana yatarak ya da kısmen sıvılaşan zemine batarak eğik vaziyette göçme durumuna geldiği görülmüştür. Yapılarımız yönetmeliklere uygun olarak zemin kapasiteleri yüksek olan bölgelerde mühendislik hizmeti alarak uygun olarak inşa edilseydi yapısal hasarlar çok sınırlı ölçülerde kalabilecekti.

### **4.2.Malzeme Zafiyetleri:**

Betonarme yapılarda malzeme zafiyeti olduğu düşünülmektedir. Yaklaşık olarak 1990'lı yılların başına kadar, yapılarda kullanılan betonarme betonunun üretimi, şantiye mahallinde ve el ile karıştırılarak yapılmakta ve yerine yerleştirilmekteydi. Daha sonra beton santrallerinde üretilen betonlar kullanılmaya başlamakla beraber hazır betonun yaygınlaşması 1999 Kocaeli depreminden sonra ivme kazandı. Şubat 2023 depreminden etkilenen şehirlerde ise hazır betonun yaygın olarak kullanımı daha ileri tarihlerde görüldü. Dolayısı ile 80'li ve 90'lı yıllarda, hatta 2000'li yılların başında yapılan binaların beton kalitesinin, tasarıma esas olan proje beton sınıfının altında olduğu ve bu durumun yaygın olduğu maalesef beklenen ve bilinen bir durumdur. Yine aynı tarihlerde inşaat demiri olarak düz demir kullanılmakta idi. Dolayısı ile bu yıllarda inşa edilmiş yapıların toptan göçmesi veya kullanılmayacak derecede ağır hasar almasında malzeme zafiyetlerinin önemli etkenlerden biri olduğunu söylemek mümkündür. Ancak daha sonraki yıllarda yapılan, hatta birkaç yıl önce yapılan bazı binaların da ne yazık ki göçtüğü veya ağır hasar aldığı tespit edilmiştir.

### **4.3.Konstrüktif Zafiyetler:**

Göçen binaların enkazlarından kolon kiriş birleşimlerinde gerekli donatı detaylarının uygulanmadığı, etriye aralıklarının seyrek ve etriye kancalarının doksan derce olduğu, ayrıca kolon demirlerinin üst kat filizlerini oluşturan boylarının gerektiğinden daha kısa olduğu izlenebilmektedir. 1999 öncesi yapıların tasarımına esas olan 1975 tarihli deprem yönetmeliğinin betonarme binalar ile ilgili bölümünde; kolon, kiriş, perde gibi betonarme elemanların minimum boyut ve donatı detaylarının tanımlanması ile kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme hesabına yönelik esaslar verilmekle birlikte, o dönemdeki inşaat pratiği ve uygulamalarında, hem birleşim bölgesindeki enine donatı detayları hem de etriye kanca detayı konusunda getirilen koşulların uygulanması sağlanamamıştır. Kolon-kiriş

birleşim bölgelerinde enine donatı kullanılmaması, kiriş boyuna donatılarında ankraj yetersizliği, büyük enine donatı aralıkları ve enine donatıların 90 derece kancalara sahip olmaları gibi durumlar 2000'li yıllar öncesi ülkemiz inşaat pratiğinde vardır ve ne yazık ki büyük depremlerde hem toptan/kısmi göçmelere, hem de ağır hasarlara yol açmıştır.

#### 4.4.Yapı Düzensizliklerinin Yarattığı Hasarlar:

- Yaygın göçme görüntülerine göre, öncelikle zemin katın göçtüğü, ardından diğer katların sandviç şeklinde üst üste yıkıldığı anlaşılmaktadır. Hasarlara yön veren ana nedenlerden birinin, hasar katı olan zemin katlardaki ticari mekanlarda dolgu duvarların olmayışı olarak değerlendirilmektedir. Dolgu duvarlar, taşıyıcı sistem tasarımında sadece yük olarak dikkate alınsa da taşıyıcı sistem davranışına belirli deprem seviyelerine kadar dayanım ve rijitlik bakımından katkı sağladığı deneysel çalışmalarla gösterilmiştir. Bu nedenle modern deprem yönetmeliklerinde zayıf kat düzensizliğinin kontrolü de dikkate alınmaktadır. Üst katlarda çerçevelerin içerisinde olan dolgu duvarlar, dayanımlarını aşmayacak mertebede deprem yükü ile karşılaştıklarında bütünlüklerini koruyarak yapının genel olarak daha olumlu bir deprem davranışı sergilemesini sağlamaktadır. Ancak zemin katta bu bütünlük olmadığında, zemin kat kolonlarında yeterli süneklik ve taşıyıcı sistemde yeterli rijitlik de yoksa, bu katın üst katlara göre ötelemesi çok büyük olmakta ve bu katın ezilmesiyle ani göçmelerin önü açılmaktadır.

- Esas olarak, bir aks üzerindeki kolonların arasında boydan boya açılan ve kat yüksekliğine göre yüksekliği az olan bant pencerelerin kolonlarda kısa kolon davranışına yol açması sonucunda kolonun öncelikle kesme kırılmasıyla güç kaybetmesi ve devre dışı kalması olarak tanımlanan kısa kolon hasarları, ağır hasarlı yapılarda görülmektedir.

- Taşıyıcı sistemde rijitliğin düzensiz dağılımından kaynaklanan büyük burulma tesirlerinin sonucunda göçmeler olduğu göçme görüntülerinden anlaşılabilir. Perde gibi daha rijit düşey taşıyıcı elemanların bir tarafta yığılı olması, çerçeve süreksizliklerinin var olması burulma düzensizliğini yaratan unsurlardır.

- Kamuoyu tarafından da çokça tartışılan, yan yana parsellerde ve benzer gabarilerdeki yapılardan birinin yıkılması, diğerinin ayakta kalmasına, yukarıda sıralanan düzensizliklerin bazılarının birinde olup diğerinde olmamasının neden olabileceği düşünülmektedir.

#### 5.SONUÇ OLARAK;

Deprem, ciddiye alınmadığında bütün bir ülkeyi maddi ve manevi olarak etkileyebilecek, toplumsal hafızamızda derin izler bırakabilecek bir olaydır. Şehrimiz genelinde oluşabilecek orta-yüksek büyüklükteki depremi en az hasarla atlatabilmemiz ve afetlerle birlikte yaşayabilmemiz için gerekli tedbirler acilen alınmalıdır.

- 1) İlk olarak yerelde yukarıda belirtilen jeofizik çalışmalarını da içerisinde barındıran **Mikrobölgeleme** etüd raporu ile zon bölgelerinin belirlenmesi gereklidir. Eş zamanlı olarak **yapı stogunun envanter** haline getirilerek yapıların öncelikli olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmalar yapılırken 2011 yılı öncesinde inşa edilen yapılara ve kamu tarafından yoğun kullanılan yapılarına öncelik verilmelidir.
- 2) Kentsel dönüşüm ve yapı güçlendirme çalışmaları ile ilgili yol haritası Yapı Envanter çalışmalarına göre belirlenmelidir.

- 3) Mevcut yapılarda yapı jeofizik etütleri uygulamak mümkündür. Deprem sonrası yapı jeofiziği yapılarak, inşaat mühendislerinin ihtiyaç duyduğu parametreler, yapıda tahribat oluşturmadan elde edilebilmektedir.
- 4) Depremden yüzey faylanması sonucu zarar görecekteki yapılar için alınabilecek en temel tedbir diri fayların yerlerinin hassas bir biçimde belirlenmesi, bu faylar üzerindeki alanların zaman içerisinde boşaltılarak yapı ve nüfus yoğunluğunun azaltılması, gelecekte bu alanlar için yapı sınırlaması getirilmesi ve imar planlarının zemin koşulları ve yüzey faylanması tehlikesine uygun olarak yapılmasıdır.
- 5) Belirlenen aktif fay hatlarının plan ölçeğine uygun hassasiyet ile halihazır haritalara işlenmesi ve aktif fay zonlarının, oluşabilecek doğal olayların verileri ile karşılaştırılması sonucu Afet Sakınım Planı'na temel oluşturacak Risk Analiz çalışması en acil şekilde yapılmalıdır.
- 6) Risk analiz çalışmaları ve afet sakınım planları oluşturulduktan sonra; Mevcut Çevre Düzeni, Nazım ve Uygulama İmar Planlarında elde edilen güncel veriler ışığında revizyon yapılmalıdır.
- 7) Planlama, proje ve yapım aşamaları süreci bütününde, içerisinde yerel yönetimin, yapı denetim şirketlerinin ve meslek odalarının da bulunduğu denetim mekanizmalarının güvenli barınma ve yaşam alanları oluşuncaya kadar ki süreçte sıkı denetim uygulamaları bir zarurettir.
- 8) Depremde yıkılan binalarda ki işçilik zafiyetleri göz önüne alındığında Şantiye Şefliğinin önemi ortaya çıkmaktadır. Yönetmelikte Şantiye Şefliği tam zamanlı yapılan iş olarak tarif edilmiştir. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Belediyeler, Meslek Odaları ve Yapı Denetim firmalarının alacağı ortak tedbirlerle Şantiye Şeflerinin şantiyede görev yapmaları sağlanmalıdır.
- 9) Kentsel dönüşüm çalışmaları, kaynak yaratılmak düşüncesiyle emsal artımından arındırılmalı, değişimler üst ölçekli planlar ile olabildiğince uyumlu olmalı ve sağlıklı yapı stoklarına erişmek hedeflenmelidir. Bunun için finansal destek sağlanmalıdır.
- 10) Ortaya çıkan gerçeklikler dikkate alınarak yukarıda bahsi geçen konularda Yeni Dönem Koşulları dikkate alınarak "Afet Strateji Planları" bilim ışığında hazırlanmalıdır.
- 11) Deprem dirençli bir kent yaratmak istiyorsak, yukarıda bahsedilen konularda hem Yerel Yönetimlerde gerekli birimlerin kurulması, hem de merkezi hükümet tarafından, gerekirse Afet Bakanlığı adı altında, konularında yetkin, liyakatli kadrolardan oluşan birimlere ihtiyaç duyulmaktadır.

TMMOB a bağlı meslek kuruluşları olarak bu dönemde; tüm birikimimizi ve mesleki bilgimizi ülkemiz yararına kullanmak için milletimizin ve devletimizin yanında olduğumuzu kamuoyuna saygıyla duyururuz.