

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SOKAK TARAMASI VE ÖN DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ  
KULLANILARAK BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ BİLGİSAYAR  
DESTEKLİ HIZLI BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Muhammet ÖZDEMİR  
DANIŞMAN : Doç. Dr. Murat MUVAFIK

VAN-2019



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SOKAK TARAMASI VE ÖN DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ  
KULLANILARAK BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ BİLGİSAYAR  
DESTEKLİ HIZLI BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Muhammet ÖZDEMİR

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FLY-2019-8283  
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2019



## KABUL VE ONAY SAYFASI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Murat MUVAFIK danışmanlığında, Muhammet ÖZDEMİR tarafından sunulan "Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme Yöntemleri Kullanılarak Binaların Deprem Performansının Bilgisayar Destekli Hızlı Belirlenmesi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 23/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Murat Emre KARTAL

İmza:

Üye: Doç. Dr. Murat MUVAFIK

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/07/2019 tarih ve 2019/427 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. S. S. S. S. S.  
Enstitü Müdürü  
Enstitü Müdürü



## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Muhammet ÖZDEMİR





## ÖZET

### SOKAK TARAMASI VE ÖN DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ BİLGİSAYAR DESTEKLİ HIZLI BELİRLENMESİ

ÖZDEMİR, Muhammet  
Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat MUVAFIK  
Temmuz 2019, 93 sayfa

Bu tez çalışmasında, binaların deprem etkisi altındaki performansını hızlı ve pratik şekilde belirlemek için kullanılan 7 farklı hızlı değerlendirme yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemler, 2011 yılında meydana gelen Van depreminde göçmüş veya ağır hasar almış olan 50 binanın parametresini kullanarak her bir yönteme göre binaların deprem performans davranışları (riskli veya güvenli) belirlenmiştir. Elde edilen deprem performans davranışları, binaların mevcut durumları ile karşılaştırılarak yöntemlerin ilgili binalar üzerindeki doğru tahmin yüzdeleri hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamalarla ilgili 50 bina için en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

Binaların deprem performans davranışlarını belirlemek için kullanılan 7 hızlı değerlendirme yönteminden üçü sokak taraması olarak adlandırılan birinci kademe yöntemleri (6306 RYY, FEMA P-154 ve Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1), geri kalan dört yöntem ise ön değerlendirme olarak adlandırılan ikinci kademe yöntemleridir (Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2, Özcebe, Yakut ve MVP).

Elde edilen sonuçlara göre ön değerlendirme yöntemleri incelenen binaların deprem performans durumlarını sokak taraması yöntemlerinden %24 daha yüksek oranda doğru tahmin etmiştir. Aynı zamanda sokak taraması yöntemlerinden en başarılı yöntem %74'lük doğru tahmin yüzdesiyle 6306 RYY, ön değerlendirme yöntemlerinde ise en başarılı yöntem %86'lik doğru tahmin yüzdesiyle Yakut yöntemi olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Betonarme bina, Deprem performansı, Hasar puanı, Hızlı değerlendirme yöntemleri



## ABSTRACT

### COMPUTER AIDED QUICK DETERMINATION OF EARTHQUAKE PERFORMANCE OF BUILDINGS BY USING STREET SURVEY AND PRELIMINARY ASSESSMENT METHODS

ÖZDEMİR, Muhammet  
MSc. Thesis, Civil Engineering  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Murat MUVAFIK  
July 2019, 93 pages

In this thesis, 7 different rapid evaluation methods which are used to determine the performance of buildings under the influence of earthquakes in a fast and practical way are examined. These methods were used to determine the earthquake performance behaviors (risky or safe) of buildings according to each method by using the parameters of 50 buildings that were collapsed or severely damaged in Van earthquake that occurred in 2011. Accurate estimation percentages of the methods on the buildings were calculated by comparing the obtained earthquake performance behaviors with the current situation of the buildings. The most suitable method has been tried to determine for 50 buildings related to these calculations.

Three of the 7 rapid assessment methods used to determine the earthquake performance behavior of buildings are first-stage methods called street screening (6306 RYY, FEMA P-154 and Sucuoğlu and Yazgan level-1), and the remaining four methods are second-stage methods called pre-assessment (Sucuoğlu and Yazgan level-2, Özcebe, Yakut and MVP).

According to the results, the pre-assessment methods predicted the earthquake performance status of the buildings examined by 24% higher than the street screening methods. At the same time, the most successful method of street screening methods was 6306 RYY with 74% accurate estimation, and the most successful method of pre-assessment with 86% accurate prediction was Yakut method.

**Keywords:** Damage score, Earthquake performance, Rapid assessment methods, Reinforced concrete building



## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, bana araştırma olanağı sağlayan, çalışmamın her aşamasında verdiği fikirlerle beni yönlendiren, her zaman ilgi ve alakasını gördüğüm, danışmanım, saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Murat MUVAFİK'a teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmamda kullandığım verilere ulaşmamı sağlayan, tez çalışmamda sürekli fikir alışverişinde bulunduğum saygıdeğer hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Barış ERDİL'e ve çalışmalarına katkı sağlayan bütün bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca birçok fedakârlık göstererek beni bugünlere getiren ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme, tez çalışması süresince her zaman yanımda olan değerli arkadaşlarım Baran GÖK ve Mert KIZILKAN'a çok teşekkür ederim.

Aynı zamanda tez çalışmamı FYL-2019-8283 proje numarası ile destekleyen Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeleri Koordinasyon Birimine ve buna olanak sağlayan üniversite yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

2019

Muhammet ÖZDEMİR



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Depremin Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkisi .....	1
1.2. Hızlı Değerlendirme Yöntemleri.....	2
1.3. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi .....	4
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ .....	7
2.1. Sokak Taraması Yöntemleri .....	7
2.2. Ön Değerlendirme Yöntemleri .....	11
2.3. Bilgisayar Destekli Hızlı Değerlendirme Yöntemleri .....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Yapısal parametreler.....	15
3.1.1.1. Kat sayısı ( $n_{sk}$ ) .....	16
3.1.1.2. Yapısal sistem türü .....	16
3.1.1.3. Yapı nizamı .....	17
3.1.1.4. Bina görsel kalitesi .....	18
3.1.1.5. Çerçeve süreksizliği.....	18
3.1.1.6. Zemin/ Kritik kat alanı .....	18
3.1.2. Düzensizlik parametreleri.....	19
3.1.2.1. Yumuşak kat düzensizliği.....	19
3.1.2.2. Kısa kolon etkisi .....	21
3.1.2.3. Planda düzensizlik .....	22
3.1.2.4. Düşeyde düzensizlik .....	23
3.1.2.5. Ağır çıkma düzensizliği.....	24
3.1.3. Zemin parametreleri .....	25
3.1.3.1. Zemin sınıfı .....	26
3.1.3.2. Topografik etki .....	27

3.1.3.3. Zemin hızı.....	27
3.1.4. Deprem parametreleri.....	28
3.1.4.1. Tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{ds}$ ).....	29
3.1.5. Diğer parametreler.....	30
3.1.5.1. Yapım yılı.....	31
3.1.5.2. Yönetmeliğe uygunluk.....	31
3.1.5.3. Malzeme özellikleri.....	31
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Sokak taraması yöntemleri.....	33
3.2.1.1. Riskli yapılar yönetmeliği.....	34
3.2.1.2. FEMA P-154.....	37
3.2.1.3. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1.....	40
3.2.2. Ön değerlendirme yöntemleri.....	42
3.2.2.1. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2.....	42
3.2.2.2. Özcebe ve ark. yöntemi.....	46
3.2.2.3. Yakut yöntemi.....	50
3.2.2.4. MVP yöntemi.....	53
3.2.3. Veri detayları ve yapılan kabuller.....	57
4. BULGULAR.....	61
4.1. EPA Programının Genel Yapısı.....	62
4.1.1. Parametre giriş ekranları.....	63
4.1.2. Veri tabanı ekranı.....	67
4.1.3. Deprem performans haritaları.....	69
4.1.4. Deprem performans grafikleri.....	71
4.1.5. Deprem performans raporları.....	72
4.2. Veri Setinin EPA Programı Üzerindeki Çıktıları.....	73
4.2.1. Riskli yapılar yönetmeliği çıktıları.....	74
4.2.2. FEMA P-154 yöntemi çıktıları.....	75
4.2.3. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 çıktıları.....	76
4.2.4. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 çıktıları.....	77
4.2.5. Yakut yöntemi çıktıları.....	78
4.2.6. Özcebe yöntemi çıktıları.....	79
4.2.7. MVP yöntemi çıktıları.....	81
5. TARTIŞMA.....	83
6. SONUÇ.....	89
KAYNAKLAR.....	91







## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye’de meydana gelen büyük depremler ve etkileri (KRDAE, 2019)....2	
Çizelge 3.1. Yerel zemin sınıfları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin. Esaslar 2019) .....25	
Çizelge 3.2. Yerel zemin sınıfları (Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, 2019).....29	
Çizelge 3.3. Örnek bina parametre bilgileri..... 31	
Çizelge 3.4. Deprem tehlike bölgeleri (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....34	
Çizelge 3.5. Taban ve Yapısal Sistem Puan Tablosu (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....34	
Çizelge 3.6. Olumsuzluk parametre puanları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin esaslar, 2019)..... 35	
Çizelge 3.7. Riskli yapılar yönetmeliği örnek bina olumsuzluk parametre puanları.....36	
Çizelge 3.8. FEMA P-154 Bina Tipleri.....37	
Çizelge 3.9. FEMA P-154 Olumsuzluk parametreleri ve puan karşılıkları (FEMA P-154 3.Baskı: Elkitabı).....38	
Çizelge 3.10. FEMA P-154 Örnek bina olumsuzluk parametre puanları..... 39	
Çizelge 3.11. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 başlangıç ve olumsuzluk parametreleri puan Karşılıkları (Sucuoğlu ve Yazgan, 2003)..... 40	
Çizelge 3.12.Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 Örnek bina olumsuzluk parametre puanları..... 40	
Çizelge 3.13. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 başlangıç ve olumsuzluk parametreleri puan Karşılıkları (Sucuoğlu ve Yazgan, 2003).....42	
Çizelge 3.14. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 Örnek bina olumsuzluk parametre puanları..... 44	
Çizelge 3.15. Olumsuzluk Parametre çeşitleri ve puan değerleri (Yakut, 2004).....50	
Çizelge 3.16. Görsel kalite sınıfları ve hesaplanma formülleri (Yakut, 2004).....50	

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.17. Olumsuzluk Parametre çeşitleri ve puan değerleri (Erdil ve Ceylan, 2018).....	54
Çizelge 3.18. Veri setinin sahip olduğu parametre bilgileri (Erdil, 2016).....	57
Çizelge 5.1. Yöntemlerin veri setinde bulunan binalar üzerindeki performans tahmin yüzdeleri.....	81







## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. FEMA-154 seviye 1 veri toplama formu örneği (FEMA P-154, 2015).....	7
Şekil 2.2. Kanada NRCC’de yayınlanan sokak taraması yöntemi veri toplama formu (NRCC, 1993).....	8
Şekil 2.3. Riskli yapılar yönetmeliği veri toplama formu örneği (Anonim 2015).....	9
Şekil 2.4. DURTES yöntemi bilgisayar programı içeriği (Temür, 2006).....	12
Şekil 2.5. FEMA-154 yöntemi bilgisayar programı veri bilgi giriş ekranı (FEMA P-154, 2015).....	13
Şekil 3.1. Farklı bina şekillerinde hesaba katılması gereken kat sayıları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....	15
Şekil 3.2. Çarpışma etkisinden kaynaklanan bina hasar durumu (Temür, 2006).....	16
Şekil 3.3. Çerçeve süreksizliğine sahip kat planı örnekleri (Canbay, 2008).....	17
Şekil 3.4. Örnek bir binanın kritik kat plan boyutları.....	18
Şekil 3.5. Binalarda yumuşak kat oluşumu (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....	19
Şekil 3.6. Yumuşak kat düzensizliğinden etkilenen bina örnekleri (Anonim, 2019).....	19
Şekil 3.7. Binalarda kısa kolon oluşumu (Çağatay, 2007).....	20
Şekil 3.8. Kısa kolon düzensizliğinden etkilenen bina örnekleri (Çağatay, 2007).....	21
Şekil 3.9. Binalarda plan düzensizliği durumları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....	22
Şekil 3.10. a. Plan Düzensizliğine sahip bir binanın zemin kat plan görünüşü, b. binanın depremden sonraki hasar durumu (Erdil ve Ceylan, 2019).....	22
Şekil 3.11. Düşeyde düzensizlik oluşum örnekleri (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....	23
Şekil 3.12. Ağır çıkma tespit edilme örnekleri (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).....	23
Şekil 3.13. Ağır çıkma düzensizliği nedeniyle hasar gören bina örnekleri.....	24

Şekil	Sayfa
Şekil 3.14. Zemin sıvılaşması nedeniyle hasar gören bina örnekleri (Anonim, 2019)...	26
Şekil 3.15. Van-Merkezde bulunan bir binanın Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasına göre PGV değeri.....	27
Şekil 3.16. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2019).....	28
Şekil 4.1. EPA bilgisayar programının arayüz tasarımı.....	62
Şekil 4.2. Örnek binanın <i>Riskli Yapılar Yönetmeliği</i> yöntemine göre EPA programı parametre giriş ekranı üzerindeki görünümü.....	63
Şekil 4.3. Örnek binanın <i>Yakut</i> yöntemine göre EPA programı parametre giriş ekranı üzerindeki görünümü.....	65
Şekil 4.4. EPA programının veri tabanı.....	67
Şekil 4.5. EPA programı üzerinde örnek binaların Excel çıktıları.....	68
Şekil 4.6. 20 binalık veri setinin deprem performans haritası üzerindeki örnek gösterimi.....	69
Şekil 4.7. 20 binalık veri setinin Riskli Yapılar Yönetmeliğine göre deprem performans grafiği üzerindeki gösterimi.....	70
Şekil 4.8. Deprem performans raporu oluşturma ekranı.....	71
Şekil 4.9. Örnek binaya ait deprem performans raporu çıktısı.....	72
Şekil 4.10. a. Veri setinin riskli yapılar yönetmeliğine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	73
Şekil 4.11. a. Veri setinin FEMA P-154 yöntemine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	74
Şekil 4.12. a. Veri setinin S&Y seviye 1 yöntemine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	75
Şekil 4.13. a. Veri setinin S&Y seviye 2 yöntemine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	76
Şekil 4.14. a. Veri setinin Yakut yöntemine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	77
Şekil 4.15. a. Veri setinin Özcebe yöntemine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	79



<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.16. a. Veri setinin MVP yöntemine göre deprem performans grafiği b. deprem performans haritası.....	80
Şekil 5.1. Sokak taraması yöntemlerinin ilgili veri setinde bulunan binalar üzerindeki doğru ve yanlış tahmin yüzdeleri.....	82
Şekil 5.2. Ön değerlendirme yöntemlerinin ilgili veri setinde bulunan binalar üzerindeki doğru ve yanlış tahmin yüzdeleri.....	83
Şekil 5.3. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin ortalama doğru tahmin yüzdeleri ve ortalama parametre sayıları.....	85
Şekil 5.4. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin beton dayanımı parametresine göre başarı yüzdelerinin karşılaştırılması.....	86



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
$A_{col}$	Kritik katta bulunan kolon alanı ( $m^2$ )
$A_{floor}, A_{gf}$	Zemin kat alanı ( $m^2$ )
$\sum A_{floor}$	Toplam kat alanı ( $m^2$ )
$A_{mw}$	Kritik katta bulunan dolgu duvar alanı ( $m^2$ )
$A_{sw}$	Kritik katta bulunan perde duvar alanı ( $m^2$ )
$A_{tr}$	Etkili kolon alanı ( $m^2$ )
<b>BCPI</b>	Temel kapasite indeksi
$b_w$	Taşıyıcı sistem elemanlarının kısa boyutu ( $m$ )
<b>CA</b>	Yapısal düzensizlik katsayısı
<b>CAF</b>	Düşey süreksizlik katsayısı (Yakut yöntemi)
<b>CAP</b>	Ağır çıkma düzensizlik katsayısı (Yakut yöntemi)
<b>CAS</b>	Yumuşak kat düzensizlik katsayısı (Yakut Yöntemi)
<b>CASC</b>	Kısa kolon düzensizlik katsayısı (Yakut yöntemi)
<b>CPI</b>	Kapasite indeks puanı
$f_{ck}$	Karakteristik beton basınç dayanımı ( $N/mm^2$ )
$f_{ctk}$	Karakteristik beton çekme dayanımı ( $N/mm^2$ )
<b>F<sub>s</sub></b>	Yerel zemin etki katsayısı
$f_y$	Boyuna donatı akma dayanımı ( $N/mm^2$ )
<b>g</b>	Yerçekimi ivmesi ( $m/sn^2$ )
<b>H</b>	Bina yüksekliği ( $m$ )
<b>H<sub>1</sub> ve H<sub>2</sub></b>	Sırasıyla birinci ve ikinci katların yükseklikleri ( $m$ )
<b>h</b>	Taşıyıcı sistem elemanlarının uzun boyutu ( $m$ )
<b>I<sub>c</sub>, I<sub>sw</sub></b>	Sırasıyla zemin katta bulunan kolon ve perdelerin atalet momentleri ( $m^4$ )
<b>I</b>	Bina önem katsayısı

<b>Lx, Ly</b>	Bina planının sahip olduğu x ve y uzunlukları ( <i>m</i> )
<b>ln</b>	Kısa kolon yüksekliği ( <i>m</i> )
<b>M</b>	Deprem büyüklüğü (Magnitüd)
<b>Md</b>	Dış yüklerden dolayı oluşan moment ( <i>kNm</i> )
<b>mnlstfi</b>	Normalize edilmiş min. yatay rijitlik indeksi
<b>mnlsi</b>	Normalize edilmiş min. yatay dayanım indeksi
<b>Mr</b>	Bina moment kapasitesi ( <i>kNm</i> )
<b>mt</b>	Bina kütlesi ( <i>ton</i> )
<b>nf</b>	Sürekli çerçeve sayısı
<b>NRS</b>	Çerçeve süreksizlik değeri
<b>NRR</b>	Çerçeve süreksizlik oranı
<b>nsk</b>	Bina serbest kat sayısı
<b>or</b>	Ağır çıkma oranı (Özcebe yöntemi)
<b>Pd, Pr</b>	Dış kuvvetlerden meydana gelen eksenel yük ve bina eksenel yük kapasitesi ( <i>kN</i> )
<b>PP</b>	Bina performans puanı
<b>s</b>	Etriye aralığı (mm)
<b>Sds</b>	Tasarım spektral ivmesi
<b>Ss</b>	Harita spektral ivme katsayısı
<b>ssi</b>	Yumuşak kat indeksi (Özcebe yöntemi)
<b>TP</b>	Taban puan
<b>Vd, Vr</b>	Dış kuvvetlerden meydana gelen kesme yükleri ve bina kesme kuvveti kapasitesi ( <i>kN</i> )
<b>YSP</b>	Yapısal sitem puanı
<b>ρ</b>	Boyuna donatı oranı
<b>ηbi</b>	i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
<b>ηki</b>	i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
<b>α</b>	Ağır çıkma indeksi (MVP yöntemi)
<b>β</b>	Yumuşak kat indeksi (MVP yöntemi)
<b>γ</b>	Kısa kolon indeksi (MVP yöntemi)
<b>φ</b>	Burulma indeksi (MVP yöntemi)

**Kısaltmalar****Açıklama****USGS**

ABD Jeolojik Araştırma Merkezi

**KRDAE**

Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enst.

**AFAD**

Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı

**FEMA**

Federal Acil Durum Yönetim Kurulu

**EPA**

Earthquake Performance Analysis

**PGV**

Peak Ground Velocity (m/s)





## 1. GİRİŞ

Bu bölümde geçmişten bu yana, dünya üzerinde ekonomik, sosyokültürel yapı, şehir planlaması, mühendislik gibi toplumsal konular üzerinde büyük bir etkiye sahip, önemli ve tehlikeli doğal afetlerden biri olan depremin, dünya ve ülkemiz üzerine olan etkisi, bu etkinin yapılar için oluşturduğu tehlikeyi doğru şekilde ölçmek, hesaplamak ve etkisini azaltmak için ülkelerin kamu kuruluşları ve akademisyenleri tarafından geliştirilmiş ve bu tez çalışmasının da temelini oluşturan, binaların deprem performanslarının hızlı şekilde belirlenmesi sağlayan yöntemleri ve tez çalışmasının amaç ve önemi anlatılacaktır.

### 1.1. Depremin Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkisi

Dünyanın oluşumundan bu yana, yer kabuğunun hareketliliğinden dolayı dünyanın her yerinde depremler meydana gelmektedir. Bu depremler sonucunda milyonlarca ifade edilebilecek kadar çok miktarda can ve mal kaybı yaşanmıştır. ABD Jeolojik Araştırmalar Merkezi (USGS) tarafından yayınlanan verilere göre, 23 Ocak 1556'da Çin'de meydana gelen 8 büyüklüğündeki Şensi depreminde 830 bin kişinin hayatını kaybettiği ve milyarlarca dolarlık ekonomik kaybın yaşandığı açıklanmıştır. Bu da gerekli önlemler alınmadığı takdirde, doğal ve kaçınılmaz olarak her zaman karşımıza çıkabilecek olan depremlerin etkisini açıkça ortaya koymaktadır. Her ne kadar depremler sıklıkla Asya ülkelerinde meydana gelmiş olsa da neredeyse dünya üzerindeki bütün ülkeler depremden etkilenmişlerdir.

Maalesef depremden en fazla etkilenen ülkelerden biriside ülkemizdir. Aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alan ülkemiz daha öncesinde birçok kez binlerce can ve milyonlarca liralık mal kaybının olduğu büyük depremlerden etkilenmiştir. Deprem Bölgeleri Haritasına göre ülkemizin %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, ülke nüfusunun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı, aynı zamanda büyük sanayi alanlarının %98'i ve barajların bulunduğu alanların %93'ü deprem riski altında olduğu kaydedilmiştir (KRDAE, 2019).

Çizelge 1.1. Türkiye’de meydana gelen büyük depremler ve etkileri (KRDAE, 2019)

Tarih	Yer	Deprem Büyüklüğü	Can Kaybı	Hasarlı Bina
29.04.1903	Malazgirt	6.7	600	450
07.05.1930	Hakkâri	7.2	2514	-
27.12.1939	Erzincan	7.9	32968	116720
20.12.1942	Tokat	7.0	3000	32000
27.11.1943	Samsun	7.2	4000	40000
01.02.1944	Bolu	7.2	3959	20865
19.08.1966	Varto	6.9	2396	20007
28.03.1970	Gediz	7.2	1086	19291
6.09.1975	Lice-Diyarbakır	6.9	2385	8149
24.11.1976	Muradiye	7.2	3840	9232
30.10.1983	Erzurum	6.8	1155	3241
13.03.1992	Erzincan	6.8	653	8057
17.08.1999	Kocaeli	7.4	17480	73342
12.11.1999	Düzce	7.2	763	35519
23.10.2011	Van	7.2	644	17005

Yukarıda (Çizelge 1.1), görüldüğü gibi yakın tarihimiz boyunca birçok deprem ülkemizin farklı bölgelerine etki etmiş ve ağır sonuçlar getirmiştir. 1903-2014 yılları arasında Türkiye’de 6.0-11. 0 şiddeti aralığında 119 deprem meydana gelmiş, 83088 can kaybı ve 587302 hasarlı bina ortaya çıkmıştır. Bu da depremin ülkemize yıllık ortalama olarak 748 can kaybı ve 5291 hasarlı bina bıraktığını göstermektedir (Erdil ve Ceylan, 2018). Bununla beraber birçok uzman gelecek yıllarda ülkemizde ve dünyada benzer depremlerin meydana geleceğini açıklamıştır.

## 1.2. Hızlı Değerlendirme Yöntemleri

Deprem karşısında bu derecede fazla can ve mal kaybının tek sorumlusu deprem etkisi değildir. Toplumlardaki teknoloji ve mühendislik biliminin az gelişmiş olması, ekonomik çıkarlardan dolayı yapılan kalitesiz işler, yeterli sayıda uzman mühendisin olmayışı, hızla artan nüfus, plansız kentleşme, yapıların denetim eksikliği gibi sebeplerde, deprem karşısında alınan kötü sonuçların nedenleri arasındadır. Eğer yukarıda sıralanan bu olumsuz nedenler ortadan kaldırılırsa veya etkisi azaltılırsa depremin sebep olduğu



can ve mal kayıplarının oranı da ciddi şekilde azaltılmış olur. Bu sebepten dolayı ilgili alanda çalışan birçok kamu kuruluşu ve akademik birimler bu konu hakkında birçok araştırma yapmış ve depremin, içerisinde yaşadığımız binalara olan etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmaların, deprem riski yaşayan tüm ülkelerde olduğu söylenebilir. Eğer depremin, içinde yaşadığımız binalara olan etkisi doğru şekilde tespit edilebilirse hem yeni yapılacak olan binalar daha güvenli ve ekonomik olacak hem de eskiden yapılmış olan ve yönetmeliklere uygun olmayan birçok yapı deprem karşısında yıkılmadan onarılabilecektir.

Bugün geldiğimiz noktada mühendislik bilgisi çok gelişmiş durumda ve bu nedenden dolayı yeni yapılan yapı projeleri, deprem karşısında güçlü bir dayanım göstermekte ve içerisinde yaşayan insanları koruyabilmektedir. Ancak asıl sorun özellikle 1999 öncesinde yapılan binalardır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2018 yılında yapılan Riskli Alan İlanı ve Uygulama Kılavuzu verilerine göre ülkemizde yaklaşık 20 milyon yapı bulunmaktadır. Bu yapılardan yaklaşık olarak 5 milyonu güncel deprem yönetmeliğine uygun şekildedir ve güvenli bina olarak adlandırılabilirler. Ancak geriye kalan 15 milyon yapı 1999 yılında meydana gelen Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra güncellenen deprem yönetmeliğine uygun değildir ve bu yapılardan yaklaşık olarak yarısının can ve mal güvenliği açısından riskli olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2019). Bu nedenden dolayı bu yapıların bir an önce tespit edilip gerekli onarım işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

Bu riskli binaları tespit edebilmek için günümüzde üç farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Sokak Taraması Yöntemleridir. Bu yöntem çeşidinde binanın içine girmeden, dışarıdan gözlemler yapılarak kat sayısı, düzensizlik bilgileri, deprem sınıfı gibi bazı parametrelerin bilgileri alınarak binanın deprem karşısında göstereceği performans belirlenir. Bu yöntem oldukça basit ve hızlıdır. Binaların deprem karşısında göstermiş oldukları deprem performansı belirlemek için kullanılan bir başka yöntemde Ön Değerlendirme Yöntemleridir. Bu yöntemler Sokak Taramasında kullanılan parametrelere ek olarak bina içinden alınması gereken (malzeme bilgisi, taşıyıcı sistem eleman boyutları vb.) bazı farklı parametreleri de içerir. Bu yöntem Sokak Taraması Yöntemlerine göre biraz daha uzun zaman alsa da doğruluk payı daha yüksektir. Deprem performansın belirlemek için kullanılan üçüncü ve son yöntem ise detaylı analizlerdir. Bu yöntemler doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılarak binaların

deprem karşısında göstermiş oldukları performansı belirler. Oldukça yüksek oranda doğru sonuç vermelerine karşın çok fazla zaman alırlar. Bu üç yöntem kıyaslandığında en sık kullanılan ve üzerinde en çok çalışılan yöntem, vermiş olduğu doğru sonuçlar ve az zaman harcanıyor olması nedeniyle Ön Değerlendirme Yöntemleridir.

Bu tez kapsamında detaylı analiz yöntemleri üzerinde çalışılmayacaktır. Tez kapsamında incelenecek olan yöntemler Hızlı Değerlendirme Yöntemleri başlığı altında toplanabilecek olan Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme Yöntemleridir. Hızlı Değerlendirme yöntemlerinin sık kullanılma nedeni, 15 milyon yapının detaylı analizle belirlenimin ekonomik ve pratik olamayışdır. Bu nedenle yapılar öncelikle Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinden geçerler ve burada binanın, güçlü bir deprem sonrasında ayakta kalıp kalamayacağı hızlı ve ekonomik bir şekilde belirlenir. Aynı zamanda Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile hangi binanın detaylı analize girmesi gerektiği bilgisi de elde edilir. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin oluşturulma şekli istatistiksel verilere dayanır. Daha önce depremde meydana gelen hasarlar ve binanın sahip olduğu parametreler incelenir ve depreme etkisi olan parametreler seçilerek deprem performans yöntemleri oluşturulur. Bununla beraber farklı bölgelerin sahip olduğu farklı mimari ve statik özelliklerden dolayı, farklı parametrelere sahip olan birçok Hızlı Değerlendirme Yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu durum tüm yapılar için ortak bir yöntem olmaması nedeniyle olumsuz bir durum gibi görünse de binaları farklı yöntemler içerisinde kontrol ettiğimizde, o binanın hasar derecesini tespit etmede daha emin olmamızı sağlaması yönüyle faydalı bir durumdur.

### **1.3. Tez Çalışmasının Amacı ve Önemi**

Her ne kadar Hızlı Değerlendirme Yöntemleri binaların deprem karşısında göstermiş olduğu performansı çabuk bir şekilde belirlese de 15 milyon yapı düşünüldüğünde, bu inceleme süresinin çok uzun olacağı görülmektedir. Bununla beraber yapılacak olan hesaplarda, işlem hataları yapılabilir. Günümüz gelişen teknolojisi ile beraber tüm alanlarda bilgisayarlardan yararlanılmakta ve bilgisayarlar aracılığıyla hem işlemler çok daha hızlı yapılmakta hem de olabilecek hatalar en aza indirilmektedir. Geçmişten bu yana birçok Hızlı Değerlendirme Yöntemi ortaya çıkmasına rağmen, bu yöntemleri bilgisayar ortamına aktaran yöntem sayısı oldukça azdır. Bu da geliştirilen bu

yöntemlerin kullanılmasını zorlaştırmakta ve bu yöntemlerin arka planda kalmasına sebep olmaktadır. Bu tez çalışması, yukarıda belirtilen durumun eksikliğini ortadan kaldırmak için üç farklı Sokak Taraması Yöntemi ve dört farklı Ön Değerlendirme Yöntemini bilgisayar ortamına aktarmaktadır. Ülkemizde en çok tercih edilen taşıyıcı sistem malzemesi betonarme olduğu için seçilen bu yedi yöntemin tamamı betonarme binalar için geliştirilen yöntemlerdir. Geliştirilmiş olan bilgisayar programı sayesinde binalar, 7 farklı yöneme göre deprem performans puanları ve deprem performans durumları (hasarsız veya göçen) dakikalar içerisinde belirlenebilecek ve bu işlemler sırasında ortaya çıkabilecek olan hata payı en aza indirilmiş olacaktır. Aynı zamanda program içerisine aktarılan binalar, Microsoft tarafından geliştirilmiş olan Bing Maps harita sistemi üzerinde işaretlenmekte, deprem raporları oluşturulabilmekte ve kıyaslama grafikleri ile binalar için en doğru sonuç bulunabilmektedir.

Aynı zamanda tez çalışması kapsamında, 2011 yılında meydana gelen Van depreminden etkilenen 50 binanın deprem performans puanı 7 farklı hızlı değerlendirme yöntemine göre belirlenmiş ve binaların deprem performans grafikleri ve deprem performans haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen deprem performans grafiklerine göre hızlı değerlendirme yöntemleri karşılaştırılmış ve ilgili veri seti için en uygun olan yöntem belirlenmiştir.



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Hızlı Değerlendirme Yöntemleri, birçok ülke tarafından uzun zamandır kullanılmaktadır. Her ülke sahip olduğu deprem risk seviyesi, zemin yapısı, binaların mimari ve statik özelliklerine göre farklı parametreler içeren Hızlı Değerlendirme Yöntemleri oluşturmuştur. Bu yöntemler, yıllar içerisinde gerçekleşen depremlerden alınan yeni veriler ve gelişen teknoloji ve mühendislik bilgilerine göre sürekli olarak güncellenmiştir. Bu durum çok sayıda Hızlı Değerlendirme Yönteminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Tez çalışmasının bu bölümünde Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinden yaygın olarak bilinenler, Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme Yöntemleri başlığı altında verilecektir. Aynı zamanda yine bu bölüm içerisinde, oluşturulmuş olan bu Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin bilgisayar programlarına aktarılma süreçleri ve kullanım sıklığı hakkında da bilgi verilecektir.

### 2.1. Sokak Taraması Yöntemleri


Hızlı Değerlendirme Yöntemleri içerisinde, uygulanma yönü bakımından en pratik ve en az zaman alıcı olan yöntemler Sokak Taraması Yöntemleridir. Bu yöntemler birçok ülke tarafından kabul edilmiş ve bu yönde ülkelerinin mimari ve statik özelliklerine uygun olan Sokak Taraması Yöntemlerini oluşturmuşlardır. Tez çalışmasının bu bölümünde, araştırmalar sonucu ortaya çıkan yaygın yöntemlerden kronolojik sıraya göre söz edilecektir.

Sokak Taraması Yöntemleri ilk olarak ABD’de FEMA (Federal Acil Durum Yönetim Kurumu) tarafından 1988 yılında FEMA-154 (Potansiyel Sismik Tehlikeler için Binaların Hızlı Görsel Taraması-Birinci Baskı) adı altında bir el kitabı çıkarılarak oluşturulmuştur. Çıkarılan bu kitap ilgili kamu ve özel kuruluşlar tarafından oldukça yaygın şekilde kullanılmış ve 70.000 bina bu yöntem kullanılarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda elde edilen yeni verilerle birlikte 2002 yılında güncellenmiş ve aynı isimle ikinci baskısı yapılmıştır. Daha sonra teknoloji ve mühendislik alanındaki gelişmeler ve depremler sonucunda oluşan yeni verilerle 2015 yılının ocak ayında yeniden güncellenmiştir (FEMA 154, 2015). Günümüzde yaygın olarak bilinen bu

yöntem ülkemiz binalarına uygun olmadığı için kullanılmıyor olsa da karşılaştırma olarak kullanılması bakımından tez kapsamında programa aktarılacak olan yöntemlerden birisidir.

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 1**  
**HIGH Seismicity**



Address: 1515 Northwest Drive  
Old Town, Any State Zip: 90907

Other Identifiers: Washington Middle School

Building Name: Main Building + Addition

Use: Classrooms

Latitude: 42.836 Longitude: -73.322

S<sub>1</sub>: 1.21 S<sub>2</sub>: 0.54

Screeener(s): J. Howard Date/Time: 8/28/13 9am

No. Stories: Above Grade: 3 Below Grade: 0 Year Built: 1931  EST

Total Floor Area (sq. ft.): 28,800 29,800 Code Year: \_\_\_\_\_

Additions:  None  Yes. Year(s) Built: 1994

Occupancy: Assembly  Commercial  Emer. Services  Historic  Shelter  
Industrial  Office  School  Government  
Utility  Warehouse  Residential, # Units: \_\_\_\_\_

Soil Type:  A Hard Rock  B Avg. Rock  C Dense Soil  D Stiff Soil  E Soft Soil  F DNK # DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes  No  Landslide: Yes  No  Surf. Rupt.: Yes  No

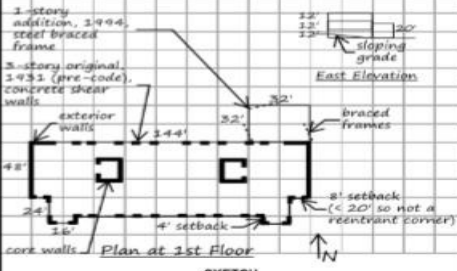
Adjacency:  Pounding\*  Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities:  Vertical (type/severity) none  
 Plan (type) none

Exterior Falling Hazards:  Unbraced Chimneys  Heavy Cladding or Heavy Veneer  
 Parapets  Appendages  
 Other: \_\_\_\_\_

COMMENTS: \* Pounding btwn original and addition.  
Site slopes, but less than a full story. Not a vertical irregularity.  
Level 1: Addition has differences in floor height and differences in structural framing. Therefore, per Level 1 addition guide, evaluate as separate buildings and check for pounding. Per Level 1 pounding guide, pounding potential does exist because floors do not align.  
Level 2: See comments next page for Level 2 treatment of additions.  
→ Level 1 result: S<sub>1</sub> = 1.3 and pounding exists  
Level 2 result: S<sub>2</sub> = 0.3 (for combined building)

Additional sketches or comments on separate page



1-story addition, 1994. Steel braced frame.

3-story original 1931 (pre-code) concrete shear walls.

exterior walls

braced frames

sloping grade

East Elevation

4'-0" setbacks

8'-0" setback (< 20' so not a reentrant corner)

corn walls

Plan at 1st Floor

SKETCH

**BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>1</sub>**

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (RVS)	S2 (RVS)	S3 (LM)	S4 (RVS)	S5 (URM)	C1 (RVS)	C2 (RVS)	C3 (URM)	PC1 (RVS)	PC2 (RVS)	RM1 (RVS)	RM2 (RVS)	URM	MH
Basic Score	3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.0	2.6	2.9	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.9	1.5
Severe Vertical Irregularity, V <sub>1</sub>	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V <sub>2</sub>	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P <sub>1</sub>	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	0.0	0.0	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Pool-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type F (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S <sub>min</sub>	1.7	0.9	0.7	0.0	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>1</sub>: 2.0 (addition) 1.3 (original bldg)

**EXTENT OF REVIEW**

Exterior:  Partial  All Sides  Aerial

Interior:  None  Visible  Entered

Drawings Reviewed:  Yes  No

Soil Type Source: Vs30 Maps - Soil Type C

Geologic Hazards Source: State Geologist - None

Contact Person: \_\_\_\_\_

**LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?**

Yes, Final Level 2 Score, S<sub>2</sub>: 0.3  No

Nonstructural hazards?  Yes  No

**OTHER HAZARDS**

Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?

Pounding potential (unless S<sub>2</sub> = 0.3)

Full-off-timom

Falling hazards from taller adjacent building

Geologic hazards or Soil Type F

Significant damage/deterioration to the structural system

Ignore pounding at "Other Hazard" since Level 2 was performed

**ACTION REQUIRED**

Detailed Structural Evaluation Required?

Yes, unknown FEMA building type or other building

Yes, score less than cut-off

Yes, other hazards present

No

Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)

Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated

No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary

No, no nonstructural hazards identified  DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

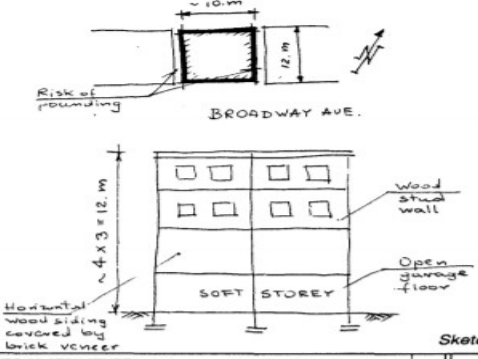
Legend: MRF = Moment-resisting frame R/C = Reinforced concrete URM = Unreinforced masonry masonry TU = Tie up MFR = Manufactured housing LM = Light masonry FCB = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall

Şekil 2.1. FEMA-154 seviye 1 veri toplama formu örneği (FEMA P-154, 2015).

FEMA-154'ün yanı sıra ABD, 1998 yılında FEMA-310 adı altında "Binaların Sismik Değerlendirilmesi için El Kitabı", 1997 yılında ise FEMA-273 adı altında benzer bir el kitabını çıkarmıştır.

Yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bir diğeri 1993 yılında NRCC (Kanada Ulusal Araştırma Konseyi Yapı Araştırma Enstitüsü) tarafından hazırlanan Sokak Taraması Yöntemidir. Bu yöntem içerdiği parametreler açısından diğer Sokak Taraması Yöntemleri ile benzerlikler taşımakla birlikte, kullanmış oldukları parametre

katsayılarını kendi binalarının mimari, statik ve zemin yapısı özelliklerine göre zaman içerisinde güncellemişlerdir.

SEISMIC SCREENING FORM		p. 1 of 2	ITEM No.: 1
Address: 32 Broadway Ave., Anytown		Postal Code: K2C 3T6	
No. of storeys: 4	Total Floor Area: 480 m <sup>2</sup>	Year Built: 1926	Design NBC: —
Primary use (see list on p. 2): Residential (Apartments)		Heritage Designation: —	
Inspector: MJ	Date: 92-02-05	Checked by: HR	
 <p>Sketch</p>		Photo not available	
TYPE OF STRUCTURE (circle appropriate descriptors) see 4.3.2		BM	BUILDING IRREGULARITIES (circle appropriate descriptors) see 4.3.3
Wood	WLF WPB	Wood Light Frame Wood, Post and Beam	90
Steel	SBF SLF SCW SIW	Steel Moment Frame Steel Braced Frame Steel Light Frame Steel Frame with Concrete Shear Walls Steel Frame with Infill Masonry Shear Walls	90
Concrete	CMF CSW CIW PCF PCW	Concrete Moment Frame Concrete Shear Walls Concrete Frame with Infill Masonry Shear Walls Precast Concrete Frame Precast Concrete Walls	85
Masonry	RML RMC URM	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Floors or Roofs Reinforced Masonry Bearing Walls with Concrete Diaphragms Unreinforced Masonry Bearing Wall Building	90
NON - STRUCTURAL HAZARDS (Circle appropriate descriptors) see 4.3.4		<ol style="list-style-type: none"> <li>Vertical Irregularity</li> <li>Horizontal Irregularity (Torsion)</li> <li>Short Concrete Columns</li> <li>Soft Storey</li> <li>Pounding</li> <li>Major Modifications</li> <li>Deterioration</li> <li>None</li> </ol>	
F <sub>1</sub> Falling Hazards to Life:		<p>Exterior: Masonry chimneys, parapets, veneer or stone / precast panels, non-safety glass, or canopies over exits and walkways</p> <p>Interior: Heavy components; masonry partitions; non-safety glass in egress areas; storage shelves which may collapse onto areas of human occupancy</p>	
F <sub>2</sub> Hazards to Continuous Operation of Special Buildings:		<p>Equipment or lifelines required for continuous operation of special facilities. The owner or authority should provide a list of critical items needed for continuing operations.</p>	

Şekil 2.2. Kanada NRCC’de yayınlanan sokak taraması yöntemi veri toplama formu (NRCC, 1993).

Yapılan araştırmalar sonrasında karşılaşılan diğer yaygın yöntemlerse, 2001 yılında Japonya’da, Japonya Bina Afet Önleme Kurumu tarafından oluşturulan Sismik İndeks Yöntemi ve 2006 yılında Yeni Zelenda’da, Yeni Zelenda Deprem Mühendisliği Topluluğu tarafından yayınlanan Deprem Karşısında Binaların Yapı Performansının Değerlendirilmesi ve İyileştirilmesi adlı yöntemdir. Bu yöntemler içerdiği parametreler bakımından diğer yöntemlerle benzerlik gösterir.

Ülkemizde yaygın olarak bilinen Sokak Taraması Yöntemlerinden biri 2004 yılında TÜBİTAK projesi kapsamında “Deprem Güvenliğinin Saptanması için Yöntemler”

çalışması adı altında Güney Özcebe tarafından oluşturulmuştur. Kat adedi, zemin hızı, yumuşak kat, ağır çıkma, kısa kolon gibi parametreleri kullanarak bir yöntem geliştirmiştir. Yaygın olarak bilinen diğer bir yöntem 2003 yılında Haluk Sucuoğlu ve Ufuk Yazgan tarafından oluşturulmuştur. Yöntem parametreleri Özcebe tarafından yapılan çalışmaya çok benzemekle birlikte, kullanmış olduğu katsayı ve deprem performans puanları arasında farklılıklar vardır.

Sokak Taraması Yöntemleri ülkemizde yukarıda anlatılan özel çalışmaların yanında 2012 yılında çıkarılan 6306 kanunu kapsamında (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar) resmi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çıkarılan bu kanun binaların deprem karşısında yıkılıp yıkılmayacağını tespit etmek için değil, hangi binaya öncelik verileceğini belirlemek üzere binaların risk sıralamasının yapılması için oluşturulmuştur.

### BETONARME BİNALAR İÇİN VERİ TOPLAMA FORMU

TARİH : 22.05.2012

Sıra No: 502

FORM 1 BİNA KİMLİK BİLGİLERİ	
BÖLGE NO	
MAHALLE	Bulgurlu Mh
CADDE / SOKAK	Gülveren Sokak
KAPI NO / BİNA ADI	11/ Kiraz Apt.
PAFTA / ADA / PARSEL	1110 5 1230
KENT BİLGİ SİST.NO	VAN
BİNANIN TAHMİNİ YAŞI	12
COĞRAFİ KOORDİNATLAR (GPS) (E/N)	41. 01 N / 28. 58 E
FORM 2 BİNA TEKNİK BİLGİLERİ	
YAPISAL SİSTEM TÜRÜ	<input type="checkbox"/> BA ÇERÇEVE <input checked="" type="checkbox"/> BA ÇERÇEVE VE PERDE
SERBEST KAT ADEDİ	...5... ADET
YAPI NİZAMI	<input type="checkbox"/> AYRIK <input checked="" type="checkbox"/> BİTİŞİK <input type="checkbox"/> KÖŞEDE BİTİŞİK
BİTİŞİK BİNALARLA DÖŞEME SEVİYELERİ	<input type="checkbox"/> AYNI <input checked="" type="checkbox"/> FARKLI
AĞIR ÇIKMALAR	<input type="checkbox"/> VAR <input checked="" type="checkbox"/> YOK
ZAYIF / YUMUŞAK KAT	<input checked="" type="checkbox"/> VAR <input type="checkbox"/> YOK
KISA KOLONLAR	<input checked="" type="checkbox"/> VAR <input type="checkbox"/> YOK
DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK	<input checked="" type="checkbox"/> VAR <input type="checkbox"/> YOK
PLANDA DÜZENSİZLİK	<input checked="" type="checkbox"/> VAR <input type="checkbox"/> YOK
BİNA GÖRSEL KALİTESİ	<input type="checkbox"/> İYİ <input checked="" type="checkbox"/> ORTA <input type="checkbox"/> KÖTÜ
TABİİ ZEMİN EĞİMİ	<input type="checkbox"/> DÜZ <input checked="" type="checkbox"/> EĞİMLİ (Eğim>30°)
ZEMİN SINIFI	<input type="checkbox"/> Z1 <input checked="" type="checkbox"/> Z2 <input type="checkbox"/> Z3 <input type="checkbox"/> Z4
NORMAL KATLAR FONKSİYONU	<input checked="" type="checkbox"/> KONUT <input type="checkbox"/> TİCARET <input type="checkbox"/> SANAYİ <input type="checkbox"/> KAMU <input type="checkbox"/> METRUK

Şekil 2.3. Riskli yapılar yönetmeliği veri toplama formu örneği.

2012 yılında yayınlanan bu kanundan sonra elde edilen yeni veriler ve mühendislikteki gelişmeler sonrasında bu yöntem 2018 yılında güncellenmiş ve 2019 yılında Resmî Gazetede yayınlanmıştır. Bu yöntem özellikle Kentsel Dönüşüm



kapsamında riskli binalar arasında öncelikli olanları belirlemek için etkin bir şekilde kullanılmıştır. Ayrıca resmi olarak yürürlükte olan bu yöntem tez çalışmasında kapsamında bilgisayar programına aktarılacak yöntemlerden birisidir.

## 2.2. Ön Değerlendirme Yöntemleri

Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinden bir diğeri olan Ön Değerlendirme Yönteminin içermiş olduğu parametre sayısı Sokak Taraması Yöntemine göre fazladır. Artan parametre sayısı da beraberinde daha doğru sonuçları getirmektedir. Bunun yanında detaylı analizlerle karşılaştırıldığında, Ön Değerlendirme Yöntemleri zaman tasarrufu açısından daha faydalıdır. Deprem karşısında göstereceği performansı belirlenecek olan 15 milyon yapı düşünüldüğü zaman hem doğru sonuçlar veren hem de zaman açısından kullanışlı olan Ön Değerlendirme Yöntemleri çok yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu faydalı kullanımından dolayı tüm ülkeler bu konu hakkında birçok çalışma yapmış ve yöntemler geliştirmişlerdir. Sokak Taraması Yöntemleri geliştiren ABD, Kanada, Yeni Zelanda, Japonya gibi ülkelerin tümü Ön Değerlendirme Yöntemleri de geliştirmiş ve yıllar içinde sürekli güncellemişlerdir. Bu yöntemlerden en yaygın olarak bilineni ve kullanılanı FEMA-154 dür.

Ülkemiz resmi olarak Ön Değerlendirme Yöntemine sahip değildir. Ancak ülke akademisyenleri tarafından birçok Ön Değerlendirme Yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en yaygın olanları ve kullanmış oldukları parametreler aşağıda sıralanmıştır.

Hassan ve Sozen Yöntemi (1997): 1992 yılında Erzincan'da meydana gelen depremde hasar gören binaların verileri ile Ahmed F. Hassan ve Mete A. Sozen tarafından düşük kat sayısına sahip olan binalar için geliştirilen bu yöntem yapının taşıyıcı elemanlarından olan kolon, perde ve duvarların boyutlarını ve bu boyutlara ek olarak binanın kat alanını kullanarak binaların deprem karşısında göstermiş olduğu performansı belirler.

Özcebe ve ark Yöntemi (2003): 1999 yılında Düzce'de meydana gelen depremde hasar gören 484 binadan elde edilen verileri kullanılarak oluşturulmuş olan bu yöntem kat sayısı, kolon, perde ve duvarların boyutları, kat alanları, kat yükseklikleri, aks düzen bilgileri gibi parametreleri kullanarak binaların deprem karşısındaki performans

puanlarını belirler. Oldukça yaygın olarak bilinen bu yöntem tez kapsamında bilgisayar programına aktarılacak olan yöntemlerden biridir.

Yakut Yöntemi (2004): 1992 yılında Erzincan ve 1999 yılında Düzce ve Gölcük' de meydana gelen depremlerde hasar gören binalardan elde edilen verilerle oluşturulan bu yöntem, diğer Ön Değerlendirme Yöntemlerine benzer olarak kolon, perde ve taşıyıcı duvar elemanlarının boyutlarını ve diğer yöntemlerden farklı olarak da beton dayanımı, düzensizlik bilgileri, bina önem katsayısı, bina ağırlığı gibi parametreleri içermektedir. Zaman içinde güncellenen parametrelere sahip olan bu yöntem tez kapsamında yapılacak olan bilgisayar programına aktarılacak yöntemlerden bir diğeridir.

DURTES Yöntemi (2006): Bu yöntemde diğer yöntemler gibi bina ağırlığı, zemin sınıfı, deprem sınıfı, yapısal düzensizlikler, beton ve donatının malzeme özellikleri, bina taşıyıcı elemanların boyutları gibi parametreleri kullanır. Bu yöntem, diğer yöntemlerden farklı olarak sunmuş olduğu yöntemi bilgisayar programı haline dönüştürmüştür.

Bir diğer Ön Değerlendirme Yöntemi 2003 yılında Haluk Sucuoğlu ve Ufuk Yazgan tarafından geliştirilmiştir. İçermiş olduğu parametreler diğer yöntemlerle benzerlik gösterir. Bunun yanında bu yöntem programa aktarılacak olan bir diğer Ön Değerlendirme Yöntemidir.

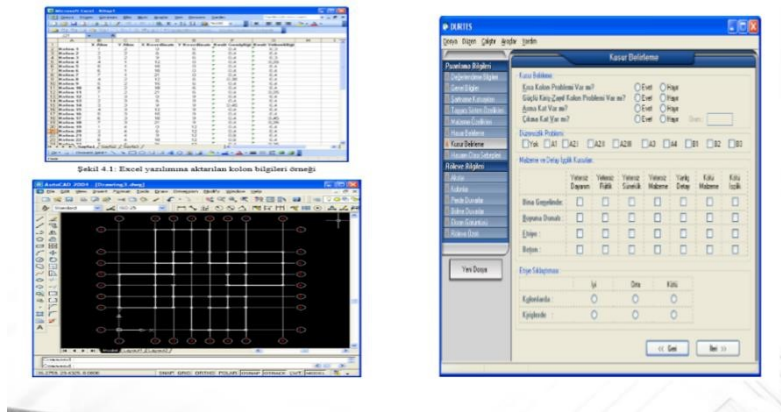
P25 Yöntemi (2011): İçermiş olduğu parametre sayısı diğer yöntemlere göre çok daha fazla olan bu Ön Değerlendirme Yöntemi 2011 yılında Tezcan ve ark. tarafından geliştirilmiştir. Diğer yöntemlere ek olarak bu yöntem korozyon, bina kaplama ağırlığı, asma kat alanı, temel tipi, temel derinliği, yeraltı su seviyesi gibi parametreleri de kullanmaktadır.

Bu yöntemlere ek olarak 2014 yılında İlki ve ark. 2018 yılında Erdil ve Ceylan, 2018 yılında Kaplan ve ark. tarafından geliştirilen Ön Değerlendirme Yöntemleri de içermiş olduğu parametreler bakımından diğer yöntemlerine benzerlik göstermekte olup yaygın olarak bilinen Ön Değerlendirme Yöntemleri arasındadır. Bu yöntemler arasında Erdil ve Ceylan tarafından geliştirilen yöntem tez kapsamında yapılacak olan bilgisayar programına aktarılacaktır.

### 2.3. Bilgisayar Destekli Hızlı Değerlendirme Yöntemleri

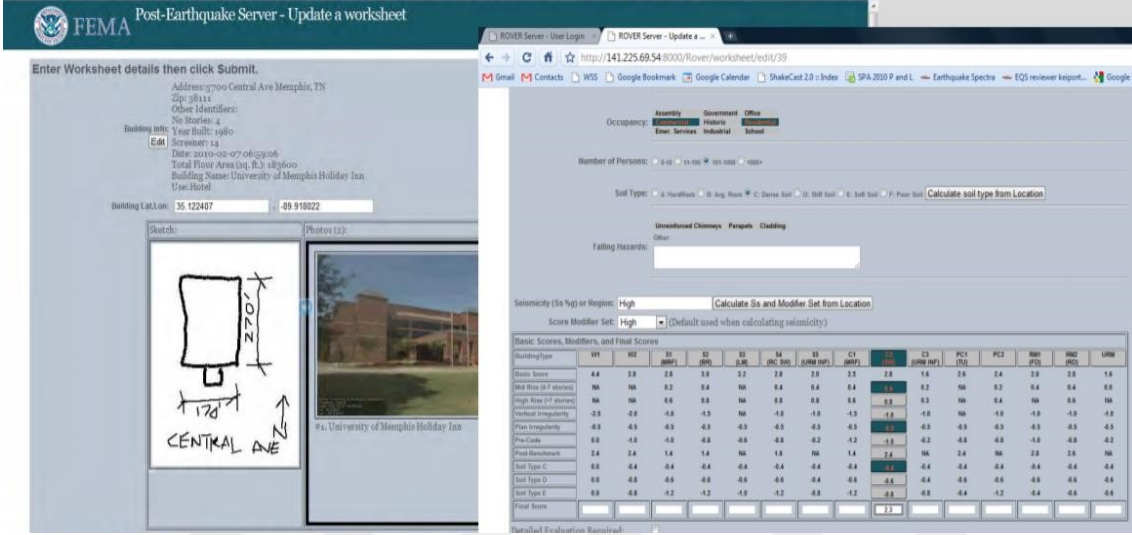
Günümüzde çok sayıda Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme yöntemi olmasına rağmen bu yöntemlerin uygulanması konusunda bilgisayarlardan alınan destek oldukça azdır. Bu durum deprem karşısında incelenmesi gereken milyonlarca yapı düşünüldüğü zaman bu yöntemlerin etkinliğini büyük ölçüde azaltmaktadır. Aynı zamanda farklı bölgelere özgü parametrelerle oluşturulan bu yöntemler tüm ülkede aynı başarıyı sağlayamamaktadır. Bu durum da oluşturulan deprem performansını belirleme yöntemlerini tek bir program içerisinde toplama ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Böylece her bölge için kullanılacak tek bir bilgisayar programı ile hızlı ve güvenilir şekilde binaların deprem performansları belirlenebilecektir. Günümüzde bu amaçla oluşturulan herhangi bir bilgisayar programı bulunmamaktadır. Hızlı Değerlendirme Yöntemleri oluşturulurken veya uygulanırken genel olarak kullanılan bilgisayar programı Microsoft Excel dir. Bu program hesap kolaylığı açısından avantaj sağlasa da Hızlı Değerlendirme Yöntemleri için özel olarak hazırlanmış bir yöntem her zaman ihtiyaç duyulmuştur.

Binaların deprem karşısında göstermiş oldukları performansı belirleme konusuna özel olarak geliştirilen ilk program 2002 yılında “Bakırköy İlçesi Zemin Yapı Etkileşimine Bağlı Risk Analizi Araştırma Projesi” kapsamında Visual Basic programlama dili içerisinde geliştirilmiş olan bir programdır. Bu program, yıllar içerisinde meydana gelen teknolojik gelişmeler nedeniyle günümüzde kullanılması mümkün değildir. Bu programın yanı sıra 2006 yılında DURTES adı altında daha güncel ve kullanışlı bir program Rasim Temür tarafından sunuldu. Bu program Temür tarafından geliştirilen DURTES Hızlı Değerlendirme Yöntemini içermektedir.



Şekil 2.4. DURTES yöntemi bilgisayar programı içeriği (Temür, 2006).

Hızlı Değerlendirme Yöntemleri içerisinde yaygın olarak bilinen bir yöntem olan FEMA' da bu durum için HAZUS adı altında bir bilgisayar programı oluşturmuştur. Oldukça ileri düzeyde hazırlanan bu program binaların deprem karşısındaki performansını hesaplamının yanı sıra bu binaları deprem haritasında göstererek il veya ilçeler için deprem senaryoları oluşturabilmektedir.



Şekil 2.5. FEMA-154 yöntemi bilgisayar programı veri bilgi giriş ekranı (FEMA P-154, 2015).

Ülkemizde kentsel dönüşüm kapsamında binaların deprem performansları belirlemek için A.R.A.A.D. NET (Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi) adı altında bir program kullanılmaktadır. Ancak bu program Hızlı Değerlendirme Yöntemlerine özel olarak geliştirilmiş bir program değildir. Detaylı analizler yapmak için kullanılan bir bilgisayar programıdır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında yapılmış olan bilgisayar programına aktarılmış Hızlı Değerlendirme Yöntemleri, bu yöntemlerin hesap adımları, hesap adımlarında kullanılan parametreler, parametrelerin binaların deprem performansını etkileme düzeyi ve parametrelerin detayları açıklanmıştır.

#### 3.1. Materyal

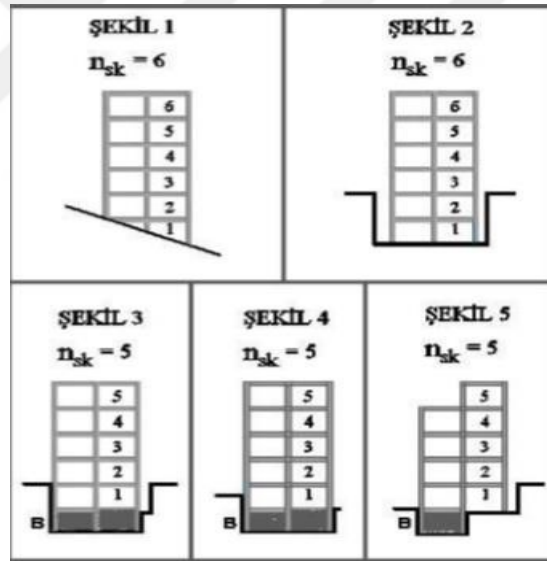
Hızlı Değerlendirme Yöntemleri oluşturuldukları bölgenin mimari, yapısal sistem, zemin sınıfı, deprem bölgesi gibi binaların deprem performansını önemli derecede etkileyebilecek birbirinden farklı birçok parametreye sahiptir. Bu parametrelerden bazıları hemen hemen tüm Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde kullanılırken, bazı parametreler birkaç yöntem için önemlidir. Tez çalışmasının bu bölümünde Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde sıklıkla kullanılan parametrelere yer verilmiştir. Bu parametreler kendi arasında binanın sahip olduğu yapı özelliklerinden kaynaklanan *yapısal parametreler*, binaların bulunduğu zeminlerden kaynaklanan *zemin parametreleri*, binaların bulunduğu bölgenin sahip olduğu depremsellik durumundan kaynaklanan *deprem parametreleri*, binanın sahip olduğu düzensizliklerden kaynaklanan *düzensizlik parametreleri* ve binaları etkileyen diğer etmenlerden dolayı *diğer parametreler* şeklinde beş bölüme ayrılmıştır.

##### 3.1.1. Yapısal parametreler

Yapısal parametreler, deprem performansı belirlenecek olan binaların sahip olduğu kat sayısı, yapısal sistem türü, yapı nizamı (bitişik binalardaki döşeme seviyeleri), bina görsel kalitesi, bina zemin kat alanı, taşıyıcı sistem çerçeve düzensizliği gibi parametrelerdir. Bu parametreler birçok Hızlı Değerlendirme Yönteminde kullanılırlar ve yapı deprem performans puanları için oldukça önemlidirler.

### 3.1.1.1. Kat sayısı ( $n_{sk}$ )

Kat sayısı binaların deprem performansı açısından oldukça önemlidir. Yüksek kata sahip olan binalar düşük kata sahip olan binalara göre daha ağırdır. Deprem kuvveti ağırlık ile doğru orantılı olduğu için yüksek katlı binalar düşük katlı binalara göre daha fazla deprem kuvveti alır. Bu durum binalarda ağır hasarlara neden olur. Yapılan akademik çalışmalara göre aynı deprem kuvveti altında, üç katlı binaların %15'inde ağır hasar oluşurken, dört katlı binalarda bu oran %25'e, beş ve yukarı kata sahip olan binalarda ise bu oran %42'ye çıkmıştır (Sucuoğlu ve Yazgan, 2003). Deprem performansı açısından büyük öneme sahip olan bu parametre, Sokak Taraması Yöntemleri için en önemli parametredir. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin tamamında kat sayısı, zemin yapısının binayı desteklemesinden dolayı zeminin üzerindeki kat sayısı olarak hesaba alınır.



Şekil 3.1. Farklı bina şekillerinde hesaba katılması gereken kat sayıları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).

### 3.1.1.2. Yapısal sistem türü

Hızlı Değerlendirme Yöntemleri birçok yapısal sistem türüne (Betonarme, Yığma, Çelik vb.) sahiptir. Bu sistem türlerinden yaygın olarak kullanılan betonarme sistemlerdir. Betonarme sistemler kendi arasında betonarme çerçeve ve betonarme

çerçeve ile perde şeklinde ikiye ayrılır. Perdelere sahip olan binalar diğerlerine göre daha rijit olacağından deprem karşısında ciddi bir hasar oluşmasını önler. Ancak bu perdelerin binalara simetrik olarak yerleştirilmesi önemlidir. Aksi takdirde, meydana gelecek olan burulma düzensizlikleri binalara ciddi anlamda zarar verecektir. Bu parametre özellikle Sokak Taraması Yöntemleri kapsamında kullanılır.

### 3.1.1.3. Yapı nizamı

Bu parametre özellikle Sokak Taraması Yöntemlerinde kullanılır. Bazı yöntemler bu parametreyi *yapı nizamı* şeklinde hesaplarına katarken bazı yöntemler *çarpışma* adı altında kullanır. Deprem anında meydana gelen sarsıntıda, binalar farklı titreşim periyotlarına sahip olur. Bu durum binaların deprem anında birbirlerine çarpmasına ve birbirlerine fazladan kuvvet uygulamasına neden olur. Etki eden bu kuvvet binaların kat döşeme seviyelerine göre farklılık gösterir. Binalar için en olumlu durum bu döşemelerin aynı seviyede olmasıdır. Döşeme seviyeleri arasındaki fark arttıkça binalara etki eden çarpışma kuvveti artar ve ciddi hasarlar ortaya çıkar.



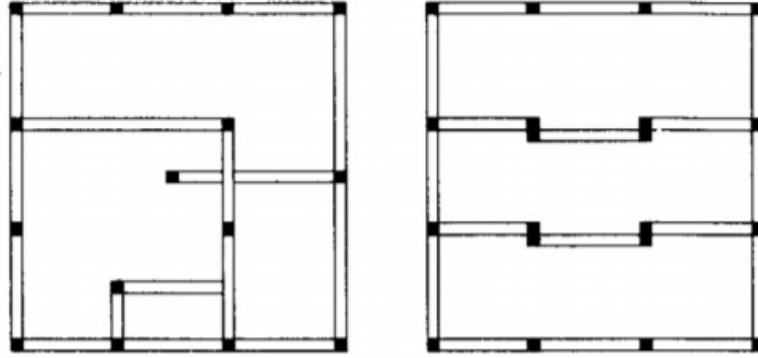
Şekil 3.2. Çarpışma etkisinden kaynaklanan bina hasar durumu (Temür, 2006).

### 3.1.1.4. Bina görsel kalitesi

Özellikle Sokak Taraması Yöntemlerinde kullanılan bir başka parametre binanın dış görünüşü, işçilik kalitesi gibi özelliklere bakılarak tespit edilen bina görsel kalitesidir. Bu parametre tüm yöntemlerde iyi, orta ve kötü olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Bina kalitesi ile deprem anındaki hasar durumu doğru orantıya sahiptir.

### 3.1.1.5. Çerçeve süreksizliği

Genellikle mimari nedenlerle oluşturulan bu süreksizlik çeşidi binaların taşıyıcı sistemini oluşturan betonarme çerçevelerdeki kirişlerin kaldırılmasıyla oluşur. Birbirine bağlanmayan kirişler, çevre kolonlar arasında kirişsiz bir döşeme oluşmasına neden olur. Bu durum yatay bağlantısı olmayan kolonların rijitliklerini önemli derecede azaltır. Aynı zamanda yapının simetrisi bozulduğu için yapıda burulma momenti meydana gelir. Meydana gelen bu burulma momenti, özelliklerde kolonlarda ciddi kesme kuvvetleri oluşturarak binaya zarar verir.



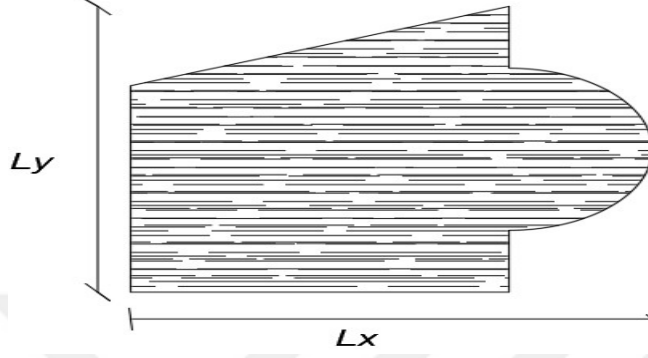
Şekil 3.3. Çerçeve süreksizliğine sahip kat planı örnekleri (Canbay, 2018).

### 3.1.1.6. Zemin/ Kritik kat alanı

Genellikle Ön Değerlendirme Yöntemleri için kullanılan bu parametre bina kritik alanını temsil eder. Kritik olan katlar genellikle zemin katlardır. Çünkü Türkiye’de çoğunlukla binaların zemin katı iş yeri, üst katlar ise konut olarak kullanılmaktadır. Bu durum zemin katlarda mimari etmenlerden dolayı zemin kata eklenmeyen duvarlara ve düşük boyutlardaki taşıyıcı eleman boyutlarına sebep olmaktadır. Azalan kolon boyutları



zemin katın rijitlik değerini ciddi oranda azaltmakta, azalan rijitlik miktarı da bina hasar oranı arttırmaktadır. Zeminin sahip olduğu kritik kat alanı bulunurken, zemin katın sahip olduğu net alan değil, zemin katın sahip olduğu en büyük yatay ve düşey uzunluk çarpılır.



Şekil 3.4. Örnek bir binanın kritik kat plan boyutları.

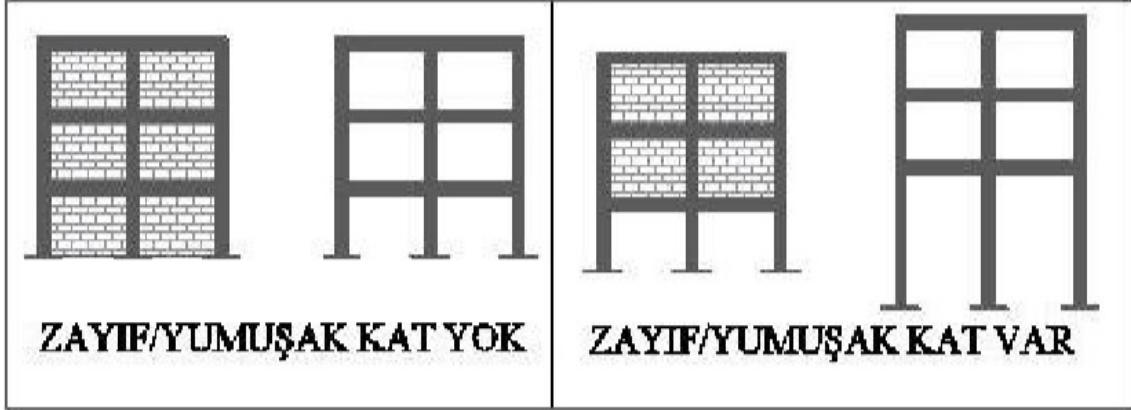
### 3.1.2. Düzensizlik parametreleri

Bu parametre sınıfı Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin birçoğunda kullanılır. Genellikle mimari sebeplerden kaynaklanan bu düzensizlikler, deprem esnasında yapı üzerinde çok ciddi yük oluşturur. Bina statik tasarımı esnasında hesaba katılmayan bu fazladan yükler deprem esnasında binanın göçmesine veya ağır hasar almasına neden olur. Bu düzensizlikler kendi arasında *ağır çıkma düzensizliği*, *yumuşak kat düzensizliği*, *düşeyde düzensizlik*, *planda düzensizlik* ve *kısa kolon şeklinde* beş sınıfa ayrılır.

#### 3.1.2.1. Yumuşak kat düzensizliği

Düzensizlik parametreleri içinde en sık karşılaşılan düzensizlik çeşididir. Binalarda yumuşak kat düzensizliği bulunmasının iki ana sebebi vardır. Bunlardan birincisi binanın zemin kat yüksekliğinin bir üst katın yüksekliğine göre daha fazla yapılması, bir diğeri ise mağaza veya işyeri olarak kullanılan zemin katlarda mimari sebeplerden dolayı duvar yerine cam kullanılması veya daha fazla net alan elde etmek için taşıyıcı sistem eleman boyutlarının azaltılmasıdır. Her iki durum sonucunda da zemin kat ve birinci kat arasında ciddi rijitlik farkları meydana gelmektedir. Rijitlik farkları da katlar arasında ciddi kat öteleme farkı oluşmasına sebep olur. Bu durum deprem

yönetmeliğinde “Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan  $\eta_{ki}$  katsayısı” şeklinde tanımlanmış ve bu  $\eta_{ki}$  katsayısının 2.0’den küçük olması gerektiği söylenmiştir.



Şekil 3.5. Binalarda yumuşak kat oluşumu (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).

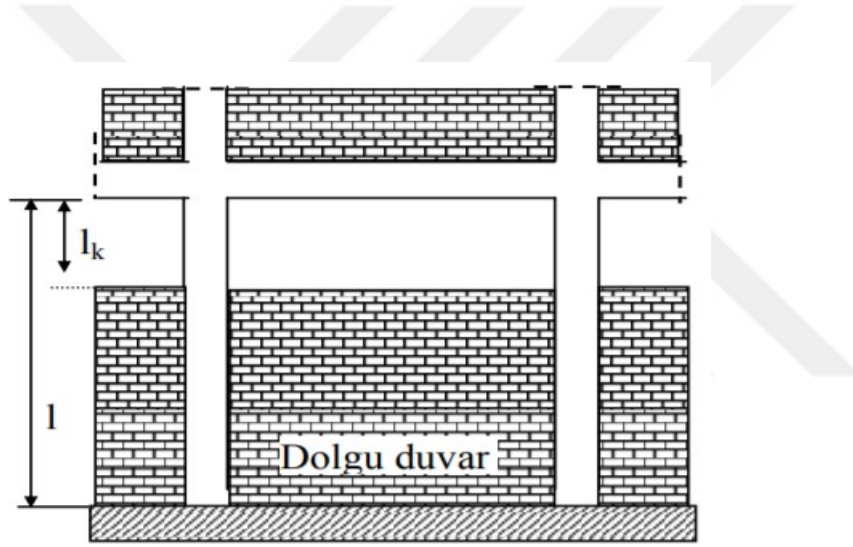
Van, Afyon ve Bingöl illerinde meydana gelen depremlerde, hasar görmüş 192 binanın 86 tanesinde yumuşak kat düzensizliği görülmüş ve bu 86 binanın %57’inde ağır hasar veya yıkım tespit edilmiştir (Erdil ve Ceylan, 2018).



Şekil 3.6. Yumuşak kat düzensizliğinden etkilenen bina örnekleri.

### 3.1.2.2. Kısa kolon etkisi

Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin çoğunda görülebilecek olan bir başka yaygın etki, kısa kolonların etkisidir. Genellikle sanayi türü yapılarda bant pencere yapımı veya duvarların kolon boyunca devam ettirilmemesi durumu kısa kolon etkisini oluşturur. Bu duruma sahip olan kolonlar net uzunlukları boyunca çalışamazlar. Bu durum karşısında kolonlar ciddi miktarda rijitlik ve kesme kuvveti artışına maruz kalırlar. Ayrıca kolona etki eden eğilme momenti, hesaplanan uzunluktan daha az uzunlukta taşınmak zorunda kalır. Tüm bu durumlar deprem esnasında kısa kolonların ciddi derecede hasar görmesine neden olur.



Şekil 3.7. Binalarda kısa kolon oluşumu (Çağatay, 2007).

Kısa kolonlara etki eden bu kesme kuvveti,  $l_k$  (Şekil 3.7) kısa kolon yüksekliğine bağlıdır. Bu yükseklik azaldıkça kısa kolonların rijitliği artarak, yüksek kesme kuvvetine maruz kalmasına sebep olacaktır. Yapılan çalışmalarda kolonlar arası örülen duvarın, kolon net yüksekliğinin yarısını geçmemesi durumunda ciddi bir hasar meydana gelmeyeceği tespit edilmiştir (Çağatay, 2007).



Şekil 3.8. Kısa kolon düzensizliğinden etkilenen bina örnekleri (Çağatay, 2007).

### 3.1.2.3. Planda düzensizlik

Deprem yönetmeliğinde, planda düzensizlik üç başlık altında toplanmıştır. Bunlar; burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizlikleri (A2) ve planda çıkıntılar bulunmasıdır (A3). Planda düzensizliği kullanan bütün Hızlı Değerlendirme Yöntemleri planda düzensizliği, burulma düzensizliği olarak kabul etmişler ve buna göre hesaplamalarını yapmışlardır. Deprem yönetmeliğinde adı geçen planda çıkıntılar bulunması durumu farklı bir başlık altında (Bölüm 3.1.2.5) ele alınmıştır.

Yapılar için ideal durum, bina taşıyıcı sistem elemanlarının birbirlerine yakın değerlerde ötelemeler yaparak bir arada çalışması durumudur. Taşıyıcı sistem elemanlarının ötelemeleri arasındaki fark artıça burulma momenti meydana gelir ve bu durum taşıyıcı sistem elemanlarında ciddi ek kesme kuvvetlerine neden olur. Yapı plan geometrisinin simetrik olmaması ve düşey yapısal elemanların (kolon, perde) düzensiz yerleştirilmesi, planda düzensizlik oluşumunun en önemli nedenleridir.



Şekil 3.9. Binalarda plan düzensizliği durumları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).

Deprem yönetmeliğinde burulma düzensizliği,  $\eta_{bi}$  katsayısı ile gösterilir ve en büyük görece kat ötelemesinin  $(\Delta i^{(X)})_{max}$  ortalama görece ötelemeye  $(\Delta i^{(X)})_{ort}$  oranı olarak bulunur. Düzensizlik katsayısı 1.2'den büyükse burulma düzensizliği olduğu kabul edilir. Sokak Taraması yöntemlerinde ise bu düzensizlik çeşidi basitleştirilerek, plan görünümünün şekliyle belirlenebilmektedir (Şekil 3.9).

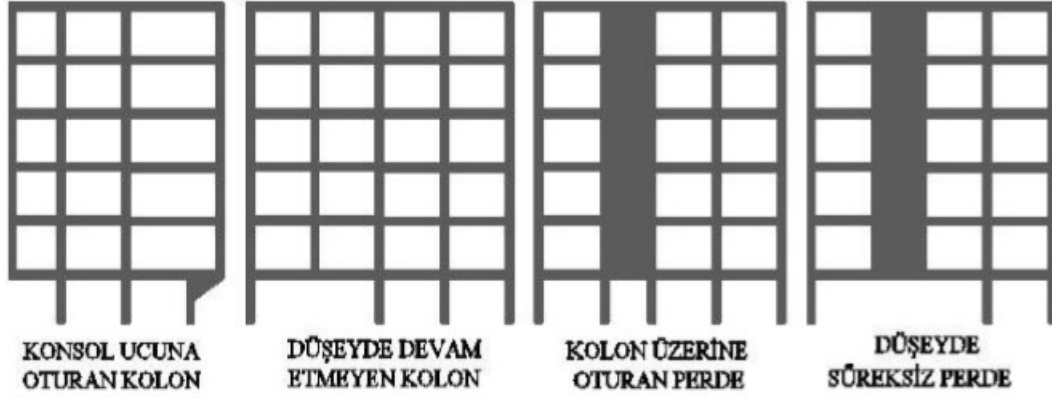


Şekil 3.10. a. Plan Düzensizliğine sahip bir binanın zemin kat plan görünüşü, b. binanın depremden sonraki hasar durumu (Erdil ve Ceylan, 2019).

#### 3.1.2.4. Düşeyde düzensizlik

Genellikle Sokak Taraması Yöntemlerinde kullanılan bu düzensizlik çeşidi, bina yüksekliği boyunca devam ettirilmeyen düşey taşıyıcılardan (kolon ve perde) kaynaklanır. Bu durum kolonların, kiriş üzerine veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üzerine oturtulması ya da perdelerin alt katlardaki kolon veya kirişlerin üzerine oturtulması ile gerçekleştirilir. Kirişlerin üzerine oturtulan kolonlar veya kolonların üzerine oturtulan perdeler, ciddi miktarda aksenal kuvvet ve eğilme momentleri

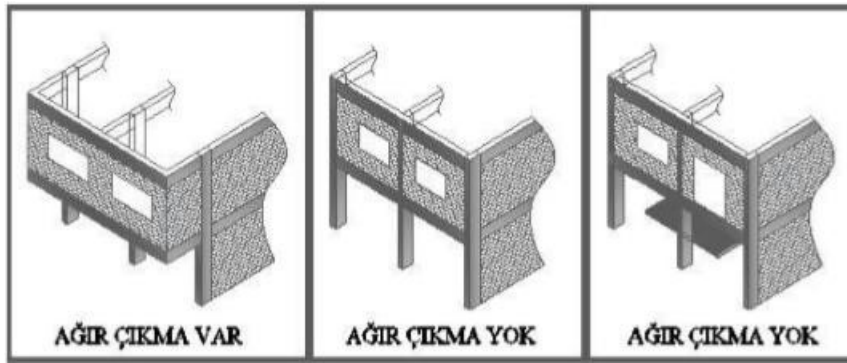
oluşturarak hasar ve yıkımlara yol açar. Mevcut binalarda bu düzensizlik çeşidi, diğer düzensizliklere göre daha az görülür.



Şekil 3.11. Düşeyde düzensizlik oluşum örnekleri (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).

### 3.1.2.5. Ağır çıkma düzensizliği

Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin tamamında bulunan bir başka önemli parametre ağır çıkmadır. Ağır çıkma, deprem yönetmeliğinde “Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20’ sinden büyük olması daha büyük olması durumu” şeklinde geçer. Bu çıkmalar binada konsollar oluşturduğu için deprem esnasında meydana gelen sarsıntı, ağır çıkmaları taşıyan kolonlar üzerinde ciddi kesme kuvvetleri oluşturur. Aynı zamanda ağır çıkmalar, taşıyıcı sistem çerçeve elemanlarının (kiriş) sürekliliğinin bozulmasına neden olarak, çerçevelerin bir arada çalışmasını engeller ve rijitlik düzensizliği oluşturur.



Şekil 3.12. Ağır çıkma tespit edilme örnekleri (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019).

Ağır ıkma, zemin kat üstündeki katlarda daha geniş alanlar elde etmek amacıyla yapılan bir uygulamadır. Bu ıkmalar açık çıkma ve kapalı çıkma şeklinde ikiye ayrılır. Kapalı ıkmalar daha ağır olduğu için açık çıkmalara göre daha risklidir. Yapılan alışmalar sonucunda dört veya daha fazla kata sahip olan ağır çıkmalı binaların, deprem anında ciddi şekilde hasar aldıkları tespit edilmiştir (Sucuoğlu ve Yazgan).



şekil 3.13. Ağır ıkma düzensizliği nedeniyle hasar gören bina rnekleri.

### 3.1.3. Zemin parametreleri

Hızlı Değerlendirme Yöntemleri oluşturulurken hesaba katılan önemli parametre sınıflarından bir diğer zemin parametreleridir. Sokak Taraması Yöntemlerinde, zemin parametreleri doğrudan kullanılır ve oldukça etkilidir. n Değerlendirme Yöntemlerinde ise bu parametre dolaylı yönlerden kullanılır ve etkisi daha azdır. Depremi başlangıç yerinin (Hiposantr /Odak noktası) zemin olduğu düşünülürse, zeminin bina deprem performansı için ne kadar önemli olduğu anlaşılır. Zemin içinde başlayan deprem, dalgalar halinde yayılarak yzeeye varır ve yüzeydeki nesnelere hareket ettirir. Deprem etkisinden doğan deprem enerjisi, sert zeminler tarafından yutulurken yumuşak zeminler içerisine rahatça ilerleyerek yzeeye etki eder ve binalar için ciddi bir deprem kuvveti oluşturmuş olur. Yöntemler bu parametreyi üç farklı şekilde kullanır. Bunlar; zemin sınıfı, zemin hızı ve topografik etkidir.

### 3.1.3.1. Zemin sınıfı

Zemin sınıfı, zemin parametreleri içinde en önemli olanıdır. “Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar” yönetmeliği kapsamında hazırlanan Sokak Taraması Yönteminde zemin sınıfı, tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{ds}$ ) ile birlikte binanın tehlike bölgesini tespit etmek için kullanılır. FEMA-154 de ise zemin sınıfı doğrudan kullanılır ve zemin sınıfına göre binalar pozitif veya negatif puanlar olarak deprem performansı puanını etkilerler. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen bina örnekleri ZC ve ZD zemin sınıfına sahiptir.

Çizelge 3.1. Yerel zemin sınıfları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019)

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 m’de ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe/30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	–	–
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760–1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360–760	>50	>250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180–360	15–50	70–250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kPa) içeren profiller	<180	<15	<70
ZF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.),</li> <li>• Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer,</li> <li>• Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (<math>PI &gt; 50</math>) killer,</li> <li>• Çok kalın (<math>&gt; 35</math> m) yumuşak veya orta katı killer.</li> </ul>			

Yakın tarihteki Ceyhan (1998,  $M=6.2$ ), Gölcük (1999,  $M=7.8$ ), Bingöl (2003,  $M=6.4$ ) depremlerinde meydana gelen en büyük hasarlar, zayıf zemine sahip olan bölgelerde meydana gelmiştir. (Korkmaz, 2006).

Yerel zemin özelliklerinin yapılarda hasar oluşturma nedenleri, zemin büyütmesi (yumuşak zeminlerin deprem dalgalarının genliğini artırması), sıvılaşma, yamaçlarda stabilitenin bozulması ve zeminde meydana gelen oturmalarıdır. Bu etkilerin arasında en önemlisi ve en yaygın görüleni, deprem dalgalarının etkisiyle, suya doygun yumuşak zeminlerin taşıma kapasitelerini kaybederek zeminin sıvı gibi davranmasına neden olan sıvılaşma etkisidir.





Şekil 3.14. Zemin sıvılaşması nedeniyle hasar gören bina örnekleri.

### 3.1.3.2. Topografik etki

Zemin ile ilgili olan bir diğer parametre, binaların içerisinde bulunan topografyanın durumunu gösteren topografik etki parametresidir. Sokak Taraması Yöntemlerinde sıklıkla kullanılan bu etki, binaların üzerinde bulunduğu zeminin eğimi ile ilgilidir.  $30^\circ$  nin üstünde eğime sahip olan araziler binalar için tehlikelidir.

### 3.1.3.3. Zemin hızı

Maksimum yer hızı olarak adlandırılan PGV (Peak Ground Velocity), deprem esnasında fayın kırılması ile birlikte deprem dalgalarının zeminde ilerleme hızıdır. Bu hız zemin özelliklerine göre değişir. Yumuşak bir zeminde bu hız artarken, sert zeminlerde deprem dalgaları sönmülerek hızın azalmasına neden olur. Bu nedenle PGV değeri yüksek olan zeminlerin üzerine inşa edilmiş olan binalar deprem anında ciddi hasar görürler. Sokak taramasının yöntemlerinin bazılarında kullanılan bu zemin parametresinin değeri AFAD resmî sitesinde bulunan *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* içerisinde farklı tekrarlama periyotlarına göre (43, 72, 475, 2475 yıl) kolaylıkla tespit edilebilir. Bu çalışma kapsamında incelenmiş olan binalar DD-2 deprem düzeyine (tekrarlama periyodu 475 yıl) ve ZD zemin sınıfına sahiptir. Aynı zamanda bu binaların tamamı aynı il de (Van) bulunduğu için yakın PGV değerlerine sahiptir. Van

bölgesi *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* üzerinde taranmış ve en büyük zemin hızı değerinin yaklaşık olarak 23 (cm/sn) olduğu görülmüştür (Şekil 3.14). Bu nedenle incelenecek olan tüm binalarda zemin hızı değeri 23 olarak alınacaktır.




## Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

---

### Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Örnek Bina	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlama periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	38.724185°	
Boylam:	43.368601°	

---

### Çıktılar

$S_s = 0.960$	$S_1 = 0.219$	$PGA = 0.411$	$PGV = 22.530$
---------------	---------------	---------------	----------------

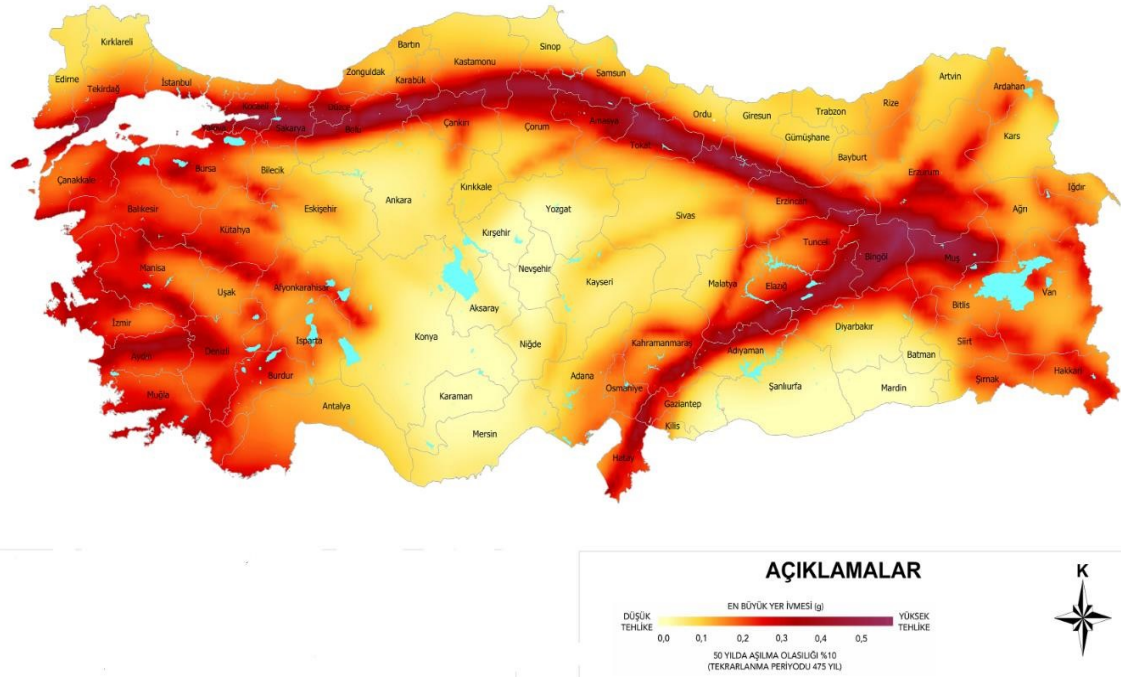
$S_s$  : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]  
 $S_1$  : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]  
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]  
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 3.15. Van-Merkezde bulunan bir binanın Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasına göre PGV değeri.

### 3.1.4. Deprem parametreleri

Binaların deprem karşısındaki performansını belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden bir diğeri deprem büyüklüğüdür. Deprem büyüklüğü arttıkça binalara etki eden deprem kuvveti artar ve bu kuvvet binalara ağır derecede hasar verir. Değiştirilmiş MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik) ölçeğine göre betonarme binalar, büyüklüğü (M) 7.0'den büyük olan depremlerde hasar görmeye başlar ve deprem büyüklüğü ile orantılı olacak şekilde hasar miktarı artar. Deprem haritaları ülkemizde 2018 yılımda güncellenmiş ve 2019 yılında yürürlüğe girmiştir. Yeni haritalarda yapılan

en önemli güncelleme, eski haritalarda bulunan *deprem bölgesi* ifadesi kaldırılarak, bu ifadenin yerine *en büyük yer ivmesi* ifadesi getirilmesi olmuştur. Depremin etkisi, ülkemizde kullanılan sokak taraması yönteminde tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{ds}$ ) adı altında kullanılmıştır.  $S_{ds}$  ve zemin türlerine göre binalar çeşitli başlangıç puanları olarak deprem performans puanlarını oluştururlar. ABD’de kullanılan FEMA-154 Sokak Taraması Yönteminde deprem etkisi doğrudan kullanılmıştır. Tüm parametrelere deprem risk seviyesine (çok yüksek, yüksek, orta derecede yüksek, orta derecede, düşük) göre puanlar atanarak binaların deprem performansları belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.16. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2019).

### 3.1.4.1. Tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{ds}$ )

Güncellenen deprem yönetmeliği (Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar) ile ortaya çıkan bu katsayı, ülkemizde uygulanan Sokak Taraması Yönteminde, zemin sınıfı ile birlikte deprem tehlike bölgesini tespit etmek için kullanılır. Tasarım spektral ivme katsayısının artması binaya etki edecek olan deprem kuvvetinin de artması anlamına gelir.

$$V_{IE}^{(X)}(\min) = 0.04m_t \cdot I \cdot S_{DS} \cdot g \quad (3.1)$$

“Eş. 3.1” de görüldüğü gibi artan  $S_{DS}$  değeri, taban kesme kuvvetini artırarak bina taşıyıcı elemanlarında büyük miktarda kesme kuvveti oluşturur. Bu kesme kuvvetleri, deprem anında taşıyıcı elemanları aşırı zorlanarak, taşıyıcı elemanların ağır hasar görmesine neden olur. Tasarım spektral ivme katsayısı, harita spektral ivme katsayısı ( $S_S$ ) ve kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı ( $F_S$ ) değerlerinin çarpılmasıyla bulunur.

$$S_{DS} = S_S \cdot F_S \quad (3.2)$$

Bu işlem parametrelerinden  $S_S$  değeri *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* içerisinde farklı tekrarlama periyotlarına göre seçilir (Şekil 3.14). Bir diğer işlem parametresi  $F_S$  ise yerel zemin sınıflarına (ZA, ZB, ZC, ZD, ZE) ve  $S_S$  değerine göre belirlenir (Çizelge 3.2). Bununla beraber  $S_{DS}$  değeri *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* üzerinden doğrudan da seçilebilir.

Çizelge 3.2. Yerel zemin sınıfları (Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, 2019)

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı $F_S$					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8

### 3.1.5. Diğer parametreler

Bu bölümdeki parametreler çok yaygın olmayıp, bazı yöntemlere özgüdür. Kullanıldıkları yöntemlerde deprem performansını önemli derecede etkilerler. Bu parametreler bina yapım yılı, yönetmeliğe uygunluk, bina önem katsayısı, bina ağırlığı, beton ve donatı özellikleri şeklinde sıralanabilir.

### 3.1.5.1. Yapım yılı

FEMA-154 yönteminde kullanılan bu parametre binanın, FEMA Bina Tipleri için oluşturulan yönetmelikten önce veya sonra yapılmasını sorgular. İlgili yönetmelikten önce yapılan yapılar, ceza puanı olarak eksi değer alırlar. Artan deprem risk seviyesi ile orantılı olarak yapım yılı ceza puanı artar. Çalışma kapsamında incelenecek olan verilerin tümü Türkiye’de olduğu için kıyaslama yapılacak olan deprem yönetmeliği yılı 1999 olarak seçilmiştir.

### 3.1.5.2. Yönetmeliğe uygunluk

FEMA-154 yöntemine özgü olan bir diğer parametre *Post Benchmark* (Yönetmeliğe Uygunluk) parametresidir. Bu parametre, binaların FEMA Bina Tipleri için oluşturulan deprem yönetmeliğine uygun yapıp yapılmadığını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Yönetmeliğe uygun olarak yapılan yapılar pozitif puan alırlar. Deprem risk seviyesi arttıkça bu pozitif puan değerleri de değişime uğrar. Bu çalışma kapsamında incelenecek olan tüm binalar yıkıldığı için binaların yönetmeliğe uygun yapılmadığı kabul edilmiştir.

### 3.1.5.3. Malzeme özellikleri

Malzeme özellikleri, sadece birkaç Ön Değerlendirme Yönteminde kullanılır. Yaygın olarak kullanılmayan bu parametre çeşidi, binaların sahip olduğu beton ve donatı malzemelerin dayanım bilgilerini içerir. Beton ve donatı dayanımı arttıkça düşey ve yatay taşıyıcı elemanların taşıyabileceği kesme kuvveti ve eğilme momenti kapasiteleri artar. Böylece yüksek dayanıma sahip olan taşıyıcı elemanlar deprem karşısında güçlü performans gösterir. Beton ve donatı dayanım değerleri kolay şekilde belirlenemediği için Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde sık kullanılmazlar.

Yukarıda sıralanan parametreler dışında bina önem katsayısı ve bina ağırlığı da yapı için önemlidir. Artan bina ağırlığı ve bina önem katsayısı değeri meydana gelecek olan taban kesme kuvvetini artırarak taşıyıcı sistem elemanlarına zarar verir.

### 3.2. Yöntem

Bu tez çalışması, binaların deprem performansını belirleyen yeni bir Hızlı Değerlendirme Yöntemi sunmamaktadır. Bu tez çalışmasında, yaygın olarak kullanılan yedi farklı Hızlı Değerlendirme Yöntemini tek çatı altında toplayan bir bilgisayar programı ve bu yöntemlerin bilgisayar programı içerisindeki karşılaştırılmaları sunulmaktadır. Böylece binaların deprem performansı çok daha hızlı ve hatasız şekilde belirlenebilecektir. Günümüzde etkili ama yeterince yaygın kullanılmayan Hızlı Değerlendirme Yöntemleri, bu bilgisayar programı ile pratik hale getirilerek yöntemlerin yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

Tez çalışmasının bu bölümünde, yapılmış olan bilgisayar programının içerdiği olduğu yedi farklı Hızlı Değerlendirme Yönteminin detayları anlatılmıştır. Bu yöntemlerin kullanmış oldukları parametrelerden bir önceki bölümde (Bölüm 3.1) bahsedilmişti. Bu bölümde ise bu yöntemlerin oluşturulma şekilleri, hesap adımları ve performans değerlendirme ölçütlerinden bahsedilmiştir. Aynı zamanda tüm yöntemler örnek bina (Çizelge 3.3) parametreleri ile çözümlenerek yöntemlerin daha iyi anlaşılması sağlanmıştır. Yöntem detayları ve örnek bina çözümlerine ek olarak yine bu bölüm içerisinde, Hızlı Değerlendirme Yöntemlerini karşılaştırmak, deprem haritalarını ve deprem performans raporlarını oluşturmak amacıyla, bilgisayar programına aktarılacak olan bina bilgilerinin detayları verilmiştir. Bina bilgileri, 2011 yılında meydana gelen Van depreminden sonra yapılan çalışmalar sonucunda elde edilmiştir.

Bu bölüm Sokak Taraması Yöntemleri, Ön Değerlendirme Yöntemleri ve veri detay bilgileri adı altında üç farklı bölüm içerisinde incelenmiştir.

Çizelge 3.3. Örnek bina parametre bilgileri

Parametre Çeşidi	Parametre Değeri
Bina İsmi/Yeri	Örnek Bina/Van
Yapım Yılı	2006
Kat Sayısı (n)	6
Yapısal Sistem Türü	Betonarme Çerçeve ve Perde
Sds	1.078
PGV (cm/sn)	23
Zemin Sınıfı	ZD
Plan Boyutları (Lx,Ly)	Lx=25m Ly=15m

Çizelge 3.3. Örnek bina parametre bilgileri (devam)

Sürekli Çerçeve Sayıları (nfx, nfy)	nfx=5	nfy=7
Toplam Kolon Kesit Alanları ( <i>Kritik Kat/m<sup>2</sup></i> )	(x-Yönü) 3.3 ; (y-Yönü) 5.8	
Toplam Perde Kesit Alanları ( <i>Kritik Kat/m<sup>2</sup></i> )	(x-Yönü) 3.1 ; (y-Yönü) 2.4	
Toplam Duvar Kesit Alanları ( <i>Kritik Kat/m<sup>2</sup></i> )	(x-Yönü) 3.3 ; (y-Yönü) 3.0	
Beton Dayanımı (f <sub>ck</sub> )	6 N/mm <sup>2</sup>	
Boyuna Donatı Akma Dayanımı (f <sub>y</sub> )	420 N/mm <sup>2</sup>	
Bina Ağırlığı (w)	2700 (t)	
Bina Önem Katsayısı (I)	1 (Konut)	
Bina Toplam Yüksekliği (H)	18 m	
Ortalama Boyuna Donatı Oranı (ρ)	0,01	
Sarıma Bölgesindeki Etriye Aralığı (s)	100 mm	
Yumuşak Kat	Yok	
Görünen Kalite	Kötü	
Ağır Çıkma	Yok	
Bağımsız Seviye	Ayrık Bina (Çarpışma Riski)	
Düşeyde Düzensizlik	Yok	
Planda Düzensizlik	Var	
Kısa Kolon	Yok	
Topografik Etki	Yok	
Mevcut Durum	Yıkıldı	

### 3.2.1. Sokak taraması yöntemleri

Bu yöntemler, binaların deprem performansını belirlemek için kullanılan en pratik yöntemlerdir. Bazı akademik çalışmalar bu yöntem çeşidini 1.Kademe Yöntemleri olarak adlandırmıştır (Temür, 2006). Bu yöntemlerin içerdiği parametre sayısı, diğer deprem performans belirleme yöntemlerine göre daha azdır. Böylece binaların deprem performansı çok daha kolay ve hızlı şekilde hesaplanır. Ancak parametre sayının az olması, binaların deprem performans sonuç puanlarının doğruluk oranını da düşürmektedir.

Sokak Taraması Yöntemlerinin temel amacı, performansı belirlenecek olan binanın içine girmeden dışarıdan yapılan gözlemlerle binanın deprem karşısındaki performansı hesaplamaktır. Bu yöntem çeşidinin temeli istatistiksel verilere bağlıdır. Meydana gelen depremler sonucunda, araştırmacılar bölgeye giderek binaların durumunu inceler ve

deprem karşısında göstermiş olduğu performans ile binanın sahip olduğu parametreleri (kısa kolon, ağır çıkma, yumuşak kat vb.) ilişkilendirir. Yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda, ilgili parametrelerin önem derecesi belirlenir. Bu derecelere göre binaların sahip olduğu parametrelere puanlar verilir. Daha sonra bu puanlar arasında ilişkiler kurularak deprem performans formülleri geliştirilir. Bu tez çalışması kapsamında üç farklı Sokak Taraması Yöntemi ele alınmıştır. Bu yöntemlerin tam isimleri ve tez kapsamındaki isimleri (parantez içinde) aşağıda verilmiştir.

- i-) Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek için Kullanılabilecek Basitleştirilmiş Yöntemler (Riskli Yapılar Yönetmeliği)
- ii-) Potansiyel Sismik Tehlikelere Yönelik Binaların Hızlı Görsel Taraması 3.Baskı (FEMA P-154)
- iii-) Kentsel Yapılarda Sismik Risk Değerlendirmeleri için Basit İnceleme Prosedürleri (Sucuoğlu ve Yazgan Seviye-1)

### **3.2.1.1. Riskli yapılar yönetmeliği**

Bu yöntem ilk olarak 2007 yılında, binaların deprem risk dağılımını belirlemek amacıyla oluşturulmuştur. Güncellenen deprem yönetmeliği ve deprem haritaları ile birlikte zemin sınıflarında ve deprem hareketliliği tanımlarında değişiklikler olmuştur. Bunun sonucunda, binaların deprem risk dağılımını belirleyen bu yöntem 2018 yılında güncellenmiştir. Güncellemede herhangi bir yöntem veya parametre değişikliği olmamıştır. Güncelleme sonrasında Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıfları yerini ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıflarına, deprem risk bölgeleri kavramı da yerini tasarım spektral ivme katsayısına ( $S_{ds}$ ) bırakmıştır.

Bu yöntemin temel amacı, taşıyıcı sistem türü, zemin sınıfı ve tasarım spektral ivme değerlerine göre başlangıç puanı alan bir binaya, sahip olduğu olumsuz parametrelere göre ceza puanları vererek binanın deprem performans puanını belirlemektir. Daha sonra bu performans puanları kendi aralarında sıralanarak deprem tehlikesine sahip olan öncelikli binalar tespit edilebilmektedir. Yöntem 5 aşamadan oluşmaktadır.



1- Deprem performansı belirlenecek olan binanın sahip olduğu tasarım spektral ivme katsayısı ( $S_{DS}$ ) ve zemin sınıfına göre bina tehlike bölgesinin belirlenmesi (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Deprem tehlike bölgeleri (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019)

Tehlike bölgesi	$S_{DS}$	Zemin sınıfı
I	$S_{DS} \geq 1.0$	ZC/ZD/ZE
II	$S_{DS} \geq 1.0$	ZA/ZB
	$1.0 \geq S_{DS} \geq 0.75$	ZC/ZD/ZE
III	$1.0 \geq S_{DS} \geq 0.75$	ZA/ZB
	$0.75 \geq S_{DS} \geq 0.50$	ZC/ZD/ZE
IV	$0.75 \geq S_{DS} \geq 0.50$	ZA/ZB
	$0.50 \geq S_{DS}$	Tüm zeminler

2- Kat sayısı ve deprem tehlike bölgesine göre bina taban puanının (TP), kat sayısı ve taşıyıcı sistem türüne göre de yapısal sistem puanının (YSP) belirlenmesi (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Taban ve Yapısal Sistem Puan Tablosu (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019)

Toplam kat sayısı	Taban puanı (TP)				Yapısal sistem puanı (YSP)	
	Tehlike bölgesi				Yapısal sistem	
	I	II	III	IV	BAÇ	BAÇP
1 ve 2	90	120	160	195	0	100
3	80	100	140	170	0	85
4	70	90	130	160	0	75
5	60	80	110	135	0	65
6 ve 7	50	65	90	110	0	55

3- Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın sahip olduğu olumsuzluk parametreleri ve bu olumsuzluk parametrelerinin puan ( $OP_i$ ) karşılıklarının belirlenmesi (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Olumsuzluk parametre puanları (Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, 2019)

Toplam kat sayısı	Yumuşak kat	Görünen kalite	Ağır çıkma	Kat seviyesi/Bağımsız bina durumu				Düşeyde düzensizlik	Planda düzensizlik / Burulma	Kısa kolon	Tabii zemin etkisi
				Aynı		Farklı					
				Orta	Kenar	Orta	Kenar				
1, 2	-10	-10	-10	0	-10	-5	-15	-5	-5	-5	-3
3	-20	-10	-20	0	-10	-5	-15	-10	-10	-5	-3
4	-30	-15	-30	0	-10	-5	-15	-15	-10	-5	-3
5	-30	-25	-30	0	-10	-5	-15	-15	-10	-5	-3
6, 7	-30	-30	-30	0	-10	-5	-15	-15	-10	-5	-3

4- Yukarıda seçilen (Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6) parametre puanlarına göre binanın sahip olduğu deprem performans puanının belirlenmesi.

$$PP = TP + \sum OPI + YSP \quad (3.3)$$

5- Binaların deprem performans puanları “Eş. 3.3” belirlendikten sonra, puanlar küçükten büyüğe sıralanır. Performans puanı en küçük olan bina en fazla riske sahip, performans puanı en yüksek olan bina ise en az riske sahip bina olarak adlandırılır. Böylelikle binaların bölgesel deprem risk dağılımı belirlenmiş olur.

Bu yöntemde, diğer yöntemlerde olduğu gibi binaların deprem sonrasındaki durumunu (hasarsız, göçmüş) belirleyen bir sınır puanı yoktur. Bu tez çalışmasında, Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin binaların deprem sonrasındaki durumunu doğru tahmin etme yüzdeleri karşılaştırıldığı için bu yönteme ait sınır puan kabulü yapılmıştır. İstatiksel verilere göre performans puanı 10’dan az olan binalar yüksek riskli, 11-60 arasında puana sahip binalar orta derecede riskli, 61-105 arasındakiler düşük riskli, 106-155 arasında olanlar güvenli ve performans puanı 156’dan büyük olan binalar ise çok güvenli olarak tanımlanmıştır (Okuyucu ve ark., 2018). Bu istatiksel verilere göre, bu yöntem için kabul edilecek olan sınır puan değeri 65 olarak belirlenmiştir.

### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) riskli yapılar yönetmeliğine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

1- Örnek bina 1.078  $S_{ds}$  değerine ve ZD zemin sınıfına sahiptir. Bu parametre değerlerine göre binanın sahip olduğu tehlike bölgesi 1 olarak belirlenir. (Çizelge 3.4).

2- 6 kata sahip olan binanın yapısal sistemi betonarme çerçeve ve perdedir. Bu nedenle binanın TP puanı 50, YSP puanı 55 olarak bulunur.

3- İçermiş olduğu olumsuzluk parametreleri ve puan karşılıkları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Riskli yapılar yönetmeliği örnek bina olumsuzluk parametre puanları

Parametre Adı	Parametre Tespiti	Parametre Puanı
Yumuşak Kat	Yok	0
Görünen Kalite	Kötü	-60
Ağır Çıkma	Yok	0
Bağımsız Bina Durumu	Ayrık	0
Düşeyde Düzensizlik	Yok	0
Planda Düzensizlik	Var	-10
Kısa Kolon	Yok	0
Topografik Etki	Yok	0
TOPLAM		-70

4- Bina performans puanı 35 olarak bulunur “Eş 3.3”.

5-  $35 < 65$  olduğu için bina bu Sokak Taraması Yöntemine göre risklidir. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu doğru tahmin etmiştir.

### 3.2.1.2. FEMA P-154

ABD tarafından oluşturulan bu Sokak Taraması Yöntemi oldukça yaygın olarak kullanılır. Yöntem, tarihsel süreç boyunca birçok kez güncellenmiş ve son halini 2015 yılındaki 3. Baskı da almıştır. Yöntemin işleyiş şekli, riskli yapılar yönetmeliğinden çok farklı değildir. Belirli parametrelere bağlı olarak seçilen başlangıç puanı ve binanın sahip olduğu olumsuzluk parametrelerine göre aldığı ceza puanları vardır. Bu puanlar toplanarak yöntem içerisinde belirlenen sınır puanları ile karşılaştırılır. Sınır puanından düşük puana sahip olan binalar riskli, diğerleri ise güvenli bina olarak tanımlanır. Yöntem

örnek formu önceki bölümde (Şekil 2.1) verilmiştir. ABD ve Türkiye arasındaki mimari, statik, zemin sınıfı ve deprem bölgesi farklılıklarından dolayı bazı kabuller yapılmıştır.

i-) Çalışma kapsamında incelenmiş olan tüm binalar ZC ve ZD zemin sınıfına sahiptir. FEMA P-154 el kitabındaki verilere göre ZC zemin sınıfına en yakın zemin sınıfı C, ZD zemin sınıfına en yakın zemin sınıfı D olarak tespit edilmiştir. Bu nedenle bütün binaların zemin sınıfı FEMA P-154'e göre C ve D olarak kabul edilmiştir.

ii-) FEMA P-154 sokak taraması formları deprem risk seviyelerine göre 5 ayrı sınıfa (Çok yüksek, yüksek, orta derecede yüksek, orta ve düşük) ayrılır. Tez kapsamında kullanılacak olan veriler Türkiye Deprem Tehlike Haritaları üzerinde (Şekil 3.15) kontrol edilmiş ve bazı binaların yüksek bazı binaların ise orta derecede yüksek deprem risk seviyesine sahip olduğuna karar verilmiştir. Bu durumla ilgili detaylar bir sonraki bölümde (Bölüm 3.2.3) anlatılmıştır.

iii-) Diğer parametreler ile ilgili hususlar ve kabuller önceki bölümde (Bölüm 3.1.5) verilmiştir.

Yöntem 3 aşamadan oluşmaktadır.

1- FEMA P-154' de tanımlanan taşıyıcı sistem türü (Çizelge 3.8) ve deprem risk seviyesine göre başlangıç puanı seçilir.

Çizelge 3.8. FEMA P-154 Bina Tipleri

Simge	Bina Tanımı
W1	Taban alanı 3000 m <sup>2</sup> ve daha az olan ticari ya da konut türü ahşap yapılar
W2	Taban alanı 5000 m <sup>2</sup> 'den büyük ahşap yapılar
S1	Moment aktaran çelik çerçevesel yapılar
S2	Berkitilmiş çelik çerçevesel yapılar
S3	Hafif metal yapılar
S4	Yerinde dökme betonarme perde duvarlı çelik çerçevesel yapılar
S5	Yığma duvarlı çelik çerçevesel yapılar
C1	Moment aktaran betonarme çerçevesel yapılar
C2	Beton perde duvarlı yapılar
C3	Yığma duvarlı betonarme çerçevesel yapılar
PC1	Prefabrik betonarme panel duvarlı yapılar
PC2	Prefabrik betonarme çerçevesel yapılar
RM1	Beton dolgu ile güçlendirilmiş yığma binalar (esnek döşeme diyaframı)
URM	Yığma yapılar

Bu tez çalışma kapsamında sadece betonarme çerçeve (C1) ve betonarme çerçeve ile perde (C2) taşıyıcı sistemine sahip olan binalar incelenecektir.

2- Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın, sahip olduğu olumsuzluk parametreleri ve bu olumsuzluk parametrelerinin puan karşılıkları (Çizelge 3.9) belirlenir.

Çizelge 3.9. FEMA P-154 Olumsuzluk parametreleri ve puan karşılıkları (FEMA P-154 3.Baskı: Elkitabı)

FEMA BİNA TİPİ	W1	S1	S2	S3	S4	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	URM
Başlangıç Puanı	3.6	2.1	2.0	2.6	2.0	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.0
Düşey Düzensizlik (Yüksek)	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.7
Düşey Düzensizlik (Orta)	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4
Plan Düzensizliği	-1.1	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.4
Yapım Yılı	-1.1	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	0
Yönetmeliğe Uygunluk	1.6	1.4	1.4	1.1	1.9	1.9	2.1	0	2.0	2.4	2.1	0
Zemin Tipi (A veya B)	0.1	0.4	0.6	0.1	0.6	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.3
Zemin Tipi E (1-3 Kat)	0.2	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	0	0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2
Zemin Tipi E (>3 Kat)	-0.3	-0.6	-0.6	0	-0.6	-0.5	-0.7	-0.3	0	-0.4	-0.5	-0.2
Sınır Puanı	1.1	0.5	0.5	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2

3- Tablodan seçilen (Çizelge 3.9) başlangıç puanı ve diğer parametre puanları toplanarak deprem performans puanı elde edilir. Bu değer yine tablodan (Çizelge 3.9) seçilen sınır puanı ile karşılaştırılır. Performans puanı sınır değerinden büyükse güvenli bina, küçükse riskli bina olarak adlandırılır.

### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) FEMA P-154 yöntemine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

1- Bina yüksek derecede risk seviyesine (Şekil 3.15) ve betonarme çerçeve ile perde taşıyıcı sistemine sahiptir. Bu nedenle bina başlangıç puanı 2.0 (Çizelge 3.9) olarak bulunmuştur.

2- İçerdiği olumsuzluk parametreleri ve puan karşılıkları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.10)

Çizelge 3.10. FEMA P-154 Örnek bina olumsuzluk parametre puanları

Parametre Adı	Parametre Tespiti	Parametre Puanı
Düşeyde Düzensizlik	Yok	0
Planda Düzensizlik	Var	-0.8
Yapım Yılı	2006>1999	0
Yönetmeliğe Uygunluk	Uygun Değil	0
Zemin Tipi	D	0
TOPLAM		-0.8

3- Bina performans puanı 1.2 olarak bulunur.  $1.2 > 0.3$  olduğu için bina FEMA P-154 yöntemine göre güvenli bir binadır. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu yanlış tahmin etmiştir.

### 3.2.1.3. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1

Bu yöntem, 1999 yılında Düzce’de meydana gelen depremden elde edilen 477 adet hasarlı bina verisi ile oluşturulmuştur. Yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda Sucuoğlu ve Yazgan, bu verileri kullanarak en fazla 7 kata sahip olan binaların deprem performansı belirleyen iki farklı yöntem sunmuşlardır. Yöntemlerden birincisi, binanın içine girmeden dışarıdan alınacak olan verilerle deprem performansını hesaplayan Seviye-1 Sokak Taraması Yöntemidir. Bu yöntem içermiş olduğu parametre ve hesap adımları bakımından diğer Sokak Taraması Yöntemleri ile oldukça benzerdir.

Yöntem 3 aşamadan oluşmaktadır.

- 1- Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın, sahip olduğu kat sayısı ve zemin hızı parametrelerine göre başlangıç puanı (Çizelge 3.11) belirlenir.
- 2- Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın, sahip olduğu olumsuzluk parametreleri ve bu olumsuzluk parametrelerin puan karşılıkları (Çizelge 3.11) belirlenir.

Çizelge 3.11. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 başlangıç ve olumsuzluk parametreleri puan Karşılıkları (Sucuoğlu ve Yazgan, 2003)

Kat Sayısı	Zone 1 60<PGV<80	Zone 2 40<PGV<60	Zone 3 20<PGV<40	Yumuşak Kat	Ağır Çıkma	Görünen Kalite	Kısa Kolon	Çarpışma	Topografik Etki
1, 2	90	125	160	0	-5	-5	-5	0	0
3	90	125	160	-10	-10	-10	-5	-2	0
4	80	100	130	-15	-10	-10	-5	-3	-2
5	80	90	115	-15	-15	-15	-5	-3	-2
6, 7	70	80	95	-20	-15	-15	-5	-3	-2

3- Tablodan seçilen (Çizelge 3.11) başlangıç puanı ve diğer parametre puanları toplanarak deprem performans puanı bulunur. Bulunan bu değer 50' den büyükse bina güvenli, değilse bina riskli olarak kabul edilir.

#### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 yöntemine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

1- Binanın sahip olduğu kat sayısı 6, sahip olduğu zemin hızı değeri ise 23 cm/sn dir. Bu nedenle bina başlangıç puanı 95 olarak seçilir.

2- Örnek binanın içermiş olduğu olumsuzluk parametreleri ve puan karşılıkları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 Örnek bina olumsuzluk parametre puanları

Parametre Adı	Parametre Tespiti	Parametre Puanı
Yumuşak Kat	Yok	0
Görünen Kalite	Kötü	-30
Ağır Çıkma	Yok	0
Çarpışma	Ayrık	0
Kısa Kolon	Yok	0
Topografik Etki	Yok	0
<b>TOPLAM</b>		<b>-30</b>

3- Seçilen başlangıç puanı ve olumsuzluk parametreleri sonucunda bina performans puanı 65 olarak bulunur.  $65 > 50$  olduğu için örnek bina Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1

yöntemine göre güvenli bir binadır. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu yanlış belirlemiştir.

### 3.2.2. Ön değerlendirme yöntemleri

Bu yöntemler, binaların deprem performansını belirlemek için kullanılan en yaygın Hızlı Değerlendirme Yöntemleridir. Bu yöntem sınıfı sayesinde, binaların deprem performans puanları hem kısa sürede hem de yüksek doğru sonuç yüzdeleri ile bulunabilmektedir. Bazı akademik çalışmalar bu yöntem çeşidini 2.Kademe Yöntemleri olarak adlandırmıştır (Temür, 2006).

Bu yöntemler, dışarıdan yapılan gözlemlere ek olarak, binanın içine girilerek alınması gereken parametrelere de bağlıdır. Taşıyıcı sistem eleman boyutları (kolon, perde, duvar), zemin kat alanı, bina ağırlığı, beton ve donatı dayanımları gibi parametrelerin değerleri, binaların içine girilerek alınması gerekir. Farklı parametre çeşitlerine sahip olan birçok Ön Değerlendirme Yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, yaygın olarak kullanılan 4 farklı Ön Değerlendirme Yöntemi ele alınmıştır. Bu yöntemlerin tam isimleri ve tez kapsamındaki isimleri (parantez içinde) aşağıda verilmiştir.

- i-) Kentsel Yapılarda Sismik Risk Değerlendirmeleri için Basit İnceleme Prosedürleri (Sucuoğlu ve Yazgan Seviye-2)
- ii-) Türkiye'deki Mevcut Betonarme Binaların Sismik Hasarlarının Değerlendirilmesi (Özcebe ve ark. Yöntemi)
- iii-) Mevcut Betonarme Binalar için Sismik Performans Değerlendirme Prosedürü (Yakut Yöntemi)
- iv-) Mevcut Betonarme Binaların Moment Kesme Kuvveti ve Eksenel Yük Etkileşim Tabanlı Yeni bir Yöntem ile Sismik Performanslarının Belirlenmesi (MVP Yöntemi).

#### 3.2.2.1. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2

Bu yöntemin 1. seviyesi bir önceki bölümde anlatılmıştı (Bölüm 3.2.1.3). Bu bölümde Seviye 1'e üç farklı yeni parametre eklenerek oluşturulmuş olan seviye-2



yöntemi anlatılmıştır. Eklenen yeni parametreler; planda düzensizlik, çerçeve süreksizliği ve güçlü yön dayanım indeksidir. İşlem adımları bakımından Sokak Taraması Yöntemleri ile oldukça benzerdir.

Yöntem 3 aşamadan oluşur.

1- Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın, sahip olduğu kat sayısı ve zemin hızı parametrelerine göre başlangıç puanı (Çizelge 3.13) belirlenir.

2- Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın, sahip olduğu olumsuzluk parametreleri ve bu olumsuzluk parametrelerin puan karşılıkları (Çizelge 3.13) belirlenir.

Çizelge 3.13. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 başlangıç ve olumsuzluk parametreleri puan Karşılıkları (Sucuoğlu ve Yazgan, 2003)

Kat Sayısı	Zone 1 60<PGV<80	Zone 2 40<PGV<60	Zone 3 20<PGV<40	Yumuşak Kat	Ağır Çıkma	Görünen Kalite	Kısa Kolon	Çarpışma	Topografik Etki	Plan Düzensizliği	Çerçeve Süreksizliği	Güçlü Yön Dayanım İndeksi
1, 2	95	130	170	0	-5	-5	-5	0	0	0	0	-5
3	90	125	160	-10	-5	-10	-5	-2	0	-2	0	-5
4	90	115	145	-15	-10	-10	-5	-3	-2	-2	-5	-5
5	90	105	130	-15	-15	-15	-5	-3	-2	-5	-10	-10
6, 7	80	90	105	-20	-15	-15	-5	-3	-2	-5	-10	-10

Çizelge de (Çizelge 3.13) belirtilen çerçeve düzensizliği ve güçlü yön dayanım indeksi parametreleri çeşitli hesaplamalar sonucunda bulunur.

#### Çerçeve Süreklilik Puanını Hesabı (NRS)

Binalardaki kirişlerin süreksizliğinden kaynaklanan bu olumsuzluk parametresi, binanın sahip olduğu  $n_{fx}$ ,  $n_{fy}$  ve zemin kat alanına bağlıdır (Çizelge 3.3).

$$NRR = \frac{Atr(n_{fx}-1)(n_{fy}-1)}{Agf} \quad (boyutsuz) \quad (3.4)$$

$n_{fx} \geq 3$  ve  $n_{fy} \geq 3$  olması durumunda Atr değeri  $25m^2$ , diğer durumlarda ise  $12.5m^2$  olarak alınır (Sucuoğlu ve Yazgan 2003).

Yukarıda yapılan “Eş 3.4” işlem sonucunda bulunan NRR değerine göre NRS değeri hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{NRR} < 0.5 & \quad \text{ise } \text{NRS} = 2 \\ 0.5 < \text{NRR} < 1 & \quad \text{ise } \text{NRS} = 1 \\ 1 < \text{NRR} & \quad \text{ise } \text{NRS} = 0 \end{aligned}$$

Bulunan *NRS* değeri ile tablodaki (Çizelge 3.13) çerçeve süreksizliği puanı çarpılarak gerekli çerçeve süreksizliği puanı elde edilmiş olur.

### Güçlü Yön Dayanım İndeksi Hesabı (SI)

Bu parametre değeri taşıyıcı sistem elemanlarının boyutları kullanılarak hesaplanır. Hesaplanan bu değer, istatistiksel veriler sonucunda oluşturulmuş sınır puanları ile karşılaştırılarak taşıyıcı sistem eleman boyutlarının yeterli olup olmadığına karar verilir. Boyutların yetersiz kaldığı durumlarda binaya ceza puanı uygulanır.

$$\text{SR} = \min(A_{nx}, A_{ny}) \quad (3.5)$$

$$A_{ni} = \frac{\sum(A_{col})_i + \sum(A_{sw})_i + \sum(A_{mw})_i}{\sum A_f} \times 100 \quad (\text{boyutsuz})$$

(3.6)

$$(A_{col})_i = k_i \cdot A_{col} \quad (3.7)$$

$$(A_{sw})_i = k_i \cdot A_{sw} \quad (3.8)$$

$$(A_{mw})_i = k_i \cdot A_{mw} \quad (3.9)$$

Burada bahsedilen *i* değeri taşıyıcı elemanların yerleşme doğrultusunu (*x*, *y*) temsil etmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanının uzun kenarın ile deprem doğrultusu aynı yönde ise *k<sub>i</sub>* değeri kolonlarda 0.67, perde ve duvarlarda ise 1 olarak hesaba katılır. Kısa kenar ile deprem doğrultusu aynı yönde ise *k<sub>i</sub>* değeri kolonlarda 0.33, perde ve duvarlarda ise 0 olarak hesaba katılır. Kolonlar kare ise her iki yön içinde *k<sub>i</sub>* değeri 0.5 olarak alınır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda *X* ve *Y* dayanım indeksleri hesaplanarak küçük olanı *SR* olarak seçilir.

$$\begin{aligned} \text{SR} > 0.0025 & \quad \text{ise } (\text{SI}) = 0 \\ 0.0015 < \text{SR} < 0.0025 & \quad \text{ise } (\text{SI}) = 1 \\ 0.0025 < \text{SR} & \quad \text{ise } (\text{SI}) = 2 \end{aligned}$$

SI değeri 0 ise kolon boyutları yeterlidir ve ceza puanı uygulanmaz. SI değeri 1 veya 2 ise bu katsayı ile tablodaki (Çizelge 3.13) ceza puanı çarpılır.

3- Tablodan seçilen (Çizelge 3.11) başlangıç puanı ve diğer parametre puanları toplanarak deprem performans puanı bulunur. Bulunan bu değer 50' den büyükse bina güvenli, değilse bina riskli olarak kabul edilir.

### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 yöntemine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

1- Binanın sahip olduğu kat sayısı 6, sahip olduğu zemin hızı değeri ise 23 cm/sn dir. Bu nedenle bina başlangıç puanı 105 olarak seçilir.

2- Örnek binanın içermiş olduğu olumsuzluk parametreleri ve puan karşılıkları aşağıdaki gibidir (Çizelge 3.14).

Çizelge 3.14 Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 Örnek bina olumsuzluk parametre puanları

Parametre Adı	Parametre Tespiti	Parametre Puanı
Yumuşak Kat	Yok	0
Görünen Kalite	Kötü	-30
Ağır Çıkma	Yok	0
Çarpışma	Ayrık	0
Kısa Kolon	Yok	0
Topografik Etki	Yok	0
Plan Düzensizliği	Var	-5
Çerçeve Süreksizliği (NRS)	Yok (NRS=0)	0
Güçlü Yön Dayanım İndeksi (SI)	Yok (SI=0)	0
TOPLAM		- 35

### NRS değeri

Örnek binanın  $n_{fx}$  değerinin 5,  $n_{fy}$  değerinin 7 ve zemin kat alanının 375m<sup>2</sup> olduğu görülür (Çizelge 3.3). Bu değerler “Eş 3.4” de yerine yazıldığında *NRR* değeri 1.6 olarak bulunur.  $1.6 > 1$  olduğu için *NRS* değeri 0 olarak hesaplanır. Bu değer, örnek binada çerçeve düzensizliği olmadığını gösterir.

### SI değeri

Tablodan alınan kolon boyutları “Eş 3.6” da yerine yazılarak x ve y doğrultularına göre güçlü yön dayanım indeksleri bulunur.

$$Anx = \frac{4.125+3.1+0.33}{6 \times 25 \times 15} \times 100 = 0.335 \text{ (boyutsuz)}$$

$$Any = \frac{4.975+2.4+0.3}{6 \times 25 \times 15} \times 100 = 0.341 \text{ (boyutsuz)}$$

SR değeri, küçük olan dayanım indeksine yani 0.335 değerine eşittir.  $0.335 > 0.0025$  olduğu için SI değeri 0 olarak hesaplanır. Bu değer, yöntemin örnek binadaki kolonları deprem güvenliği açısından yeterli olarak gördüğü anlamına gelir.

3- Seçilen başlangıç puanı ve olumsuzluk parametreleri sonucunda bina performans puanı 70 olarak bulunur.  $70 > 50$  olduğu için örnek bina Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 yöntemine göre güvenli bir binadır. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu yanlış tahmin etmiştir.

### **3.2.2.2. Özcebe ve ark. yöntemi**

Özcebe ve ark. tarafından 2003 yılında geliştirilen bu yöntem, 1999 yılında meydana gelen Düzce depreminde hasar görmüş 484 adet bina verisi kullanılarak oluşturulmuştur. Tüm Hızlı Değerlendirme Yöntemleri gibi bu yöntem de istatistiksel çalışmalar sonucu elde edilmiştir. Yöntemin kullanmış olduğu başlıca parametreler; taşıyıcı sistem eleman boyutları, zemin kat alanı, sürekli olan çerçevelerin sayısı ( $n_{fx}$  ve  $n_{fy}$ ), çıkma alanları ve kritik kat yüksekliği şeklinde sıralanabilir. Yöntem, *Hemen Kullanım* ve *Can Güvenliği* olmak üzere iki farklı performans düzeyine göre hesaplama yapmaktadır. Her iki performans düzeyi de tez çalışması kapsamında yapılmış olan bilgisayar programı ile hesaplanabilmektedir. Ancak diğer yöntemlerle karşılaştırma yapıldığı zaman *Can Güvenliği* performans düzeyinin sonuçları kullanılmıştır.

Yöntem 8 aşamadan oluşur.

#### 1- Normalize edilmiş minimum yatay rijitlik indeksinin ( $mnlstfi$ ) bulunması

Deprem performansı belirlenecek olan binanın, sahip olduğu taşıyıcı sistem elemanlarından kolon ve perdelerin boyutları kullanılarak taşıyıcı elemanların atalet

momentleri hesaplanır. Bu değerler aşağıdaki “Eş 3.10” da yerine yazılarak  $mnlstfi$  değeri bulunur.

$$mnlstfi = \min (I_{nx}, I_{ny}) \quad (3.10)$$

$$I_{ni} = \frac{\Sigma(I_{col})_i + \Sigma(I_{sw})_i}{\Sigma A_f} \times 1000 \quad (3.11)$$

$x$  ve  $y$  doğrultularında ayrı ayrı hesap yapılarak küçük olanı seçilir.

### 2- Normalize edilmiş min. yatay dayanım indeksinin bulunması ( $mnlsci$ )

Kolon ve perdeler ek olarak duvar boyutlarının da kullanılarak hesaplandığı bu değer için hesap adımları aşağıdaki gibidir.

$$mnlsci = \min(A_{nx}, A_{ny}) \quad (3.12)$$

$$A_{ni} = \frac{\Sigma(A_{col})_i + \Sigma(A_{sw})_i + \Sigma(A_{mw})_i}{\Sigma A_f} \times 1000 \quad (3.13)$$

Yukarıdan verilen denklemlerin hesaplanma şekillerden bir önceki bölümde (Bölüm 3.2.2.1) bahsedilmiştir.

### 3- Normalize edilmiş çerçeve süreklilik değerinin hesaplanması ( $nrs$ )

Binalardaki kirişlerin süreksizliğinden kaynaklanan bu olumsuzluk parametresi, binanın sahip olduğu  $n_{fx}$ ,  $n_{fy}$  ve zemin kat alanına bağlıdır.

$$nrr < 0.5 \quad \text{ise } nrs = 1$$

$$0.5 < nrr < 1 \quad \text{ise } nrs = 2$$

$$1 < nrr \quad \text{ise } nrs = 3$$

$nrr$  değerinin hesaplanma şekli “Eş 3.4” de verilmiştir.

### 4-Yumuşak kat indeksinin bulunması ( $ssi$ )

Bu parametre değeri kritik kat yüksekliğinin, bir üst katın yüksekliğine oranı olarak hesaplanır.

$$ssi = \frac{H_1}{H_2} \quad (\text{boyutsuz}) \quad (3.14)$$

### 5- Bina çıkma oranının hesaplanması (*or*)

Binanın sahip olduğu çıkma alanları toplamının, zemin kat alanına bölünmesi ile hesaplanır.

$$or = \frac{A_{\text{ağır çıkmalar}}}{A_{\text{zemin kat alan}}} \quad (\text{boyutsuz}) \quad (3.15)$$

### 6- Hemen Kullanım ( $DI_{IO}$ ) ve Can Güvenliği ( $DI_{LS}$ ) Hasar Değerlerinin Belirlenmesi

Deprem performans düzeyine göre binanın hasar değeri belirlenecektir. Bu tez çalışması kapsamında can güvenliği performans düzeyi kullanılmıştır.

$$DI_{IO} = 0.808n - 0.334mnlstfi - 0.107mnlsci - 0.687nrs + 0.508ssi + 3.884or - 2.868 \quad (3.16)$$

$$DI_{LS} = 0.620n - 0.246mnlstfi - 0.182mnlsci - 0.699nrs + 3.269ssi + 2.728or - 4.905 \quad (3.17)$$

### 7- Hemen Kullanım ( $CF_{iopc}$ ) ve Can Güvenliği ( $CF_{LSPC}$ ) Hasar Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

Bu bölümde 6. maddede hesaplanmış olan hasar değerlerinin karşılaştırılacağı sınır değerlerinin hesabı yapılır.

$$CF_{iopc} = -0.085n^3 + 1.416n^2 - 6.951n + 9.979 \quad (3.18)$$

$$CF_{LSPC} = -0.090n^3 + 1.498n^2 - 7.518n + 11.855 \quad (3.19)$$

### 8- Deprem Performans Durumunun Belirlenmesi

$DI_{IO} < CF_{iopc}$  ise hemen kullanım performans düzeyi açısından güvenli bina

$DI_{LS} < CF_{LSPC}$  ise can güvenliği performans düzeyi açısından güvenli bina

### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) Özcebe ve ark. yöntemine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

### $Mnlstfi$ değeri

Tablodan alınan kolon boyutları “Eş 3.11” de yerine yazıldığı zaman;

$$Inx = \frac{0.417 + 1.631}{6 \times 25 \times 15} \times 1000 = 0.910$$

$$I_{ny} = \frac{0.688+1.157}{6 \times 25 \times 15} \times 1000 = 0.820$$

Bu değerler “Eş 3.10” da yerine koyulduğu zaman *mnlstfi* değeri 0,820 olarak bulunur.

#### Mnlsi değeri

Tablodan alınan kolon boyutları “Eş 3.13” de yerine yazıldığı zaman;

$$A_{nx} = \frac{4.125+3.1+0.33}{6 \times 25 \times 15} \times 1000 = 3,35 \text{ (boyutsuz)}$$

$$A_{ny} = \frac{4.975+2.4+0.3}{6 \times 25 \times 15} \times 1000 = 3,41 \text{ (boyutsuz)}$$

Bu değerler “Eş 3.12” da yerine koyulduğu zaman *mnlsci* değeri 3,35 olarak bulunur.

#### Nrs değeri

Örnek binanın  $n_{fx}$  değerinin 5,  $n_{fy}$  değerinin 7 ve zemin kat alanının 375m<sup>2</sup> olduğu görülür (Çizelge 3.3). Bu değerler “Eş 3.4” de yerine yazıldığında *NRR* değeri 1.6 olarak bulunur. 1.6 > 1 olduğu için *nrs* değeri 3 olarak hesaplanır.

#### Ssi değeri

Binada yumuşak kat olmadığı için bu oran 1 olarak kabul edilmiştir.

#### Or değeri

Binada ağır çıkma olmadığı için bu oran 0 olarak kabul edilmiştir.

#### Can Güvenliği ( $DI_{LS}$ ) Hasar Değerlerinin Belirlenmesi

Yukarıda hesaplanan parametre değerleri “Eş 3.17” de yerine yazılırsa;

$$DI_{LS} = 0.620 \times 6 - 0.246 \times 0.820 - 0.182 \times 3.35 - 0.699 \times 3 + 3.269 \times 1 + 2.728 \times 0 - 4.905 = -0.824$$

#### Can Güvenliği ( $CF_{LSPC}$ ) Hasar Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

$$CF_{LSPC} = -0.090 \times 6^3 + 1.498 \times 6^2 - 7.518 \times 6 + 11.855 = 1.235$$

-0.824 < 1.235 olduğu için örnek bina Özcebe ve ark. yöntemine göre güvenli bir binadır. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu yanlış belirlemiştir.

### 3.2.2.3. Yakut yöntemi

Ahmet Yakut tarafından 2004 yılında geliştirilen bu yöntem, 1992 Erzincan depremi, 2002 Afyon depremi, 2003 Bingöl depremi ve 1999 Marmara ve Düzce depremlerinde hasar görmüş toplam 220 adet binanın verisi kullanılarak oluşturulmuştur (Erdil ve Ceylan, 2018). Verilerin farklı coğrafi bölgelerden alınması, yöntemin Türkiye genelinde kullanımı için oldukça önemli bir durumdur. Yöntemin kullanmış olduğu başlıca parametreler; taşıyıcı sistem eleman boyutları, beton dayanımı, yapısal düzensizlikler, bina ağırlığı, bina önem katsayısı ve  $S_{ds}$  şeklinde sıralanabilir.

Yöntem 7 adımdan oluşur.

#### 1- Bina Kesme Kuvveti Kapasitesinin Hesabı ( $V_c$ )

Bu bölümde bina taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon ve perde) boyutları ve beton karakteristik basınç dayanımı kullanılarak, binanın x ve y yönlerindeki kesme kuvveti kapasitesi hesaplanır.

$$V_{ci} = c a f_c k b_w h \quad (kN) \quad (3.20)$$

$i$  değeri deprem performansı belirlenecek olan binanın kesme kuvveti doğrultusunu (x, y) temsil etmektedir.

$c$  değeri, taşıyıcı sistem elemanının uzun kenarın ile kesme kuvveti doğrultusu aynı yönde ise  $k_i$  değeri kolonlarda 0.67, perde ve duvarlarda ise 1 olarak hesaba katılır. Kısa kenar ile kesme kuvveti doğrultusu aynı yönde ise  $k_i$  değeri kolonlarda 0.33, perde ve duvarlarda ise 0 olarak hesaba katılır. Kolonlar kare ise her iki yön içinde  $k_i$  değeri 0.5 olarak alınır.

#### 2- Dolgu Duvarsız ( $V_y$ ) ve Dolgu Duvarlı ( $V_{yw}$ ) Binanın Akma Dayanımı Kapasitesinin Hesabı ( $V_y$ )

$V_c$  değeri, binanın sahip olduğu kat sayısına bağlı olarak değişen istatistiksel bir denkleme bölünerek binanın akma dayanımı kapasitesi hesaplanır.

$$V_{yi} = \frac{V_c}{0.95e^{0.125n}} \quad (kN) \quad (3.21)$$

$$V_{ywi} = V_y \left( 46 \frac{A_w}{A_{tf}} + 1 \right) \quad (kN) \quad (3.22)$$



### 3- Temel Kapasite İndeksinin Hesabı (BCPI)

BCPI değeri, bina akma dayanımı kapasitesinin yönetmelikten elde edilen taban kesme kuvvetine bölünmesi ile bulunur.

$$BCPI_i = \frac{V_{yw}}{V_{code}} \quad (3.23)$$

$$V_{code} = 0.04m_t IS_{DS}g \text{ kN} \quad (3.24)$$

### 4- Yapısal Düzensizlik Katsayısının Hesabı (C<sub>A</sub>)

Bu katsayı deprem performansı belirlenecek olan binanın sahip olduğu yapısal düzensizliklere göre hesaplanır (Çizelge 3.16)..

$$C_A = 1 - (C_{AS} + C_{ASC} + C_{AP} + C_F) \quad (3.25)$$

Çizelge 3.15. Olumsuzluk Parametre çeşitleri ve puan değerleri (Yakut, 2004)

Parametre Adı	Parametre Simgesi	Parametre Değeri
Yumuşak Kat	C <sub>AS</sub>	0.135
Ağır Çıkma	C <sub>AP</sub>	0.055
Kısa Kolon	C <sub>ASC</sub>	0.052
Plan ve Düşey Düzensizliği	C <sub>AP</sub>	0.035

### 5- Bina Görsel Kalite Katsayısının Hesabı (C<sub>M</sub>)

Bu katsayı değeri bina görsel kalitesine bakılarak hesaplanır (Çizelge 3.17).

Çizelge 3.16. Görsel kalite sınıfları ve hesaplanma formülleri (Yakut, 2004)

Bina Görsek Kalitesi	Parametre Değeri
İyi	1
Orta	1-0.55(1-C <sub>A</sub> )/3
Kötü	1-0.55(1-C <sub>A</sub> )

### 6-Sonuç Puanının Hesabı ve Değerlendirilme Şekli (CPI)

Önceki adımlarda hesaplanan parametre değerleri “Eş 3.25” de yerine yazılarak x ve y doğrultuları için sonuç puanları hesaplanır. Bu değerlerden küçük olanı seçilir. Eğer seçilen değer 1.2’den büyük ise bina güvenli küçük ise güvensiz olarak kabul edilir.

$$CPI = C_A C_M B CPI \quad (3.26)$$

### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) Yakut yöntemine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

### (V<sub>c</sub>) değerinin hesabı

Tablodaki (Çizelge 3.3) taşıyıcı sistem kolon ve perde boyutları ve betonun karakteristik basınç değeri “Eş 3.20” de yerine yazılarak  $x$  ve  $y$  doğrultuları için kesme kuvveti değerleri bulunur.

$$V_{CX} = 0.65 \times 0.86 \times 10^3 \left( (2 \times 0.67 \times 0.3 \times 0.7) + (4 \times 0.67 \times 0.3 \times 1.2) + (4 \times 0.67 \times 0.25 \times 1.4) + (4 \times 0.33 \times 0.3 \times 0.9) + (8 \times 0.33 \times 0.3 \times 0.7) + (4 \times 0.33 \times 0.25 \times 1.7) + (5 \times 0.33 \times 0.25 \times 1.1) + 3.1 \right)$$

$$V_{CX} = 4029,831 \text{ kN}$$

$$V_{CY} = 0.65 \times 0.86 \times 10^3 \left( (2 \times 0.33 \times 0.3 \times 0.7) + (4 \times 0.33 \times 0.3 \times 1.2) + (4 \times 0.33 \times 0.25 \times 1.4) + (4 \times 0.67 \times 0.3 \times 0.9) + (8 \times 0.67 \times 0.3 \times 0.7) + (4 \times 0.67 \times 0.25 \times 1.7) + (5 \times 0.67 \times 0.25 \times 1.1) + 2.4 \right)$$

$$V_{CY} = 4127,87 \text{ kN}$$

### V<sub>yw</sub> değerinin hesabı

$V_{CX}$  ve  $V_{CY}$  değerleri “Eş 3.20” ve “Eş 3.21” de yerine yazılarak binanın  $x$  ve  $y$  doğrultuları için bina akma dayanım kapasitesi değerleri bulunur.

$$V_{y_x} = \frac{4029,831}{0.95 \times 2.718^{0.125 \times 6}} = 2003.90 \text{ kN}$$

$$V_{y_{w_x}} = 2003,90 \left( 46 \frac{3.3}{2250} + 1 \right) = 2139.096 \text{ kN}$$

$$V_{y_y} = \frac{4127.87}{0.95 \times 2.718^{0.125 \times 6}} = 2052.651 \text{ kN}$$

$$V_{y_{w_y}} = 2052.651 \left( 46 \frac{3.0}{2250} + 1 \right) = 2178.54 \text{ kN}$$

### (BCPI) değerinin hesabı

$V_{y_{w_x}}$  ve  $V_{y_{w_y}}$  değerleri “Eş 3.20” ve “Eş 3.22” de yerine yazılarak binanın  $x$  ve  $y$  doğrultuları için temel kapasite indeksinin değerleri bulunur.

$$V_{code} = 0.04 \times 2700 \times 1 \times 1.078 \times 9,81 = 1142.119 \text{ kN}$$

$$BCPI_x = \frac{2139.096}{1142.119} = 1.872$$

$$BCPI_y = \frac{2178.096}{1142.119} = 1.907$$

#### (C<sub>A</sub>) ve (C<sub>m</sub>) değerlerinin hesabı

Düzensizlik parametreleri “Eş 3.24” de yerine yazılarak yapısal düzensizlik katsayısı ve bina görsel kalitesi katsayısının değeri bulunur.

$$C_A = 1 - (0 + 0 + 0 + 0.035) = 0.965$$

$$C_m = 1 - 0.55(1 - 0.965) = 0.980$$

#### (CPI) değerinin hesabı

Temel kapasite indeksinin değeri , yapısal düzensizlik katsayısı ve bina görsel kalitesi katsayısı “Eş 3.25” de yerine yazılarak x ve y doğrultuları için sonuç kapasite indeksinin değeri bulunmuştur.

$$CPI_x = 1.872 \times 0.965 \times 0.980 = 1.770$$

$$CPI_y = 1.907 \times 0.965 \times 0.980 = 1.803$$

1.770 > 1.2 olduğu için örnek bina Yakut yöntemine göre güvenli bir binadır. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu yanlış belirlemiştir.

#### **3.2.2.4. MVP yöntemi**

Erdil ve Ceylan tarafından 2018 yılında geliştirilen bu yöntem, 2011 Van depremi, 2002 Afyon depremi ve 2003 Bingöl depreminde hasar görmüş toplam 192 adet binanın verisi kullanılarak oluşturulmuştur. Yöntemin kullanmış olduğu başlıca parametreler; taşıyıcı sistem eleman boyutları (kolon ve perde), beton dayanımı, boyuna donatı dayanımı, etriye aralığı, ortalama boyuna donatı oranı, bina yüksekliği, yapısal düzensizlikler ve zemin kat alanı şeklinde sıralanabilir. Yöntem, deprem performans puanı belirlenecek olan binanın sahip olduğu moment, kesme kuvveti ve eksenel yük kapasiteleri ile dış etkilerden meydana gelen moment, kesme kuvveti ve eksenel yük

değerlerinin oranlaması ile oluşturulmuştur. Yöntem içerisinde birçok farklı değerlendirme şekli sunulmuştur. Bu çalışma kapsamında “Bütünsel Değerlendirme Metodu” kullanılacaktır.

Yöntem 8 aşamadan oluşmaktadır.

### 1- Bina Moment Kapasitesinin Hesaplanması ( $M_r$ )

Bu değer boyuna donatı akma dayanımı, taşıyıcı sistem eleman boyutları, ortalama boyuna donatı oranı ve ilgili doğrultuya ( $x$  veya  $y$ ) göre hesaba katılan plan uzunluğu değerleri ile “Eş 3.26” eşitliği dikkate alınarak bulunur.

$$M_{ri} = f_y \frac{L_i}{5} \sum \rho (A_c + A_{sw}) \text{ kNm} \quad (3.27)$$

### 2- Dış Moment Etkisinin Hesaplanması ( $M_d$ )

Bu değer bina yüksekliği ve taban kesme kuvveti kullanılarak “Eş 3.27” deki gibi hesaplanır.

$$M_{di} = \frac{2}{3} HV_d \text{ kNm} \quad (3.28)$$

### 3- Bina Kesme Kuvveti Kapasitesinin Hesaplanması ( $V_r$ )

Bu değer betonun karakteristik çekme dayanımı, etriye aralığı ve taşıyıcı sistem eleman boyutları kullanılarak “Eş 3.28” deki gibi hesaplanır. Bu değer  $x$  ve  $y$  doğrultuları için ayrı ayrı hesap edilmelidir.

$$V_{ri} = 1.4 f_{ctk} \left( \frac{100}{s} \right)^{0.7} \sum (A_{ci} + A_{swi}) \text{ kN} \quad (3.29)$$

### 4- Dış Kesme Kuvvetinin Hesaplanması ( $V_d$ )

Bu değer yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda basitleştirilerek kat alanı bilgisiyle “Eş 3.29” kolaylıkla hesaplanır.

$$V_d = 6 \sum A_{floor} \text{ kN} \quad (3.30)$$

### 5- Eksenel Kuvvet Kapasitesinin Hesaplanması ( $P_r$ )

Bu değer beton basınç dayanımı ve kolon boyutları ile “Eş 3.30” daki gibi hesaplanır.

$$P_r = f_{ck} \Sigma(A_C + A_{SW}) \text{ kN} \quad (3.31)$$

### 6- Dış Eksenel Kuvvet Değerinin Hesaplanması ( $P_d$ )

Bu değer yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda basitleştirilerek kat alanı bilgisiyle “Eş 3.31” kolaylıkla hesaplanır.

$$P_d = 12 \Sigma A_{floor} \text{ kN} \quad (3.32)$$

### 7- Düzensizlik Parametrelerinin Hesaplanması

Bu değerler, deprem performans puanı hesaplanacak binanın sahip olduğu düzensizlik parametrelerine göre tablodan (Çizelge 3.18) seçilir.

Çizelge 3.17. Olumsuzluk Parametre çeşitleri ve puan değerleri (Erdil ve Ceylan,2018)

Parametre Adı	Parametre Tespiti	Parametre Puanı
Yumuşak Kat	Var/Yok	1.4/1.0
Ağır Çıkma	Var/Yok	1.4/1.0
Kısa Kolon	Var/Yok	1.4/1.0
Plan Düzensizliği	Var/Yok	1.4/1.0

### 7- Deprem Performans Puanının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Önceki adımlarda yapılan hesaplamalar sonucu bulunan değerler “Eş 3.32” de yerine yazılarak bina deprem performans puanı hesaplanır.

$$MVP_i = \frac{1}{\alpha\beta} \frac{M_{ri}}{M_d} + \frac{2}{\gamma\phi} \frac{V_{ri}}{V_d} + 0.2 \frac{P_r}{P_d} \quad (3.33)$$

$x$  ve  $y$  doğrultularında ayrı ayrı hesap yapılarak bulunan  $MVP_x$  ve  $MVP_y$  değerleri toplanarak sınır puanı (5) ile kıyaslanır. Sınır puanından büyük performans puanına sahip olan binalar güvenli, küçük olan binalar ise güvensiz olarak adlandırılır.

### Uygulama

Bu bölümde, örnek bir binanın (Çizelge 3.3) MVP yöntemine göre deprem performans puanı ve deprem performans durumu, yöntem içerisinde tanımlanan aşamalara göre verilmiştir.

(Mr) değerinin hesabı (Eş 3.26)

$$Mr_x = 420000 \frac{25}{5} 0.01((3.3 + 5.8) + (3.1 + 2.4)) = 306600 \text{ kNm}$$

$$Mr_y = 420000 \frac{15}{5} 0.01((3.3 + 5.8) + (3.1 + 2.4)) = 183960 \text{ kNm}$$

(Md) değerinin hesabı (Eş 3.27)

$$M_d = \frac{2}{3} \times 18 \times 13500 = 162000 \text{ kNm}$$

(Vr) değerinin hesabı (Eş 3.28)

$$V_{rx} = 1.4 \times 860 \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7} \times (3.3 + 3.1) = 7705.6 \text{ kN}$$

$$V_{ry} = 1.4 \times 860 \left(\frac{100}{100}\right)^{0.7} \times (5.8 + 2.4) = 9872.8 \text{ kN}$$

(Vd) değerinin hesabı (Eş 3.29)

$$V_d = 6 \times 2250 = 13500 \text{ kN}$$

(Pr) değerinin hesabı (Eş 3.30)

$$Pr = 6000 \times ((3.3 + 5.8) + (3.1 + 2.4)) = 87600 \text{ kN}$$

(Pd) değerinin hesabı (Eş 3.31)

$$P_d = 12 \times 2250 = 27000 \text{ kN}$$

Deprem Performans Puanının Hesaplanması ve Değerlendirilmesi (Eş 3.31)

$$MVP_x = \frac{1}{1 \times 1} \frac{306600}{162000} + \frac{2}{1 \times 1.4} \frac{7705.6}{13500} + 0.2 \frac{87600}{27000} = 3.112$$

$$MVP_y = \frac{1}{1 \times 1} \frac{183960}{162000} + \frac{2}{1 \times 1.4} \frac{9872.8}{13500} + 0.2 \frac{87600}{27000} = 2.521$$

$2.521 + 3.112 = 5.633 > 5$  olduğu için örnek bina MVP yöntemine göre güvenli bir binadır. Bina mevcut durumda yıkıldığı için bu yöntem örnek binanın deprem performans durumunu yanlış tahmin edilmiştir.

Örnek bina 7 farklı Hızlı Değerlendirme Yöntemine göre deprem performans durumu belirlenmiş ve sadece riskli yapılar yönetmeliği yöntemi tarafından doğru tahmin edilmiştir. Bu durum diğer yöntemlerin başarısız olduğunu göstermemektedir. Başarısız

olan yöntemlerinin, olumsuzluk parametresi olarak sadece burulma düzensizliği ve kötü görsel görünümüne sahip olan bu binanın deprem performans durumunu yanlış tahmin etmesinin farklı sebepleri olabilir.

- Örnek bina üzerindeki burulma düzensizliği etkisi, başarısız olan Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin tahmin ettiği burulma etkisinden çok daha fazla etkili olmuş olabilir.
- 2- Örnek binanın sahip olduğu ortalama  $f_{ck}$  değeri 6 MPa dır. Bu değer 6 katlı bir betonarme bina için oldukça düşüktür ve binanın yıkılmasına sebep olan başlıca parametrelerden biridir. Deprem performans durumunu doğru tahmin edemeyen Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin beton dayanım etkisini hesaba katmamaları veya beton dayanım etkisi katsayısının yetersiz olması örnek binanın deprem performans durumunu yanlış tahmin etmelerine neden olmuş olabilir.
- 3- Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin hesaba katmadığı uygulama hataları. (Yeterli filiz boylarının bırakılmaması, kolon ve perdelerde yeterli sarılma bölgelerinin olmaması, projeye uygun olarak yerleştirilmeyen donatı adet ve çapları, güçlü giriş zayıf kolon hatası, işçilik hataları vb.)
- 4- Bu yöntemler istatistiksel verilere göre oluşturulduğu için yöntemlerin bazı binaların deprem performans durumunu yanlış tahmin etmesi oldukça doğaldır. Önemli olan bu yöntemlerin, binaların deprem performans durumlarını doğru tahmin etme yüzdelerini doğru şekilde hesaplamak ve bu oranı yeni veriler aracılığı ile yükseltmektir.

Tez çalışması kapsamında 50 adet binanın deprem performans durumu, yukarıda anlatılan yedi Hızlı Değerlendirme Yöntemine göre bilgisayar ortamında çözülerek doğruluk yüzdeleri hesaplanmış ve karşılaştırma grafikleri sunulmuştur (Bölüm 5).

### 3.2.3. Veri detayları ve yapılan kabuller

Bu bölümde, Hızlı Değerlendirme Yöntemleri kullanılarak deprem performans puanları ve deprem performans durumları belirlenmiş olan binaların sahip olduğu parametreler hakkında bilgi verilmiştir.

Deprem performans puanlarını hesaplamak için kullanılan veri seti 2011 yılında Van'da meydana gelen depremlerden (23 Ekim, 9 Kasım) elde edilen 50 binadan oluşmaktadır.

Bu binaların 20'si Van'a bağlı olan Erciş ilçesine, 30 tanesi ise Van merkezine ait olan binalardır. Veri setinde bulunan 50 binanın tamamı meydana gelen depremlerden sonra göçmüş veya ağır hasar almıştır. Veri setinde bulunan 50 adet binanın sahip olduğu kat sayısı, plan boyutları, kritik katta bulunan kolon ve perdelerin kesit alanları, beton basınç dayanım değerleri ve hasar durumlarını gösteren parametre değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Çizelge 3.19).

Çizelge 3.18. Veri setinin sahip olduğu parametre bilgileri (Erdil, 2016)

Bina İsmi	Yapım Yılı	Kat Sayısı (n)	Lx (m)	Ly (m)	$\sum A_{cx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{cy}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{swx}$ (m <sup>2</sup> )	$\sum A_{swy}$ (m <sup>2</sup> )	fc (MPa)	Hasar Durumu
ERC-1	1980	4	25	12	0.00	8.16	0.00	0.00	10.5	Yıkıldı
ERC-2	2001	4	16	11	1.08	3.06	0.5	0.00	8.9	Yıkıldı
ERC-3	1984	3	18	12	1.25	2.20	0.00	0.00	7.1	Yıkıldı
ERC-4	1990	4	13	6	0.75	0.63	0.00	0.00	6.9	Yıkıldı
ERC-5	1987	4	22	11	1.00	1.50	0.00	0.00	10.9	Yıkıldı
ERC-6	1995	5	14	11	1.80	1.20	0.00	0.58	8.4	Yıkıldı
ERC-7	1999	6	38	15	2.88	9.12	0.40	0.30	12.0	Yıkıldı
ERC-8	2001	5	20	13	1.88	2.48	0.97	0.80	10.3	Yıkıldı
ERC-9	1996	4	19	9	0.00	2.38	0.00	0.00	9.6	Yıkıldı
ERC-10	1991	4	22	16	4.32	0.00	0.00	0.00	12.3	Yıkıldı
ERC-11	1995	5	22	17	2.55	3.15	0.00	0.00	7.5	Yıkıldı
ERC-12	1992	5	13	12	0.00	2.40	0.00	0.00	6.9	Yıkıldı
ERC-13	1999	5	23	17	2.85	2.85	0.44	0.00	8.7	Yıkıldı
ERC-14	1999	6	13	9	1.56	0.90	0.30	0.60	9.5	Yıkıldı
ERC-15	1996	6	19	13	0.60	4.76	0.00	0.00	9.2	Yıkıldı
ERC-16	2000	5	12	12	2.10	2.82	1.11	0.70	2.3	Yıkıldı
ERC-17	2000	5	21	11	0.98	3.47	0.00	0.00	6.5	Yıkıldı
ERC-18	1983	3	13	4	0.60	0.68	0.00	0.00	8.4	Yıkıldı
ERC-19	2011	6	28	15	6.20	3.20	0.40	2.1	20	Yıkıldı
ERC-20	1995	4	21	14	0.90	1.10	4.30	2.8	8.0	Yıkıldı
VAN-1	1980	3	9	9	1.05	1.35	0	0	8	Yıkıldı
VAN-2	1990	2	15	10	0.90	1.80	0	0.23	8	Ağır Hasar
VAN-3	2004	2	19	9	1.65	0.30	0.56	0.44	8	Ağır Hasar
VAN-4	1998	5	19	16	2.52	3.36	0	0.48	8	Ağır Hasar
VAN-5	1988	5	26	12	1.55	4.15	0	0	8	Ağır Hasar
VAN-6	1991	5	20	16	2.50	3.09	0	0	8	Ağır Hasar
VAN-7	1996	7	25	13	2.40	4.68	0.87	2.94	5.5	Ağır Hasar
VAN-8	1992	5	19	12	0.35	3.14	0	0.80	11.4	Ağır Hasar
VAN-9	1981	5	24	12	0.60	3.60	0.48	0.48	8	Ağır Hasar
VAN-10	1994	6	18	15	1.80	2.64	1.58	0.95	8	Yıkıldı
VAN-11	1996	5	22	13	1.70	2.25	0	0.52	7.7	Ağır Hasar
VAN-12	1996	5	22	12	1.70	2.25	0	0.52	8.5	Ağır Hasar



Çizelge 3.18. Veri setinin sahip olduğu parametre bilgileri (devam)

VAN-13	1996	5	22	12	1.70	2.25	0	0.52	3.5	Ağır Hasar
VAN-14	2002	6	26	13	2.22	3.78	0.80	0.72	10	Ağır Hasar
VAN-15	1997	5	14	12	0.90	1.92	0	0.80	8	Ağır Hasar
VAN-16	1997	5	24	11	2.76	0	1.60	1.03	8	Ağır Hasar
VAN-17	2008	5	17	15	3.42	0	0	0	8	Ağır Hasar
VAN-18	1995	7	23	13	1.43	4.05	0.38	0.93	7	Ağır Hasar
VAN-19	1995	7	23	17	2.56	3.59	0.72	0.76	7.6	Ağır Hasar
VAN-20	1995	6	23	17	2.56	3.59	0.72	0.76	15.4	Ağır Hasar
VAN-21	1995	6	23	17	2.56	3.59	0.72	0.76	15.4	Ağır Hasar
VAN-22	1977	6	40	16	1.80	7.65	0	0	8.6	Yıkıldı
VAN-23	1997	7	21	12	0.15	3.50	0	0	6.2	Ağır Hasar
VAN-24	1994	5	12	17	0.84	1.08	0	0	8	Yıkıldı
VAN-25	1995	6	20	22	4.08	4.98	0	0	8	Yıkıldı
VAN-26	1995	6	20	17	2.11	3.06	0.68	0.76	5.9	Ağır Hasar
VAN-27	1994	5	22	13	1.72	3.90	0.48	0	7	Ağır Hasar
VAN-28	1993	5	25	22	6.16	7.34	0	3.60	5.5	Ağır Hasar
VAN-29	1998	5	25	13	1.68	5.01	0.68	0.80	8	Ağır Hasar
VAN-30	1983	3	5	13	0.6	0.9	0	0	8	Ağır Hasar

Yukarıda (Çizelge 3.19) tanımlanan parametreler depremden sonra yapılan inceleme çalışmaları sonucunda elde edilmiştir. Ancak Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde kullanılan bazı parametre çeşitleri (donatı akma dayanımı, ortalama donatı oranı, etriye aralıkları, taşıyıcı sistem eleman boyutları vb.) yapılan incelemeler esnasında tespit edilemeyebilir. Buna ek olarak 2018 yılında güncellenen deprem yönetmeliği, 2007 deprem yönetmeliğinde var olan ve bu yönetmelikteki değerlere göre oluşturulmuş bazı Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin parametrelerinde değişikliklere neden olmuştur. Bu durum Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde güncellemeleri zorunlu hale getirmiştir. Bu sebeplerden dolayı (tespit edilemeyen veriler ve yönetmeliğin neden olduğu güncellemeler) tez kapsamında incelenecek olan binalar ile ilgili bazı kabuller yapılmıştır.

- Riskli yapılar yönetmeliği (Bölüm 3.2.1.1) kapsamında hesaba katılan tehlike bölgeleri parametresi, 2007 deprem yönetmeliği içerisinde yer alan deprem bölgesi parametresine göre belirlenmekteydi. 2018 yılında yapılan güncellemeler sonrasında, tehlike bölgeleri tasarım spektral ivme ( $S_{ds}$ ) parametresine göre belirlenir.  $S_{ds}$  değerleri mevcut veri seti için *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* üzerinde taranmış ve Van merkez bölgesindeki

yapıların  $S_{ds}$  değerlerinin 1'den yukarı, Erciş merkezinde bulunan binaların  $S_{ds}$  değeri ise 0.75 ile 1 arasında olduğu görülmüştür. Bu nedenle riskli yapılar yönetmeliği kapsamında hazırlanan Sokak Taraması Yönteminde Van'da bulunan binaların tehlike bölgesi 1, Erciş'te bulunan binaların tehlike bölgesi 2 olarak kabul edilmiştir.

- Sucuoğlu ve Yazgan Seviye-1 ve Seviye-2 (Bölüm 3.2.1.3, Bölüm 3.2.2.1) yöntemlerinde kullanılan max. zemin hızı değeri (PGV), mevcut veri seti için *Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması* üzerinde taranmış ve max. PGV değeri 23 (cm/sn) olarak hesaplanmıştır. Bu değer tüm veri seti için aynı değer olarak hesaba katılmıştır.
- Yapılan inceleme çalışmaları sonucunda oluşturulan veri seti için zemin sınıfı 7 binada Z2, 43 binada ise Z3 olarak bulunmuştur. Güncellenen deprem yönetmeliğinde bu zemin sınıflarına denk gelen zemin sınıflarının sırasıyla ZC ve ZD olduğu kabul edilmiştir (Çizelge 3.1).
- Veri seti kapsamında bulunan binalardan bazılarının projesi bulunmamaktadır. Projesi bulunmayan binalarda boyuna donatı akma dayanımı ve boyuna donatı oranı yapım yılına göre belirlenmiştir. 1997 yılından önce yapılan binalarda boyuna donatı akma dayanımı 220 MPa, boyuna donatı oranı ise 0.008 olarak hesaba katılır. 1997 yılından sonra yapılan binalarda ise boyuna donatı akma dayanımı 420 MPa, boyuna donatı oranı ise 0.01 olarak hesaba katılır (Erdil ve Ceylan 2018).
- FEMA P-154 Sokak Taraması Yöntemine göre binaların deprem performans puanları farklı deprem risk seviyelerine göre (çok yüksek, yüksek, orta derecede yüksek, orta ve düşük) belirlenmektedir. Türkiye deprem risk haritası (Şekil 3.15) taranmış ve Van merkezindeki deprem risk seviyesinin Erciş ilçesindeki deprem risk seviyesinden fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle Van merkezi FEMA P-154 yöntemi kapsamında yüksek deprem riskli bölge, Erciş ilçesi ise orta derecede yüksek riskli bölge olarak kabul edilmiştir.

#### 4. BULGULAR

Binaların deprem performans durumlarını belirlemek için kullanılan Hızlı Değerlendirme Yöntemleri oldukça az sayıda parametreye ve pratik hesap formüllerine sahiptir. Böylece binanın deprem performans puanı ve durumu kısa bir süre içerisinde belirlenebilir. Ancak, incelenmesi gereken milyonlarca yapı olduğu düşünülürse bu süre hala oldukça uzundur. Bununla beraber, Ön Değerlendirme Yöntemlerinde bulunan formüllerin el hesabı ile çözümlenmesi hata payını ve işlem süresini artırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı günümüzde Hızlı Değerlendirme Yöntemleri yaygın olarak kullanılmamaktadır.

Günümüzde oldukça gelişmiş olan bilgisayar teknolojileri kullanılarak bu yöntemlerin binaların deprem performans durumlarını çok daha kısa sürede ve daha düşük hata payıyla hesaplama yapabilmesi sağlanabilir. ABD, Sokak Taraması Yöntemi olarak kullandığı FEMA P-154 için HAZUS adı altında bir yazılım geliştirmiştir. Bu yazılım, binaların deprem performans puanlarını belirlemekle beraber oluşturduğu deprem senaryoları ile oluşabilecek deprem tehlikelerine karşı önlem almak için de kullanılır. Ülkemizde bu amaçla kullanılacak herhangi bir bilgisayar programı bulunmamaktadır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında 7 farklı Hızlı Değerlendirme Yöntemine (Bölüm 3.2) göre binaların deprem performans durumlarını belirleyen EPA (Earthquake Performance Analysis/ Deprem Performans Analizi) adında bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program, binaların deprem performans puanlarını belirleyebilir, onları karşılaştırabilir, harita üzerinde gösterebilir ve deprem performans raporlarını oluşturabilir.

EPA programının geliştirilme nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

- Binaların deprem performans puanlarını ve durumlarını daha hızlı şekilde belirlemek.
- Yöntemlerin hesap adımlarında oluşabilecek olan işlem hatalarını en aza indirmek.
- Binaları farklı değerlendirme yöntemlerinde çözerek deprem performans durumları hakkındaki tahminlerin doğruluk yüzdesini artırmak.

- Yöntemler, depremlerden sonra yapılan inceleme çalışmalarından elde edilen verilerle oluşturulduğu için bölge bazında yüksek doğruluk yüzdesine sahip olan bir yöntem başka bir bölgede düşük doğruluk yüzdesine sahip olabilir. EPA programıyla birlikte birçok Hızlı Değerlendirme Yöntemi tek çatı altında toplanarak herhangi bir bölgedeki binanın deprem performans puanı kolaylıkla belirlenebilecek.
- Tüm ülkede kullanılacak yüksek doğruluk payına sahip Hızlı Değerlendirme Yöntemi geliştirebilmek için binlerce binadan oluşan bir veri seti gereklidir. EPA programı içermiş olduğu veri tabanı sistemiyle farklı kullanıcılar tarafından girilen bilgileri hafızasına kaydederek oluşturulabilecek yeni yöntemler için önemli bir veri seti olarak kullanılacaktır.
- İçermiş olduğu deprem performans durumu haritaları ile öncelikli binalar/bölgeler çok daha kolay tespit edilebilecek.

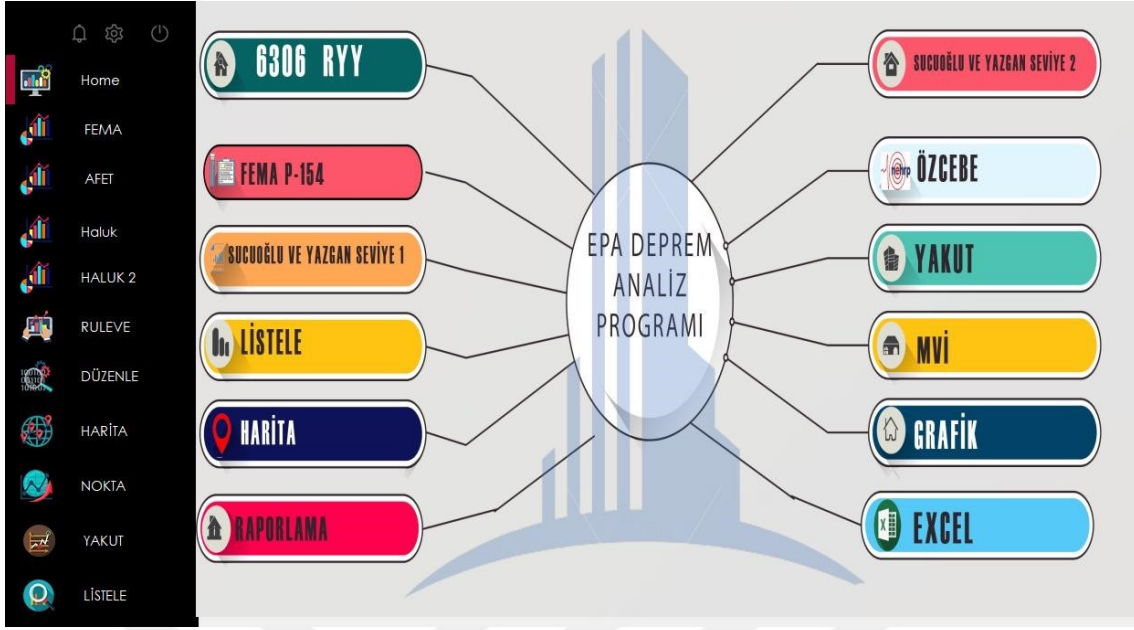
Bu bölüm kapsamında EPA programının genel yapısı, içermiş olduğu özellikler ve 50 binalık veri setinin EPA programı üzerindeki çıktıları gösterilmiştir.

#### **4.1. EPA Programının Genel Yapısı**

EPA, çeşitli parametreleri (Bölüm 3.1.1) kullanarak 7 farklı Hızlı Değerlendirme Yöntemine göre binaların deprem performansını belirleyen bir bilgisayar programıdır. Bu bilgisayar programı C# programlama dilinde geliştirilmiştir. EPA programı binaların deprem performans puanlarını ve durumlarını birçok farklı yöntemle göre kısa ve pratik şekilde hesaplayabilir, bu hesaplamaları karşılaştırarak bina için en uygun yöntemi bulabilir, hesabı yapılan binaların risk durumunu harita üzerinde gösterebilir ve onlar hakkında deprem performans raporları oluşturabilir.

EPA programının içerdiği başlıca uygulama menüleri aşağıda sıralanmıştır.

- Parametre Giriş Ekranları
- Veri Tabanı Ekranı
- Deprem Performans Haritaları
- Deprem Performans Grafikleri
- Deprem Performans Raporları



Şekil 4.1. EPA bilgisayar programının arayüz tasarımı

Bu bölüm kapsamında, yukarıda sıralanan uygulama menülerinin detayları ve örnek binaların bu uygulama menüleri üzerindeki çıktıları verilmiştir.

#### 4.1.1. Parametre giriş ekranları

Hızlı Değerlendirme Yöntemleri farklı parametrelere ve farklı hesap adımlarına sahiptir. Bu nedenle EPA programı her bir yöntem için farklı bir parametre giriş ekranı sunmaktadır. Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın parametreleri, giriş ekranları üzerinde seçilerek istenilen herhangi bir Hızlı Değerlendirme Yöntemine göre deprem performans durumu kolaylıkla belirlenebilmektedir.

Sokak Taraması Yöntemleri kendi içerisinde, Ön Değerlendirme Yöntemleri kendi içerisinde oldukça birbirlerine benzemektedir. Bu nedenle bu bölümde Sokak Taraması Yöntemlerinden sadece *Riskli Yapılar Yönetmeliği* yöntemi (Bölüm 3.2.1.1) ve Ön Değerlendirme Yöntemlerinden sadece *Yakut* yönteminin (Bölüm 3.2.2.3) parametre giriş ekranları örnek bir binanın (Çizelge 3.3) parametrelerine göre işaretlenerek binanın deprem performans puanı hesaplanmıştır.

Kaydet Sıfırla Rapora Dönüştür

**BETONARME BİNALAR İÇİN VERİ TOPLAMA FORMU**  
BİNA KİMLİK BİLGİLERİ

BİNA KİMLİK NO: 196180  
BİNA İSMİ: ÖRNEK BİNA  
BİNA ADRESİ: Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fak.  
ADA/PARSEL: 2640/11  
TAHMİNİ YAŞI: 13  
YAPI KULLANIM TÜRÜ: KONUT

FOTAĞRAF EKLE

KAT SAYISI: 6 Sds: 1.078 Zemin Sınıfı: ZD

X KOORDİNATI: 38.71838 Y KOORDİNATI: 43.31457  
Kordinatı Getir

YAPISAL SİSTEM TÜRÜ  
 PERDE VE ÇERÇEVELİ SİSTEM  ÇERÇEVELİ SİSTEM

YAPI NİZAMI  
 AYNI ORTA  FARKLI ORTA  
 AYNI KENAR  FARKLI KENAR

AGIR ÇIKMA  
 VAR  YOK

YUMUŞAK KAT  
 VAR  YOK

BİNA GÖRSEL KALİTESİ  
 İYİ  ORTA  KOTU

DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK  
 VAR  YOK

PLANDA DÜZENSİZLİK  
 VAR  YOK

KISA KOLON  
 VAR  YOK

TEPE YAMAÇ ETKİSİ  
 VAR  YOK

PERFORMANS PUANINI BELİRLE

% 100

35

RİSKLİ BİNA

X

Şekil 4.2. Örnek binanın Riskli Yapılar Yönetmeliği yöntemine göre EPA programı parametre giriş ekranı üzerindeki görünümü.

Parametre giriş ekranı üzerindeki veriler ve açıklamaları aşağıdaki gibidir.

**Bina Kimlik Numarası:** Deprem performans puanı belirlenmesi gereken milyonlarca yapı düşünüldüğü zaman binaları tanımlayan bir kod numarasına ihtiyaç olduğu görülür. Deprem performans durumu belirlenen bina, bu kod numarası ile veri tabanına kaydedilir ve yine bu kod numarası kullanılarak istenildiği zaman tekrar görüntülenebilir.

**Bina ismi, adresi, ada ve parsel numarası:** Deprem performans değerlendirmesi yapılacak olan binanın yerini kolay şekilde bulabilmek için gereklidir.

Bina Tahmini Yaşı: Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin bazılarında kullanılan bina yaşı parametresi bina için oldukça önemlidir. Bina yaşı arttıkça yapı ömrü azalmaktadır. Bu nedenle bina yaşı bilgisi parametre giriş ekranındaki ilgili yere yazılmalıdır. Eski zamanlarda yapılan bazı binalarda ruhsatsız olmalarından dolayı yaş bilgisi olmayabilir. Bu durumda, o bölgede yaşayan insanlardan alınan bilgilerle veya benzer yapıdaki binaların yaşlarına bakılarak bina için tahmini bir yaş girilir.

Yapı Kullanım Türü: Hızlı Değerlendirme Yöntemleri genellikle konut yapıları için geliştirilmiş yöntemlerdir. Bununla beraber ticari, sanayi, kamu ve metruk binalar da yapı kullanım türünde işaretlenebilir.

Yapı Koordinat Bilgileri: Binaların deprem risk haritalarının oluşturulabilmesi için yapı koordinat bilgilerinin programa aktarılması oldukça önemlidir. Koordinat bilgileri program içerisindeki *Bing Maps* haritası kullanılarak otomatik olarak seçilebilir.

Yapısal Sistem Parametreleri: Deprem performans puanı belirlenecek olan binanın kat sayısı, zemin sınıfı, deprem hareketliliği, düzensizlik parametreleri gibi bilgiler de EPA programı içerisine aktarılmalıdır.

Kullanılan yöntem çeşitlerine göre girilen parametre değerlerinden sonra EPA programı, binanın deprem performans durumunu hesaplar. Bunun sonucunda şekilde görüldüğü (Şekil 4.2) gibi binanın deprem performans puanını ve binanın sahip olduğu risk seviyesini kullanıcıya gösterir. Bununla beraber;

*Kaydet* butonu ile deprem performans durumu belirlenen binalar veri tabanına aktarılabilir. Böylelikle bu parametreler farklı çalışmalarda tekrar kullanılabilir.

*Sıfırla* butonu ile ekranda bulunan eski bina parametreleri temizlenerek yeni binanın parametre girişlerine olanak sağlanır.

*Rapora Dönüştür* butonu ile deprem performans durumu belirlenen binanın tüm bilgileri Microsoft Word programına aktarılarak deprem performans raporları oluşturulur (Bölüm 4.1.5).

Yukarıda (Şekil 4.2) Sokak Taraması Yöntemlerinden biri olan *Riskli Yapılar Yönetmeliği* yönteminin EPA programı üzerindeki uygulaması ve parametre giriş ekranındaki verilerin detayları açıklanmıştır. Daha fazla parametreye ve daha kompleks

formüllere sahip olan Ön Değerlendirme Yöntemlerinden Yakut yönteminin uygulanma şekli ve parametre giriş ekranındaki detaylarda aşağıdaki gibidir (Şekil 4.3).

**BETONARME BINALAR İÇİN VERİ TOPLAMA FORMU**  
BINA KİMLİK BİLGİLERİ

BINA KİMLİK NO: 196180  
BINA İSMİ: ÖRNEK BINA  
BINA ADRESİ: Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fak.  
ADA/PARSEL: 2640/11  
TAHMİNİ YAŞI: 13  
YAPI KULLANIM TÜRÜ: KONUT

FOTOGRAF EKLE

KAT SAYISI: 6 Sda: 1.078 Zemin Sınıfı: ZD

X KOORDİNATI: 38.71838 Y KOORDİNATI: 43.31457  
Kordinatı Getir

KOLON FERDE DUVAR Bina Genel Özellikleri Taban Kesme Kuvveti İŞLEM RAPORU

Düzensizlik Parametreleri

Ağır Çıkma Değeri	0	Kısa Kolon Değeri	0
Yumuşak Kat Değeri	0	Plan Düzensizliği Değeri	0.035

X Doğrultusu

V <sub>cx</sub> (kN)	4029,8	V <sub>cy</sub> (kN)	4127,8
V <sub>yx</sub> (kN)	2003,9	V <sub>yy</sub> (kN)	2052,6
V <sub>yx</sub> (kN)	2139,0	V <sub>yy</sub> (kN)	2178,5
V <sub>codex</sub> (kN)	1142,11	V <sub>codey</sub> (kN)	1142,11
BCPI	1,87	BCPI	1,90
CPI	1,77	CPI	1,80

PERFORMANS PUANINI HESAPLA

**1,770**

GÜVENLİ BÖLGE

İŞLEM RAPORU OLUŞTUR

Şekil 4.3. Örnek binanın Yakut yöntemine göre EPA programı parametre giriş ekranı üzerindeki görünümü.

Ön Değerlendirme Yöntemleri içermiş olduğu formüller ve işlem adımları bakımından Sokak Taraması Yöntemlerine göre daha karmaşık bir yapıdadır. Bu durum deprem performans hesaplamalarında işlem hatalarını da beraberinde getirmektedir. EPA programı, kullanıcının girmiş olduğu taşıyıcı sistem eleman boyutları, yapı düzensizlik



bilgileri ve malzeme özellikleri ile ilgili değerleri alarak kullanıcının belirlemiş olduğu yönteme göre binanın deprem performans puanını ve durumunu kısa süre içerisinde hatasız şekilde belirler. Aynı zamanda program içerisinde oluşturulan işlem raporu (Şekil 4.3) ile (Sadece Ön Değerlendirme Yöntemlerinde) kullanıcıya doğrudan deprem performans sonucunu göstermek yerine, ilgili yöntem içerisinde yer alan işlem adımlarının sonuçlarını da gösterilerek kullanıcının daha detaylı bilgi sahibi olmasına ve olası bir hatayı önceden tespit etmesine olanak sağlar. Sokak Taraması Yöntemlerinde olduğu gibi tüm Ön Değerlendirme Yöntemlerinin parametre giriş ekranları üzerinde de bina kimlik bilgileri ile birlikte (bina kimlik numarası, bina ismi adresi, ada ve parsel numaralı ve koordinat bilgileri) kaydet ve sıfırla butonları da bulunmaktadır.

#### 4.1.2. Veri tabanı ekranı

Deprem performansı belirlenecek olan binaların parametre girişleri EPA programına yapıldıktan sonra (Bölüm 4.1.1) parametre giriş ekranlarında bulunan *Kaydet* butonu ile bina hakkındaki tüm bilgiler program içerisinde bulunan veri tabanına aktarılır. Veri tabanı, deprem performansı belirlenmiş binalar hakkındaki her bilgiye sahiptir (Bina kimlik bilgileri, taşıyıcı sistem eleman boyutları, düzensizlik parametreleri, malzeme özellikleri vb.). Ancak bu parametrelerden yalnızca tüm yöntemlerde ortak olanlar kullanıcıya gösterilmektedir. Aksi takdirde düzensiz ve anlaşılması zor olan bir veri tabanı elde edilir.

Kullanıcılara gösterilen tüm parametre çeşitleri programın farklı uygulama menülerinde kullanılmaktadır. Bu parametreler ve kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Her bina için farklı olan bina kimlik numarası binaların veri tabanında kolaylıkla bulunabilmesi ve deprem performans raporu oluşturulacak olan binanın otomatik olarak seçilmesi için kullanılır.
- Her bina için farklı olan bir başka parametre de bina ismidir. Bu parametrede veri tabanında istenilen binanın bulunmasını kolaylaştırmaktadır. Şekilde (Şekil 4.4) görüldüğü gibi veri tabanı ekranındaki arama bölümü bina ismine göre binaları aramakta ve istenilen binayı çok kısa sürede bulabilmektedir.
- Binaların deprem performans haritalarını oluşturmak için bina koordinatlarına ihtiyaç vardır. Bu nedenle bina koordinatları da kullanıcılara gösterilir.

- Binaların deprem performans puanları birçok yöntemle göre belirlenebilir. Bu nedenle binaların hangi yöntemle göre hesaplandığı program veri tabanında gösterilir.
- Kullanıcıya gösterilen son parametre çeşidi ise deprem performans puanları ve deprem performans durumlarıdır. Bu parametreler sayesinde yöntemler grafik menülerinde karşılaştırılabilir ve bina için uygun yöntem seçilebilir.

Bina Kimlik No	Bina İsmi	X Koordinatı	Kategori	Y Koordinatı	PUAN	Deprem Durumu
1061	6306-1	38.50711	6306 AFET YÖN...	43.36442	-48	DEPREM BÖLG...
1062	6306-2	39.91539	6306 AFET YÖN...	32.85122	275	GÜVENLİ BÖLGE
1063	6306-3	38.45998	6306 AFET YÖN...	43.36225	-5	DEPREM BÖLG...
1064	6306-4	40.98806	6306 AFET YÖN...	28.89863	152	GÜVENLİ BÖLGE
1065	6306-5	40.98806	6306 AFET YÖN...	28.89863	-48	DEPREM BÖLG...
1066	6306-6	38.76266	6306 AFET YÖN...	43.2497	142	GÜVENLİ BÖLGE
1067	6306-7	40.98806	6306 AFET YÖN...	28.89863	160	GÜVENLİ BÖLGE
1068	6306-8	38.50711	6306 AFET YÖN...	43.36442	-40	DEPREM BÖLG...

İsim	XKoordinat	YKoordinat	Durum	Puan	Kategori
6306-1	38.50711	43.36442	DEPREM BÖLG...	-48	6306 AFET YÖN...
6306-10	38.50711	43.36442	GÜVENLİ BÖLGE	67	6306 AFET YÖN...
FEMA-1	38.50711	43.36442	GÜVENLİ BÖLGE	2,2	FEMA-154
HALUK1-2	39.91539	32.85122	GÜVENLİ BÖLGE	77	HALUK SUCUO...
MVP-4	38.45998	38.45998	DEPREM BÖLG...	4	MVP
MVP-9	41.43254	30.25123	DEPREM BÖLG...	1	MVP
6306-3	38.45998	43.36225	DEPREM BÖLG...	-5	6306 AFET YÖN...

Şekil 4.4. EPA programının veri tabanı.

Veri tabanı içerisinde, kaydedilmiş olan bütün binalar görülebilir. Bu binalar kat sayısına, yöntem çeşitlerine ve isimlerine göre aramalar yapılarak binlerce bina içerisinde kolaylıkla bulunabilir veya sınıflandırılabilir. Veri tabanında bulunan binalardan herhangi biri seçilerek yukarıda görülen (Şekil 4.4) 2. tabloya (altta bulunan) aktarılabilir. Bu sayede istenilen binaların deprem performans grafikleri ve deprem performans haritaları kolaylıkla oluşturulabilir. Veri tabanı sayfasında binalar 3 farklı uygulama menüsüne gönderilebilir. Bunlar deprem performans haritaları (Bölüm 4.1.3), deprem performans

grafikleri (Bölüm 4.1.4) ve Excel olarak sıralanır. Deprem performans haritaları ve deprem performans grafikleri uygulama menülerinden bir sonraki bölümlerde detaylı olarak bahsedilmiştir.

Veri tabanına kaydedilmiş olan bütün binalar Excel programına aktarılabilir. Böylelikle kullanıcılar EPA programında elde ettikleri deprem performans puanlarını istedikleri grafik türlerini Excel programını kullanarak dönüştürebilirler.

The screenshot shows the EPA program interface. On the left, a menu is open with the 'Excel'e Aktar' option highlighted by a blue arrow. The main window displays a data table with columns for building ID, name, coordinates, status, score, and category. The table is titled 'Arama' and contains 19 rows of data. The status column is color-coded: red for 'DEPREM BÖLGESİ' and green for 'GÜVENLİ BÖLGE'.

Bina Kimlik No	Bina İsmi	Isim	XKoordinat	YKoordinat	Durum	Puan	Kategori
1061	6306-1	6306-1	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-48	6306 AFET YÖNETMELİĞİ
1062	6306-2	6306-2	39,91539	32,85122	GÜVENLİ BÖLGE	275	6307 AFET YÖNETMELİĞİ
1063	6306-3	6306-3	38,45998	43,36225	DEPREM BÖLGESİ	-5	6308 AFET YÖNETMELİĞİ
1064	6306-4	6306-4	40,98806	28,89863	GÜVENLİ BÖLGE	152	6309 AFET YÖNETMELİĞİ
1065	6306-5	6306-5	38,76266	43,2497	GÜVENLİ BÖLGE	142	6310 AFET YÖNETMELİĞİ
1066	6306-6	6306-6	40,98806	28,89863	GÜVENLİ BÖLGE	160	6311 AFET YÖNETMELİĞİ
1067	6306-7	6306-7	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-40	6312 AFET YÖNETMELİĞİ
1068	6306-8	6306-8	38,50711	43,36442	GÜVENLİ BÖLGE	67	6313 AFET YÖNETMELİĞİ
		FEMA-1	38,50711	43,36442	GÜVENLİ BÖLGE	2,2	FEMA P-154
		FEMA-2	38,50711	43,36442	GÜVENLİ BÖLGE	1,1	FEMA P-155
		FEMA-3	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	0,1	FEMA P-156
		FEMA-4	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-0,3	FEMA P-157
		FEMA-5	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-0,1	FEMA P-158
		FEMA-6	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-0,6	FEMA P-159
		FEMA-7	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-0,7	FEMA P-160
		FEMA-8	38,50711	43,36442	GÜVENLİ BÖLGE	5	FEMA P-161
		FEMA-9	38,50711	43,36442	GÜVENLİ BÖLGE	3	FEMA P-162
		FEMA-10	38,50711	43,36442	DEPREM BÖLGESİ	-2	FEMA P-163

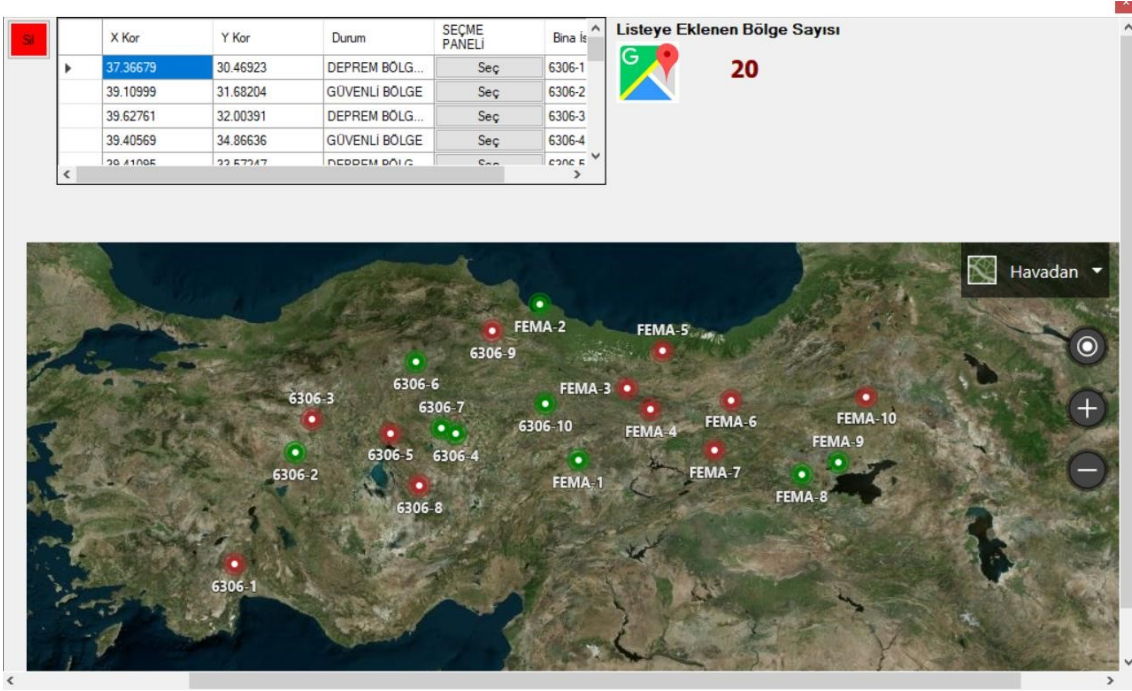
Şekil 4.5. EPA programı üzerinde örnek binaların Excel çıktıları.

Ayrıca veri tabanı sayfasında istenilen herhangi bir binanın kimlik bilgileri ve fotoğrafı değiştirilebilir. Ancak deprem performans puanına etki edebilecek parametrelerde değişiklik yapılmasına izin verilmez.

#### 4.1.3. Deprem performans haritaları

Binaların deprem performans puanları ve deprem performans durumları EPA programında belirlendikten sonra binalar veri tabanına kaydedilir. Daha sonra, kullanıcının istediği herhangi bir veri (bina) veya herhangi bir veri seti, veri tabanından deprem haritaları uygulama menüsüne aktarılır (Şekil 4.5). Deprem haritaları, parametre

giriş ekranlarında bulunan binalara ait coğrafi koordinat verileri kullanılarak oluşturulur. Veri tabanından aldığı deprem performans durum (Riskli Bina, Güvenli Bina) bilgilerini harita üzerinde işaretleyerek binaların deprem performans dağılımlarını harita üzerinde gösterir. Riskli binalar üzerine kırmızı, güvenli binalar üzerine yeşil noktalar atayarak deprem performans haritalarının kolayca anlaşılması sağlanır.



Şekil 4.6. 20 binalık veri setinin deprem performans haritası üzerindeki örnek gösterimi.

Harita üzerinde yapılan renklendirmeler ile öncelikli olan riskli binalar kolaylıkla tespit edilir. Deprem risk seviye sınıfları çoğaltılırsa deprem performans haritaları üzerindeki renk çeşitliliği de artırılır. Böylelikle öncelikli alanlar daha detaylı şekilde belirlenmiş olur. Ancak bu çalışma kapsamında binalar için 2 farklı deprem performans durumu incelenmiştir (Riskli ve güvenli bina). Bu nedenle haritalar 2 farklı renk seçeneğine mevcuttur.

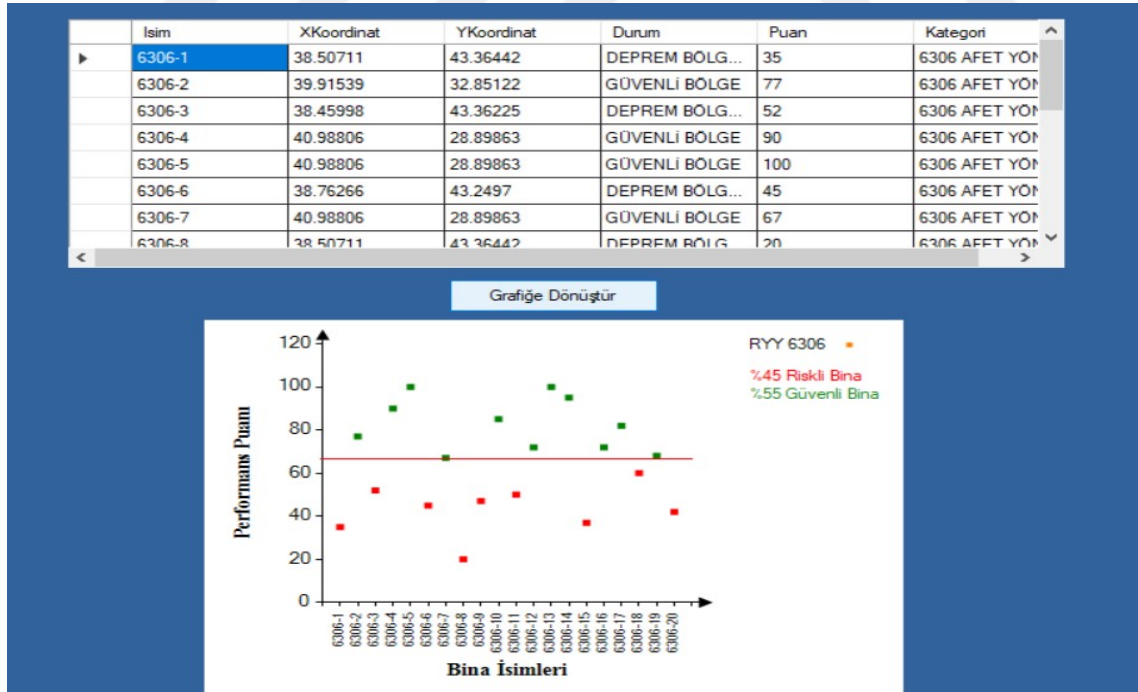
Deprem performans haritası ekran çıktılarında (Şekil 4.6), seçilmiş olan binaların sayısı ve detayları da gösterilmektedir. Böylelikle kullanıcının olası bir aktarım hatasını düzeltmesi sağlanır. Ayrıca istenilen herhangi bir binanın tam yerini görebilmek için *Şeç* butonu eklenmiştir. Bu buton kullanılarak harita üzerinde binanın tam konumu ve resmi

görülebilmektedir. Aynı zamanda menüye eklenen *Sil* butonu kullanılarak deprem performans haritasına eklenen herhangi bir veri haritadan ve harita listesinden silinebilir.

#### 4.1.4. Deprem performans grafikleri

EPA programının sahip olduğu bir başka uygulama menüsü deprem performans grafikleri menüsüdür. Bu uygulama menüsü kullanılarak, veri tabanına kaydedilmiş olan binaların deprem performans puanları grafikler üzerinde gösterilebilir. Böylece incelenen veri setleri hakkında istatistiksel veriler elde edilir.

EPA programının temel amaçlarından biri binalar için uygun olan Hızlı Değerlendirme Yöntemini bulmaktır. Uygun yöntemi bulmak için yapılması gereken, incelenen veri setlerini farklı Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde değerlendirerek doğruluk oranı en yüksek olan yöntemi seçmektir. Deprem performans grafikleri kullanılarak, incelenmek istenen herhangi bir veri setinin tüm yöntemlere göre başarı yüzdesi kolaylıkla bulunabilir. Daha sonra yöntemlerin başarı yüzdeleri karşılaştırılarak veri seti için en uygun olan yöntem seçilir.



Şekil 4.7. 20 binalık veri setinin Riskli Yapılar Yönetmeliğine göre deprem performans grafiği üzerindeki gösterimi.


Yukarda (Şekil 4.7) görüldüğü gibi örnek olarak seçilen 20 binanın oluşturduğu veri seti *Riskli Yapılar Yönetmeliğine* göre deprem performans puanları EPA programı içerisinde hesaplanmış ve grafik menüsüne aktarılmıştır. Çıkan sonuçlara göre ilgili veri setinde bulunan binalardan %55'i güvenli, %45'i ise riskli bina kategorisine girmiştir. Bu yüzdelik oranlar RYY'nin ilgili veri seti hakkında yaptığı tahmini performans puanlarının sonucuna göre oluşturulur. Yöntemlerin asıl başarı yüzdelerinin hesaplanabilmesi için yöntemlerin tahmin ettiği deprem performans durumları ile ilgili binaların deprem sonrasındaki gerçek durumunun karşılaştırılması yapılarak bulunur.

#### 4.1.5. Deprem performans raporları


EPA programının sunmuş olduğu son uygulama menüsü, deprem performans raporları menüsüdür. Bu uygulama menüsü, deprem performans değerlendirmesi yapılmış olan binanın parametrelerini ve bu parametrelerin puan karşılıklarını kullanarak Microsoft Word uygulamasında rapor oluşturur. Bu raporlar sadece resmi olarak geçerliliği bulunan *Riskli Yapılar Yönetmeliği* yöntemine özgü olarak oluşturulur. Deprem performans raporu oluşturulmak istenen binalarla ilgili bina kimlik numarası, raporu oluşturan mühendisin ismi ve raporun oluşturulma tarihi programa girilerek binanın deprem performans raporu çıktı olarak alınabilir.

Deprem Performans Raporu	
Bina Kimlik No	196180
Sorumlu Kişi	Muhammet ÖZDEMİR
Tarih	13 Haziran 2019 Perşembe ▾
<b>Rapora Dönüştür</b>	

Şekil 4.8. Deprem performans raporu oluşturma ekranı.



6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Binaların Dönüştürülmesi  
Hakkında Kanun Kapsamında Hazırlanan Riskli Yapı Tespit Raporu




Yetkili Mühendis: Muhammet ÖZDEMİR Tarih: 13.06.2019

---

**1- Bina Kimlik Bilgileri**

Bina Kimlik No : 196180  
 Bina İsmi : ÖRNEK BİNA  
 Bina Adresi : Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fak.  
 Ada-Parsel Numaraları : 2640/11  
 Bina Yaşı : 13  
 Bina Koordinatları : 38.71838 ; 43.31457  
 Yapı Kullanım Türü : KONUT




---

**2-Bina Teknik Bilgileri**

Teknik Bilgi İsmi	Teknik Bilgi Durumu	Teknik Bilgi Puanı
Bina Kat Sayısı	6	-
Zemin Sınıfı	ZD	-
Taban Puanı	-	50
Yapısal Sistem Türü	Perde ve Çerçevesi Sistem	55
Bina Görsel Kalitesi	Kötü	-60
Yumuşak Kat	Yok	0
Düşeyde Düzensizlik	Yok	0
Planda Düzensizlik	Var	-10
Ağır Çıkma	Yok	0
Kısa Kolon Etkisi	Yok	0
Yapı Nizamı	Aynı (Orta)	0
Topoğrafik Etki	Yok	0

---

**3-Bina Deprem Performans Durumu**

Bina Performans Puanı	Bina Performans Durumu	Bina Performans Simgesi
35	Riskli Bina	X

Şekil 4.9. Örnek binaya ait deprem performans raporu çıktısı.

#### 4.2. Veri Setinin EPA Programı Üzerindeki Çıktıları

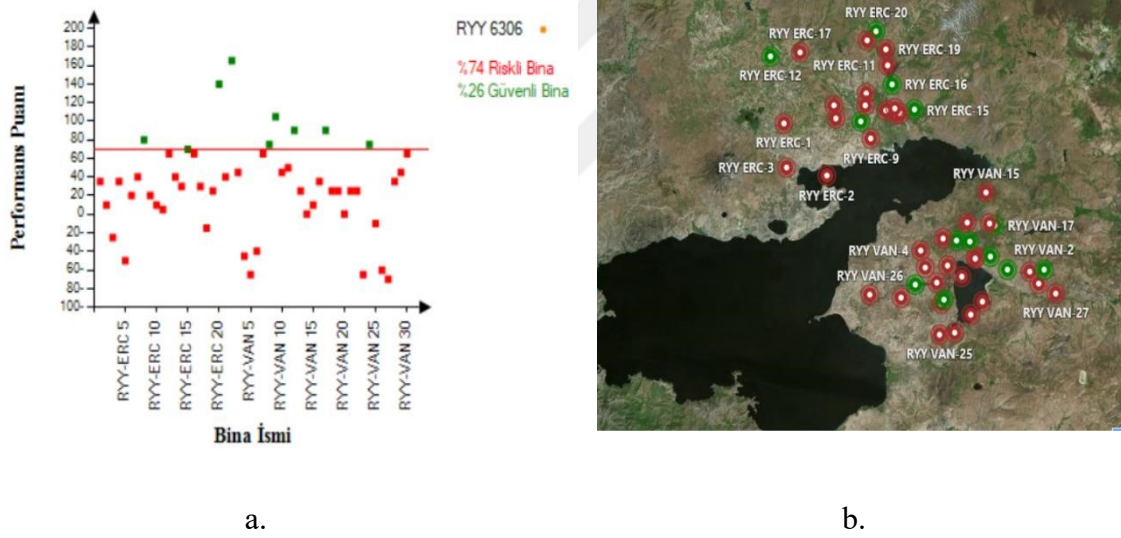
Veri setinde (Bölüm 3.2.3) bulunan 50 binanın deprem performans puanı ve deprem performans davranışı, EPA programı kullanılarak 7 farklı Hızlı Değerlendirme

Yöntemine göre belirlenmiştir. Elde edilen performans puanları kullanılarak, yöntemlerin başarı yüzdelerini gösteren *deprem performans grafikleri* ve yöntemlere göre ilgili veri setinin *deprem performans haritaları* oluşturulmuştur.

Bu bölümde, elde edilen deprem performans grafikleri ve deprem performans haritaları yöntemlere göre ayrı başlık altında incelenmiş ve yöntemlerin başarı yüzdelerini etkileyen önemli faktörlerden bahsedilmiştir.

#### 4.2.1. Riskli yapılar yönetmeliği çıktıları

Ülkemizde resmi olarak kullanılan bu Sokak Taraması Yöntemi, binaları riskli veya güvenli olarak tanımlamamıştır. Ancak diğer yöntemlerle karşılaştırılabilmesi için istatistiksel verilere dayanarak bir sınır puanı seçilmiş ve bu sınır puanı kullanılarak binaların riskli veya güvenli olma yüzdeleri hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. a. Veri setinin riskli yapılar yönetmeliğine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

EPA programı ile elde edilen deprem performans grafiğine (Şekil 4.10a) göre veri setinde bulunan binaların %74'ü riskli, %26'sı güvenli olarak bulunmuştur. Mevcut durumda veri setinde bulunan binaların tamamı göçmüş veya ağır hasar almış olduğundan bu yöntemin başarı yüzdesinin %74 olduğu söylenebilir. Bu değer, tamamı dışarıdan alınan parametreler ile oluşturulan bir Sokak Taraması Yöntemi için oldukça yüksektir. Bu yöntemin başarı yüzdesini değiştiren en önemli faktör yöntemin görsel kalite için

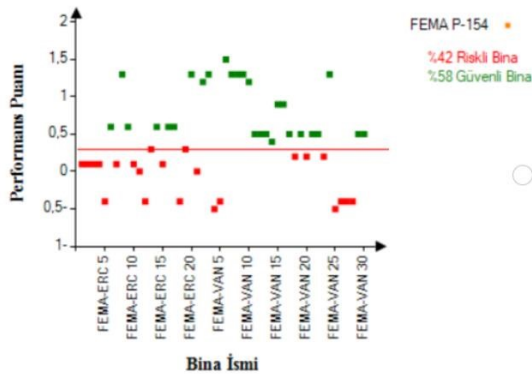


belirlediği ceza puanıdır. Yöntemin yanlış tahmin ettiği binalardaki betonun basınç dayanımı 8-12 MPa arasında olmasına rağmen yapılan incelemeler sırasında bina görsel kalitesinin iyi olduğu görülmüştür. Bu durum yöntemin, binaların deprem performans davranışını yanlış tahmin etmesine yol açmaktadır. Bu olumsuz etkiyi ortadan kaldırmak için bina görsel kalitesinin beton sınıfına göre belirlenmesi gerekmektedir. Beton basınç dayanımını belirlemede kullanılan karot numunesi alma işi ciddi anlamda işçilik ve zaman gerektirir. Bu nedenle beton basınç dayanımının belirlenmesinde ultrasonik test cihazı veya test çekici (schmidt çekici) kullanılması önerilmektedir. Böylece yöntemin başarı yüzdesinin ciddi anlamda artacağı öngörülmektedir.

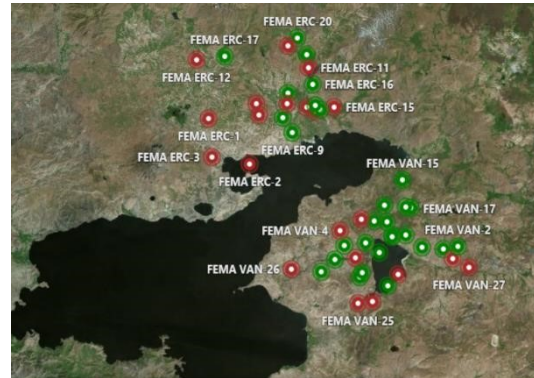
Elde edilen deprem performans haritasına (Şekil 4.10b) göre deprem hareketliliği Erciş'ten daha yüksek olan Van'ın sahip olduğu riskli bina oranı, Erciş'in sahip olduğu riskli bina oranından daha düşük olduğu görülür. Bu durum, deprem hareketliliğini temsil eden  $S_{ds}$  değerinin diğer parametrelere göre daha az etkin olduğunu göstermektedir.

#### 4.2.2. FEMA P-154 yöntemi çıktıları

ABD tarafından oluşturulan bu yöntemin ülkemizdeki yöntemlerle karşılaştırılabilmesi için yöntemin bazı parametreleri ülkemizdeki binaların mimari ve statik özelliklerine uygun olacak şekilde değiştirilmiştir. İlgili veri setinin FEMA P-154 yöntemi kullanılarak oluşturulan deprem performans grafiğine göre yöntem, binaların %42'sinin deprem performans durumunu doğru tahmin etmiştir (Şekil 4.11a).



a.



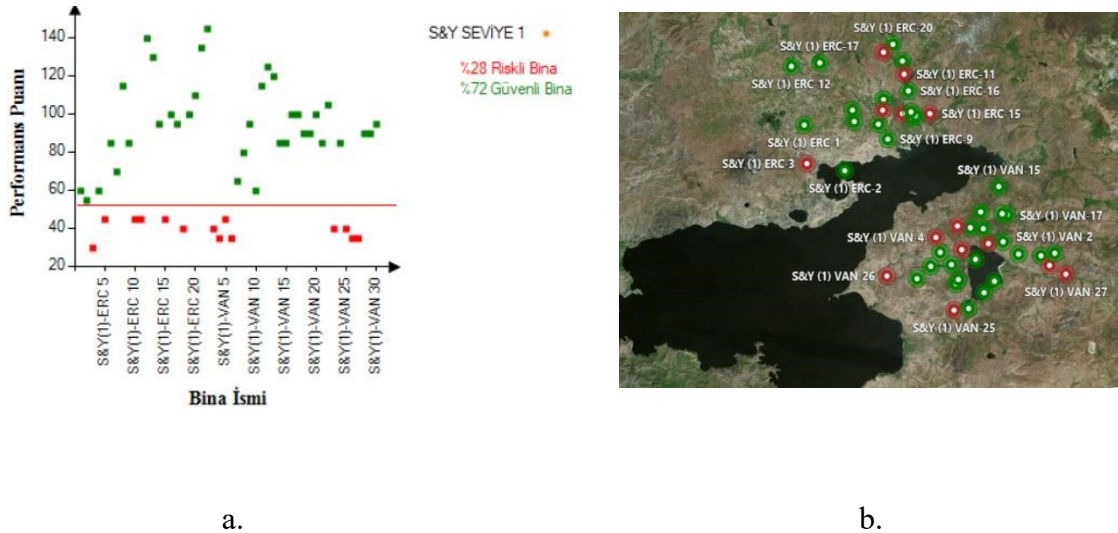
b.

Şekil 4.11. a. Veri setinin FEMA P-154 yöntemine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

Elde edilen deprem performans grafiğine (Şekil 4.11a) ve deprem performans haritasına (Şekil 4.11b) göre, yöntemin binaların deprem performans durumunu doğru etme oranının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun 2 temel sebebi vardır. Bunlardan birincisi, yöntemin binaların beton dayanımını dikkate alan herhangi bir parametre puanının olmamasıdır. Veri setinde bulunan binaların beton dayanımlarına bakıldığı zaman (çok düşük) yöntemin başarı yüzdesini düşüren asıl etkenin bu beton dayanımı olduğu görülmektedir. Doğru tahmin yüzdesini düşüren bir diğer önemli parametre kat sayısıdır. Kat sayısının binaların deprem performans durumunu ciddi şekilde etkilediği birçok çalışmada ortaya çıkmıştır. Ancak FEMA P-154 yöntemi, kat sayısını yalnızca E tipi zemine sahip olan binalarda dikkate almıştır. Bu durum diğer zemin tiplerine sahip olan binalar hakkında yanlış tahminlerin yüzdesini ciddi şekilde artırmıştır. Aynı zamanda yöntemin içerdiği parametre puanları ABD bulunan binalardan alınan verilerle oluşturulmuştur. Bu nedenle ülkeler arasındaki mimari ve yapısal farklılıklarda FEMA P-154 yönteminin başarı yüzdesini düşürdüğü tahmin edilmektedir

#### 4.2.3. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-1 çıktıları

Sucuoğlu ve Yazgan tarafından oluşturulan bu yöntemle ilgili veri setinde bulunan binaların %28'i riskli, %72'si ise güvenli olarak bulunmuştur (Şekil 4.12a).



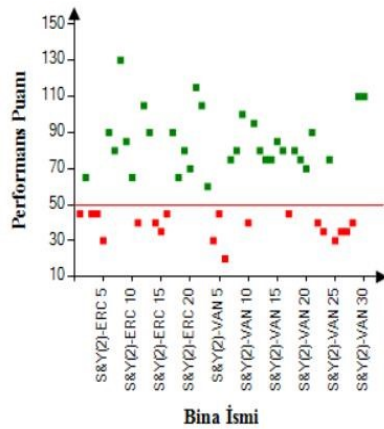
Şekil 4.12. a. Veri setinin S&Y seviye 1 yöntemine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

Elde edilen deprem performans grafiğine göre yöntemin binaların deprem performans durumlarını doğru tahmin yüzdesinin %28 olduğu görülür. Düşük başarı yüzdesinin temel nedeni zemin hızı (PGV) parametresidir. Binaların sahip olduğu PGV değerleri güncellenen deprem haritalarına göre oldukça düşüktür. Bu nedenle binalar yüksek başlangıç puanları alarak sınır puanın üstünde kalırlar ve güvenli bina sınıfına girerler. Yöntemin, performans durumunu belirlemedeki doğruluk oranının artması için 2003 yılında oluşturulan bu yöntemin PGV değerleri güncellenen deprem performans haritalarına göre (Şekil 3.15) yeniden düzenlenmesi gerekir

Düşük başarı yüzdesinin bir diğer sebebi binalarda burulma etkisi meydana getirerek ciddi anlamda kesme kuvvetine neden olan plan düzensizliği parametresinin bu yöntemde kullanılmamasıdır. Ayrıca yöntemde kullanılan bina görsel kalitesi ceza puanı oldukça düşüktür (RYY yönetmeliğinde kullanılan ceza puanının yarısı). Bu durum yöntemin düşük basınç dayanımına sebep olan binalarda yanlış değerlendirmeler yapmasına neden olmaktadır.

#### 4.2.4. Sucuoğlu ve Yazgan seviye-2 çıktıları

Ön Değerlendirme Yöntemlerinden biri olan bu yöntem, seviye 1 yöntemine ek olarak plan düzensizliği, kolon boyutları ve çerçeve düzensizliği parametrelerini kullanır. İçermiş olduğu ek parametrelerden dolayı yöntemin başarı yüzdesini seviye-1' e göre %10 artarak, %38'e ulaşmıştır (Şekil 4.13a).



a.



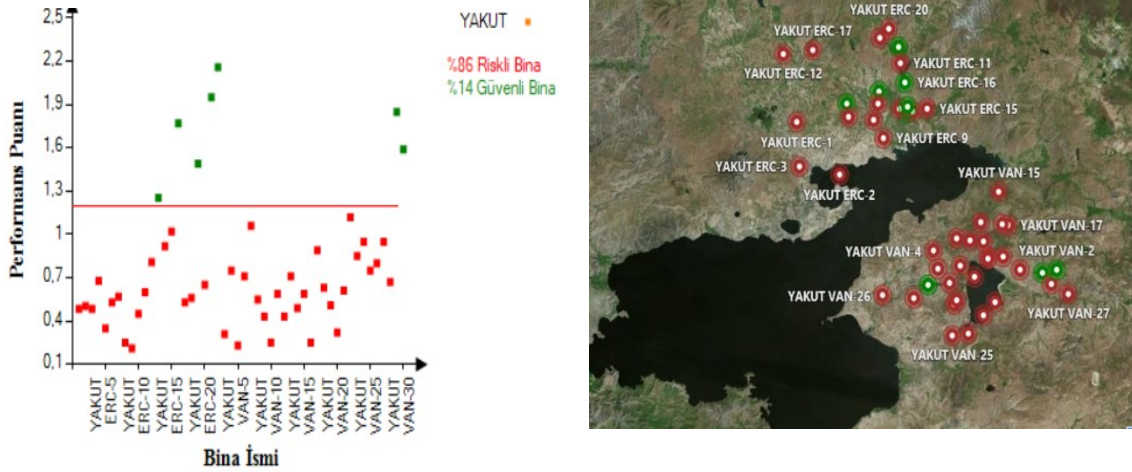
b.

Şekil 4.13. a. Veri setinin S&Y seviye 2 yöntemine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

Plan düzensizliği, kolonların dayanım indeksi ve çerçeve süreksizliğinin getirmiş olduğu %10'luk artışa rağmen bu oran hala oldukça düşüktür. Bu yöntemde de seviye 1 de olduğu gibi yöntemin başarı yüzdesini düşüren temel parametreler zemin hızı (PGV) ve beton basınç dayanımı parametreleridir. Zemin hızı değeri ilgili binalar için oldukça düşük kalmakta ve bu nedenle binalar, hesaplamalar sonucunda güvenli çıkmaktadır. Riskli yapılar yönetmeliğine göre 1.derece tehlike bölgesinde bulunan Van ve 2.derece tehlike bölgesinde bulunan Erciş, Sucuoğlu ve Yazgan yöntemlerine göre 3. ve 4. derece tehlike bölgelerindedir. Bu durum binalar hakkında yanlış değerlendirme yöntemlerini beraberinde getirmiştir. Ayrıca beton basınç dayanımının değerlendirildiği bina görsel kalite ceza puanının yetersiz olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.5. Yakut yöntemi çıktıları

Ahmet Yakut tarafından geliştirilen bu yöntemle ilgili veri setinde bulunan binaların %86'sı riskli, %14'ü güvenlidir (Şekil 4.14a). Bu değerler yöntemin binaların deprem karşısındaki performans durumunu tahmin etmede yöntemin %86'lık başarı gösterdiğini ortaya koymaktadır.



a.

b.

Şekil 4.14. a. Veri setinin Yakut yöntemine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

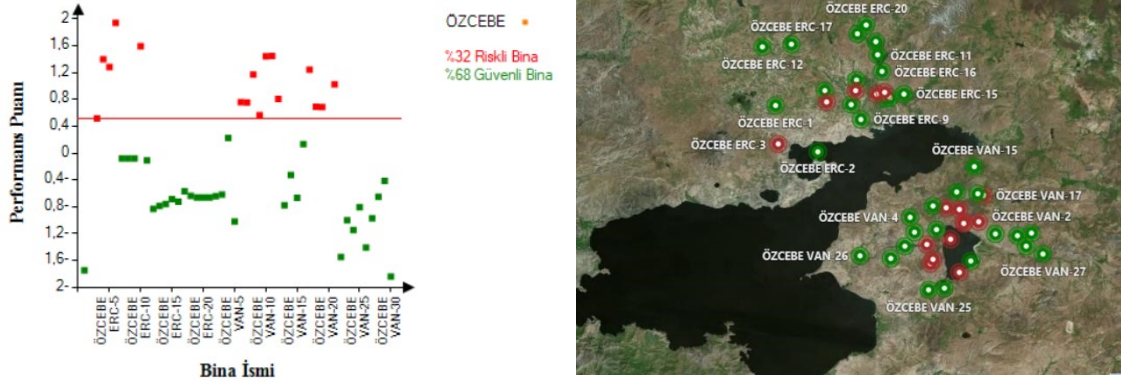
Yöntem, ilgili veri setinin deprem performans durumunu en yüksek oranda doğru tahmin eden yöntemdir. Bunun temel sebebi olarak yöntemin beton dayanımını doğrudan

kullanması gösterilebilir. Yöntem sonuçlarına bakıldığı zaman yöntemin yanlış tahmin ettiği binaların genellikle düşük kat sayısına sahip olan binalar olduğu görülmüştür. Bunun 2 temel sebebi olabilir. Bunlardan birincisi, binanın akma dayanımını bulmak için kullanılan kat sayısına bağlı olarak hesaplanan istatistiksel denklemin “Eş 3.21” çalışma kapsamında incelenen veri setiyle uyuşmaması, bir diğeri ise azalan kat sayısından dolayı toplam alanda meydana gelen düşüştür. Toplam alanda meydana gelen bu düşüş “Eş 3.22” de kullanılan duvar alanlarının toplam alana bölünerek hesaplandığı dolgu duvar etkisi ( $V_{yw}$ ) oranını artırmakta ve bu oranın artmasıyla bina kesme kuvvetinde meydana gelen artışın sebep olduğu yüksek deprem performans puanı olduğu söylenebilir.

Elde edilen deprem performans grafiğine göre (Şekil 4.14a) yöntemin belirlediği 1.2 sınır puan değerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum güvenli binaları tespit etme konusunda yöntemin başarı yüzdesini düşüreceği düşünülmektedir. 2018 yılında yapılan akademik bir çalışmaya göre Yakut yönteminin düşük riskli binaları doğru tahmin etme oranı %36.7 olarak bulunmuştur (Erdil ve Ceylan, 2018). Bu nedenle 1.2 oranın düşürülmesi önerilmektedir.

#### 4.2.6. Özcebe yöntemi çıktıları

Ön Değerlendirme Yöntemlerinden bir diğeri olan Özcebe ve ark. yöntemine göre ilgili veri setinde bulunan binaların %32’si riskli, %68’i güvenlidir (Şekil 4.15a). Bu değerler yöntemin binaların deprem karşısındaki performans durumunu tahmin etmede %32’lik başarı yüzdesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu başarı yüzdesi Ön Değerlendirme Yöntemlerindeki en düşük başarı yüzdesidir.



a.

b.

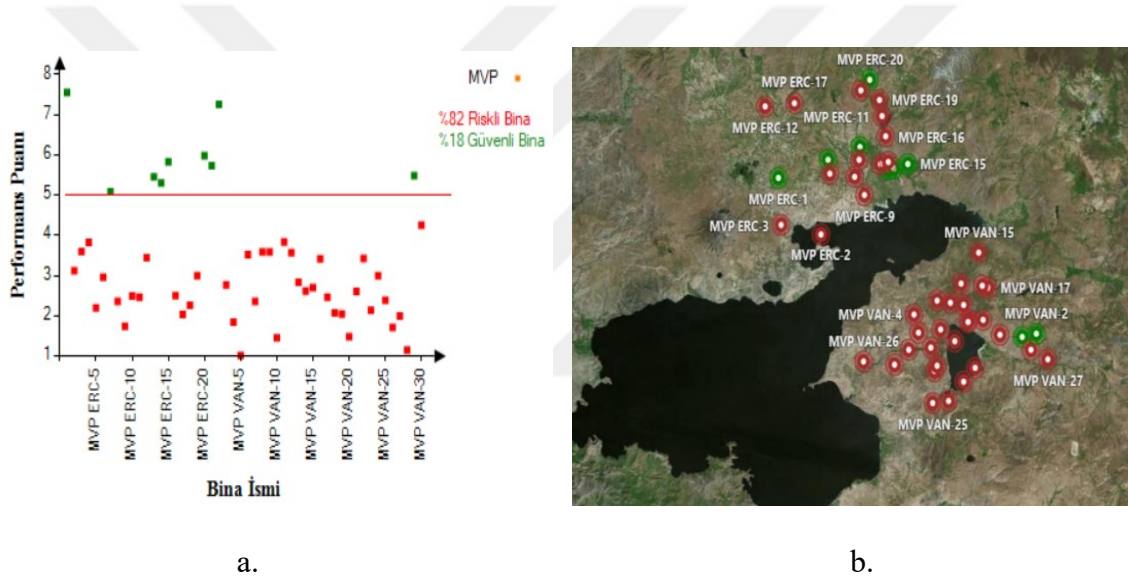
Şekil 4.15. a. Veri setinin Özebe yöntemine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

Yöntemin, binaların deprem performans durumunu doğru tahmin etmedeki başarı yüzdesinin düşük olmasına neden olan 3 temel sebep olduğu düşünülmektedir. Bunlardan ilki, yöntemin beton basınç dayanımını ile ilgili parametreye sahip olmamasıdır. Bir diğeri, yöntemde *Hemen Kullanım ve Can Güvenliği Hasar İndeksleri* değerini bulmak için kullanılan formüllerdeki düzensizlik parametreleri katsayısının, taşıyıcı eleman boyutları kullanılarak elde edilen rijitlik ve dayanım indeksleri katsayısından çok daha yüksek olmasıdır. Bu durum taşıyıcı sistem elemanlarının etkisini önemli derecede düşürmektedir. 1999 yılında Düzce’de meydana gelen depremde etkilenen 484 binanın parametreleriyle oluşturulan bu yöntemin farkı bölgelerden alınan daha fazla veriyle yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yöntemin başarı yüzdesini düşüren son önemli parametre kat sayısıdır. Yöntemde, sabit bir sınır puanı olmamakla beraber her bina kat sayısına göre kendi sınır değerini oluşturmaktadır. Deprem performans grafiğine göre, elde edilen sınır puanları ile binaların deprem performans puanları arasında çok büyük fark görülmüştür. Bunun sonucu olarak binalar genellikle güvenli tarafta kalmakta ve yöntemin yanlış tahminler yapmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kat sayısı kullanılarak oluşturulan sınır değerlerinin daha fazla veriyle yeniden oluşturulması önerilmektedir.

#### 4.2.7. MVP yöntemi çıktıları

2018 yılında oluşturulan bu çalışma, binaların deprem performans davranışlarını belirlemek için 5 farklı yöntem sunmuştur. Bu tez kapsamında, 5 yöntem içerisinde ilgili çalışmada kullanılması önerilen *Bütünsel Değerlendirme* yöntemi kullanılmıştır. MVP yöntemine göre ilgili veri setinde bulunan binaların %82'si riskli, %18'i güvenlidir (Şekil 4.16a). Bu değerler, yöntemin binaların deprem karşısındaki performans durumunu tahmin etmede %82'lik başarı yüzdesine sahip olduğunu göstermektedir. Yöntemin, çoğunluğu Van depreminden elde edilen verilerle oluşturulmuş olması yöntemin yüksek başarı yüzdesinin sebeplerinden biridir.



Şekil 4.16. a. Veri setinin MVP yöntemine göre deprem performans grafiği  
b. deprem performans haritası.

MVP yöntemi, diğer yöntemlerden farklı olarak donatı dayanımı, ortalama boyuna donatı oranı ve etriye aralığı parametrelerini kullanmıştır. Bu değerler yöntemin başarı yüzdesinde etkili olmuştur. Ancak yöntemin başarı yüzdesini artıran en önemli etki binaların taşıyıcı sistem elemanlarını oluşturan beton dayanımının doğrudan hesaba katılmış olmasıdır. Yöntemde tüm düzensizlik parametrelerinin puanı 1.4 olarak belirlenmiştir. Yöntemin başarı yüzdesini artırmak için zayıf kat ve plan düzensizliği parametre değerlerinin artırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. İlgili veri seti çıktılarına göre zayıf kat ve plan düzensizliği parametre puanlarının 1.6 olması durumunda yöntemin başarı yüzdesinin %9.75 artarak %90'a ulaştığı görülmüştür.





## 5. TARTIŞMA

2011 yılında meydana gelen Van depreminde ağır hasar görmüş veya yıkılmış olan 50 binanın Hızlı Değerlendirme Yöntemlerine göre deprem performans puanları, EPA programı kullanılarak hesaplanmış ve binaların deprem performans grafikleri ve deprem performans haritaları oluşturulmuştur (Bölüm 4.2). Elde edilen sonuçlar binaların mevcut durumları ile karşılaştırılarak yöntemlerin tahminlerindeki doğruluk yüzdeleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Yöntemlerin veri setinde bulunan binalar üzerindeki performans tahmin yüzdeleri

	<b>HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ</b>						
	<b>Sokak Taraması Yöntemleri</b>			<b>Ön Değerlendirme Yöntemleri</b>			
	6306 RYY	FEMA P-154	S&Y Seviye 1	S&Y Seviye 2	Özcebe	Yakut	MVP
Doğru Tahmin (%)	74	42	28	38	32	86	82
Yanlış Tahmin (%)	26	58	72	62	68	14	18

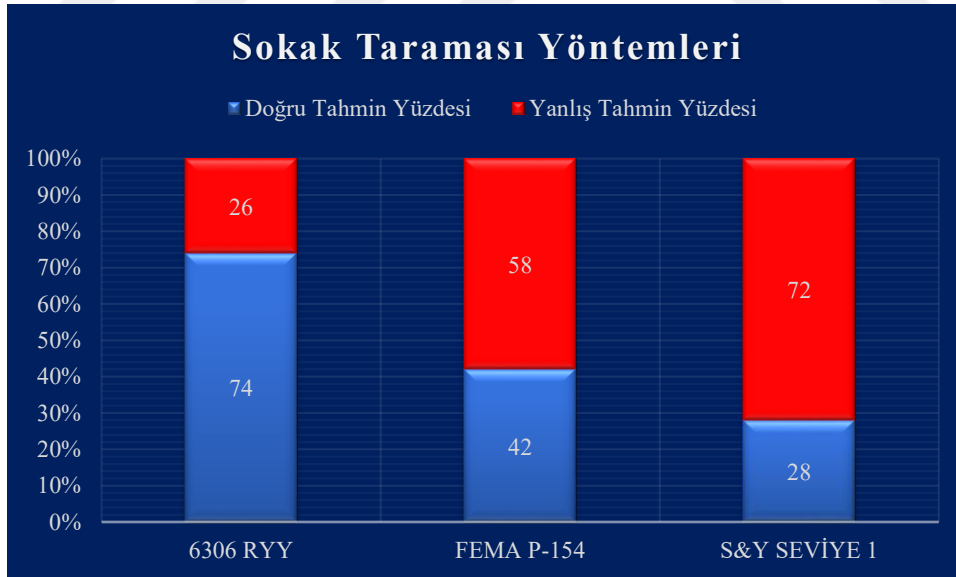
Elde edilen deprem performans grafiklerine göre bütün yöntemlerin doğru tahmin ettiği bina yüzdesi 4'tür. Ülkemizdeki verilerle oluşturulan yöntemlerin (FEMA P-154 hariç) ortak olarak doğru tahmin ettiği bina yüzdesi ise 22'dir. Ortak olarak doğru tahmin edilen tüm binalar düzensizlik çeşitlerinin çoğuna (plan düzensizliği, yumuşak kat, ağır çıkma) sahiptir.

Hızlı Değerlendirme Yöntemleri belirli bir bölgenin binalarından oluşan veriler kullanılarak oluşturulur. Bu binaların sahip olduğu parametrelere göre istatistiksel çalışmalar yapılır ve bu çalışmalar sonucunda nihai formüller oluşturulur. Bu nedenle ilgili yöntemler farklı bir veri setinde değerlendirildiği zaman başarı yüzdeleri azalabilir. Tez çalışmasının bu bölümünde, incelenmiş olan Hızlı Değerlendirme Yöntemlerin başarı yüzdelerinin karşılaştırılması, başarı yüzdelerini etkileyen temel parametreler ve yöntemlerin başarı yüzdelerini artırmak için öneriler sunulmuştur.

Tez kapsamında incelenen Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin sonuçları 4 temel soruyu ortaya çıkarmıştır.

- 1.Kademe yöntemler olarak adlandırılan Sokak Taraması Yöntemleri, binaların deprem performans durumlarını belirlemek için yeterince güvenli midir? En güvenilir Sokak Taraması Yöntemi hangisidir?
- 2.Kademe yöntemler olarak adlandırılan Ön Değerlendirme Yöntemleri, binaların deprem performans durumlarını belirlemek için yeterince güvenli midir? En güvenilir Ön Değerlendirme Yöntemi hangisidir?
- Daha fazla parametre kullanılarak elde edilen Ön Değerlendirme Yöntemlerinin başarı yüzdesi Sokak Taraması Yöntemlerine göre nasıl değişmiştir?
- Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin başarı yüzdesini etkileyen en önemli parametre hangisidir?

Bu soruların cevapları EPA programından elde edilen deprem performans grafikleriyle aşağıda sırasıyla cevaplanmıştır.

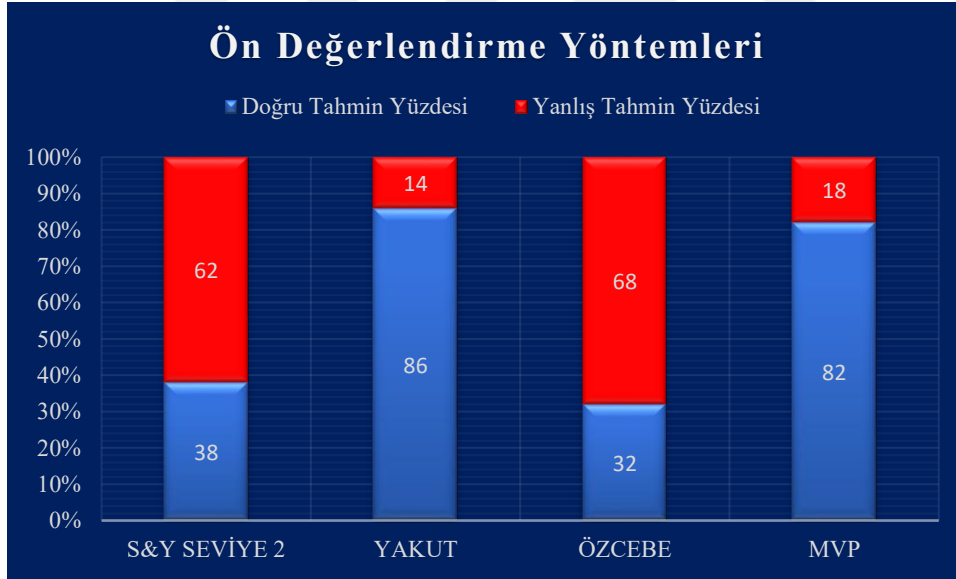


Şekil 5.1. Sokak taraması yöntemlerinin ilgili veri setinde bulunan binalar üzerindeki doğru ve yanlış tahmin yüzdeleri.

Sokak Taraması Yöntemleri arasında binaların deprem performans davranışını en yüksek oranda (%74) doğru tahmin eden yöntem ülkemizde resmi olarak kullanılan Riskli

Yapılar Yönetmeliğidir. Bu oran bir Sokak Taraması Yöntemi için oldukça yüksektir ve öncelikli riski binaları tespit etmek için kullanılabilir. Ancak yöntemin daha güvenilir olması ve daha yüksek oranda doğru sonuç vermesi için yöntem içerisinde bulunan bina görsel kalite parametresi beton dayanımına göre belirlenmelidir. Aksi takdirde, dış görünümü iyi ama beton kalitesi düşük olan binaların deprem performans davranışları doğru tahmin edilememekte ve bu durum yöntemin başarı yüzdesini düşürmektedir. Binaların ortalama beton basınç dayanımını bulmak için uygulaması oldukça kolay olan test çekici (schmidt çekici) kullanımı önerilir.

FEMA P-154 yönteminin kullanılabilmesi için bina kat sayısı ve bina görsel kalitesi parametreleri yönteme dahil edilerek yöntemin güncellenmesi gerektiği düşünülmektedir. Sucuoğlu ve Yazgan seviye 1 yönteminin kullanılabilmesi için de yöntem içerisinde tanımlanan PGV hız değerlerinin yeni deprem haritalarına göre değiştirilmesi gerekmektedir.



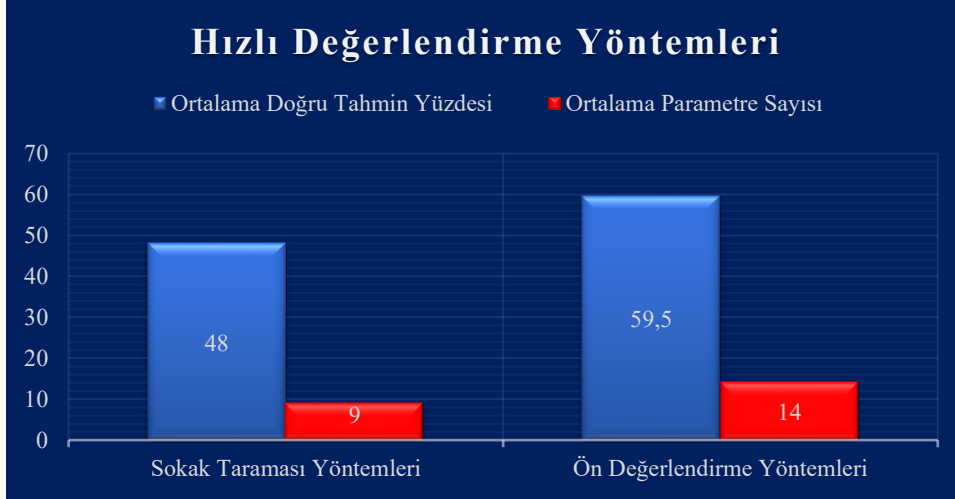
Şekil 5.2. Ön değerlendirme yöntemlerinin ilgili veri setinde bulunan binalar üzerindeki doğru ve yanlış tahmin yüzdeleri.

Ön Değerlendirme Yöntemleri arasında binaların deprem performans davranışını en yüksek oranda (%86) doğru tahmin eden yöntem Yakut yöntemidir. Ancak Yakut yönteminden elde edilen deprem performans grafiği sonuçlarına göre binaların deprem

performans puanları yöntemin sınır değerine (1.2) oldukça uzaktır. Bu durum yöntemin az hasara sahip olan binaların deprem performans durumunu yanlış tahmin etmesine neden olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle bu yöntem kullanılırken yukarıda bahsedilen durum dikkate alınmalıdır.

MVP yöntemi farklı bölgelerden alınan verilerle oluşturulmuştur. Bu durum MVP yönteminin kullanım alanının daha geniş olduğunu göstermektedir. Ancak MVP yönteminin tavsiye ettiği bütünsel değerlendirme yönteminin bir doğrultusu çok güçlü, diğer doğrultusu çok zayıf olan binalarda yanlış sonuçlar verebileceği düşünülmektedir. Yöntemin daha güvenilir olması için binaların bütünsel değerlendirme yöntemine ek olarak deprem doğrultularına ( $X$  ve  $Y$ ) göre de deprem performans puanların belirlenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bununla beraber yöntem içerisinde kullanılan yumuşak kat ve plan düzensizliği parametre değerlerinin 1.4'den 1.6'ya çıkarılması haline yöntemin başarı yüzdesinin artacağı düşünülmektedir.

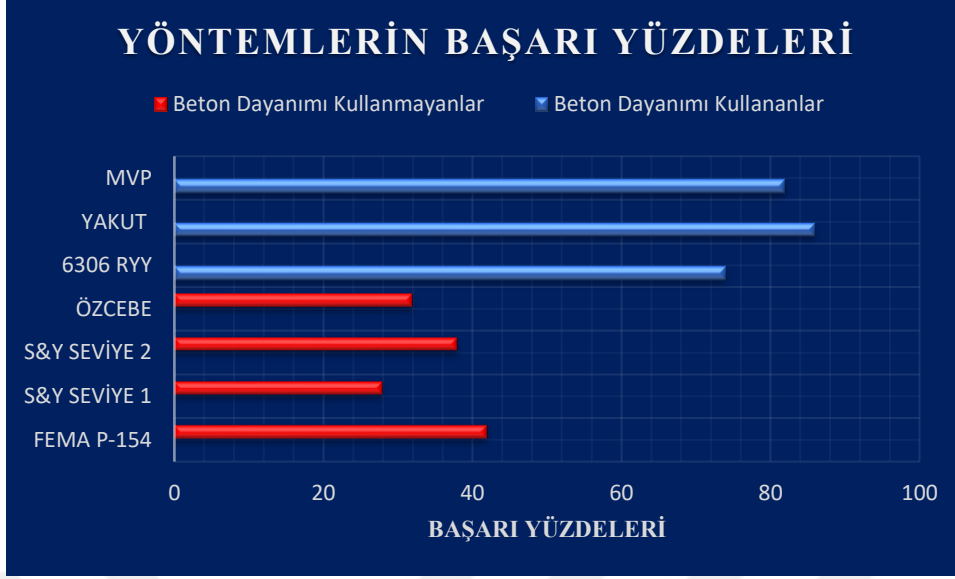
Sucuoğlu ve Yazgan seviye 2 yönteminin kullanılabilmesi için zemin hızı (PGV) parametresinin 2018 yılında güncellenen deprem haritalarına göre tekrar düzenlenmesi, Yakut yönteminin kullanılabilmesi için de deprem performans sınır değerinin düşürülmesi ve kat sayısına bağlı olarak değişen istatistiksel denklemin (Bölüm 4.2.5) yeni verilerle düzenlenmesi önerilmektedir. Özcebe ve ark. yönteminin kullanılabilmesi içinde beton dayanımını doğrudan kullanan ve taşıyıcı eleman boyutlarına göre şekillenen yeni bir yöntem geliştirmesi önerilmektedir.



Şekil 5.3. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin ortalama doğru tahmin yüzdeleri ve ortalama parametre sayıları.

Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme Yöntemlerinin kullanmış olduğu ortalama parametre sayısı ve binaların deprem performans durumlarını doğru tahmin etme yüzdelerine göre (Şekil 5.3), ön değerlendirme yöntemleri sokak taraması yöntemlerinden %55.5 daha fazla parametre kullanarak %24 daha yüksek oranda binaların deprem performans davranışını doğru tahmin etmiştir. Yöntemlerin parametre sayıları ve doğruluk yüzdeleri arasındaki farkı oluşturan parametreler taşıyıcı sistem eleman (kolon, perde ve taşıyıcı duvar) boyutları, beton basınç dayanımı, zemin kat alanı, çerçeve süreksizliği, donatı detay bilgileri şeklinde sıralanabilir.

EPA programında elde edilen deprem performans grafiklerine göre yöntemlerin başarı yüzdesini etkileyen en önemli parametre beton basınç dayanımıdır. Beton basınç dayanımını doğrudan kullanan yöntemlerin ortalama başarı yüzdesi %80.67 iken, diğer yöntemlerin (beton basınç dayanımı hesaba katmayan) ortalama başarı yüzdesi %35'dir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin beton dayanımı parametresine göre başarı yüzdelerinin karşılaştırılması.

Hızlı değerlendirme yöntemlerinden 6306 RYY yönteminin, beton basınç dayanımını bina görsel kalite parametresi altında hesaba kattığı varsayılmıştır. Sucuoğlu ve Yazgan yöntemlerinde kullanılan bina görsel kalite puanının yetersiz bulunması nedeniyle bu yöntem, beton dayanımını kullanmayan yöntemler sınıfında kabul edilmiştir. Beton basınç dayanımını kullanan ve kullanmayan yöntemler arasındaki bu büyük farkın tek sebebi elbette beton basınç dayanımı değildir. Yöntemlerde bulunan diğer parametrelerde bu oranı büyük ölçüde etkiler. Ancak beton dayanımı, taşıyıcı elemanların kesme kuvveti kapasitesi hesabında doğrudan kullanılır. Deprem kuvvetlerinin de binalarda ciddi ek kesme kuvvetlerine neden olduğu bilinmektedir. Yani beton dayanımı ile deprem etkisinin binalar üzerindeki hasarı doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle beton dayanımı kullanmayan yöntemlerin binaların deprem performans davranışını doğru tahmin etmesi oldukça zordur.

Beton basınç dayanımı ile birlikte bina kat sayısı, taşıyıcı eleman boyutları, zayıf kat düzensizliği ve burulma düzensizliği parametrelerinin de binaların deprem performans durumunu etkileyen en önemli etkenler olduğu söylenebilir.

## 6. SONUÇ

Sokak taraması ve ön değerlendirme yöntemleri olarak ikiye ayrılan Hızlı Değerlendirme Yöntemleri binaların deprem karşısındaki performanslarını hızlı ve pratik şekilde belirleyebilmek için kullanılırlar. Yöntemlerin temel amacı binaların risk dağılımını belirleyerek detaylı analize ihtiyaç duyan binaları belirlemektir. Bu yöntemler belirli bir bölgenin verileri kullanılarak oluşturulduğu için farklı bölgelerde yöntemlerin başarı yüzdeleri azalabilmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında Van ilinde bulunan binaların verileri kullanılarak hızlı değerlendirme yöntemlerinin başarı yüzdeleri karşılaştırılmıştır.

Tez çalışması kapsamında 2011 Van depreminde hasar görmüş olan betonarme binalar, 3'ü sokak taraması, 4'ü ön değerlendirme yöntemi olmak üzere toplam 7 farklı hızlı değerlendirme yöntemine göre deprem performans davranışları belirlenmiştir. Kat sayısı (2-7), beton basınç dayanımı (2.3 MPa-20 MPa), taşıyıcı sistem eleman boyutları ve düzensizlik parametreleri (yumuşak kat, ağır çıkma, kısa kolon, plan düzensizliği) farklılık gösteren 50 binadan oluşan veri setinin deprem performans davranışını belirlemek için tez kapsamında geliştirilmiş olan EPA (Earthquake Performance Analysis) bilgisayar programı kullanılmıştır. Bu program kullanılarak her bir yönteme göre binaların deprem performans puanları, deprem performans grafikleri ve deprem performans haritaları oluşturulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre sokak taraması yöntemlerinden 6306 RYY yöntemi binaların %74'ünü, FEMA P-154 yöntemi binaların %42'sini, Sucuoğlu ve Yazgan Seviye 1 yöntemi ise binaların %28'inin deprem performans davranışını doğru tahmin etmiştir. Bu yöntemlerden 6306 RYY yönteminin doğru tahmin yüzdesini artırmak için, yöntem içerisinde bulunan bina görsel kalitesi parametresinin test çekici ile kolaylıkla hesaplanabilecek olan beton basınç dayanımı ile belirlenmesi gerektiği, FEMA P-154 yönteminin doğru tahmin yüzdesini artırmak için kat sayısı ve bina görsel kalitesi parametrelerine göre yöntemin yeniden oluşturulması gerektiği, Sucuoğlu ve Yazgan Seviye 1 yönteminin doğru tahmin yüzdesini artırmak için de yöntem içerisinde tanımlanan PGV puan değerlerinin 2019 yılında yürürlüğe giren deprem performans haritalarına göre yeniden oluşturulması gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

Benzer şekilde elde edilen sonuçlara göre ön değerlendirme yöntemlerinden Özcebe yöntemi binaların %32'sini, Yakut yöntemi binaların %86'sını, Sucuoğlu ve Yazgan Seviye 2 yöntemi binaların %38'ini ve MVP yöntemi binaların %82'sinin deprem performans davranışını doğru tahmin etmiştir. En yüksek tahmin yüzdesi %86'lık başarı yüzdesiyle Yakut yöntemine aittir. Bu yöntemlerden Özcebe ve ark. yönteminin başarı yüzdesini artırmak için beton dayanımını doğrudan kullanan ve taşıyıcı eleman boyutlarına göre şekillenen yeni bir yöntem geliştirmesi gerektiği, Sucuoğlu ve Yazgan Seviye-2 yönteminin başarı yüzdesini artırmak için yöntem içerisinde tanımlanan PGV puan değerlerinin 2019 yılında yürürlüğe giren deprem performans haritalarına göre yeniden oluşturulması gerektiği, MVP yöntemi için yöntem içerisinde kullanılan yumuşak kat ve plan düzensizliği parametre değerlerinin 1.4'den 1.6'ya çıkarılması gerektiği ve Yakut yönteminin başarı yüzdesini artırmak için yöntem içerisinde tanımlanan sınır değerinin (1.2) düşürülmesi gerektiği öngörülmüştür.

Aynı zamanda ön değerlendirme yöntemlerinin sokak taraması yöntemlerine göre %55.5 daha fazla parametre kullanarak %24 daha yüksek oranda doğru sonuç verdiği görülmüştür.

Sonuç olarak hızlı değerlendirme yöntemleri kullanılarak binaların deprem performans davranışlarının yüksek oranda doğru tahmin edilebileceği ve deprem risk haritaları oluşturularak öncelikli binaların (güvensiz binaların) kolay ve pratik şekilde belirlenebileceği görülmüştür.



## KAYNAKLAR

- Anonim, 2019. Riskli alan ilanı ve uygulama kılavuzu. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/altyapi/icerikler/r-skl- alan ilan- ve uygulama klavuzu>. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim tarihi: 15.04.2019.
- Altınar, M., 2008. *Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Saptanması için Hızlı Değerlendirme Yöntemleri* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ATC 21, 2015. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook Second Edition*, ATC-21, Applied Technology Council, USA
- Bal, İ. E., Tezcan, S. S., Gülay, F. G., 2007. Betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için P25 hızlı değerlendirme yöntemi. *Altıncı Ulusal Deprem Konferansı*, İstanbul, Türkiye.
- Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H., Wasti, S. T., 2008. *Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeler*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara 433.
- Coşkun, A., 2007. *Mevcut Betonarme Binaların Deprem Etkisindeki Yapısal Performanslarının Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Çağatay, İ. H., 2007. Binalarda kısa kolona etki eden parametrelerin incelenmesi. *Altıncı Ulusal Deprem Konferansı*, İstanbul, Türkiye
- Erben, Ö., 2015. *Mevcut Betonarme Binaların Performanslarının Belirlenmesinde Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin Kullanılabilirliği* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Erdil, B. 2016. Why RC buildings failed in the 2011 Van, Turkey, earthquakes: construction versus design practices. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, **31** (3), 04016110.
- Erdil B., Ceylan H., 2018. MVP interaction based seismic vulnerability assessment of RC buildings. *Natural Hazards Review* (yayınlanmak üzere gönderildi).
- FEMA 154, 2002. Rapid Visual Screening of Buildings for potential seismic hazards: A Handbook, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- FEMA 154, 2015. Rapid Visual Screening of Buildings for potential seismic hazards: A Handbook, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
- Gürbüz, A., Tekin, M., 1997. Farklı tip betonarme binalar için geliştirilmiş hasar tahmin yöntemleri, *İMO Teknik Dergi*, **28** (4): 8051-8076.
- JBDPA, 2001. The Japan Building Disaster Prevention Association "Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings (Version 11). Japanese
- KRDAE, 2019. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü <http://www.koeri.boun.edu.tr/simo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>. Erişim tarihi: 05.04.2019.
- Önel, H., Akbulut, M. T., 2002. Deprem bölgelerinde güvenli yapı tasarımına ilişkin temel yaklaşımlar. *Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu*. 15-16 Şubat 2002, İstanbul, Türkiye. 78-91.

- Özcebe, G., Yüçemen, M. S., Aydoğan, V., Yakut, A. 2003. Preliminary Seismic Vulnerability Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings in Turkey. ***Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings***, 29-42.
- Özcebe, G., 2004. Deprem Güvenliğinin Saptanması için Yöntemler Geliştirilmesi, Tübitak İçtağ Ymaü İ574 Numaralı Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Ankara.
- Özmen, H. B., 2005. ***Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde Kullanılan Parametrelerin Yapı Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). PÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Sucuoğlu H, Yazgan U., 2003. Simpley Survey Procedures for Seismic Risk Assessment in Urban Building Stocks, Chap. 6. ***Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings, Earth and Environmental Sciences*** (Editor: S. T. Wasti, G. Özcebe). London: Kluwer Academic Publishers, 29:97-118
- Tezcan, S. S., Bal, I. E., Gülay, F.G., 2011. P25 Scoring Method for The Collapse Vulnerability Assessment of R/C Buildings, ***Journal of the Chinese Institute of Engineers***, 34 (6): 769-781
- Yakut, A., 2004. Preliminary Seismic Assessment Procedure for Existing RC Buildings, ***Engineering Structures***, 26 (10): 1447-1461.
- Yakut, A., 2014. Examination of Seismic Performance Assessment Precedures for RC Buildings in Turkey. ***Tenth U.S. National Conferance on Earthquake Engineering***, Earthquake Engineering Research Institute, Anchorage, AK.
- 6306 sayılı Kanun, 2012. ***Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un Uygulama Yönetmeliği***. 15/12/2012 tarihli ve 28498 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- 6306 sayılı Kanun, 2019. ***6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik***. 21/06/2019 tarihli ve 30808 sayılı Resmi Gazete, Ankara.



## ÖZ GEÇMİŞ

1995 yılında Erzurum iline bağlı olan Aziziye ilçesinde doğdu . İlköğrenimini Van İrfan Baştuğ İlköğretim Okulu ve Koç İlköğretim okulu'nda tamamladı. Lise öğrenimini Van Atatürk Anadolu Lisesinde tamamladı. 2013 yılında yerleştiği Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü 2017 yılında tamamladı. 2017 Eylül ayında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.



T.C  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 11/07/2019

Tez Başlığı / Konusu: Sokak Taraması ve Ön Değerlendirme Yöntemleri Kullanılarak Binaların Deprem Performansının Bilgisayar Desteği ile Hızlı Şekilde Belirlenmesi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 40 sayfalık kısmına ilişkin, 09/07/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 0 (sıfır) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

11.07.2019

Adı Soyadı: Muhammet ÖZDEMİR

Öğrenci No: 17910001062

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: İnşaat Mühendisliği

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**  
UYGUNDUR

Doç. Dr. Murat MUVAFIK

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

**ENSTİTÜ ONAYI**  
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)