

**CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI BİLİM DALI**

**MANİSA'DAKİ BETONARME PERDELİ VE PERDESİZ KONUT
YAPILARININ DEPREM PERFORMANSLARININ
BELİRLENMESİ VE HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN
ÇİZİLMESİ**

Ali GÜRBÜZ

**Danışman
Prof. Dr. Muhammed TEKİN**



MANİSA-2015

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ali GÜRBÜZ

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|--------------|
| İÇİNDEKİLER | I |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | III |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | V |
| TABLO DİZİNİ | VII |
| TEŞEKKÜR..... | VIII |
| ÖZET..... | IX |
| ABSTRACT..... | X |
| 1.GİRİŞ | 1 |
| 1.1.Deprem tehlike seviyeleri..... | 2 |
| 1.2.Yapısal Hasar Seviyeleri | 2 |
| 1.3.Manisa İçin Deprem Riski..... | 4 |
| 1.4.Tarihte Manisa Depremleri [11]..... | 5 |
| 2.LİTERATÜR TARAMASI..... | 10 |
| 3.YÖNTEM..... | 27 |
| 3.1.Binaların Sınıflandırılması | 27 |
| 3.1.1.Taşıyıcı sistem türü..... | 28 |
| 3.1.2.Kat adedi..... | 28 |
| 3.1.3.Yumuşak kat/zayıf kat | 29 |
| 3.1.4.Düşeyde düzensizlik | 29 |
| 3.1.5.Ağır çıkmalar | 29 |
| 3.1.6.Planda düzensizlik | 29 |
| 3.1.7.Kısa kolon etkisi | 29 |
| 3.1.8.Yapı nizamı..... | 29 |
| 3.1.9.Tepe/yamaç etkisi | 29 |
| 3.1.10.Deprem tehlikesi ve zemin sınıfı | 30 |
| 3.2.Performans Sıralaması..... | 30 |
| 3.3.Statik İtme Analizi ile Binalara Ait Parametrelerin Elde Edilmesi..... | 34 |
| 3.4.Modal Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi | 36 |
| 3.5.Sınır Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi | 40 |
| 3.6.Hasar Olasılık Hesaplamaları ve Hasar Olasılık Eğrileri..... | 42 |
| 3.6.1.Hasar Olasılık Matrisleri..... | 42 |
| 3.6.2.Hasar Olasılık Eğrileri | 43 |
| 3.7.Hasar Olasılık Eğrilerinin İstatiksel İfadesi | 45 |
| 4.UYGULAMA | 48 |

| | |
|---|-----|
| 4.1. İstatistiksel Bina Verileri | 48 |
| 4.1.1. Kat adedi | 49 |
| 4.1.2. Yapım Yılı | 49 |
| 4.1.3. Taşıyıcı sistem türü | 50 |
| 4.1.4. Yumuşak kat/zayıf kat | 51 |
| 4.1.5. Ağır çıkmalar | 52 |
| 4.1.6. Planda düzensizlik/Burulma etkisi | 53 |
| 4.1.7. Binaların Sınıflandırılması | 53 |
| 4.2. Binaların Performans Puanlarının Hesaplanması | 54 |
| 4.3. Binaların Modellenmesi | 59 |
| 4.3.1. Malzeme Modeli | 59 |
| 4.3.2. Elemanların Modellenmesi | 63 |
| 4.4. Binaların Dinamik Özellikleri | 70 |
| 4.5. Binaların Artımsal İtme Analizleri | 72 |
| 4.6. Modal Kapasite Diyagramlarının Elde Edilmesi | 74 |
| 4.7. Sınır Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi | 75 |
| 4.7.1. Hafif Hasar Durumu | 76 |
| 4.7.2. Orta Hasar Durumu | 77 |
| 4.7.3. Ağır Hasar Durumu | 77 |
| 4.8. Hasar Olasılık Eğrilerinin Çizilmesi | 77 |
| 5. HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN KULLANIM ALANLARI | 85 |
| 5.1. Hasar Olasılık Eğrilerinin Bina Hasar Tahminlerinde Kullanılması | 85 |
| 5.2. Kapasite Spektrumu Yöntemiyle Hasar Olasılığının Hesaplanması | 86 |
| 5.3. Ayrık Hasar Olasılıklarının Hesaplanması | 89 |
| 5.4. Hasar Olasılık Eğrilerinin Ekonomik Kayıp Tahminlerinde Kullanılması | 90 |
| 5.5. Hasar Olasılık Eğrilerinin İnsan Hayatına Yönelik Kayıp Tahminlerinde Kullanılması | 93 |
| 5.6. Eğrilerin İş Kayıplarına Yönelik Tahminlerde Kullanılması | 94 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER | 95 |
| 6.1. Sonuçlar | 95 |
| 6.2. Sonuçların Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması | 101 |
| 6.3. Öneriler | 105 |
| KAYNAKLAR | 107 |
| EK A. GRUP 98035'DEKİ BİNALARIN ZAYIF YÖN MODAL KAPASİTE DİYAGRAMLARI | 113 |
| EK B. BİNA ENVANTERİNE AİT BİLGİLER | 117 |
| EK C. BİNALARIN PERFORMANS SIRALAMALARI | 130 |
| ÖZGEÇMİŞ | 143 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-----------------|--|
| ϕ | Birikimli Standart Dağılım Fonksiyonunu |
| a_1 | Hâkim Moda Ait Modal İvme |
| A_{sw} | Donatı Kesit Alanı |
| ATC | Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Konseyi) |
| a_{y1} | Birinci Moda Ait Eşdeğer Akma İvmesi |
| C_{R1} | Birinci Moda Ait Spektral Yerdeğiştirme Oranı |
| d | Etkili Derinlik |
| d_1 | Birinci (Hâkim) Moda Ait Modal Yerdeğiştirme |
| $d_1(p)$ | En Son (P)'inci İtme Adımı Sonunda Elde Edilen Birinci Moda Ait Maksimum Modal Yerdeğiştirme (Modal Yerdeğiştirme İstemi) |
| d_{y1} | Birinci Moda Ait Eşdeğer Akma Yerdeğiştirmesi |
| f_{cm} | Mevcut Beton Dayanımı |
| FEMA | Federal Emergency Management Agency (Acil Durum Başkanlığı) |
| f_{ywk} | Donatının Karakteristik Akma Dayanımını |
| h_i | i. Katın Tabandan Yüksekliği |
| I | Deprem Şiddeti |
| LP | Plastik Mafsol Boyu |
| M | Deprem Büyüklüğü |
| M | n. Moda Ait Etkin Kütle |
| MU | Nihai Moment |
| M_y | Akma Momenti |
| N_D | Kolonda Oluşan Eksenel Kuvvet |
| O_i | Olumsuzluk Parametresi |
| OP_i | Olumsuzluk Parametre Puanı |
| P | Hasar Olasılığı |
| PP | Performans Puanı |
| R_{y1} | Birinci Moda Ait Dayanım Azaltma Katsayısı |
| S | Etriye Aralığı |
| $S_{ae1}^{(1)}$ | İtme Analizinin İlk Adımında Birinci Moda Ait Elastik Spektral İvme |
| $S_{de1}^{(1)}$ | İtme Analizinin İlk Adımında Birinci Moda Ait Doğrusal Elastik Spektral Yerdeğiştirme |
| S_{di1} | Birinci Moda Ait Doğrusal Elastik Olmayan (Nonlinear) Spektral Yerdeğiştirme |
| $T_1^{(1)}$ | Başlangıçtaki ($\dot{I}=1$) İtme Adımında Birinci (Deprem Doğrultusunda Hâkim) Titreşim Moduna Ait Doğal Titreşim Periyodu |

| | |
|------------------|---|
| T_B | Karakteristik Periyod |
| T_n | n. Moda Ait Periyot |
| TP | Taban Puanı |
| $\omega_1^{(1)}$ | Başlangıçtaki ($I=1$) İtme Adımında Birinci (Deprem Doğrultusunda Hâkim) Titreşim Moduna Ait Doğal Açısız Frekans |
| ω_B | Karakteristik Periyoda Karşı Gelen Doğal Açısız Frekans; |
| W_i | i. Katın Ağırlığı |
| YSP | Olumlu Parametre Puanı |
| Γ_n | n. Moda Ait Katılım Çarpanı |
| ΔF_i | i. Kattaki Kuvvet Artımı |
| ΔV_b | Taban Kesme Kuvveti Artımları |
| ΦN_n | n. Moda Ait En Üst Kat Modal Genlik |
| S_{dsi} | Hasarının İlgili Hasar Seviyesine Eriştiği Ortalama Modal Yerdeğiştirme |
| βds_i | Modal Yerdeğiştirmelerin Logaritmalarına Ait Standart Sapma |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 1.1. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası..... | 4 |
| Şekil 1.2. Manisa İli Deprem Haritası..... | 5 |
| Şekil 1.3. 2012 Yılı Manisa Civarındaki 4 Ve Üzeri Magnitüdü Depremler.. | 8 |
| Şekil 3.1. Serbest Kat Sayısının (NS) Tespitine Yönelik Açıklamalar..... | 28 |
| Şekil 3.2. Modal Kapasite Eğrisi ile Davranış Spektrumunun Birlikte Gösterimi..... | 38 |
| Şekil 3.3. Eşdeğer Akma İvmesinin Yeniden Belirlenmesi..... | 39 |
| Şekil 3.4. Tipik Bir Modal Kapasite Eğrisi..... | 40 |
| Şekil 3.5. Spektral Deplasmana Bağlı Tipik Bir Hasar Olasılık Eğrisi..... | 44 |
| Şekil 4.1. Kat Adedine Göre Bina Sayıları..... | 49 |
| Şekil 4.2. Yapım Yılına Göre Bina Sayıları..... | 50 |
| Şekil 4.3. Taşıyıcı Sistem Türünün Kat Adedine Göre Dağılımı..... | 51 |
| Şekil 4.4. Yumuşak/Zayıf Kat Bulunan Binaların Katlara Göre Dağılımı..... | 51 |
| Şekil 4.5. Ağır Çıkma Bulunan Binaların Kat Adedine Göre Dağılımı..... | 52 |
| Şekil 4.6. Planda Düzensizliğe Sahip Binaların Kat Adedine Göre Dağılımı... | 53 |
| Şekil 4.7. Sargılı Ve Sargsız Beton Modeli..... | 61 |
| Şekil 4.8. Donatı Çeliği Modeli..... | 63 |
| Şekil 4.9. Kesite Donatı Tanımlanması..... | 67 |
| Şekil 4.10. Konsol Kolonun Yığılı Plastik Davranış Modeli..... | 68 |
| Şekil 4.11. İdealleştirilmiş Moment-Eğrilik İlişkisi..... | 69 |
| Şekil 4.12. Tipik Kuvvet-Deformasyon Eğrisi..... | 69 |
| Şekil 4.13. Katlara Etki Ettirilen Yatay Yük Dağılımı..... | 72 |
| Şekil 4.14. Tipik İtme Eğrisi..... | 73 |
| Şekil 4.15. Medyan Modal Kapasite Eğrileri..... | 75 |
| Şekil 4.16. Grup 98O12 Hasar Olasılık Eğrileri..... | 79 |
| Şekil 4.17. Grup 98S12 Hasar Olasılık Eğrileri..... | 79 |
| Şekil 4.18. Grup 98Ö35İ Hasar Olasılık Eğrileri..... | 80 |
| Şekil 4.19. Grup 98Ö35K Hasar Olasılık Eğrileri..... | 80 |
| Şekil 4.20. Grup 98S35İ Hasar Olasılık Eğrileri..... | 81 |
| Şekil 4.21. Grup 98S35K Hasar Olasılık Eğrileri..... | 81 |
| Şekil 4.22. Grup 98Ö67İ Hasar Olasılık Eğrileri..... | 82 |
| Şekil 4.23. Grup 98Ö67K Hasar Olasılık Eğrileri..... | 82 |
| Şekil 4.24. Grup 98S67İ Hasar Olasılık Eğrileri..... | 83 |
| Şekil 4.25. Grup 98S67K Hasar Olasılık Eğrileri..... | 83 |
| Şekil 4.26. Grup BPC Hasar Olasılık Eğrileri..... | 84 |
| Şekil 5.1. Elastik İvme Spektrumu..... | 87 |
| Şekil 5.2. Yerdeğiştirme İsteminin Hesaplanması..... | 87 |
| Şekil 5.3. Kapasite Spektrumu Yöntemi İle Hasar Olasılık Eğrilerinin Birlikte Kullanımı..... | 88 |
| Şekil 5.4. Hasar Seviyelerine Göre Kayıplar..... | 94 |
| Şekil 6.1. Hafif Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri..... | 99 |
| Şekil 6.2. Orta Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri..... | 99 |
| Şekil 6.3. Ağır Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri..... | 100 |
| Şekil 6.4. Çok Ağır Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri..... | 100 |
| Şekil 6.5. İzmir’de 1975 Sonrası İnşa Edilmiş 1-2 Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar Olasılık Eğrileri..... | 101 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 6.6. İzmir’de 1975 Sonrası İnşa Edilmiş 3-5 Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar Olasılık Eğrileri..... | 102 |
| Şekil 6.7. İzmir’de 1975 Sonrası İnşa Edilmiş 6 ve Daha azla Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar Olasılık Eğrileri..... | 103 |
| Şekil 6.8. İstanbul’daki 1-8 Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar Olasılık Eğrileri..... | 104 |
| Şekil 6.9. Orta Katlı Betonarme Yapılar İçin Hasar Olasılık Eğrileri..... | 104 |

TABLO DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Tablo 1.1. Son Yüzyıl İçinde Manisa Civarında Meydana Gelen Hasar Verici Şiddette Depremler..... | 7 |
| Tablo 1.2. 2012 Yılında Manisa Civarında Magnitudü 4 Ve Üzeri Deprem Verileri..... | 8 |
| Tablo 3.1. Deprem Tehlike Bölgeleri..... | 30 |
| Tablo 3.2. Betonarme Binalar İçin Veri Toplama Formu..... | 31 |
| Tablo 3.3. Taban Ve Yapısal Sistem Puanı Tablosu..... | 31 |
| Tablo 3.4. Olumsuzluk Parametre Değerleri (Oİ) | 32 |
| Tablo 3.5. Olumsuzluk Parametre Puan (OPİ) Tablosu..... | 32 |
| Tablo 3.6. Katlararası Ötelenme Oranına Bağlı Hasar Olasılık Sınırları (%)... | 41 |
| Tablo 3.7. Tipik Hasar Olasılık Matrisi..... | 43 |
| Tablo 4.1. Gruplardaki Bina Sayıları..... | 56 |
| Tablo 4.2. Çalışmadaki 1998 Öncesi 1 Ve 2 Katlı Yapıların Puanlamaya Esas Olan Özellikleri..... | 57 |
| Tablo 4.3. Grup 98Ö12'nin Performans Sıralaması..... | 58 |
| Tablo 4.4. Donatı Çeliği Özellikleri..... | 62 |
| Tablo 4.5. Grup 98Ö35İ'deki Binaların Ortalama Nd/N0 Oranları..... | 64 |
| Tablo 4.6. Grup 98Ö35İ'deki Binaların Dinamik Özellikleri..... | 70 |
| Tablo 4.7. Katlararası Ötelenme Oranına Bağlı Hasar Olasılık Sınırları (%)... | 76 |
| Tablo 4.8. Hasar Olasılık Parametreleri..... | 78 |
| Tablo 5.1. Ayrık Hasar Olasılıkları..... | 90 |
| Tablo 5.2. 2014 Emlak Vergisi Kanunu 2014 Yılı Genel Tebliğine Göre Yapı Ortalama Maliyetleri..... | 91 |
| Tablo 5.3. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri..... | 92 |
| Tablo 5.4. Hasar Düzeylerine Göre Birim Ekonomik Kayıp Miktarı (TL) | 93 |
| Tablo 6.1. Bina Gruplarının Ortalama Periyot, Süneklik Ve Taban Kesme Kuvvet Katsayıları..... | 97 |

TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenim hayatım boyunca bana her konuda destek olan, çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Muhammed TEKİN'e gönülden teşekkür ederim. Bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında bana yardımcı olan, Sayın Doç. Dr. Muhiddin BAĞCI'ya, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, sevgili hocam Doç. Dr. Salih YILMAZ'a, ihtiyaç duyduğum her an yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Celal KOZANOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. Soner ŞEKER'e teşekkür ederim. Doktora öğrenimim süresince beni destekleyen ve yanımda olan değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Halil NOHUTÇU'ya, Yrd. Doç. Dr. Gültekin SINIR'a teşekkür ederim. Çalışmalarında desteklerini her zaman hissettiğim Yrd. Doç. Dr. Ali DEMİR', Yrd. Doç. Dr. Tuğrul ERDEM ve Arş. Gör. M. Ensar YİĞİT başta olmak üzere bütün Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederim. Lisansüstü eğitimim boyunca ellerinden gelen desteği sağlayan bütün Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına teşekkür eder, doktora eğitimimin ilk gününden itibaren karşılaştığım bütün zorluklarda Gülyüz ve yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Bedia YAVUZ'a ayrıca teşekkürü borç bilirim. Tez çalışmamdaki verileri temin etmemde gösterdiği özveriler için Sayın Türkan TAŞ KÖROĞLU başta olmak üzere bütün Manisa Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi personeline teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince desteklerini hep hissettiğim değerli çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Mert ÖZSABAN'a, Arş. Gör. Cemalettin TERZİ'ye, Arş. Gör. Yiğit MAHMUTOĞLU'na, Arş. Gör. Ozan ÖZTÜRK'e, Arş. Gör. Abdullah MAT'a, teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında kendilerine yeterli ilgi ve zamanı ayıramadığım, buna rağmen beni her zaman koşulsuz destekleyerek hep yanımda olan eşim ve aileme yürekten teşekkür ederim.

Ali GÜRBÜZ
Manisa, 2015

ÖZET

Doktora Tezi

Manisa'daki Perdeli ve Perdesiz Betonarme Konut Yapılarının Deprem Performansının Belirlenmesi ve Hasar Olasılık Eğrilerinin Çizilmesi

Ali GÜRBÜZ

Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muhammed TEKİN

Bu çalışmanın başlıca amacı; Manisa için olası bir depremde meydana gelecek hasar ve kayıp olasılıklarını tahmin etmeye yarayan hasar tahmin araçları geliştirmektir. Çalışma kapsamında 341 adet betonarme konut binası; yapım yılı ve kat adedi gibi ortak özelliklerine göre gruplanmıştır. Toplam 11 farklı bina grubu elde edilmiştir. Binaların tamamı bilgisayar ortamında 3 boyutlu olarak modellenmiş ve her bir bina modeli nonlinear statik itme analizi ile analiz edilmiştir. Ardından, analizlerden elde edilen veriler kullanılarak her bina grubu için 4 farklı hasar olasılığını gösteren kırılma eğrileri çizilmiştir. 11 farklı bina grubu için toplam 44 kırılma eğrisi elde edilmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen eğriler kullanılarak, benzer özelliklere sahip binaların yer aldığı herhangi bir bölgedeki olası hasarları tahmin etmek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Hasar Olasılık Eğrileri, Manisa, Betonarme Konut Binaları

2015, 154 sayfa

ABSTRACT

PhD Thesis

**Determination of Seismic Performance and Fragility Curves for Reinforced
Concrete Residential Structures in Manisa**

Ali GÜRBÜZ

**Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Muhammed TEKİN

The main purpose of this study is, to develop damage and loss estimation tools for predicting the earthquake damages in a possible earthquake for Manisa. In the study, 341 reinforced concrete buildings are grouped according to common features such as number of story and year of build. A total of 11 different building set was obtained. All of the buildings are modeled in 3-D computer model of the building and each was analyzed by nonlinear pushover analysis. Then, fragility curves of 4 different damage possibilities were plotted for each building set using the data obtained from pushover analysis results. Total of 44 fragility curves were obtained for 11 different building set. Using the fragility curves obtained as a result of this study, it is possible to estimate the potential damage in any area for the buildings with similar characteristics.

Keywords: Eartquake, Fragility Curves, Manisa, Residential Reinforced Concrete Buildings

2015, 154 pages

1. GİRİŞ

Manisa, sınırlarının tamamı birinci derece deprem bölgesinde yer alan bir ilimizdir [1]. Büyük ölçüde deprem riski taşıyan ilimizde, 1998 Deprem yönetmeliğinden önce yapılan binalar, eski yönetmeliğe göre inşa edilmiş olduğundan güncel şartları sağlayıp sağlamadıklarının denetimi gerekmektedir. Manisa'ya yeni yapı denetimi sistemi Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın 2011 yılında "Yapı Denetimi Uygulama Yönetmeliği"nde yaptığı son değişiklik ile gelmiştir [2]. Ancak yeni yönetmelikten önce yapılmış olan mevcut yapıların depreme dayanıklı olup olmadıklarının incelenmeleri gerekmektedir.

Deprem mühendisliğinin güncel konularından birisi olan deprem risk haritalarının oluşturulması, depreme hazırlıklı olmak ve depremle mücadele kapsamında oldukça önemlidir. Bu tez çalışması; Manisa bölgesinde yer alan betonarme konut binalarının muhtemel deprem hasarlarının hızlı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayacak hasar olasılık eğrilerinin geliştirilmesi ve binaların depreme dayanımının belirlenmesinde kullanılabileceğinden önemli bir çalışmadır.

Türkiye ulusal deprem araştırmaları programına (TUDAP)'a göre ülkemiz topraklarının büyük bir bölümü hasar verici şiddette deprem tehlikesi altındadır [3]. TUDAP kapsamında yapılan araştırmalar; her 8 ayda bir ülkemizde hasar yapıcı deprem meydana geldiğini göstermektedir ve Türkiye'de son yüz yılda meydana gelmiş depremlerde 100.000 kişi hayatını kaybetmiş, 500.000'e yakın bina yıkılmıştır [3]. Sadece 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde yaklaşık 20.000 insanımız hayatını kaybetmiş, 124,000 yıkık-ağır hasarlı konut, 110.000 orta hasarlı konut ve 100.000 az hasarlı konut olmak üzere toplam 334.000 konutta hasar saptanmıştır [3]. Bu depremlerin ülkemize verdiği ekonomik zararlar 20 milyar Türk Lirasına ulaşmıştır [3].

Risk seviyesine Manisa ilimiz açısından bakıldığında ise, bölgenin aktif yer hareketlerinin gözlemlendiği birinci derece deprem tehlikesi altında ve deprem potansiyeli yüksek Gediz Grabeni içerisinde yer aldığı görülmektedir. Denetimsiz olarak yapılmış bulunan mevcut yapı stokunun fazlalığı da muhtemel riskleri artırmaktadır.

Depremlerin yol açtığı hasarlar ülkelerin gelişmişlik düzeyiyle yakından ilişkilidir. Aynı şiddetteki depremler az gelişmiş ülkelerde çok daha büyük zararlara neden olabilmektedir [3]. Türkiye son yıllarda hızlı gelişen ülkeler arasında olmasına karşın, yapı stokumuzun depremlerde sergilediği performans oldukça başarısızdır. Bunun başlıca sebebi olarak ise, hızlı kentleşme ile ortaya çıkan konut açığının, yapı denetim mekanizmasında önemli ihmallere yol açması gösterilmektedir [3].

Depremin yapılarda yol açacağı zararları tahmin edebilmek için çeşitli modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Yapıya etkiyebilecek depremi modellemek için yönetmeliklerde farklı tehlike seviyeleri belirtilmiştir.

1.1. Deprem tehlike seviyeleri

ATC40'da 3 farklı deprem tehlike seviyesi tanımlanmıştır [4]. Sırasıyla ifade edilecek olursa, bu depremlerden ilki; 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50 olan ve geri dönüşüm periyodu 75 yıl olarak varsayılan "Servis Depremi"dir [4]. İkincisi, 50 yıl içerisinde aşılma olasılığı %10 olan ve geri dönüşüm periyodu 474 yıl olarak varsayılan "Tasarım Depremi"dir [4]. Tasarım depreminin etkisi servis depreminin yaklaşık 2 katıdır [4]. Sonuncusu ise 50 yıl içinde aşılma olasılığı %5 olarak tahmin edilen Maksimum Deprem" olarak ifade edilmektedir [4]. Maksimum depremin geri dönüşüm periyodu 975 yıldır ve bu etkisi tasarım depreminin yaklaşık 1,5 katı kadar ifade edilmektedir [4].

Fema 356'da ise 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50, %20, %10 ve %2 olarak tahmin edilen 4 farklı tehlike seviyesi tanımlanmıştır [5].

2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde de benzer bir yaklaşım benimsenerek 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50, %10 ve %2 olan üç farklı tehlike seviyesi tanımlanmıştır [6].

Seçilen deprem tehlike seviyesinin bir bina veya bina grubunda meydana getireceği zararları tahmin etmek için ise "hasar seviyeleri" tanımlanmaktadır.

1.2. Yapısal Hasar Seviyeleri

Bir yapının kullanımda olduğu süre içinde meydana gelen afet, kaza veya farklı nedenlerle tahribata uğraması genel anlamda hasar olarak tanımlanmıştır [7].

Yapısal hasar ise, herhangi bir nedenden ötürü, yapı elemanlarının kullanımları esnasında mevcut özelliklerini kısmen veya tamamen yitirmesi olarak tanımlanır [7].

Tasarım depremi altında yapı da oluşabilecek muhtemel hasar, “yapısal hasar seviyeleri” ile ifade edilmektedir. Bir başka deyişle, her bir performans seviyesi; taşıyıcı sistem elemanlarında oluşması beklenen hasarın tanımını gösterir [8]. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği de dâhil birçok yönetmelikte deprem söz konusu olduğunda bina taşıyıcı sistem elemanlarının performanslarını derecelendirmek için çeşitli hasar seviyeleri tanımlanmıştır. Örneğin; California Yapı Mühendisleri Birliği, Vision 2000 dokümanında:

- Tam Fonksiyonel,
- Fonksiyonel,
- Can Güvenliği,
- Göçme

Olmak üzere 4 farklı performans seviyesine yer verilmiştir [9].

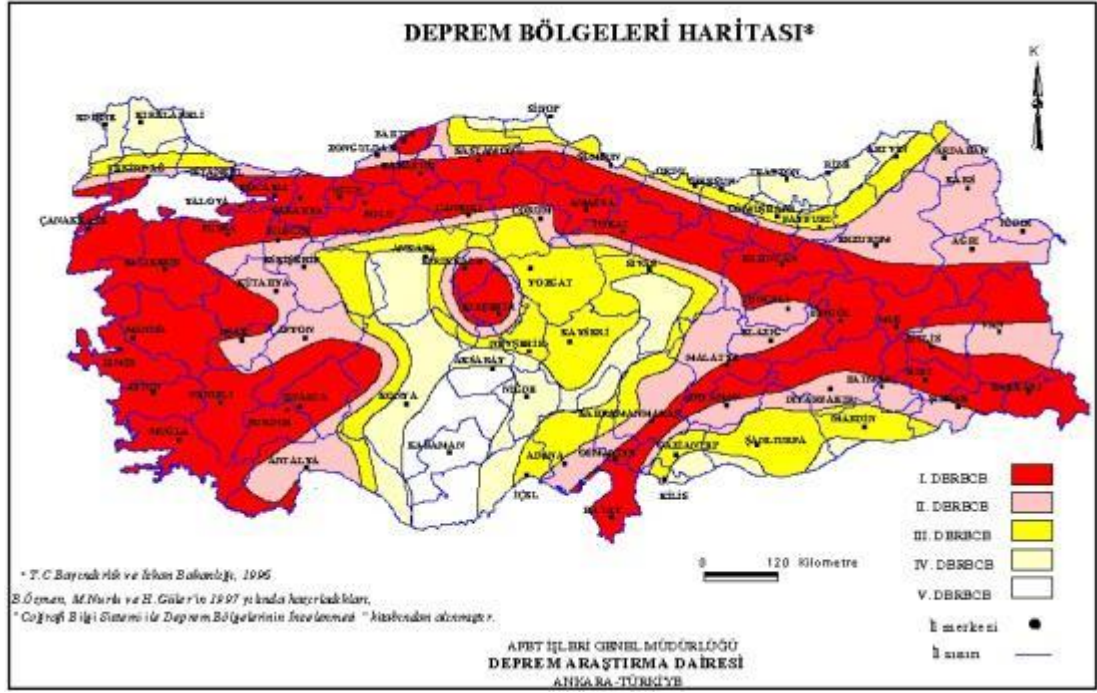
Benzer biçimde ATC-40’da tanımlanan performans seviyeleri; Hemen Kullanım, Can Güvenliği ve Yapısal Stabilitate performans seviyeleridir [4]. Fema 356’da ise; “Hemen Kullanım”, “Can Güvenliği” ve “Göçmenin Önlenmesi” olmak üzere yine 3 farklı performans seviyesi verilmektedir [5].

Ülkemiz Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte, taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasarı tarif eden performans seviyeleri “Hemen Kullanım”, “Can Güvenliği”, “Göçme Öncesi” ve “Göçme Durumu” şeklindedir [6].

Yaşanan depremler göstermiştir ki, ülkemizde yoğunluklu olarak görülen orta yükseklikteki mevcut betonarme yapı stoku oldukça zayıf performansa sahiptir. Söz konusu yapılarda malzeme ve işçilik hataları da ön plana çıkmaktadır. Depremlerde gözlenen hasarlar genellikle zayıf kat ve yumuşak kat etkileri, zemin kattaki perde duvar miktarının yetersiz olması, zayıf kolon-kuvvetli giriş, ağır kapalı çıkımlar ve enine donatı aralığının büyük olması gibi nedenlerle ilişkilidir [10].

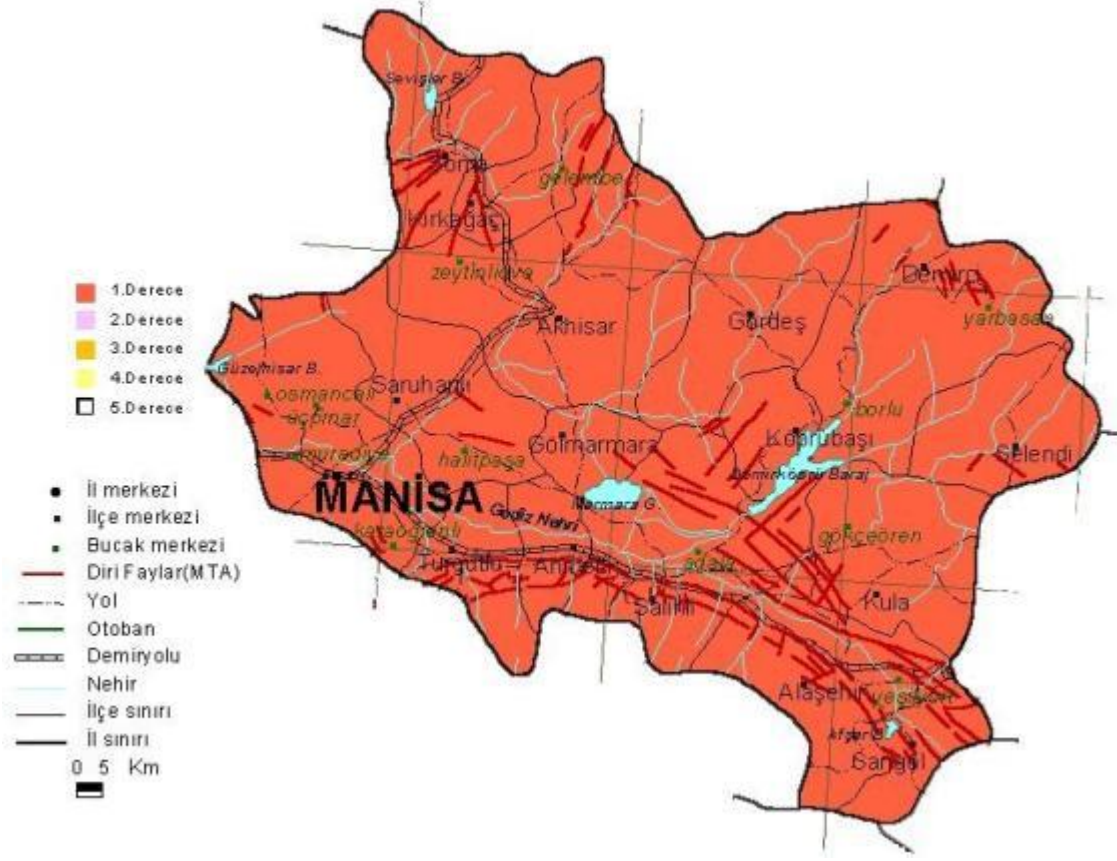
1.3. Manisa İçin Deprem Riski

Manisa ilimiz, deprem potansiyeli yüksek Gediz grabeni içerisinde yer alır. Birinci derece deprem riski taşıyan bölgeler Şekil 1.1'deki Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası üzerinde kırmızı renkle gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası [1]

Şekil 1.1'de açıkça görüldüğü gibi Manisa ilimizin içinde bulunduğu bölge deprem tehlikesinin en yüksek olduğu alandır. Benzer biçimde Manisa il sınırlarını içeren deprem haritası Şekil 1.2'de ayrıntılı olarak görülmektedir.



Şekil 1.2. Manisa İli Deprem Haritası [1]

Görüldüğü gibi il sınırlarının tamamı birinci derecede riskli bölge olarak tanımlanmıştır. Manisa ilimiz ve çevresi tarih boyunca da çok sayıda deprem yaşamıştır.

1.4. Tarihte Manisa Depremleri [11]

Bölge jeolojik yapısı nedeniyle tarih boyunca yer sarsıntılarına maruz kalmış ve bu sarsıntılarda büyük can ve mal kayıpları yaşamıştır. Boğaziçi Üniversitesi tarafından hazırlanan İzmir Deprem Master Planı'nda Ege bölgesinde tarih boyunca meydana gelmiş olan yıkıcı depremler sıralanmıştır [11].

Bu sıralamada özellikle Manisa ilini içine alan depremler şu şekildedir:

M.Ö 17: Aydın, Manisa ve Alaşehir Depremi:“Depremin gece meydana geldiği ve 12 önemli şehirde ağır hasar gerçekleştiği belirtilmektedir. Toprakta derin yarıklar oluşturan felaketin en çok Sart şehrini etkilediği ve bu yüzden imparator

Tiberius'un Hasarı yerinde görmek ve yardımları ayarlamak için senatodan bir komisyon gönderip bölgeye yüklü miktarda yardım yaparak Sart'ı 10 yıl boyunca vergilerden muaf kıldığı belirtilmiştir. O dönemki ismiyle Magnesia olan Manisa şehri kayıp ve tazminatlar bakımından ikinci sırayı almaktadır. Salihli, Alaşehir, Akhisar ve civar bölgeler de aynı dönemde vergiden muaf tutulan yerler arasında gösterilmektedir" [11].

M.S 44, Manisa, Efes Depremi: M.S 44 yılında Manisa, Efes bölgesinde meydana gelmiş olan depremin parametreleri 38.2N; 27.4E; Io=VIII M=6,4 şeklindedir [11].

M.S 178, İzmir Depremi: Depremin İzmir, Manisa, Aydın ve Sart şehirleri, Gediz ve Büyük Menderes çukurlarında tahribata sebep olduğu, imparatorun bölgeye yardımlarda bulunduğu ve şehirleri yeniden inşa etmeleri için bir senato görevlendirildiği belirtilmektedir. Depremde büyük yangınların çıktığı, büyük bir mabedin de tamamen yıkıldığı not edilmiştir. Depremin parametreleri; 38.3N; 27.1; M=6.5; I=VIII olarak verilmektedir [11].

10 Temmuz 1688, İzmir Depremi: "Saat 11.45'te meydana geldiği ve 30 saniye kadar sürdüğü kaydedilen depremde, hasarın büyük kısmı sahil bölgelerinde oluşmuştur. Kayıtlara göre sahil bölgesindeki konutlar, işyerleri, hanlar ve resmi binaların çoğu harabeye dönmüştür. Yıkılan binalar arasında İngiliz, Fransız ve Hollanda konsolosluklarına ait binalarında olduğu, ayrıca kiliselerin neredeyse tamamının yıkılmış ve 17 camiden de sadece 3'ünün ayakta kalabildiği belirtilmiştir. Deprem Turgutlu, Manisa, Alaşehir bölgelerini de etkilemiş ve buralardaki artçı sarsıntılar aylar boyu devam etmiştir. Küçük magnetüdü olmasına karşın büyük bir etkiye sebep olan deprem ve sonrasında çıkan yangınlarda binlerce insanın hayatını kaybettiği belirtilmektedir" [11].

3 Kasım 1862, Turgutlu Depremi: "Depremin gece yarısı saat 3 sularında meydana geldiği, Turgutlu'da çok büyük çaplı yıkıma sebep olduğu ve felakette 280 kişinin hayatını kaybettiği not edilmiştir. Çevredeki diğer altı vilayetin daha zarar gördüğü belirtilmektedir. Afyon Karahisar, Isparta, İzmir, Aydın, Nazilli, Denizli, Sakız Adası ve Midilli adaları da bu depremden etkilenen yerler arasında gösterilmektedir. Depremin magnetüdü 6.9 olarak verilmiştir." [11].

29 Temmuz 1880, Menemen Depremi: Depremın sabaha karşı meydana geldiği, merkezinin ise Menemen civarı olduğu, bölgedeki yerleşim yerlerinin hasara uğradığı ve İzmir-Menemen demiryolunun hasar nedeniyle kapandığı not edilmiş, Manisa bölgesinin de depremden etkilenen yerler arasında olduğu belirtilmiştir. Depremın parametreleri 38.5N; 27.2E; M=6,7, I=IX şeklinde verilmektedir [11].

Geçtiğimiz son yüzyılda meydana gelen ve Manisa ilimizde çeşitli hasarla sebep olan depremler ise AFAD (T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), Deprem Dairesi verilerine göre Tablo 1.1'deki gibidir.

Tablo 1.1. Son Yüzyıl İçinde Manisa Civarında Meydana Gelen Hasar Verici Şiddette Depremler [12]

| Tarih | Saat | Enlem | Boylam | Magnitud | Depremın Merkezi | |
|--------------|-------------|--------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| 30.04.1905 | 16:01 | 388.100 | 285.200 | 6.1 | MANISA | DEMIRCI |
| 31.03.1928 | 00:29 | 381.800 | 278.000 | 6.5 | IZMIR | TIRE |
| 22.09.1939 | 00:36 | 390.700 | 269.400 | 6.6 | IZMIR | DIKILI |
| 28.10.1942 | 02:22 | 391.000 | 278.000 | 6.0 | MANISA | KIRKAGAÇ |
| 15.11.1942 | 17:01 | 395.500 | 285.800 | 6.1 | BALIKESIR | DURSUNBEY |
| 25.06.1944 | 04:16 | 387.900 | 293.100 | 6.0 | USAK | MERKEZ |
| 28.03.1969 | 01:48 | 385.500 | 284.600 | 5.9 | MANISA | ALASEHIR |
| 28.03.1970 | 21:02 | 392.100 | 295.100 | 6.0 | KÜTAHYA | EMET |
| 06.11.1992 | 19:08 | 381.091 | 269.560 | 6.0 | IZMIR | SEFERIHISAR |
| 01.10.1995 | 15:57 | 382.300 | 300.600 | 5.9 | DENIZLI | ÇIVRIL |

Deprem Dairesi Başkanlığı'nın kayıtlarına göre, sadece 2012 yılında Manisa civarında 1700'ün üzerinde deprem hareketi meydana gelmiştir. Bunlardan magnitudü 4 ün üzerinde olanlar Şekil 1.3'de işaretlenmiştir. Tablo 1.2'de bu depremler ile ilgili veriler yer almaktadır.



Şekil 1.3. 2012 Yılı Manisa Civarındaki 4 Ve Üzeri Magnitüdü Depremler [12]

Şekil 1.3’de son bir yıl içinde Manisa ve çevresine meydana gelen 4 ve üzeri büyüklükteli depremlerin yeri ve derinliği harita üzerinde gösterilmektedir. Şekilde her bir deprem bir daire ile temsil edilirken dairenin büyüklüğü depremin büyüklüğünü gösterirken, dairenin rengi ise depremin derinliğini göstermektedir. Harita üzerinde işaretli depremlerin yer, tarih, enlem, boylam, derinlik ve büyüklük değerleri Tablo 1.2’de verilmiştir.

Tablo 1.2. 2012 Yılında Manisa Civarında 4 ve Üzeri Büyüklükte Depremler [12]

| Tarih | Enlem | Boylam | Derinlik | Büyüklük | Depremin Merkezi |
|------------|---------|---------|----------|----------|-------------------|
| 30.11.2012 | 372.087 | 286.405 | 20.27 | 4.2 | MUGLA MERKEZ |
| 30.10.2012 | 391.385 | 291.787 | 21.35 | 4.1 | KÜTAHYA SIMAV |
| 09.09.2012 | 399.739 | 249.923 | 20.45 | 4.6 | EGE DENIZI |
| 05.09.2012 | 389.740 | 276.217 | 20.71 | 4.1 | MANISA AKHISAR |
| 25.08.2012 | 387.117 | 280.330 | 17.40 | 4.1 | MANISA GÖLMARMARA |
| 07.08.2012 | 387.242 | 280.463 | 22.21 | 4.2 | MANISA GÖLMARMARA |
| 07.08.2012 | 387.327 | 280.530 | 18.5 | 4.0 | MANISA GÖLMARMARA |
| 04.08.2012 | 387.178 | 280.690 | 22.94 | 4.2 | MANISA GÖLMARMARA |
| 03.08.2012 | 387.202 | 280.650 | 22.61 | 4.6 | MANISA GÖLMARMARA |
| 18.07.2012 | 371.728 | 282.912 | 25.40 | 4.0 | MUGLA MERKEZ |
| 04.07.2012 | 399.467 | 278.910 | 24.28 | 4.2 | BALIKESIR MANYAS |
| 19.06.2012 | 391.168 | 291.593 | 25.91 | 4.9 | KÜTAHYA SIMAV |
| 13.06.2012 | 391.070 | 291.483 | 21.58 | 4.3 | KÜTAHYA S?MAV |
| 09.06.2012 | 370.387 | 284.823 | 20.92 | 4.2 | MUGLA ULA |
| 04.06.2012 | 369.163 | 282.020 | 12.11 | 4.6 | MUGLA MARMARIS |

| Tarih | Enlem | Boylam | Derinlik | Büyükük | Depremi Merkezi | |
|--------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|------------------------|----------|
| 18.05.2012 | 394.612 | 279.018 | 7.1 | 4.0 | BALIKESIR | MERKEZ |
| 08.05.2012 | 370.355 | 285.287 | 23.36 | 4.3 | MUGLA | ULA |
| 03.05.2012 | 391.360 | 290.968 | 23.70 | 4.4 | KÜTAHYA | SIMAV |
| 26.04.2012 | 391.312 | 291.128 | 25.54 | 4.8 | KÜTAHYA | SIMAV |
| 23.04.2012 | 390.545 | 291.490 | 1.6 | 4.0 | KÜTAHYA | PAZARLAR |
| 23.04.2012 | 391.240 | 291.438 | 1.6 | 4.3 | KÜTAHYA | SIMAV |
| 20.04.2012 | 391.525 | 290.975 | 20.59 | 4.4 | KÜTAHYA | SIMAV |
| 16.04.2012 | 391.097 | 291.360 | 7.00 | 4.6 | KÜTAHYA | SIMAV |
| 16.04.2012 | 391.227 | 291.222 | 1.6 | 4.7 | KÜTAHYA | SIMAV |
| 29.03.2012 | 386.035 | 300.040 | 1.12 | 4.2 | AFYON | HOCALAR |
| 20.02.2012 | 381.412 | 274.750 | 23.46 | 4.4 | IZMIR | TORBALI |
| 14.02.2012 | 401.932 | 247.990 | 37.62 | 4.7 | EGE DENIZI | |
| 29.01.2012 | 387.387 | 260.447 | 32.39 | 4.2 | EGE DENIZI | |

Tablo 1.2’de görüldüğü gibi Manisa ili ve çevresinde bir yıl içerisinde 4 ve üzeri büyüklükte onlarca deprem meydana gelmiştir.

Meydana gelen depremler; sebep oldukları büyük ölçüde can kayıplarının yanı sıra yapısal hasarlara; ulaşım sisteminde, enerji sistemlerinde, boru veya kanallardan oluşan iletim hatlarında aksamalara yol açarak, birçok ekonomik ve çevresel zararlara neden olan afetlerdir. Bu tez çalışmasında, Manisa bölgesinde meydana gelebilecek olası bir deprem felaketinin yol açacağı yapısal hasarlar ele alınmıştır.

Bu tez çalışması; birbirine benzer karakteristik özelliklere sahip yapı grupları için hasar olasılık eğrileri elde etmek ve bu sayede olası bir deprem halinde meydana gelebilecek bölgesel hasarları tahmin etmeye yönelik araçlar geliştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında; Manisa Belediyesin’den projeleri temin edilen betonarme konut binaları ortak özelliklerine göre gruplara ayrılarak her bir grup için farklı hasar seviyelerine ulaşma olasılıkları hesaplanmıştır. Tez çalışması neticesinde elde edilen hasar olasılık eğrileri gerek yerel yönetimlerin ilgili birimleri, gerekse afet hasarlarını tahmin ve önlemeye yönelik diğer çalışmalar için bir kaynak görevi görebilecektir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yapıların deprem performanslarını belirlemeye yönelik kıstasların geliştirilmesine katkı sağlayan birçok çalışma mevcuttur. Structural Engineers Association of California (SEAOC) tarafından yayınlanan Bluebook [13] dökümanı ve Vision 2000 [9] dokümanı, Applied Technology Council tarafından yayınlanan ATC 40 dökümanı [4], Federal Emergency Management Agency'nin yayınlamış olduğu dokümanlar [5, 14], American Society of Civil Engineers (ASCE)'nin yayınlamış olduğu dokümanlar [15, 16] bu çalışmalara örnek olarak gösterilebilir.

Literatürde, muhtemel deprem hasarlarını tahmin etmeye yönelik olarak da çok sayıda araştırma yapılmış ve bu çalışmalarda farklı hasar tahmin metotları geliştirilmiştir. Hasar tahmin çalışmaları neticesinde olasılık eğrileri çizilip elde edilen veriler görselleştirilmektedir. Hasar olasılık eğrileri; deprem etkisine maruz yapılarda meydana gelebilecek olası hasarları tahmin etmek amacıyla geliştirilen araçlardır [17]. Hasar olasılık eğrilerinin elde edilebilmesi için uzman görüşleri, gözlemsel metotlar ve analitik yöntemlerden faydalanılabilmektedir [17, 18, 19, 20].

(Casotto ve ark., 2015); İtalya'daki betonarme prefabrik yapılar için hasar olasılık eğrileri elde etmişlerdir [21]. Hasar olasılık eğrilerinin elde edilebilmesi için gerekli parametreler 650 adet endüstriyel amaçlı betonarme prefabrik yapıya ait verilerden elde edilmiştir [21]. Yapılar; bina geometrisi, kolon kiriş bağlantı çeşitleri, yapının barındırdığı nüfus gibi farklı tip özelliklerine göre alt gruplara ayrılmıştır. Hasar olasılık eğrileri farklı yapı tipleri için spektral ivme parametresine ve maksimum yer ivmesine bağlı olarak hesaplanmıştır [21]. Çalışmada her bir yapı grubu için oluşabilecek hasar da yapı tiplerine göre farklı seviyelerde ifade edilmiştir. Bazı yapı tipleri için 3 hasar seviyesi tanımlanırken, bazı yapı tipleri içinse 2 hasar seviyesi tanımlanmıştır [21]. Çalışma sonucunda elde edilen hasar olasılık eğrileri karşılaştırılmıştır [21]. Kolon kiriş bağlantı noktaları zayıf olan grupta hasar olasılık değerlerinin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır [21].

(Un ve ark., 2015); Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan konut yapılarını temsilen Bursa şehrinden seçtiği binaları analiz ederek hasar olasılıklarını belirlemiştir [22]. Çalışma Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan ve oldukça sanayileşmiş bir şehir olmasından dolayı seçilen Bursa ilinde konut tipi binalarda,

olası sismik kayıpları hesaplamayı amaçlamıştır [22]. Çalışma kapsamında, olasılıksal yöntemler kullanarak sismik kayıpları tahmin eden bir model önermiştir. Önerilen kayıp modelinin ana bileşenleri, sismik tehlike, binaların hasar görülebilirlik fonksiyonları ve binaların hasar durumlarına bağlı olarak çıkarılan kayıp parametreleridir [22]. Çalışmada, bölgesel sismik tehlikeyi hesaplamak için, olasılıksal sismik tehlike analizi kullanılmıştır [22]. Değişik bina tipleri için, verilen sismik tehlike altında, bina hasarının önceden tanımlanmış hasar seviyelerini aşma olasılıklarını hesaplamak için hasar olasılık eğrileri kullanılmıştır [22]. Verilen hasar durumundaki ölü sayısı; konut tipini, binanın içinde yaşayan nüfusu, deprem anındaki doluluk oranını, enkaz altında kalan bina sakinlerinin oranını, çökme anında enkaz altında kalan kişilerin sağlık durumunu ve bu kişilerin ölüm oranlarını göz önüne alan bir model kullanılarak hesaplanmaktadır [22]. Ekonomik kayıplar, ortalama hasar oranlarının, toplam yeniden yapım masraflarıyla çarpılmasıyla belirlenmiştir [22].

(Syed, 2013); Nükleer enerji santrallerindeki betonarme perde duvarlarla ilgili yaptığı çalışmada, sonlu elemanlar yaklaşımıyla hasar olasılık tahminleri geliştirmiştir [20]. Çalışmada; nükleer santraller gibi büyük ölçekli betonarme yapıları deneysel olarak analiz etmenin ekonomik olarak külfetli olması nedeniyle yarı deneysel bir yaklaşım geliştirilmiştir [20]. Geliştirilen karma yaklaşımda, deneysel olarak test edilmiş sonlu elemanlar yaklaşımlarıyla betonarme perde duvarların hasar olasılığını tahmin eden simülasyonlar geliştirilmiştir [20]. Perde duvarların deprem performansları doğrusal olmayan dinamik yöntemle analiz edilmiştir [20]. Hasar olasılık eğrileri perde duvar yapılarını; maksimum kesme kuvveti ve katlar arası ötelenme gibi mühendislik tasarım parametreleri açısından değerlendirilerek hasarsızlık, küçük hasar, orta hasar ve ileri derece hasar gibi sınır hasar seviyelerine ulaşma olasılıkları hesaplanmıştır [20].

(Uçar ve ark., 2013); 3,4,5,6 ve 7 katlı olmak üzere 5 gruba ayırdıkları 30 adet betonarme bina için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [17]. Her grupta 6 adet bina verisinden faydalanılmış, X ve Y deprem doğrultularında nonlinear statik Pushover analizi ile Binaların 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre modal yerdeğiştirme istemlerini hesaplamıştır [17]. Hesaplanan yerdeğiştirme değerleri yardımıyla hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir [17]. Pushover analizleri binaların üç

boyutlu hesap modelleri üzerinden gerçekleştirilmiştir [17]. Dikkate alınan bina sınıfları için idealleştirilmiş modal kapasite diyagramları üzerinden modal yerdeğiştirme cinsinden dört hasar sınırı tanımlanmıştır [17]. Oluşturulan hasar olasılık eğrileri iki parametrelili lognormal birikimli dağılım fonksiyonları ile ifade edilmiştir [17]. Önceden tanımlanmış olan sınır hasar seviyesine ait modal yerdeğiştirme değerlerinin ortalaması ve lognormal dağılımına ait standart sapma değerleri kullanılarak bina sınıflarının farklı hasar seviyeleri için olasılık yoğunluk fonksiyonları elde edilmiştir [17]. Deprem parametresi olarak seçilen modal yerdeğiştirmenin farklı değerleri için önceden tanımlanan sınır hasar seviyelerine ulaşılması veya aşılması olasılıkları hesaplanarak hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur [17].

(Abo-El-Ezz ve ark., 2013); Az katlı yığma taş yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [23]. Kanada'nın doğusunda ve özellikle Quebec'de yoğunlaşmış tarihi taş yapıları inceleyen çalışma neticesinde deplasmana dayalı analitik hasar olasılık eğrileri geliştirilmiştir [23]. 50 yıl içinde aşılma olasılığı %2 olan deprem senaryosu temel alınmıştır [23]. Çalışmada hasar olasılık eğrileri 4 hasar seviyesini baz almaktadır [23]. Bu seviyeler sırasıyla; "hafif hasar", "orta hasar", "ileri hasar" ve "komple göçme" hasar seviyeleridir [23]. HAZUS metodolojisinden de faydalanılan çalışmada, incelenen yapıların senaryo depreminde hasarsızlık-hafif hasar aralığında kalması hedeflenmektedir [23].

(Hamid ve ark., 2013); Atölye ortamında hazırladıkları İki katlı yapıyı deneysel olarak analiz etmiş ve deney sonuçlarını kullanarak bu tip yapıları temsil edecek hasar olasılık tahminleri geliştirmişlerdir [24]. Deneysel çalışmada, atölyede inşa edilen iki katlı yapıya reaksiyon duvarı ve hidrolik veren yardımıyla deplasman kontrollü itme analizi uygulanmıştır. İtme işlemi sırasında yapının karşılıklı iki duvarına deplasman ölçerler yerleştirilerek deplasman değerleri kaydedilmiş, duvarların aldığı hasarlar gözlenmiştir [24]. Çalışmada ayrıca HAZUS 99 - SR2 yazılımı yardımıyla hesaplanan hasar olasılıklarıyla deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır [24].

(Symakezis ve ark., 2013); Hasar olasılık eğrileri yardımıyla tarihi yapıların depremden korunması için kullanılan restorasyon harçlarının davranışını incelemiştir. Çalışmada tarihi Kayseryan manastırının restorasyonu amacıyla

kullanılabilecek farklı tipteki tamir harçlarının, manastırın dinamik davranışına etkisi incelenmiştir [25]. Farklı senaryoları birleştirerek kümülatif hasar olasılığını görmek içinse hasar olasılık eğrilerine başvurulmuştur [25]. Üç farklı hasar seviyesi için kırılmalı eğrileri çizilmiştir [25]. Bu seviyeler sırasıyla; “hafif hasar”, “orta hasar” ve “ileri hasar” olarak adlandırılmıştır [25]. Çalışmada geliştirilen hasar olasılık eğrileri, en büyük yer ivmesi (PGA) değerlerini temel almaktadır [25]. Çalışma neticesinde geliştirilen kırılmalı eğrisi sonuçlarına göre 0,16g yer ivmesi değerinde manastırın orta düzeyde hasar alma olasılığı %31, 0,24g yer ivmesi değeri için manastırın ileri seviyede hasar olasılığı %59, 0,36g yer ivmesi değerinde ise manastırın ileri hasar olasılığı yaklaşık %100 olarak hesaplanmıştır [25].

(Hsieh ve ark., 2013); Düşük ve orta katlı betonarme yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmişlerdir [26]. Dinamik analizlerde Taiwan’da meydana gelen 1999 Jiji deprem kayıtları kullanılmıştır [26]. Çalışmanın güvenilirliğini artırmak için analitik yöntemin yanı sıra bölgede tespit edilen gerçek hasar kayıtları da kullanılmıştır [26]. Çalışma neticesinde hasar olasılık eğrilerinin gerçek kayıtlarla tutarlı sonuçlar verdiği dikkat çekilmiştir [26.]

(Lignos ve ark., 2013); Deprem bölgelerindeki çelik çaprazlı betonarme çerçeveler için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [27]. Çelik çaprazlar için ötelenme tabanlı üç farklı hasar seviyesi belirlenmiştir [27]. Bunlar sırasıyla; “global burkulma”, “lokal burkulma” ve “kırılma” şeklindedir [27]. Çalışmada; materyal çeşitliliği, farklı çelik profil kesitleri, yükleme türleri gibi parametreler hasar olasılık eğrileri kullanılarak değerlendirilmiştir [27]. Sonuç olarak, değişken parametrelerin, çelik çaprazlar için önceden belirlenen üç farklı hasar seviyesine ulaşma veya aşma olasılığına etkileri ortaya konmuştur [27].

(Su ve ark., 2013); Dolgu duvarlı betonarme çerçeveler için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir. Eğrilerin geliştirilmesinde deplasman katsayıları yönteminden yararlanılmıştır [19]. Hasar olasılık eğrileri için 4 farklı hasar seviyesi belirlenmiştir. Geliştirilen hasar olasılık eğrileri, önceden belirlenmiş olan dört farklı hasar seviyesine ulaşma veya aşma olasılığını spektral deplasmana dayalı olarak tahmin etmektedir [19]. Sonuç olarak elde edilen eğrilerin mevcut yapı stokunun hasar olasılıklarını tahmin etmek için kullanılabileceğine vurgu yapılmıştır [19].

(Karbassi ve ark., 2013); Yığma yapıların doğrusal olmayan dinamik analizlerle performansa dayalı değerlendirmesi üzerine çalışmış ve çalışmasında; hasar olasılık eğrilerini yapı elemanları için kullanmıştır [28]. 50 yıl içinde aşılma olasılığı %2.5, %5, %10 ve %40 olan 4 deprem için doğrusal olmayan dinamik analiz kullanılmıştır [28]. 6 katlı yığma bir yapı üç boyutlu olarak modellenmiş ve yapının duvarları için hasar olasık tahminleri yürütülmüştür [28]. Duvarların hasar durumları adım adım simüle edilmiştir [28]. Dinamik analiz sonuçları kullanılarak duvarlar için hem spektral ivmeye dayalı hem de katlararası ötelenmeye dayalı hasar olasılık eğrileri çizilmiştir [28]. Çalışmanın sonuç bölümünde Az sayıda veri seti bulunan bölgeler için yapı elemanlarının detaylı olarak ele alındığı bu üç boyutlu yöntem önerilmiştir [28].

(Suppasri ve ark., 2013); Japonya'da meydana gelen 2011 Ishinomaki depremi ve sonrasında oluşan tsunamiler verilerini kullanarak 52 adet hasar olasılık eğrisi geliştirmiştir [29]. Mevcut betonarme ve çelik yapıların dâhil edildiği çalışmada, eski ve yeni yapılar da kıyaslanmıştır [29]. Çalışma neticesinde elde edilen hasar olasılık eğrileri ile her bir bina için oluşacak hasar seviyesini ve olası bir tsunami durumunda, su altında kalacak yüksekliğin tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma neticesinde 3 kat ve üzeri yapıların tsunami yükleri altında daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir [29]. Mevcut durumun ortaya konulduğu çalışma sonucunda ayrıca, 1981 öncesi yapıların performansının düşük olduğuna dikkat çekilmiştir [29].

(Shome ve ark., 2013); Berkeley, Kaliforniya Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen proje kapsamında tasarlanan yüksek katlı binaları incelemiştir [30]. Çalışma kapsamında incelenen yüksek katlı binaların hasar tahmin yöntemleri ele alınmıştır [30]. Yüksek katlı yapı tasarımları gruplanarak üç farklı analiz ekibi tarafından analiz edilmiştir [30]. Binaların deprem performanslarını belirlemek için 75 yer ivmesi kaydı kullanılmıştır [30]. Çalışma neticesinde yüksek yapıların depremde alabileceği hasar olasılıksal olarak ifade edilmiştir [30].

Çalışmada ayrıca; maddi hasarlara da değinilmiştir [30]. Maddi kayıpları Amerikan doları (USD) cinsinden ölçen bir simülasyon geliştirilmiştir [30]. Geliştirilen yöntemle mevcut yapıların deprem performansı ve performansa bağlı maddi zarar olasılıkları hesaplanmaktadır [30].

(Hancilar ve ark., 2013); Uzaktan algılama ve alan taraması teknikleriyle elde ettiği envanterleri kullanarak Haiti bölgesi için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir. Dünya Bankası'nın da desteklediği bir proje kapsamında yürütülen çalışmalarla 2013 Haiti depremi sonrası hasar gören yapılar havadan görüntülenmiş ve alan çalışmasıyla envanter toplanmıştır [31]. Toplanan veriler The European Macroseismic Scale (EMS-98)'e göre hasar sınıflandırmasına tabi tutulmuştur [31]. Çalışma neticesinde yapı tipi, malzeme özellikleri, kat sayısı gibi kıstaslara göre gruplandırılan yapılar için hasar olasılık eğrileri çizilmiştir [31].

(Bai ve ark., 2013); Çalışmasında Orta Amerika'daki betonarme yapılar için olası bir depremde meydana gelebilecek hasar tahmin çalışmaları yapılmış ve hasar olasılık eğrileri geliştirilmiştir [32]. Çalışma kapsamında Tennessee eyaletinin Shelby kentinde yer alan betonarme çerçeve yapılara odaklanılmıştır [32]. Dinamik analizler için 3 farklı senaryo depremi kullanılmıştır [32]. Çalışma neticesinde Orta Amerika bölgesindeki betonarme çerçeve yapıları temsile eden hasar olasılık eğrileri çizilmiştir [32].

(Gogus ve ark., 2013); kolon bağlantı noktalarını incelediği çalışmasında hasar olasılık eğrilerini kullanmıştır [33]. Çalışma, farklı hasar durumları için onarım ve güçlendirme türünü belirlemeyi hedeflemiştir [33]. 69 adet deney verisinin kullanıldığı çalışmada ayrıca kesme donatısının performansa etkisi incelemiştir [33]. Bilgisayar modelleri doğrusal olmayan statik itme analizi ile değerlendirilmiş analitik hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir [33]. Analitik olarak elde edilen eğriler ayrıca ampirik olarak türetilen hasar olasılık eğrileri ile kıyaslanmıştır [33]. Kayıp tahmin çalışmalarında ATC-58 kayıp tahmin yazılımı ile "Performans Değerlendirme ve Hesaplama Aracı" (PACT)'dan da faydalanılmıştır [33]. Çalışma neticesinde karşılaştırılan yöntemler birbirlerinden 0.9 ile 1.25 arasındaki oranlarda sapmalar göstermiştir [33].

(Abrahamczyk ve ark., 2013); SERAMAR (Seismic Risk Assessment and Mitigation in the Antakya–Maras Region) projesi kapsamında yaptıkları çalışmalarda; Antakya-Maraş bölgesinde sismik risk değerlendirmesine yönelik yeni yöntemler geliştirerek üniversiteler, kamu kurumları ve ilgili diğer birimler arasında deprem hasarlarını önleyecek bir işbirliği geliştirmeyi amaçlamıştır [34]. Çalışmanın

envanter aşamasında, bölgedeki yapı stoku Avrupa Makro Sismik Ölçeğine (The European Macroseismic Scal-EMS-98)'e göre değerlendirilip hasar görülebilirlik sınıflandırması yapılmıştır [34]. Ampirik yöntemlerle belirlenen binalar değerlendirilerek temsili yapı tipleri oluşturulmuştur [34]. Bu bina tiplerinin bölgedeki çok sayıda yapıyı temsil ettiği varsayılarak modeller geliştirilmiş ve bu modellere doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz ve statik itme analizleri yapılmıştır [34]. Elde edilen kapasite eğrileri kullanılarak hasar görülebilirlik eğrileri çizilmiştir [34]. Projede ayrıca saha çalışmalarına da yer verilmiştir [34]. Saha çalışmaları kapsamında; üç adet çok katlı betonarme çerçeve binaya ve iki adet yığma binaya 3 eksenli ivmeölçerlerden oluşan bina izleme sistemleri kurulmuştur [34]. Kurulan sistemlerden uzun zaman dilimlerinde elde edilen kayıtlar ile binaların deprem etkisi altındaki gerçek tepkileri ve performans seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır [34].

(Abrahamczyk ve ark., 2013) çalışma neticesinde elde ettikleri verilere bağlı olarak sismik risk azaltılmasına yönelik stratejiler geliştirmeyi önermiştir [34]. Ayrıca çalışmada ortaya koyulan kurumlar arası deprem hasar risklerini azaltmaya yönelik işbirliği modelinin Türkiye'de daha başka şehirlerde veya yakın bölgelerde kullanılabileceğine vurgu yapılmıştır [34].

(Tarque ve ark., 2012); Peru'nun Cusco bölgesindeki tek katlı yığma yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [35]. Farklı hasar olasılık bölgeleri belirlenmiş ve bu hasar sınır değerlerinin yer değiştirmeye bağlı olarak aşılma olasılıkları ele alınmıştır [35]. Dinamik analizlerde 2007 Peru deprem verileri kullanılmış ve etkin yer ivmesinin farklı pik değerleri için analizler tekrarlanmıştır. Çalışmanın sonuç bölümünde; hesaplanan hasar olasılıkları ile 2007 Peru depremindeki hasar durumları karşılaştırılmıştır [35].

(Murcia ve ark., 2012); Betonarme perde duvarlar üzerine yaptığı çalışmada, hasar olasılık tahminleri geliştirmiştir [36]. Çalışmada; betonarme perde duvarlı yapılar, deneysel olarak analiz edilmiştir [36]. Deneyler 4 katlı betonarme yapı üzerinde gerçekleştirilmiştir [36]. İki farklı parametre ve altı farklı hasar seviyesi için hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur [36]. Birinci grup eğriler, belirlenen hasar seviyesine ulaşılması veya aşılması olasılığını, kat ötelenmesi tabanlı olarak tahmin

ederken; ikinci grup eğriler yüklenme durumuna göre hasar tahmini geliştirmektedir [36].

(Wu ve ark., 2012); Çin Deprem Yönetmeliği 2010'a göre boyutlandırılmış betonarme çerçeve yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [37]. Çalışmada, yeni yönetmeliğe göre dizayn edilmiş az katlı, orta katlı ve yüksek katlı betonarme çerçeve yapılar ele alınmıştır [37]. Ele alınan yapılar için “hemen kullanım”, “ileri hasar” ve “göçme öncesi” hasar seviyelerine ulaşma veya aşma olasılığını tahmin eden hasar olasılık eğrileri geliştirilmiştir [37]. Eğrilerin hesaplanmasında doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yönteminden faydalanılmıştır [37]. Dinamik analizler için üç farklı yer hareketi esas alınmıştır [37]. Çalışma neticesinde; 2010 Çin Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış farklı kat adetlerine sahip üç betonarme çerçevenin de benzer hasar olasılık ve güvenlik seviyelerine sahip olduğu vurgulanmıştır [37].

(Fardis ve ark., 2012); Çalışmasında Avrupa Deprem Yönetmelikleri (EN Eurocodes)'a göre tasarlanmış betonarme yapıların olası hasar ihtimallerini tahmin etmek için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [38]. Çalışmada betonarme perdeli ve perdesiz çerçeve yapılar değerlendirilmiştir [38]. Ayrıca iki farklı yönetmeliğe göre (EC2 ve EC8) kıyaslamalar yapılmıştır [38]. Çalışma neticesinde kat ötelenmesi tabanlı hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur [38]. Çalışma sonucunda ayrıca EC2 ve EC8 yönetmeliklerine göre dizayn edilmiş yapıların birbirine çok yakın hasar olasılık seviyelerine sahip olduğuna değinilmiştir [38].

(Güneyisi ve ark., 2011); Deprem etkisine maruz geleneksel ve viskoelastik sönümleyicili binaların hasar görebilirliği karşılaştırmalı olarak incelemiştir [39]. Çalışmada, viskoelastik sönümleyicinin etkinliği 5 ve 12 katlı örnek binalar üzerinde değerlendirilmiştir [39]. Bu amaçla, taşıyıcı sistemi geleneksel moment aktaran çerçeve ve viskoelastik sönümleyicili çerçeve sistemli olarak tasarlanmış 5 ve 12 katlı çelik binaların tasarımında üç farklı durum dikkate alınmıştır [39]. Bunlar sırasıyla;

Durum 1: Geleneksel moment aktaran çerçeve,

Durum 2: Viskoelastik sönümleyicilere sahip çerçeve,

Durum 3: Viskoelastik sönümleyicilere sahip çerçeve, etkin sönüm oranı %20 koşullarını içermektedir [39].

Böylece, araştırmada toplam 6 farklı bina üzerinde inceleme yapılmıştır [39]. Yapısal ve yapısal olmayan (ötelemeye duyarlı ve ivmeye duyarlı birleşenler) sismik hasar olasılık eğrilerinin oluşturulmasında doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler yapılmıştır [39]. Sismik güvenilirlikle ilgili güçlü tahminler elde etmek için belirgin farklı özelliklere sahip 15 doğal deprem yer hareketi kaydı analizlerde kullanılmıştır [39]. Elde edilen sonuçlara göre, etkili sönüm oranına bağlı olarak, viskoelastik sönümleyiciler ile tasarlanmış çerçeve sistemleri geleneksel moment aktaran çerçeve sistemlerine kıyasla seçilen performans seviyeleri için oldukça düşük aşılma olasılıkları göstermiştir [39].

(Uçar, 2011); Çalışmasında 30 adet betonarme bina için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [40]. Binaların seçiminde Türkiye’de yaygın olarak kullanılan az ve orta katlı tipik yapı mimarisi göz önünde bulundurulmuştur [40]. Hasar olasılık eğrilerinin elde edilmesinde doğrusal olmayan statik itme analizi sonuçlarından faydalanılmıştır [40]. Analizler binaların üç boyutlu hesap modelleri üzerinden gerçekleştirilmiştir [40]. Binaların modal yerdeğiştirme istemi, 2007 Deprem Yönetmeliği’ne uygun olarak üç farklı deprem düzeyi ve iki farklı yerel zemin sınıfı için belirlenmiştir [40]. Dikkate alınan bina sınıfları için idealleştirilmiş modal kapasite diyagramları üzerinden modal yerdeğiştirme cinsinden dört hasar sınırı tanımlanmıştır [40]. Oluşturulan hasar olasılık eğrileri iki parametrelili lognormal birikimli dağılım fonksiyonları ile ifade edilmiştir [40]. Önceden tanımlanmış olan sınır hasar seviyesine ait modal yerdeğiştirme değerlerinin ortalaması ve lognormal dağılımına ait standart sapma değerleri kullanılarak bina sınıflarının farklı hasar seviyeleri için olasılık yoğunluk fonksiyonları elde edilmiştir [40]. Deprem parametresi olarak seçilen modal yerdeğiştirmenin farklı değerleri için önceden tanımlanan sınır hasar seviyelerine ulaşılması veya aşılması olasılıkları hesaplanarak hasar görülebilirlik eğrileri oluşturulmuştur [40].

(Avşar ve ark., 2011); 1990’den sonra inşa edilen otoyol köprüleri üzerine odaklanarak hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [41]. Çalışmada 3 boyutlu köprü modelleri oluşturulmuş ve her bir model için farklı deprem kayıtlarına göre doğrusal olmayan analizler yapılmıştır [41]. Çalışma kapsamında modellenen çok sayıda

otoyol köprüsü birim sütun sayısı, açıklık sayısı, eğrilik açısı gibi kıstaslara göre gruplandırılmıştır [41]. Her grup için hasar olasılık sınırları tespit edilmiş ve köprülerin bu hasar sınırına ulaşma veya sınırı aşma olasılıkları hesaplanmıştır [41]. Çalışma neticesinde 1990 sonrası inşa edilen otoyol köprülerinin muhtemel bir depremde görebilecekleri hasar olasılıkları ortaya konmaya çalışılmıştır [41].

(Liu ve ark., 2010); Beton ve çeliğin birlikte kullanıldığı kompozit yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [42]. Çalışmada, deprem davranışı olarak hem çelik yapının hem de beton yapının avantajlarını kullanmak için son yıllarda yüksek yapılarda kompozit uygulamalara yer verildiği vurgulanmıştır [42]. Genellikle yüksek katlı yapıların inşasında beton ve çelik elemanların birlikte kullanılmasına karşın bu tip kompozit yapılarla ilgili çalışmaların literatürde çok fazla olamadığına değinilmiştir [42]. Örnek çalışma olarak beton ve çelik elemanların bir arada kullanıldığı 15 katlı kompozit bir yapı incelenmiştir [42]. Çalışma neticesinde kat ötelenmesine karşı hasar olasılığını tahmin eden hasar olasılık eğrileri geliştirilmiştir [42]. Eğrilerin oluşturulmasında dört farklı hasar olasılık seviyesi belirlenmiştir [42]. Çalışma neticesinde elde edilen hasar olasılık eğrilerinin mevcut kompozit yapıların hasar ihtimalini tahmin için kullanılabileceği vurgulanmıştır [42].

(Rota ve ark., 2010); Yığma yapılar için analitik hasar olasılık eğrileri geliştirmişlerdir. Eğrilerin oluşturulmasında doğrusal olmayan statik itme analizinden faydalanılmıştır [43]. Literatürde yığma yapılar için genellikle üç hasar olasılık seviyesi kullanılmasına karşın bu çalışmada dört farklı hasar olasılık seviyesi kullanıldığı belirlenmiştir [43]. Analizler bilgisayar ortamında modellenen üç katlı prototip yapı üzerinde gerçekleştirilmiştir [43]. Çalışma neticesinde deplasman tabanlı olarak belirlenen dört farklı hasar olasılığına ulaşılması veya geçilmesi ihtimalini tahmin eden hasar olasılık eğrilerinin hesaplanmıştır [43].

(Holliday, 2009); Nikaragua bölgesindeki yapı tiplerini ele alarak, geçmiş yıllardaki depremlerde bu yapıların bir kısmının büyük hasarlar almasına karşın, bir kısmının başarılı bir performans sergilemesinden yola çıkmış, mevcut yapıların deprem performanslarını belirlemeye çalışmıştır [44]. Çalışma farklı bölgelerde dört gün arayla gerçekleşen ve Richter ölçeğiyle aynı büyüklüklerdeki 22 Aralık 2003 California San Simeon depremiyle dört gün sonra İran'da meydana gelen Bam

depreminin karşılaştırılmasını örnek vererek başlamaktadır [44]. Richter ölçeğiyle 6.5 büyüklükteki depremde California’da 2 can kaybı yaşanırken 6.6 büyüklüğündeki Bam depremi, İran’da %85 oranında yıkım gerçekleşmesi nedeniyle 27.000 civarında can kaybına sebep olduğu belirtilmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki inşaat kalitesine vurgu yapılmıştır [44]. Benzer şekilde tez çalışmasının uygulandığı bölge de ele alınarak ABD’nin Nicaragua bölgesinde 1972’de meydana gelen depremin 10.000 can kaybı ve büyük çaplı ekonomik hasara yol açtığı belirtilmiştir [44]. Buna paralel olarak tez çalışmasının günümüzde devam eden riskleri ortaya koyacak olması nedeniyle önemine işaret edilmektedir [44]

(Holliday 2009)’un tez çalışması; Nicaragua bölgesindeki yapıları, yapım tekniği olarak kerpiç, yığma, betonarme dolgu duvarlı, dolgu duvarsız ve ön-üretimli beton gibi farklı bina türleri olarak ele almaktadır [44]. Nikaragua’daki bine stoku ele alınmış ve mevcut binaların sınıflandırılması yapılmıştır [44]. Analizler 4 farklı tip yapı modeli üzerinde uygulanmıştır [44]. Her yapı tipi için örnek bir analitik model oluşturulmuş ve doğrusal olmayan analizler Perform 3D nonlinear analiz programıyla gerçekleştirilmiştir [44]. Yapıların kapasite eğrileri FEMA 400’e göre doğrusal olmayan statik itme analizi sonucu elde edilen kapasite eğrisi yardımıyla hesaplanmıştır. Altı farklı performans seviyesi tanımlanmıştır [44]. Bunlar sırasıyla; “Hemen Kullanım ”, “Hasar Kontrol”, “Can Güvenliği”, “Sınırlı Güvenlik”, “Göçmenin Önlenmesi” ve “Performansın söz konusu olmadığı” şeklindedir. Çalışmada nihai sonuç olarak, betonarme binaların daha iyi performans göstermesine karşın bina yükseklikleri arttıkça sehim ve çatlakların daha fazla görüldüğü belirtilmiştir [44]. Ayrıca göçmelerdeki en hassas noktalar olarak taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların birleşim yerleri ve duvarlardaki boşluklara dikkat çekilmiştir. Acil öneriler olarak yığma yapıların bir an önce şehircilik planlamalarıyla depreme dayanıklı yapı sistemlerine dönüştürülmeleri tavsiye edilmiştir [44].

(Seyedi ve ark., 2009); çalışmasında betonarme yapılar için iki parametrelili hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [45]. Hasar olasılık eğrilerinin elde edilmesinde nonlinear time history analizinden faydalanılmıştır [45]. Dinamik analizler için 1940 El Centro deprem verileri kullanılmıştır [45]. Analizler 1970 yılında yapımı tamamlanmış olan 8 katlı bir betonarme perde+çerçeve yapı üzerinde gerçekleştirilmiştir [45]. Çalışma neticesinde elde edilen eğriler dört farklı hasar

olasılık seviyesine ulaşılması veya aşılması olasılığını spektral deplasmana dayalı olarak tahmin etmektedir [45].

(Park ve ark., 2009); Az katlı yığma yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [46]. Genellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan yığma yapı tarzını ele alan çalışmada, spektral ivme değerlerine dayalı olarak dört farklı hasar olasılık seviyesine ulaşılması veya aşılması ihtimalini gösteren hasar olasılık eğrileri geliştirilmiştir [46]. Bu dört hasar olasılık seviyesi sırasıyla; “hafif hasar”, “orta hasar”, “ileri hasar” ve komple göçme” sınır seviyeleri olarak belirlenmiştir [46]. Çalışma neticesinde elde edilen hasar olasılık eğrileri, benzer bölgeler için geliştirilmiş ve HAZUS veri arşivinde bulunan mevcut hasar olasılık eğrileri ile karşılaştırılmıştır [46].

(Ay ve ark., 2008); 3, 5, 7 ve 9 katlı betonarme yapıları ele aldığı çalışmada, binaların 2 boyutlu modelleri üzerinden dinamik analiz gerçekleştirmiş ve gerçek deprem verileri kullanarak hasar olasılık eğrileri elde etmiştir [47]. 4 farklı kat adedine sahip binaları kalite sınıflandırmasına da tabi tutmuştur [47]. Çalışmada Türkiye'deki binaların büyük bir kısmının birbirine benzer bir yapıda olduğu vurgulanmıştır [47]. Bu benzerlikten yola çıkılarak, ülkemizdeki yapıların yaklaşık %75'ini temsil ettiği düşünülen düşük kalite, orta kalite ve iyi kalite binalar için hasar olasılık eğrileri elde etmiştir [47].

(Güneyisi, 2007); Viskoz söndürücü sistemlerle güçlendirilmiş yüksek katlı betonarme binaların deprem hassasiyetini tahmin etmek için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [48]. Tez çalışmada, İstanbul Mecidiyeköy'de bulunan ofis binalarının tipik özelliklerini taşıyan on iki katlı sünek olmayan bir betonarme ofis binası seçilmiş ve hasar olasılık eğrileri bu bina göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Mevcut binanın güçlendirilmesinde, pasif viskoz söndürücü sistemler binanın etkili sönümlenme oranı yüzde 10, 15 ve 20 olacak şekilde tasarlanmıştır [48]. Pasif viskoz söndürücü sistem kullanımının binanın güvenliğinde sağladığı iyileşme, öncelikle hasar olasılık eğrileri oluşturularak, daha sonra da risk ve maliyet-yarar analizi yapılarak değerlendirilmiştir [48]. Kullanılan yeni güçlendirme tekniğinin, geleneksel güçlendirme teknikleriyle karşılaştırılabilmesi için bina ayrıca betonarme perdelerle de güçlendirilmiştir [48]. Hasar olasılık analizinde, deprem hareketlerindeki değişkenliği gösterebilecek tasarım spektrumu ile uyumlu üretilen

240 yapay deprem ivmesi, binanın güçlendirme öncesi ve sonrası nonlinear dinamik davranışının belirlenmesinde kullanılmıştır [48]. Log-normal dağılıma sahip olasılık eğrileri maksimum yer ivmesi, spektral ivme ve yer değiştirmeye bağlı olarak oluşturulmuştur [48]. Çalışma neticesinde, olasılık analiz sonuçları, viskoz söndürücü sistemlerin ve perde duvar eklenmesinin yapısal performansa sağladığı katkılara vurgu yapılmıştır [48].

(Özün, 2007); Türkiye'deki mevcut az ve orta katlı betonarme çerçeveli binaların deprem riskinin tahmini için hasar görebilirlik eğrileri elde etmiştir [49]. Bina envanteri, 1999 Marmara depremleri sonrası oluşturulan Düzce veritabanı kullanılarak çıkarılmıştır [49]. Son depremlerden etkilenmiş olan bu binalar mevcut yönetmelik şartlarına göre tasarlanmamış olup, inşaat aşamasındaki denetim de uygun değildir [49]. Bina veritabanı, yükseklik ve dolgu duvarların olup olmamasına göre alt sınıflara ayrılmıştır [49]. Veritabanındaki yapısal parametreler (periyot, dayanım ve elastik ötesi rijitlik katsayısı oranları) her bina için eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem olarak tanımlanmıştır [49]. Deprem kayıtları geniş bir alana yayılmış olup dünyanın farklı bölgelerinden seçilmiştir [49]. Her bir alt sınıf için yapısal kapasite hasar sınırları tanımlanmıştır [49]. Sonuç olarak bina karakterleri göz önünde bulundurularak az ve orta katlı binalar için hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur [49]. Oluşturulan hasar olasılık eğrileri parametrik çalışmanın temelini oluşturacağı için referans eğrileri olarak adlandırılmıştır [49]. Hasar olasılık eğrileri üzerinde elastik ötesi rijitlik katsayısı oranlarının, örnekleme metotlarının, örnek boyutunun, sınır durum tanımının ve indirgenme davranışının etkilerini gözlemlemek amacıyla parametrik çalışma gerçekleştirilmiştir [49]. Elde edilen hasar olasılık eğrilerinin geçerliliğini kanıtlamak amacıyla iki büyük deprem sonrası tahmin edilen hasar dağılımı, gerçek hasar ile karşılaştırılmıştır [49].

(Nielson ve ark., 2007); Orta Amerika ve Güneydoğu Amerika'daki köprüler için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [50]. Söz konusu bölgelerdeki köprüler için envanter çalışması yapılarak bölgeden seçilen köprüler, malzeme türü ve eleman boyutlarına göre 9 sınıfa ayrılmıştır [50]. Köprülerin analitik modelleri oluşturulmuş ve analizler bu modeller üzerinden tamamlanmıştır [50]. Gruplanan köprüler için hafif hasar, orta hasar, ileri hasar ve komple hasar olmak üzere dört hasar olasılık sınırı belirlenmiştir [50]. Her bir köprü sınıfı ve her bir hasar olasılık bölgesi için

hasar olasılık eğrileri çizilmiştir [50]. Çalışma sonucunda elde edilen hasar olasılık eğrileri ile olası bir deprem halinde bölgedeki köprülerde oluşabilecek hasarların tahmin edilmesi amaçlanmaktadır [50].

(Kınalı, 2007); Orta ve Doğu Amerika'daki tipik çelik yapılar için hasar olasılık tahminleri geliştirmiştir [51]. Örnek çalışmalar için, nüfusun yoğun olarak yaşadığı ve New Madrid deprem bölgesi yakınlarında yer alan Memphis şehrindeki çelik binalar seçilmiştir [51]. Çelik çerçevelerin deprem performansları kapasite spektrumu metodu yardımıyla belirlenmiştir [51]. Hasar olasılık sınırları ve bina kırılmalıkları ise 50 yıl içinde gerçekleşme ihtimali %2 olan depreme göre hesaplanmıştır Yapı grupları 2, 3, 4, 5 ve 6 katlı olarak seçilmiştir [51]. Çalışma neticesinde 5 katlı yapıların hasar olasılıklarının diğer yapılara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir [51].

(Ji, 2007); Yüksek katlı betonarme yapılar için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [52]. Tez çalışmasında yüksek katlı betonarme yapıların tanımlarına yer verilmiş ve geçmişte yüksek katlı yapıların hasar tahminlerine yönelik yapılan çalışmalara yer verilmiştir [52]. Sonraki bölümlerde yüksek katlı betonarme yapıların modellenmesine ilişkin yaklaşımlar açıklanmıştır [52]. Çalışma kapsamında 54 katlı betonarme bir yapı modellenmiştir [52]. Yapı için çeşitli duvar tipleri ve zemin cinsleri gibi farklı parametreler tanımlanmıştır [52]. Bu parametrelerin belirlenen hasar olasılık seviyelerine ulaşılması veya aşılması olasılığını nasıl değiştirdiği incelenmiştir [52]. Çalışma neticesinde özellikle zemin cinsi ve duvar tiplerinin hasar olasılığını büyük oranda değiştirdiğine dikkat çekilmiştir [52].

(Hernandez, 2007); Porto Rico bölgesindeki betonarme konut yapılarının performansını değerlendirmiş ve hasar olasılık eğrileri oluşturmuştur [53]. Çalışmanın giriş bölümünde bu projenin amacına yer verilmiş, Yüksek deprem riskine sahip bir coğrafyada yer alan Porto Riko için hasar tahmin çalışmalarının öneminden bahsedilmiştir [53]. Çalışmada ayrıca hasar olasılık eğrileri ile ilgili yapılmış çalışmalar incelenmiştir [53]. Betonarme konut binaları için hasar olasılık eğrilerinin nasıl oluşturulacağına yönelik metodoloji verilmiş, nümerik metotlardan bahsedilmiştir [53]. Doğrusal olmayan analizler için 2 boyutlu analitik modeller tanımlanmıştır. Analizler için uygun hareket denklemi, kütle ve sönümleme matrisleri belirlenmiştir [53]. Doğrusal ötesi davranışı tanımlamak için malzemelerin

moment-eğrilik ilişkileri, taşıyıcı yapı elemanlarının histerisis modelleri ve diğer nonlinear parametreler tanımlanmıştır [53]. Çalışma kapsamında doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemine başvurulmuş ve bu yöntemde kullanılacak ivme kayıtları açıklanmıştır [53]. Çalışmanın altıncı ve yedinci bölümlerinde, betonarme çerçevesel konut yapılarını temsil eden modellerin oluşturulması ve analizlerle ilgili bilgiler verilmiş, çok katlı betonarme duvarlı yapıların analizleri yapılmıştır [53]. Çalışmanın sekinci ve dokuncu bölümleri ise hasar tahmin metodolojisine ayrılmıştır [53]. Hasar limitleri ve hedef değerler açıklanmıştır. Hasar olasılık eğrilerinin çizilebilmesi için gerekli hesaplamalar yapılmış ve eğriler oluşturulmuştur [53]. Çalışmanın sonuç bölümünde, Porto Riko'daki betonarme konut binalarının deprem halinde, maksimum hasar seviyesine ulaşma riskinin ortalama %65 düzeyinde olduğu ve ciddi şekilde güçlendirme çalışmalarına ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır [53].

(Ay, 2006); Türkiye'deki az ve orta katlı betonarme çerçevesel binaların hasar görebilirliğini incelemiştir [54]. Çalışma betonarme çerçevesel yapıların hasar görebilirliği, deprem riskinin tahmini ve olası etkilerinin hafifletilmesini hedeflemektedir [54]. Yerel yapı karakteristiği ve bina envanteri göz önüne alınarak ülkemizdeki yapı stokunun yaklaşık %75'ini oluşturan ve genellikle konut amaçlı kullanılan az ve orta katlı betonarme çerçevesel yapı sistemleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında 3, 5, 7 ve 9 katlı betonarme çerçevesel yapıların mevcut deprem yönetmeliklerine uygun olarak sismik tasarımı yapılmış ve bu yapılara ait iki boyutlu analitik modeller hazırlanmıştır [54]. Malzeme değişkenliğindeki belirsizlikler yapı simülasyonlarının oluşturulmasında göz önüne alınmış, bu modeller ülkemize özgü yapı karakteristikleri ve büyük depremler sonrası elde edilen sismik performans gerçekleri doğrultusunda yetersiz, olağan veya iyi kalitede olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır [54]. Yapıların farklı deprem grupları için hesaplanmış talep istatistikleri katlararası ötelenme oranı ile ifade edilmiştir [54]. Yapısal kapasite ise hasar sınırları ile tanımlanmıştır [54]. Hasar görebilirlik eğrileri her bir yapı sınıfı için oluşturulmuştur [54]. Ortaya çıkan sonuçların ışığında çerçevesel betonarme sistemlerinin yapısal zayıflıkları hasar olasılık fonksiyonları ile gösterilmiştir [54].

(Ramamoorthy 2006); Orta Amerika bölgesindeki binaları ele alarak hasar olasılık(kırılma) eğrileri oluşturmuştur [55]. Çalışmada, Orta Amerika

bölgesindeki yapı stokunun yaygın olarak düşey yüke göre tasarlanmış betonarme yapılar olduğu ve bu binaların sınırlı yanal dirence sahip, deprem yüklemesi sırasında kat mekanizmalarına duyarlılığından bahsetmiştir [55]. Bu çalışmadaki kırılma tahminleri de Orta Amerika Bölgesi'ndeki Betonarme binaların sismik güvenlik açığını değerlendirmek için geliştirilmiştir [55]. Kırılma; etki ettirilen depremde performans kapasitesine ulaşılması veya performans seviyesinin aşılmasının koşullu olasılığı olarak tanımlanmıştır. 1 ile 10 kat arası Betonarme binaları temsil etmesi için; kat yükseklikleri 1, 2, 3, 6, ve 10 olan beş örnek yapı seçilmiş ve kullanılmıştır [55]. Binanın temel seviyesindeki spektral ivme, katlar arasındaki maksimum ötelenme tahmini için Likelihood ve Bayesyen metodolojisinden yararlanılmıştır [55]. Bu metotla olasılıklı talep modelleri geliştirilmiştir [55]. Talep modellerindeki bilinmeyen parametreler yapıların modellerine uygulanan nonlineer time history analizi ile tahmin edilmiş ve kapasite değerleri doğrusal olmayan itme analizleriyle hesaplanmıştır [55]. Çalışmada ek olarak, 2 ve 3 katlı binaların deprem performansını artırmak için kolon güçlendirme uygulaması yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır [55]. Bu karşılaştırmadaki hasar tahminleri, güçlendirme uygulamalarının hasar olasılıklarını azaltmada ne kadar önemli olduğunu göstermiştir [55].

(Kircil ve ark., 2006); İstanbul'daki mevcut yapı stoku içerisinde önemli bir yer tutan, orta yükseklikteki betonarme çerçevelerin hasar olasılıkları irdelenmiş, hasar olasılık eğrileri oluşturulmuştur [18]. Mevcut yapı stokunu, malzeme ve taşıyıcı sistem özellikleri bakımından temsil edebileceği düşünülen bir bina tipi, 1975 tarihli deprem yönetmeliğine göre 3, 5 ve 7 katlı olarak tasarlanmış, Zeytinburnu bölgesi için üretilen on iki adet yer kaydı kullanılarak artımsal dinamik çözümlemeye tabi tutulmuştur [18]. Her bir yer hareketi altında akma ve göçme kapasiteleri, spektral ivme, spektral yer değiştirme, maksimum yer ivmesi ve göreceli kat ötelenmesi cinsinden belirlenmiştir [18]. Bu kapasiteler esas alınarak örnek binaların hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir [18].

(Nielson, 2005); Deprem tehlikesi bulunan otoyol köprüleri için hasar olasılık eğrileri geliştirmiştir [56]. Çalışmada, Orta ve Güneydoğu Amerika'da bulunan mevcut köprüler ele alınmıştır [56]. Bölgede bulunan tipik köprü tasarımlarının üç eksenli analitik modelleri tanımlanarak analizler bu modeller üzerinde

gerçekleştirilmiştir [56]. Köprü ayaklarının yüksekliği, köprü açıklık mesafesi gibi farklı parametrelerin hasar olasılığı üzerindeki etkisi incelenmiştir [56]. Çalışma neticesinde her bir parametrenin daha önceden belirlenmiş olan hasar seviyelerine ulaşılması veya aşılması olasılığını gösteren hasar olasılık eğrilerinden faydalanılmıştır.

(Akkar ve ark., 2005); Türkiye’de hasar görme potansiyeli en yüksek olan az ve orta katlı betonarme binalar için hasar görebilirlik fonksiyonları oluşturmuşlardır. Çalışmada kullanılan veri seti Türkiye’deki 2-5 katlı binaların genel özelliklerini temsil eden 32 adet örnek binadan oluşmaktadır [57]. Binaların yatay rijitlikleri, dayanım ve deformasyon kapasiteleri artımsal itme analizleri ile belirlenmiş ve 2, 3, 4 ve 5 katlı binalar için artımsal itme eğrileri oluşturulmuştur [57]. Çalışmada kat ötelenmesi cinsinden üç sınır hasar seviyesi tanımlanmıştır [57]. Binalar eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemle temsil edilmiş ve binaların dinamik analizi 82 adet deprem kaydı kullanılarak gerçekleştirilmiştir [57]. Deprem parametresi olarak PGV kullanılmış ve katsayılarına göre sınıflandırılan binalar için hasar görebilirlik eğrileri çizdirilmiştir [57].

(Singhal ve ark., 1996); Structural Engineers Association of California (SEAOC)’a göre boyutlandırılmış farklı kat adetlerine sahip betonarme binalar için hasar olasılık eğrileri üzerine çalışmıştır [58]. Çalışmada, kullanılan betonarme yapıları “1 ile 3 kat arası yapılar”, “4 ile 7 kat arası yapılar”, “8 kat ve üzeri yapılar” şeklinde 3 grupta sınıflandırılmıştır [58]. Sınıflandırılan yapıların sismik analizi yapay deprem kayıtları kullanılarak dinamik yöntemle gerçekleştirilmiştir [58]. Çalışma neticesinde spektral ivme (S_a) parametresi temel alınarak dört adet hasar seviyesi için hasar olasılık eğrileri çizmiştir [58].

3. YÖNTEM

Bu tez çalışmasında; Manisa ilimizdeki 1998 öncesi, 1998 ve sonrası farklı kat adetlerine sahip betonarme konut binaları için artımsal itme analizi esaslı yöntemle hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında; mimari ve betonarme projeleri temin edilen 341 adet betonarme konut binası 11 gruba ayrılmıştır. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi ile 11 gruptaki her bir binanın yanıl deplasman kapasitesini gösteren Pushover kapasite eğrileri elde edilmiştir. Bir sonraki adımda, çok serbestlik dereceli sistem için bulunan kapasite eğrilerine uygulanan koordinat dönüşümü ile modal kapasite diyagramları elde edilmiştir. Böylece, hasar olasılık eğrilerine parametre olarak seçilen spektral deplasman değerleri de elde edilmiş olur. Son olarak; tahmin edilecek olası hasarı derecelendirmek için 4 farklı hasar olasılık sınırı belirlenmiştir. Hesaplanan sınır değerleri yardımıyla, her bir hasar seviyesi için olasılık eğrileri çizilmiştir.

3.1. Binaların Sınıflandırılması

Mimari ve betonarme projeleri temin edilen 341 adet betonarme konut binası; kat adedi, yapım yılı ve performans puanlaması göz önüne alınarak 11 gruba ayrılmıştır. Göz önüne alınan yapılar kat adedine göre; “1-2 katlı”, “3-5 katlı” ve “6-7” katlı olmak üzere 3 kategoride sınıflandırılmıştır. Yapılar proje yılına göre ise; “1998 öncesi”, “1998 ve sonrası” olmak üzere 2 kategoride ele alınmıştır. Performans puanlamasında ise; binalar hakkındaki mevcut veriler kullanılarak, Riskli Binaların Tesbit Edilmesine İlişkin yönetmelikte (RBTE) önerilen birinci kısım hızlı değerlendirme yöntemi baz alınmıştır [59]. Performans puanı 50'nin altında hesaplanan binalar “kötü kalite” 50 ve üzeri puan alan binalar ise iyi kalite olarak kategorilendirilmiştir.

Performans puanlaması yapılırken; çalışmada değerlendirmeye alınan binaların kalite sınıfını belirlemek için binaların kolaylıkla belirlenebilecek olumlu ve olumsuz karakteristik özelliklerine pozitif ve negatif puanlar verilmiştir. Puanlama; yapıların projelerinden elde edilen verilere göre, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2 Temmuz 2013'te yayınlanan yönetmelikte önerilen performans puanları esas alınarak yapılmıştır [59].

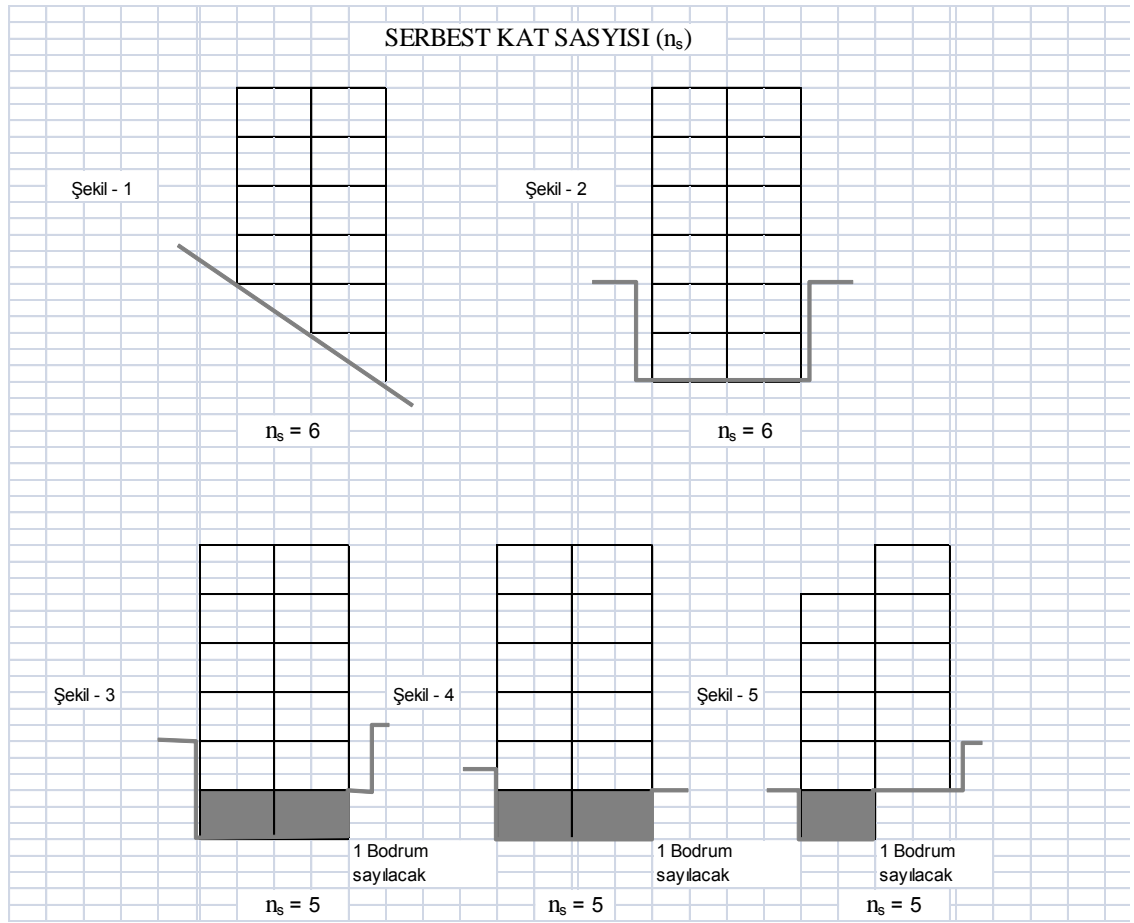
Puanlama yapılırken dikkate alınan parametreler aşağıda verilmektedir [59].

3.1.1. Taşıyıcı sistem türü

Binanın taşıyıcı sistemi belirlenerek, betonarme çerçeve (BAÇ) veya betonarme çerçeve ve perde (BAÇP) sistemlerinden biri olarak seçilecektir. Bu tez çalışmasında BAÇP sistemli binalar ayrı bir grup içinde ele alınmıştır [59].

3.1.2. Kat adedi

Binaların serbest kat adedi (n_s), deprem performansı açısından öncelikli kriterler arasındadır. Serbest kat adedi tespit edilirken Şekil 3.1’de çizimle gösterilen hususlar dikkate alınmaktadır.



Şekil 3.1. Serbest Kat Sayısı n_s 'nin Tespitine Yönelik Açıklamalar [59]

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi; herhangi bir kat alanının diğer katlardan farklı olması serbest kat alanı hesabında dikkate alınmamaktadır. Yalnızca, tamamı toprak altında kalan katlar “bodrum kat” olarak değerlendirilmektedir. Herhangi bir cephesi açık olan katlar serbest kat adedine dâhil edilmektedir.

3.1.3. Yumuşak kat/zayıf kat

Kat yüksekliği farkının yanı sıra katlar arası belirgin olarak göze çarpan rijitlik farkı da dikkate alınarak gözlemsel olarak belirlenmektedir [59].

3.1.4. Düşeyde düzensizlik

Düşeyde devam etmeyen çerçeve ve değişen kat alanlarının etkisini yansıtmak amacıyla dikkate alınmaktadır. Bina yüksekliği boyunca devam etmeyen kolonlar veya perdeler düşeyde düzensizlik olarak değerlendirilmektedir [59].

3.1.5. Ağır çıkmalar

İnşaat alanından kazanmak için, zemin katın üzerindeki katlarda dışa doğru çıkma yapılarak kat alanı genişletilmektedir. Zemine oturan kat alanı ile üst katlardaki kat alanı arasındaki farklılık ağır çıkma olarak değerlendirilmektedir [59]. Ağır çıkmalar özellikle konut binalarında sıklıkla karşılaşılan olumsuzluklar arasındadır.

3.1.6. Planda düzensizlik

Planın geometrik olarak simetrik olmaması ve düşey yapısal elemanların düzensiz yerleştirilmesi gibi durumlar, planda düzensizlik olarak değerlendirilir [59]. Planda düzensizlikler düşey düzensizliklere oranla daha önemsiz görünmekle birlikte, olumsuz parametreler arasında değerlendirilmektedir.

3.1.7. Kısa kolon etkisi

Bu çalışmada gözlem yoluyla tespit edilen kısa kolonlar değerlendirmede dikkate alınmıştır [59].

3.1.8. Yapı nizamı

Bitişik binaların konumları deprem performansını çarpışma nedeniyle etkileyebilmektedir. Kenarda yer alan binalar bu durumdan en olumsuz etkilenmekte, bitişik bina ile kat seviyeleri farklıysa bu olumsuzluk daha da artmaktadır [59]. Çarpışma etkisinin söz konusu olduğu durumlar dışarıdan yapılacak gözlemler ile belirlenir.

3.1.9. Tepe/yamaç etkisi

Yamaçlarda, eğimli arazilerde inşa edilmiş binalarda bu etki olumsuzluk parametresi olarak dikkate alınmıştır [59].

3.1.10. Deprem tehlikesi ve zemin sınıfı

Çalışmadaki yapıları sınıflandırırken kullanılan deprem tehlike dereceleri, Deprem bölgeleriyle ilişkili olmakla birlikte aynı değildir [59]. Deprem tehlike bölgeleri; deprem bölgeleri haritasında belirtilen deprem bölgeleri ve binanın oturduğu zemini derecelendiren zemin sınıfları ile uyumlu olarak Tablo 3.1 vasıtasıyla dikkate alınmıştır [59].

Tablo 3.1. Deprem Tehlike Bölgeleri [59]

| Tehlike bölgesi | DBYBHY'e göre deprem bölgesi | DBYBHY'e göre zemin sınıfı |
|-----------------|------------------------------|----------------------------|
| I | 1 | Z3/Z4 |
| II | 1 | Z1/Z2 |
| | 2 | Z3/Z4 |
| III | 2 | Z1/Z2 |
| | 3 | Z3/Z4 |
| IV | 3 | Z1/Z2 |
| | 4 | Tüm zeminler |

Tablo'da görüldüğü gibi afet yönetmeliğindeki deprem bölgeleri ile performans puanlamasında esas alınan deprem tehlike bölgeleri arasında zemin sınıfına bağlı bir ilişki vardır. Bu ilişki; zemin sınıfının iyi olması durumunda deprem tehlike bölgesinin daha az risk teşkil ettiği esasına dayanmaktadır.

3.2. Performans Sıralaması

Binalardan toplanan veriler değerlendirilerek her bina için bir performans puanı hesaplanmakta ve elde edilen sonuçlar binaların sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Sınıflandırmanın sistematik şekilde yapılabilmesi için her bina için; Tablo 3.2'de verilen form kullanılarak binalara ait veriler kayıt altına alınır.

Tablo 3.2. Betonarme Binalar İçin Veri Toplama Formu [59]

| | | | | | |
|---------------------------|--|---------------------------------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| Yapısal Sistem | <input type="checkbox"/> Betonarme Çerçeve | | <input type="checkbox"/> BA Çerçeve+Perde | | |
| Kat Adedi(n_s) | | | | | |
| Yapı Nizamı | <input type="checkbox"/> Bitişik | <input type="checkbox"/> Ayrık | Köşede Ayrık | | |
| Bitişik Bina Kat Seviyesi | <input type="checkbox"/> Aynı | | <input type="checkbox"/> Farklı | | |
| Ağır Çıkma | <input type="checkbox"/> Var | | <input type="checkbox"/> Yok | | |
| Yumuşak/Zayıf Kat | <input type="checkbox"/> Var | | <input type="checkbox"/> Yok | | |
| Kısa Kolon | <input type="checkbox"/> Var | | <input type="checkbox"/> Yok | | |
| Düşey Düzensizlik | <input type="checkbox"/> Var | | <input type="checkbox"/> Yok | | |
| Plan Düzensizliği | <input type="checkbox"/> Var | | <input type="checkbox"/> Yok | | |
| Görünen Kalite | <input type="checkbox"/> İyi | <input type="checkbox"/> Orta | <input type="checkbox"/> Kötü | | |
| Eğim | <input type="checkbox"/> Düz | | <input type="checkbox"/> Eğimli > %30 | | |
| Zemin Sınıfı | <input type="checkbox"/> Z1 | <input type="checkbox"/> Z2 | <input type="checkbox"/> Z3 | <input type="checkbox"/> Z4 | |
| Kullanım Amacı | <input type="checkbox"/> Konut | <input type="checkbox"/> Ticari | <input type="checkbox"/> Endüstri | <input type="checkbox"/> Kamu | <input type="checkbox"/> Metruk |

Betonarme binaların performans puanları, binaların buldukları yerin deprem tehlikesini ve mevcut bina özelliklerini yansıtan parametrelere bağlı olarak hesaplanmaktadır. Tablo 3.3 kullanılarak incelenen her bina için, binanın bulunduğu yerin deprem tehlike bölgesine ve kat sayısına bağlı bir taban puan (TP) belirlenir.

Tablo 3.3. Taban Ve Yapısal Sistem Puanı Tablosu [59]

| 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 |

Tabloda deprem tehlike bölgeleri, bina kat sayısı ve yapısal sistem türüne bağlı olarak taban performans puanları belirlenmektedir. Buradaki deprem tehlike bölgeleri, afet yönetmeliğindeki deprem bölgelerinden farklı olarak zemin sınıfını da

kapsamaktadır. Ayrıca Tablo 3.3’de görüldüğü gibi taşıyıcı sistem türünün etkisi, olumlu puan olarak dikkate alınmaktadır. Betonarme çerçeve (BAÇ) sistemine sahip binalar için herhangi bir ilave puan verilmeyip, Betonarme çerçeve ve perde (BAÇP) sistemli binalarda Tablo 3.3 kullanılarak olumlu parametre puanı (OP) verilmektedir. Olumsuzluk parametre puanları ise; her bir bina için Tablo 3.4’teki olumsuzluk parametre değerleri ile Tablo 3.5’teki olumsuzluk parametre puanlarının çarpılmasıyla elde edilmektedir.

Tablo 3.4. Olumsuzluk Parametre Değerleri (Oİ) [59]

| Olumsuzluk parametre no | Olumsuzluk parametresi | Durum 1 | | Durum 2 | |
|-------------------------|------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | | Parametre tespiti | Parametre değeri | Parametre tespiti | Parametre değeri |
| 1 | Yumuşak kat | Yok | 0 | Var | 1 |
| 2 | Ağır çıkma | Yok | 0 | Var | 1 |
| 3 | Görünen kalite | İyi | 0 | Orta (Kötü) | 1 (2) |
| 4 | Kısa kolon | Yok | 0 | Var | 1 |
| 5 | Tepe/Yamaç etkisi | Yok | 0 | Var | 1 |
| 6,7 | Planda düzensizlik | Yok | 0 | Var | 1 |

Tablo 3.5. Olumsuzluk Parametre Puan (OPİ) Tablosu [59]

| Kat | Olumsuzluk parametre puanları (OP) | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------------|--------|------------|-----------------------------------|-------|--------|--------|------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| | Yum. kat | Kalite | Ağır çıkma | Kat seviyesi/Bağımsız bina durumu | | | | Düşeyde düzensiz | Planda düzensiz /Burulma | Kısa Kolon | Tepe yamaç etkisi |
| | | | | Aynı | Aynı | Farklı | 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 |

Görünen kalite dışındaki tüm olumsuzluk parametreleri için “var” veya “yok” şeklinde tespitler yapılır. Bu tespitlere karşılık gelen olumsuzluk parametre değerleri (O_i) "var" ve "yok" durumları için sırasıyla 1 ve 0 alınır. Görünen kalite değerlendirmesi "iyi" ise olumsuzluk parametre değeri (O_i) 0, "orta" ise 1 "kötü" ise 2 olarak işaretlenir.

Bina için performans puanı (PP) Denklem 3.1'in uygulanması ile hesaplanmaktadır.

$$PP = TP + \sum_{i=1}^n O_i * OP_i + YSP \quad (3.1)$$

3.1'de TP taban puanını, O_i her bir olumsuzluk parametresini ($i=1$ 'den 8'ye kadar), OP_i olumsuzluk parametre puanını (Tablo 3.3 – 3.5) ve YSP olumlu parametre puanını temsil etmektedir. Yapısal sistem puanları (YSP) Tablo 3.3'den alınır.

İncelenen bölgedeki binalara yöntemin uygulanması sonucu her bir bina için performans puanı PP hesaplanacaktır. Hesaplanan performans puanları büyükten küçüğe doğru sıralanacaktır. Bu şekilde hesaplanan puanların dağılımı kullanılarak bölgeler arasında risk önceliği de belirlenebilmektedir. Fakat bu çalışmada performan puanları sadece binaları sınıflandırmak amacıyla hesaplanmış, binaların deprem hasar seviyelerini belirlemek için kullanılan parametreler nonlinear statik analizler sonucunda elde edilmiştir.

Performans puanlamasına göre sıralanan binalarda; 50 puan aşağısı kötü kalite, 50 puan üzeri iyi kalite olarak kabul edilmiştir. Performans puanlaması sisteminde en büyük olumsuzluk puanına sahip yumuşak kat, zayıf kat, ağır çıkma, taşıyıcı elemanların düşey süreksizliği gibi etkenler teknik olarak 1 katlı yapılarda bulunmamaktadır. 2 katlı binalarda ise çok az rastlanmaktadır. Çalışmada değerlendirilen 1 ve 2 katlı binaların tamamında olumsuzluk puanları 70 puanın üzerinde ve birbirine yakın çıkmıştır. Yönetmeliğin önerdiği birinci aşama hızlı değerlendirme yönteminde yer alan en büyük olumsuzluk parametreleri, ağır çıkma ve yumuşak kat olarak göze çarpmaktadır. Tek katlı konutlarda ağır çıkma, düşey düzensizlik ve yumuşak kat hiç bulunmazken, 2 katlı konutların tamamına yakınında da bu olumsuzluk parametreleri bulunmadığından performans puanları yüksek çıkmıştır. Bu nedenle 1 ve 2 katlı yapılarda 2 Temmuz yönetmeliğinde önerilen birinci aşama değerlendirme yöntemine göre kötü kalite bina grubu oluşturulamamıştır. 1 ve 2 katlı binalar sadece yapım yılına göre 1998 öncesi ve sonrası olarak iki gruba ayrılabilmiştir.

Buna göre oluşturulan 11 grup aşağıdaki gibidir:

98Ö12 = 1998 öncesi inşa edilmiş 1-2 katlı betonarme çerçeveler

98S12 = 1998 ve sonrası inşa edilmiş 1-2 katlı betonarme çerçeveler

98Ö35İ = 1998 öncesi inşa edilmiş 3-5 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler

98S35İ = 1998 ve sonrası inşa edilmiş 3-5 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler

98Ö35K = 1998 öncesi inşa edilmiş 3-5 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler

98S35K = 1998 ve sonrası inşa edilmiş 3-5 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler

98Ö67İ = 1998 öncesi inşa edilmiş 6-7 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler

98S67İ = 1998 ve sonrası inşa edilmiş 6-7 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler

98Ö67K = 1998 öncesi inşa edilmiş 6-7 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler

98S67K = 1998 ve sonrası inşa edilmiş 6-7 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler

P67 = 6-7 katlı perde duvarlı betonarme çerçeveler.

Gruplarda yer alan binalara ait hasar olasılık eğrilerinde kullanılacak parametreler için her bir bina nonlinear statik itme analizi ile her iki deprem doğrultusunda analiz edilmiştir.

3.3. Statik İtme Analizi ile Binalara Ait Parametrelerin Elde Edilmesi

Analitik yöntemlerde kullanılacak veri seti, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz, elastik spektrum analizi veya doğrusal olmayan statik analiz yöntemi gibi farklı analizler kullanılarak elde edilebilmektedir [17, 43, 45, 60, 61]. Analitik hesaplamalarda kullanılan yöntemler genel olarak; “doğrusal yöntemler” ve “doğrusal olmayan yöntemler” olmak üzere 2 kısımdır. Doğrusal analizler; elastik çözüm yöntemlerini kullanır ve elastik ötesi davranışları belirli kat sayılarıyla elastik çözüme dâhil eden yaklaşımlar benimser. Yapı elemanlarının deprem anındaki davranışlarını gerçeğe en yakın şekilde modellemek için ise elastik ötesi davranışı da dikkate alan doğrusal olmayan yöntemler kullanılır. Bu yöntemler içinde yapının gerçek davranışını en iyi temsil eden, nonlinear time-history (TH) analizi olarak kabul edilmektedir [62, 63, 64, 65]. Gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde nonlinear yöntemlerin kullanımı kolaylaşmakla birlikte, TH analizi çok parametreliliği nedeniyle çözüm yolu sebebiyle halen uzun zaman alan bir yöntemdir. Konuyla ilgili literatürdeki çalışmalar; parametrelerin doğru seçilmesi ve doğru kabuller yapılması durumunda nonlinear statik Pushover (NSP) analizinin uygun bir alternatif olduğunu

göstermektedir [62, 63, 64, 65]. Bu sebeple bu tez çalışmasında da doğrusal olmayan statik itme analizi esaslı yöntem tercih edilmiştir. Hasar olasılık eğrileri, analitik esaslı yöntemle elde edilmesinde, binaların artımsal yanal yükleme altındaki yatay yerdeğiştirme kapasiteleri kullanılmıştır.

Statik itme analizi veya yaygın olarak kullanılan ismiyle “pushover” analizi genel olarak; yapıda adım adım arttırılan yanal yüklerin etkisinde rijitlik ile dayanım değişimini test eder. Yapı elemanlarındaki inelastik davranış özellikleri dikkate alınarak, yatay yük – yatay yerdeğiştirme ilişkisi analiz edilir. Yük ve yerdeğiştirmenin maksimum olduğu noktalar genellikle; yapının taban noktası ve tepe noktasıdır. Bu nedenle, analizlerde genellikle taban kesme kuvveti ile tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki malzeme ve geometri değişimleri bakımından incelenmektedir.

Pushover analizlerinde uygulanan iki farklı hesaplama yöntemi; Deplasman kontrollü analiz ve Yük kontrollü analizdir. Deplasman kontrollü yöntemde, yapının en üst katında (tepesinde) ağırlık merkezinin bulunduğu nokta belirli bir deplasman seviyesine ulaşıncaya kadar yatay yükleme yapılır. Kuvvet kontrollü yöntemde ise yapı belli bir yatay yük seviyesine ulaşıncaya kadar yüklenir. Bu yüklemeler belirli aralıklar ile arttırılarak her bir adımda yapı elemanlarında ortaya çıkan kuvvet-yerdeğiştirme ilişkileri incelenir ve yapının hasar düzeyi belirlenir [40, 66].

Bu tez çalışmasında kullanılan statik itme analizinde; yapının dinamik atalet kuvvetleri, kat seviyelerine etki ettirilen yatay yükler ile temsil edilmiştir. Analizin devamında, taşıyıcı sistemin geometrisi, kesit ve malzeme özellikleri ile elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak sistem artımsal olarak adım adım yüklenmekte ve toplam yatay yükle en üst noktanın yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki elde edilmiştir. Artımsal itme analizinin temelinde; “Yatay yükler aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılmaya devam ederken, kesitlerin biri veya birkaçı taşıma kapasitelerine erişmekte ve bu kesitlerde plastik mafsallık oluşmaktadır. Plastik mafsallık oluşan kesitler, taşıma güçlerinde değişme olmaksızın dönmeye devam etmektedir. Plastik mafsallar arasında sistemin, doğrusal-elastik davrandığı kabul edilmektedir. Yatay yükler arttırılmaya devam edilerek, yapının bir bölümünü veya tamamını mekanizma durumuna getiren limit yüke ulaşılmaktadır. Her yük değeri için; toplam taban

kesme kuvveti ile buna karşılık gelen tepe noktası yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki belirlenerek yapının itme eğrisi elde edilmektedir” [40].

3.4. Modal Kapasite Eğrisinin Elde Edilmesi

Bir önceki bölümde anlatıldığı üzere itme analizi ile koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

İlk olarak; (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ denklem 3.2’den elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.2)$$

İkinci olarak;(i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı için ise, denklem 3.3’deki bağıntıdan yararlanılır:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.3)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , Taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan etkin kütle oranlarından yararlanılarak denklem 3.4 kullanılarak elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.4)$$

Denklemdede; L_{x1} ve M_1 ; Türk Deprem Yönetmeliği’ne göre; Denklem 3.5 ve Denklem 3.6 kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^N m_i \Phi_{yin} \quad (3.5)$$

$$M_n = \sum_{i=1}^N (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2) \quad (3.6)$$

- a_1 = Birinci (hâkim) moda ait modal ivme
 a_{y1} = Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
 C_{R1} = Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
 d_1 = Birinci (hâkim) moda ait modal yerdeğiştirme
 d_{y1} = Birinci moda ait eşdeğer akma yerdeğiştirmesi
 $d_1^{(p)}$ = En son (p)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait maksimum modal yerdeğiştirme (modal yerdeğiştirme istemi)
 R_{y1} = Birinci moda ait Dayanım Azaltma Katsayısı
 $S_{ae1}^{(1)}$ = İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
 $S_{de1}^{(1)}$ = İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
 S_{di1} = Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme
 T_B = Karakteristik periyod
 $T_1^{(1)}$ = Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
 $\omega_1^{(1)}$ = Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hâkim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
 ω_B = Karakteristik periyoda karşı gelen doğal açısal frekans;

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hâkim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak Denklem 3.7 kullanılarak elde edilir:

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.7)$$

Doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} 'den hesaplanır:

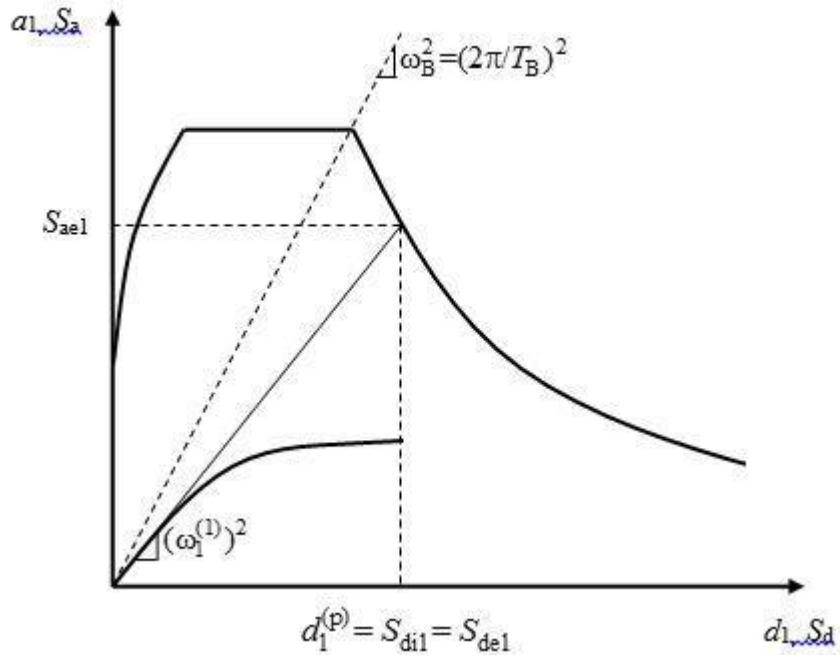
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.8)$$

Denklem 3.7’de yer alan spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$ ’in değerine ($T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$) bağlı olarak belirlenir. Eğer $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodu, karakteristik periyod T_B ’ye eşit veya daha uzun olması durumunda; doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{dil} , eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu yine $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal elastik sistem’e ait lineer elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} ’e eşit alınacaktır. Buna gore; spektral yerdeğiştirme oranı:

$$C_{R1} = 1 \quad (3.9)$$

şekil 3.2’de ve onu izleyen şekil 3.3’te birinci (hâkim) titreşim moduna ait modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu bir arada çizilmiştir.

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, karakteristik periyod T_B ’den daha kısa olması durumunda ise; spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , ardışık yaklaşımla hesaplanacaktır:



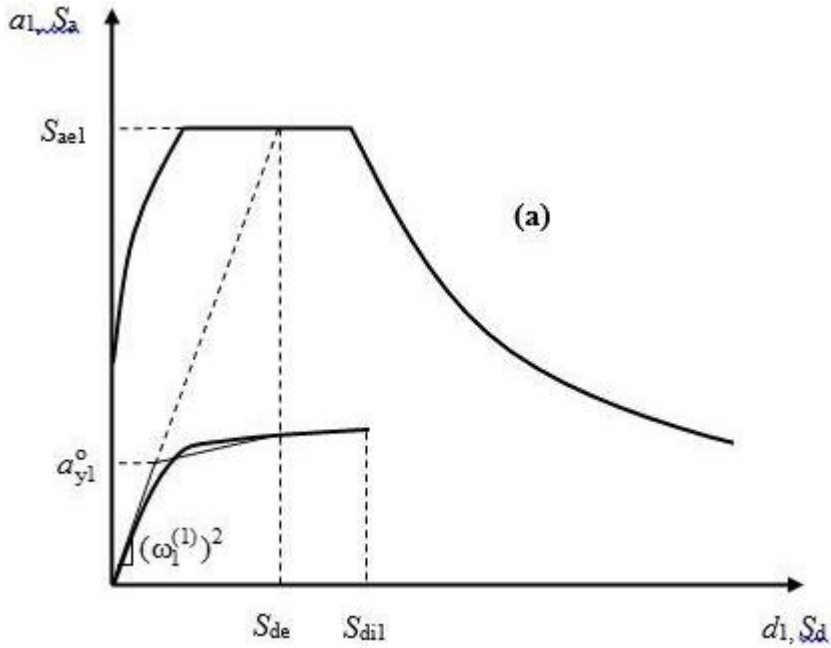
şekil 3.2. Modal Kapasite Eğrisi ile Davranış Spektrumunun Birlikte Gosterimi

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, Şekil 3.2’de gösterildiği üzere, yaklaşık olarak iki doğru bir diyagrama dönüştürülür. Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrusunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır.

- Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1} = 1$ kabulü yapılarak, eşdeğer akma noktası’nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.2’de görülen a_{y1}^o esas alınarak C_{R1} aşağıda şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.10)$$

Bu bağtıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı’nı göstermektedir:



Şekil 3.3. Eşdeğer Akma İvmesinin Yeniden Belirlenmesi

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.11)$$

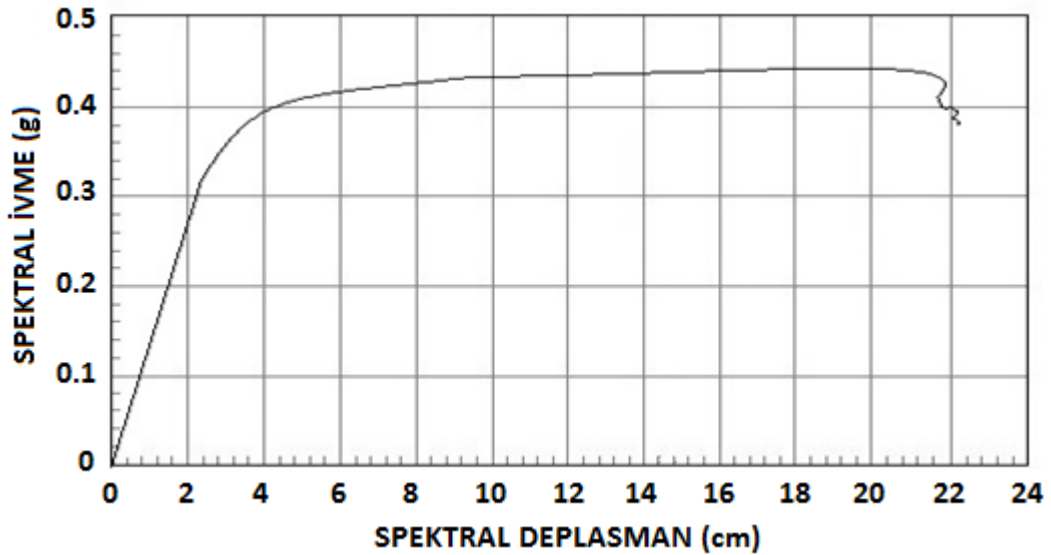
- Denklem 3.10’da bulunan C_{R1} kullanılarak Denklem 3.7’ye göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşdeğer akma noktası’nın koordinatları, Şekil 3.3’de gösterildiği

üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.

- $i = p$ için Denklem 3.3'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem 3.12'de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilecektir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.12)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşınca kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır. Yukarıdaki adımlar izlenerek elde edilen modal kapasite diyagramı tipik olarak Şekil 3.4'deki gibidir:



Şekil 3.4. Tipik Bir Modal Kapasite Eğrisi

Binalara ait modal kapasite diyagramalı ve spektral deplasman değerleri elde edildikten sonra bu değerlerin karşılaştırılabileceği hasar olasılık sınırları belirlenir.

3.5. Sınır Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi

Mevcut binalardan elde edilen verilerle hasar olasılık eğrileri oluşturulurken; eğri sayısı kadar sınır değere ihtiyaç duyulmaktadır. Hasar olasılık sınırlarının

belirlenmesinde farklı yaklaşımlar olmakla birlikte, literatürde yaygın olarak kullanılan hasar sınırları; FEMA tarafından geliştirilen HAZUS dökümanında önerilen değerlerdir [67]. Ülkemizde de; İstanbul ve İzmir deprem master planları gibi birçok çalışmada, hasar olasılık sınırları olarak bu değerler kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında da; hasar olasılık eğrilerinin oluşturulmasında önemli bir yere sahip sınır hasar seviyeleri olarak, HAZUS'un öngördüğü bina yapım yılı, kat adedi ve yapısal sistem türüne bağlı olarak değişen değerler kullanılmıştır [67]. Tablo 3.6'da Tez çalışmasında kullanılan hasar olasılık sınırları görülmektedir.

Tablo 3.6. Katlararası Ötelenme Oranına Bağlı Hasar Olasılık Sınırları (%)

| Az Katlı Betonarme Moment Çerçeveleri | | | | |
|---|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Standart | Hafif Hasar (%) | Orta Hasar(%) | Ağır Hasar(%) | Çok Ağır Hasar(%) |
| Düşük (Low Code) | 0,005 | 0,008 | 0,02 | 0,05 |
| Orta (Moderate Code) | 0,005 | 0,0087 | 0,0233 | 0,06 |
| Orta Katlı Betonarme Moment Çerçeveleri | | | | |
| Standart | Hafif Hasar(%) | Orta Hasar(%) | Ağır Hasar(%) | Çok Ağır Hasar(%) |
| Düşük (Low Code) | 0,0033 | 0,0053 | 0,0133 | 0,0333 |
| Orta (Moderate Code) | 0,0033 | 0,0058 | 0,0156 | 0,04 |
| Orta Katlı Betonarme Çerçeve + Perde Duvar Sistemler | | | | |
| Standart | Hafif Hasar(%) | Orta Hasar(%) | Ağır Hasar(%) | Çok Ağır Hasar(%) |
| Düşük (Low Code) | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,02 |

Bu çalışmada; 1 ve 2 katlı yapılar “az katlı” 3-7 katlı yapılar ise “orta katlı” binalar olarak kabul edilmiştir. Tablo 3.6'daki sınır değerler kullanılarak, dört hasar sınırı belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla;

- Sd1- Hafif Hasar Sınırı,
- Sd2- Orta Hasar Sınırı,
- Sd3- Ağır Hasar Sınırı ve
- Sd4-Çok Ağır Hasar Sınırı'dır.

Bu dört hasar sınırı beş hasar bölgesini birbirinden ayırmaktadır. Bu hasar bölgeleri ise sırasıyla aşağıdaki şekildedir:

- Hasarsızlık Bölgesi,
- Hafif Hasar Bölgesi,
- Orta Hasar Bölgesi,
- Ağır Hasar Bölgesi
- Çok Ağır Hasar Bölgesi.

Hasar sınır değerleri belirlendikten sonra hasar olasılıklarının hesaplanması istatistikte yaygın olarak kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları yardımıyla yapılmaktadır. İstatistiksel sonuçları matris gösterimi veya grafik gösterimiyle ifade etmek mümkündür. Elde edilen hasar tahmin oranlarının matris şeklinde gösterilmesi “hasar olasılık matrisleri” olarak adlandırılmaktadır. Sonuçların Grafik şeklinde gösterilmi ise “hasar görülebilirlik eğrileri”, “hasar olasılık eğrileri” veya “hasar olasılık eğrileri” şeklinde adlandırılmaktadır.

3.6. Hasar Olasılık Hesaplamaları ve Hasar Olasılık Eğrileri

Deprem etkileri altında betonarme binalarda oluşabilecek çeşitli hasarların önceden belirlenebilmesi her zaman önemli bir araştırma konusu olmuştur. Yaşanan depremler sonucu yapılarda oluşan büyük hasar ve ekonomik kayıplar, gelecek depremlerde oluşabilecek hasarın tahmin edilebilmesi için mevcut bina stokunun hasar görülebilirlik riskinin değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Deprem tehlikesine maruz belli bir bölgede oluşabilecek yapısal hasarın belirli bir deprem parametresi için olasılık dağılımı, genellikle hasar olasılık matrisleri ve hasar görülebilirlik eğrileri kullanılarak ifade edilmektedir.

3.6.1. Hasar Olasılık Matrisleri

Hasar olasılık matrisi, hasar dağılımının tablo şeklinde gösterilmesi ile elde edilmektedir. Tablodaki her bir kolon depremin şiddetini, bu kolonlardaki sayılar ise

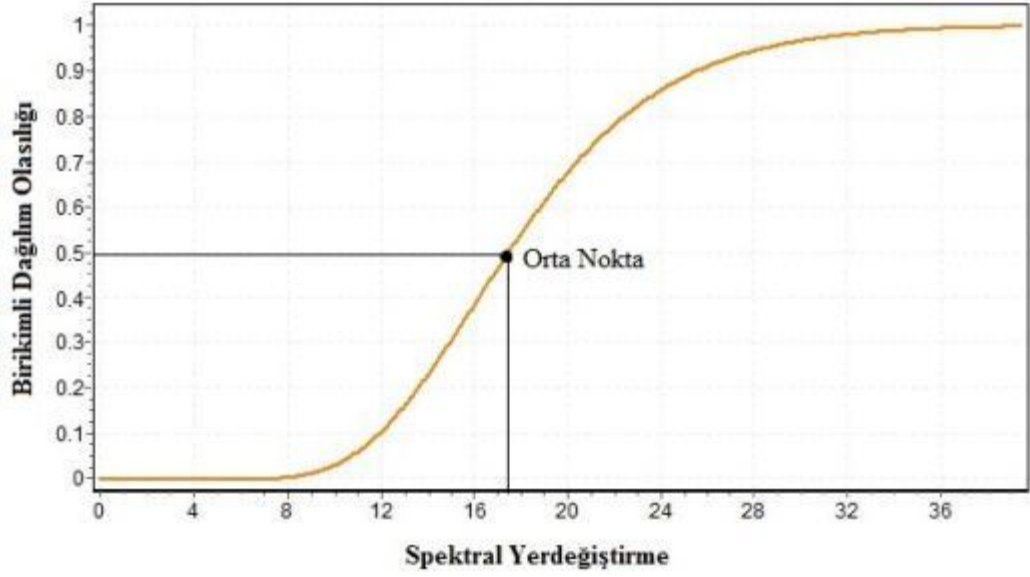
değişik hasar seviyelerindeki binaların oranını gösterir [40]. Her bir kolondaki sayıların toplamı 1'dir. Hasar olasılık matrisi, farklı deprem şiddetleri için önceden tanımlanan hasar durumlarına ulaşılmasının ayırık olasılığını vermektedir. Tipik bir hasar olasılık matrisi Tablo 3.7'de görülmektedir.

Tablo 3.7. Tipik Hasar Olasılık Matrisi

| Hasar Seviyesi | Deprem Şiddeti | | | | | |
|-----------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| <i>Hasarsız</i> | %80 | %40 | | | | |
| <i>Çok Az Hasar</i> | %16 | %48 | | | | |
| <i>Az Hasar</i> | %4 | %10 | %6 | %4 | | |
| <i>Orta Hasar</i> | | %2 | %10 | %15 | %5 | |
| <i>Ağır Hasar</i> | | | %30 | %16 | %15 | %6 |
| <i>Çok Ağır Hasar</i> | | | %39 | %30 | %30 | %24 |
| <i>Çok Ağır Hasar</i> | | | %15 | %35 | %50 | %70 |

3.6.2. Hasar Olasılık Eğrileri

Hasar olasılık eğrileri, belirli bir deprem parametresine bağlı olarak (S_a , S_d , PGA vb.) belirli bir hasar seviyesine ulaşılması veya aşılması olasılığını gösteren ve deprem riskinin grafiksel olarak gösterimini sağlayan fonksiyonlardır. Belirli bir hasar seviyesine ait hasar olasılık eğrisi, seçilen bir yer hareketi parametresi için önceden belirlenmiş sınır hasar seviyesine ulaşılması veya aşılması koşullu olasılığının hesaplanması ile elde edilir [40]. Hasar olasılık eğrilerinde yatay eksen seçilen deprem parametresini gösterirken, dikey eksen ise hasarın önceden belirlenmiş hasar seviyelerine erişmesinin veya aşmasının birikimli olasılığını göstermektedir [18, 40, 46, 49, 55]. Bir diğer ifadeyle; hasar olasılık eğrileri normal, lognormal veya beta dağılımı gibi birikimli dağılım fonksiyonları olarak ifade edilmektedirler [26, 43, 46, 68]. Modal yerdeğiştirme (S_d) parametresine bağlı tipik bir hasar olasılık eğrisi aşağıda verilen Şekil 3.5'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.5. Spektral Deplasmana Bağlı Tipik Bir Hasar Olasılık Eğrisi

Şekilde görüldüğü gibi hasar olasılık eğrisinin düşey eksenini birikimli dağılım olasılığını, yatay eksen ise seçilen parametreyi göstermektedir. Birikimli dağılım olasılığının %50'ye karşılık geldiği nokta ise “orta değer” olarak adlandırılır ve eğrilerden yapılan okumalarda genellikle orta değer kullanılır.

Eğrilerin oluşturulmasında temel alınan parametreler genellikle beş farklı prosedür ile elde edilir. Bunlar: (1) Uzman görüşü tabanlı yaklaşım, (2) doğrusal olmayan statik analiz prosedürü, (3) Dinamik analiz prosedürü, (4) ampirik yollarla ve (5) Hibrit prosedürdür [26, 46].

Bu yöntemlerin her birinin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin ampirik yöntemlerde, geçmiş depremlerden elde edilen bina hasar dağılımları ait veriler kullanılmaktadır. Binanın hasar görmesine neden olabilecek birçok etkenin (bina-zemin etkileşimi, binanın bulunduğu bölgenin topografik özellikleri vb.) dikkate alınabilmesi nedeniyle gözleme dayalı olarak belirlenen bu veriler oldukça gerçekçi olmakla birlikte gözlemsel verilere dayanan ampirik yöntemler kısıtlı bir uygulama alanına sahiptir [40]. İstanbul için yapılmış ampirik bir çalışmada belirli bölgelerdeki sınırlı sayıda bina incelemesi ve hasar kayıtlarıyla elde edilmiştir ve Manisa'daki bölge ve bina yapılarıyla örtüşmeyebilmektedir.

Avantajlı yönleri ise; deneysel yöntemlerle elde edilen hasar olasılık eğrilerinin genelleştirilmesine sıcak bakılmasa da çok sayıda binanın deprem performansına ait verinin elde edilmesi ile daha geniş bir uygulama alanına sahip olabilmektedirler [40].

Uzman görüşüne bağlı yöntemlerde ise; deprem ve hasarlı binalar konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye sahip inşaat mühendisleri, farklı deprem etkileri altında oluşabilecek hasar dağılımıyla ilgili tahminlerde bulunmaktadır. “Bu yöntemde farklı deprem seviyelerindeki hasar oranının belirlenebilmesi için uzman kişilerin tahminlerine bağlı olasılık dağılım fonksiyonları elde edilmektedir. Belirli bir hasarın oluşma olasılığı bu olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak belirlenmekte ve bu olasılığın ilgili deprem şiddetine karşılık çizilmesiyle hasar olasılık eğrileri elde edilebilmektedir” [40].

Hasar tahmin çalışmalarında ve hasar olasılık eğrilerinin oluşturulmasında “uzman görüşü” yönteminden ATC 40 yönetmeliğinde de faydalanılmıştır [4, 40]. Uzman görüşüne dayalı hasar olasılık eğrilerinin güvenilirliği görüş alışverişinde bulunulan uzman kişinin bilgi ve tecrübesine bağlı olarak değişmektedir [40, 60]. Yöntemin en büyük dezavantajı ise güvenilirliğinin kişiye bağlı olmasıdır. Yöntemi uygulayan mühendislerin uzmanlığına bağlı olarak güvenilirlik değişeceğinden, bu yöntem için standart bir güvenilirlik ifadesi kullanmak doğru olmayacaktır [40].

Son yıllarda yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda analitik olarak elde edilen hasar olasılık eğrilerinden faydalanılmıştır [18, 24, 41, 48, 50, 53]. Analitik hasar olasılık eğrilerinin hesaplanmasında; yer ivmesinin pik değeri, kat ötelenmesi, spektral ivme veya spektral deplasman gibi bir parametre referans alınarak hasar olasılık seviyeleri belirlenir. Belirlenen bu hasar olasılık seviyelerine ulaşılması veya aşılması olasılığı kümülatif olarak hesaplanır [18, 19, 26, 27, 29]. Bu tez çalışmasında referans parametre olarak spektral deplasman (S_d) değerleri kullanılmıştır. Yapıların deprem performanslarının, spektral deplasman değerleri arasında yakın ilişkili olduğu yaygın kabul gören bir yaklaşımdır [18, 19, 40].

3.7. Hasar Olasılık Eğrilerinin İstatiksel İfadesi

Hasargörebilirlik eğrileri genel olarak lognormal birikimli dağılım fonksiyonu ile ifade edilmektedir [40]. Normal dağılımın özelliklerinin iyi bilinmesi

ve kullanımının kolay olması, normal dağılmış olmayan (çarpık dağılmış) değişkenlerin de uygun bir dönüşümle normal dağılıma uydurulmasına çalışmamıza yol açar [40, 69]. Bu amaçla en çok kullanılan dönüşüm logaritmik dönüşümdür [40]. X rastgele değişkenine $Y = \ln x$ şeklinde logaritmik bir dönüşüm uygulandığında, dönüştürülmüş Y değişkeninin dağılımı normal ise X'in dağılımına lognormal dağılım denir [40, 69].

Lognormal dağılıma sahip bir rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu, denklem 3.13'deki gibidir [40]

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp - \left[-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2} \right], (0 < x < +\infty) \quad (3.13)$$

Bu dağılımdaki μ_Y ve σ_Y parametreleri, Y değişkeninin lognormal ortalaması ve lognormal standart sapmasıdır. μ_X ve σ_X (ortalama ve standart sapma) değerleri μ_Y ve σ_Y değerleri birbirine denklem 3.14 ve 3.15'deki gibi ilişkilidir [40].

$$\mu_Y = \ln \left[\mu_X / \sqrt{\left(\frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} + 1 \right)} \right] \quad (3.14)$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\ln \left(\frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} + 1 \right)} \quad (3.15)$$

Sürekli rastgele bir değişkenin sonlu bir aralıkta bulunması olasılığı, bu aralığı küçük parçalara ayırıp bu parçalarda bulunma olasılıklarının toplanmasıyla hesaplanabilir. Sonuç olarak sürekli rastgele bir değişkenin [a,b] aralığında bulunma olasılığı denklem 3.16'deki gibi yazılabilir [40].

$$P(a < X \leq b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x=a}^{x=b} f(x) dx = \int_{x=a}^{x=b} \frac{1}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp - \left[-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2} \right] dx \quad (3.16)$$

Depremde hasar-olasılık dağılımının lognormal dağılıma uyduğu varsayımına bağlı olarak hasar görebilirlik eğrileri lognormal birikimli dağılım fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Buna göre ilgili hasar seviyesine ait hasar görebilirlik eğrisinin analitik ifadesi Denklem 3.17'deki gibi yazılır [40].

$$Pd \geq (d_{S_i} | S_d) = \varphi \left(\frac{\ln(S_d) - \overline{S_{d_{S_i}}}}{\beta_{d_{S_i}}} \right) \quad (3.17)$$

Denklemden, P sembolik olarak hasarı temsil eden d 'nin modal yerdeğiştirme S_d ile ifade edilen deprem parametresi için i 'inci hasar seviyesine ait d_{s_i} değerine ulaşma veya aşma olasılığını göstermektedir. $\overline{S_{d_{s_i}}}$ bina hasarının ilgili hasar seviyesine (hafif, orta, ileri ve çok Ağır Hasar) eriştiği duruma karşı gelen ortalama modal yerdeğiştirmeyi, $\beta_{d_{s_i}}$ ilgili sınır hasar seviyeleri için modal yerdeğiştirme değerlerinin doğal logaritmlarına ait standart sapmayı, φ ise birikimli standart dağılım fonksiyonunu göstermektedir. $\overline{S_{d_{s_i}}}$ ve $\beta_{d_{s_i}}$ değerleri kullanılarak bina sınıflarının farklı hasar seviyelerine ait olasılık yoğunluk fonksiyonları oluşturulur.

4. UYGULAMA

Hasar olasılık eğrileri oluşturabilmek için bu çalışmada izlenen yol kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çalışmaya konu olan yapıların tamamı kat adedi, yapım yılı ve kalite puanları esas alınarak gruplandırılmıştır.

Gruplandırılan her bir bina, analiz edilerek, itme eğrisi ve görelî kat ötelemeleri elde edilmiştir.

- Kuvvet – Yerdeğiştirme eksenî üzerinde yer alan itme eğrileri, spektral ivme-spektral yerdeğiştirme eksenî üzerinde yer alan birinci moda ait modal kapasite diyagramına dönüştürülmüştür.

- Her grup için katlararası ötelenme oranına dayalı 4 farklı hasar seviyesi tanımlanmıştır.

- Her bir bina için sınır ötelenme oranına ulaşıldığı andaki spektral deplasman değerleri hesaplanmıştır.

- Hesaplanan spektral deplasman değerlerinin doğal logaritmaları alınmıştır.

- Her bir grup için, gruptaki binalara ait spektral deplasman değerlerinin lognormal ortalaması ve lognormal standart sapması hesaplanmıştır.

- Hesaplanan parametreler kullanılarak; hasar dağılımının lognormal olacağı varsayımıyla, spektral deplasmanların 4 farklı hasar seviyesine ulaşma olasılıkları elde edilmiştir.

- Her grup için; belirlenen 4 farklı hasar seviyesine ulaşılması veya aşılması olasılığını gösteren hasar olasılık eğrileri çizilmiştir.

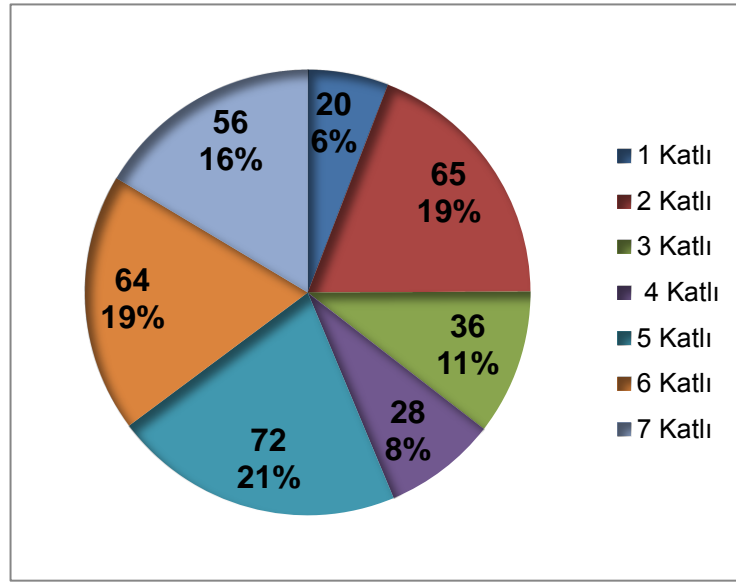
4.1. İstatistiksel Bina Verileri

Bu tez çalışmasında da, Manisa'daki betonarme konut binalarına ait hasar olasılık eğrileri elde edebilmek için, Manisa Belediyesi mücavir alan sınırları içinde bulunan betonarme konut binaları arasından rastgele örneklem yöntemiyle seçilen

341 adet yapı analiz edilmiştir. Binalar hakkındaki veriler, Manisa Belediyesi İmar Müdürlüğü'nün yardımlarıyla, mevcut binaların betonarme ve mimari projelerinden elde edilmiştir. Sismik risk analizinde kullanılacak olan verilerin düzenlenmesi amacıyla, binalar ortak karakteristik özellikleri dikkate alınarak gruplanmıştır. Binaların farklı karakteristik özelliklerine ait istatistik bilgiler Bölüm 4.1.1 – 4.1.6'da daha ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.1.1. Kat adedi

Şekil 4.1'deki daire grafik; çalışmada kullanılan toplam 341 adet binanın kat adedine göre dağılımını göstermektedir.

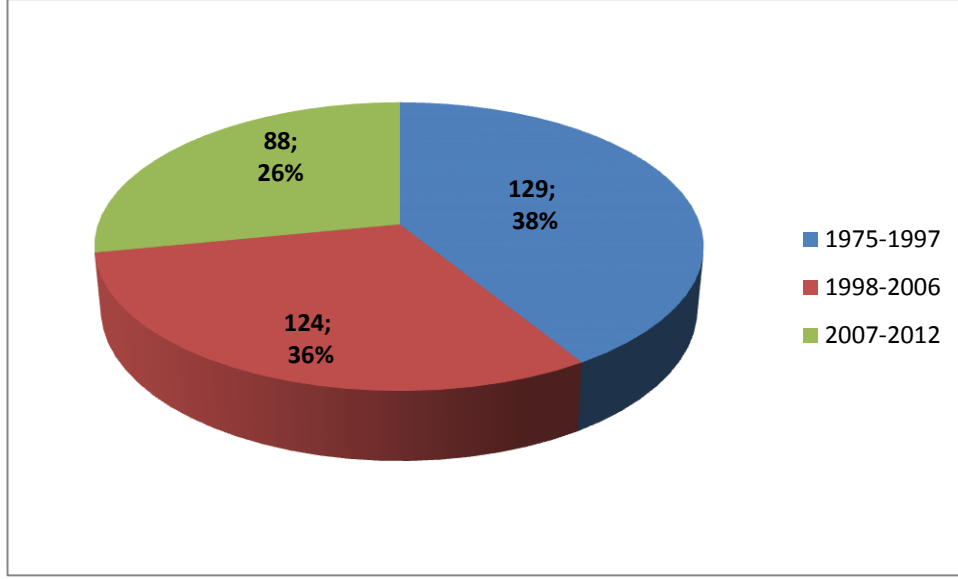


Şekil 4.1. Kat Adedine Göre Bina Sayıları

Grafikte görüldüğü gibi; tez çalışmasında analiz edilen binaların %6'sı tek katlı, %19'u iki katlı, %11'i üç katlı, %8'i dört katlı, %21'i beş katlı, %19'u altı katlı ve %16'sı yedi katlı betonarme konuttan oluşmaktadır.

4.1.2. Yapım Yılı

Tez çalışmasında kullanılan betonarme konut binaları 1975-2012 yılları arasında inşa edilmiştir. Şekil 4.2'deki daire grafik; çalışmada kullanılan binaların yapım yılına göre dağılımını göstermektedir.



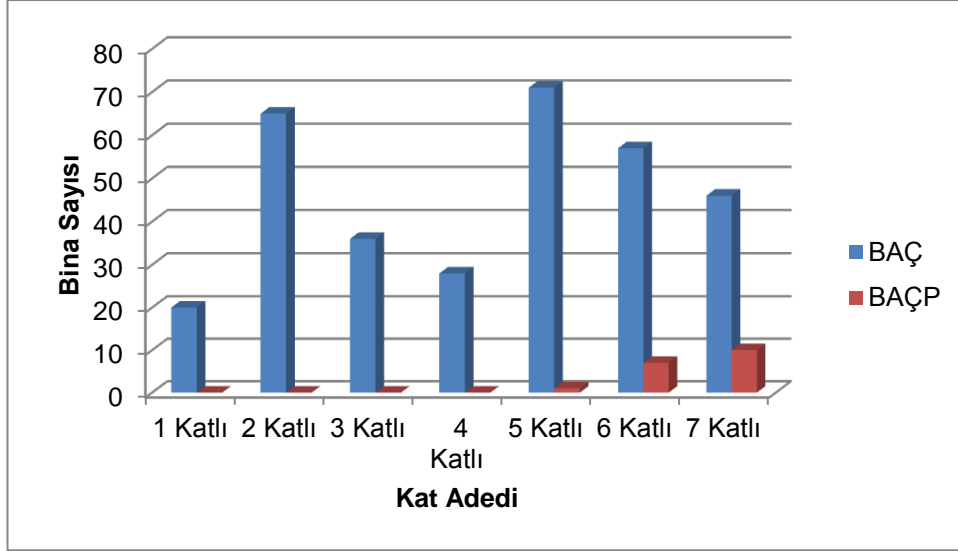
Şekil 4.2. Yapım Yılına Göre Bina Sayıları

Çalışma envanterindeki binaların 129'u 1975 ile 1997 yılları arasında, 124'ü 1998 ile 2006 yılları arasında, 88'i 2007 sonrasında inşa edilmiştir.

Gafikte görüldüğü gibi; tez çalışmasında analiz edilen binaların %38'ini 1998 öncesi binalar oluşturmaktadır. 1998-2006 yılları arasında inşa edilen binalar %36'lık dilimi teşkil ederken 2007 ve sonrası binalar %26 oranındadır.

4.1.3. Taşıyıcı sistem türü

Binanın taşıyıcı sistemi belirlenerek, betonarme çerçeve (BAÇ) veya betonarme çerçeve ve perde (BAÇP) sistemlerinden biri olarak seçilecektir. Bu tez çalışmasında BAÇP sistemli binalar ayrı bir grup içinde ele alınmıştır. . İncelenen 1 – 4 katlı yapılarda perde duvara rastlanmazken, 5 katlı 1 yapıda, 6 katlı yedi binada ve 7 katlı on binada perde duvar bulunmaktadır. Şekil 4.3 çalışmada ele alınan 341 adet binanın taşıyıcı sistem türüne göre dağılımını göstermektedir.

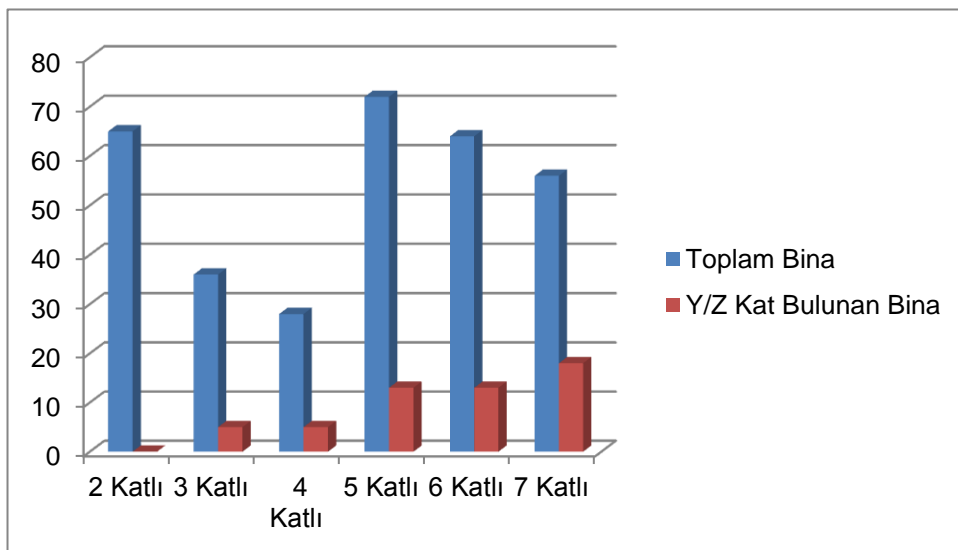


Şekil 4.3. Taşıyıcı Sistem Türünün Kat Adedine Göre Dağılımı

Grafiğe göre, toplam 18 adet binanın taşıyıcı sistem yapısı BAÇP ve 323 adet binanın taşıyıcı sistemi BAÇ'dir.

4.1.4. Yumuşak kat/zayıf kat

Mevcut envanterdeki 54 binada yumuşak ve/veya zayıf kat bulunmaktadır. Tek katlı yapılarda teknik olarak bu düzensizlik bulunamayacağından, envanterdeki 2-7 katlı binaların durumu ele alınmıştır. Envanterde bulunan iki katlı yapılarda da yumuşak kata rastlanmamıştır. Diğer kat adedindeki binaların dağılımı ise aşağıda verilen Şekil 4.4'de grafiksel olarak görülmektedir.

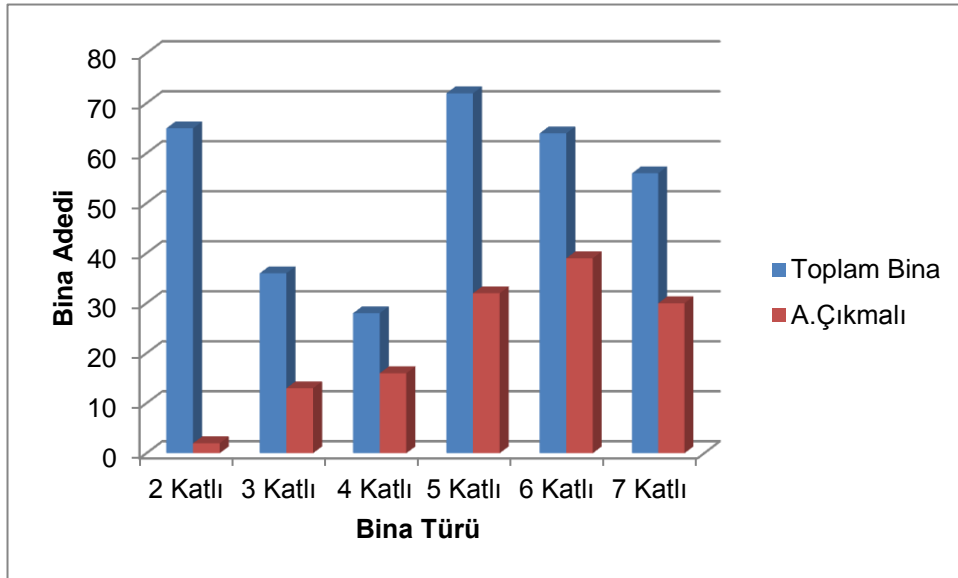


Şekil 4.4. Yumuşak/Zayıf Kat Bulunan Binaların Katlara Göre Dağılımı

Grafikte görüldüğü gibi; üç ve dört katlı binalardan 5'er tanesinde, beş ve altı katlı binaların 13'er tanesinde ve yedi katlı binaların 18 tanesinde zayıf/yumuşak kat bulunmaktadır.

4.1.5. Ağır çıkmalar

İncelenen yapılarda; en sık rastlanan olumsuzluk ağır çıkmalar olmuştur. Zemine oturan kat alanı ile zemin üstündeki kat alanı arasındaki farklılıklara sıkça rastlanmaktadır. Bu tez çalışmasında incelenen binaların da 132 tanesinde ağır çıkma bulunmaktadır. Envanterdeki ağır çıkma bulunan binaların kat adedine göre dağılımı Şekil 4.5'te sütun grafiği ile gösterilmektedir.

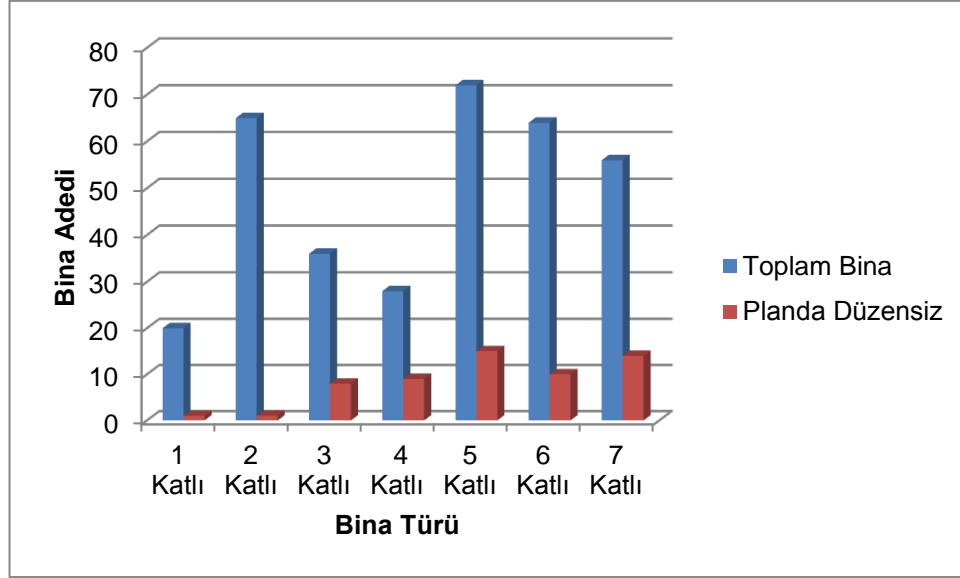


Şekil 4.5. Ağır Çıkma Bulunan Binaların Kat Adedine Göre Dağılımı

Sütun grafiğinde; binadaki kat adedi arttıkça ağır çıkma kullanımına daha fazla rastlandığı görülmektedir. 4 kat ve üzeri binalar dikkate alındığında her iki binadan birinde ağır çıkmaya rastlanmaktadır. Veriler; kat planında çıkma yapmanın deprem açısından olumsuz bir parametre olmasına karşın, kullanılabilir bina alanına önemli ölçüde katkı sağlaması nedeniyle yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir.

4.1.6. Planda düzensizlik/Burulma etkisi

İncelenen 341 adet betonarme konutun 58'inde planda düzensizlikler bulunmaktadır. Planda düzensiz binaların dağılımı Şekil 4.6'daki sütun grafikte görülmektedir.



Şekil 4.6. Planda Düzensizliğe Sahip Binaların Kat Adedine Göre Dağılımı

Burulma etkisi nedeniyle deprem açısından olumsuz bir durum olan planın simetrik olmaması ve düşey yapısal elemanların düzensiz yerleştirilmesi sıkça karşılaşılan durumlardandır. Çalışmada incelenen binalarda %15 oranında planda düzensizlik bulunmaktadır.

4.1.7. Binaların Sınıflandırılması

Çalışmada kullanılan her bir bina, Bölüm 3'te anlatılan performans sıralaması yöntemine göre sınıflara ayrılmıştır. İncelemeye tabi tutulan binaların projelerinde yapılan incelemeler sonucunda, taşıyıcı sistemler ile ilgili öne çıkan bazı ortak özellikler aşağıdaki gibidir:

- Kat sayısı 6'dan az olan binalarda perde-çerçevesistemin kullanımına rastlanmamıştır.
- Binaların tasarımında dikkate alınan hareketli yük değerleri iç mekânlarda 2 kN/m², merdiven ve balkonlarda ise 3,5 kN/m² ve 5 kN/m²'dir.

- Projesi incelenen yapıların kat yüksekliğine bakıldığında; genellikle 2,65 m, 2,70 m ve 2,80 m değerleri ön plana çıkmaktadır. Zemin katı ticari amaçla kullanılan binalarda ise kat yüksekliğinin 4 m'ye kadar çıktığı görülmektedir.
- Genel olarak kullanılan döşeme kalınlığı 10-12 cm olarak tespit edilmiştir. Fakat balkon ve sahanlıklarda ise bu değerlerin bir miktar artırıldığı ve bu bölgelerde genellikle 12 ve 15 cm döşeme kalınlıklarının tercih edildiği görülmüştür.
- Projesi incelenen betonarme konutlarda en yaygın kullanılan kiriş kesiti 25/50 cm'dir
- Kolon boyutları çoğunlukla 25/40 cm'den olmak üzere kat sayısı ve projesine göre değişkenlik göstermektedir.
- Projelerde, genel olarak kiriş ve kolon orta bölgelerinde $\phi 8/20$ ve kolon kiriş birleşim bölgelerinde etriye aralığının yaygın kullanımı dikkat çekmiştir.
- İncelenen binaların kesit ve malzeme gibi bazı özellikleri birbirlerine yakın olmakla birlikte; kat adedi, planda ve düşeyde düzensizlik durumları gibi sismik analizleri olumsuz etkilediği bilinen birçok deşışkene daha sahiptirler.

4.2.Binaların Performans Puanlarının Hesaplanması

Bu çalışmada; sınıflandırma üç faktör göz önüne alınarak yapılmıştır. Bunlar sırasıyla; bina proje yılı, kat adedi ve bina kalitesidir. Çalışmada kullanılan betonarme konut binaları, yapım yıllarına göre; 1998 öncesi yapılar ve 1998 ile sonraki yıllarda inşa edilen yapılar olmak üzere 2 grupta ele alınmıştır. Ülkemizdeki betonarme yapılar açısından 1998 yönetmeliğinin önemli bir ayırım olduğu düşünülmüştür. Türkiye'de 1975 öncesinde bazı deprem kanunnameleri olmakla birlikte ilk modern deprem yönetmeliği 1975'te yürürlüğe girmiştir. 1998 yılında ise Avrupa ve Amerika'da yayınlanmış modern yönetmelikler incelenerek geliştirilmiş daha güncel bir deprem yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Sonraki yıllarda 1998 yönetmeliği revizyona uğrayarak geliştirilmiş ve 9 yıl sonra 2007'de bugün halen yürürlükte olan son halini almıştır [6].

Tez çalışmasının temelinde binaların yanal deplasman kapasitelerine dayalı analizler yer aldığından, çalışmada kullanılan binaların kat adetlerine göre

sınıflandırılması da kaçınılmaz olmuştur. Buna göre ele alınan betonarme konutlar; “1 ile 2 katlı yapılar”, “3-5 katlı yapılar” ve “6-7 katlı yapılar” olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

Kalite puanlamasında ise; göz önüne alınan binalar, bölüm 3.1.6’da detaylı olarak açıklanan performans puanlaması yöntemi kullanılarak performans puanlarına göre kalite sıralamasına tabi tutulmuştur. Performans puanlamasına göre sıralanan binalarda; 50 puan aşağısı kötü kalite, 50 puan üzeri iyi kalite olarak kabul edilmiştir. Yönetmeliğin önerdiği birinci aşama hızlı değerlendirme yönteminde yer alan en büyük olumsuzluk parametreleri, ağır çıkma ve yumuşak kat olarak göze çarpmaktadır. Tek katlı konutlarda ağır çıkma, düşey düzensizlik ve yumuşak kat hiç bulunmazken, 2 katlı konutların tamamına yakınında da bu olumsuzluk parametreleri bulunmadığından performans puanları yüksek çıkmıştır. Bu nedenle 1 ve 2 katlı yapılarda 2 Temmuz yönetmeliğinde önerilen birinci aşama değerlendirme yöntemine göre kötü kalite bina grubu oluşturulamamıştır. 1 ve 2 katlı binalar sadece yapım yılına göre 1998 öncesi ve sonrası olarak iki gruba ayrılabilmiştir. Çalışmada değerlendirilen 1 ve 2 katlı binaların tamamında olumsuzluk puanları 70 puanın üzerinde ve puanlar kısmen birbirine yakın olduğundan 1 ve 2 katlı yapılarda kalite sınıflandırması yapılamamıştır. 1 ve 2 katlı yapılar sadece 1998 öncesi (98Ö12) ve 1998 sonrası (98S12) olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır.

Tüm bu sınıflandırmaların bileşeni olarak 11 adet yapı grubu elde edilmiştir. Grupların kodları, isimleri ve gruplarda yer alan bina sayıları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Gruplardaki Bina Sayıları

| Grup Kodu | Grup Adı | Bina Sayısı |
|------------------|---|--------------------|
| 98Ö12 | 1998 öncesi inşa edilmiş 1-2 katlı betonarme çerçeveler | 21 |
| 98S12 | 1998 ve sonrası inşa edilmiş 1-2 katlı betonarme çerçeveler | 64 |
| 98Ö35İ | 1998 öncesi inşa edilmiş 3-5 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler | 20 |
| 98S35İ | 1998 ve sonrası inşa edilmiş 3-5 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler | 30 |
| 98Ö35K | 1998 öncesi inşa edilmiş 3-5 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler | 28 |
| 98S35K | 1998 ve sonrası inşa edilmiş 3-5 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler | 57 |
| 98Ö67İ | 1998 öncesi inşa edilmiş 6-7 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler | 18 |
| 98S67İ | 1998 ve sonrası inşa edilmiş 6-7 katlı iyi kalite betonarme çerçeveler | 20 |
| 98Ö67K | 1998 öncesi inşa edilmiş 6-7 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler | 35 |
| 98S67K | 1998 ve sonrası inşa edilmiş 6-7 katlı kötü kalite betonarme çerçeveler | 30 |
| | P67 = 6-7 katlı perde duvarlı betonarme çerçeveler | 18 |

Her bir yapı grubunda bulunan binaların sınıflandırmaya esas teşkil eden karaktersizlik özellikleri belirlenmiştir. Örnek olarak; Sınıflandırılan 11 adet yapı gruplarından ilki olan 1998 öncesi inşa edilmiş 1-2 katlı betonarme çerçeveli yapılara ait bilgiler Tablo 4.2’de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.2. Çalışmadaki 1998 Öncesi 1 ve 2 Katlı Yapıların Puanlamaya Esas Olan Özellikleri

| Bina | Yapısal Sistem | Kat Adedi | Zemin sınıfı | Yapı Nizamı | | Ağır Çıkma | | Zayıf/Yumuşak Kat | | Kısa Kolon | | Düşey Düzensizlik | | Plan Düzensizliği | | Eğim | |
|------|----------------|-----------|--------------|----------------|-------|----------------|-------|-------------------|-------|----------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|----------------|-------|
| | | | | N ₁ | Değer | N ₂ | Değer | N ₃ | Değer | N ₄ | Değer | N ₅ | Değer | N ₆ | Değer | N ₇ | Değer |
| 1 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Var | -10 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 2 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Var | -10 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 3 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 4 | BAÇ | 2 | Z4 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 5 | BAÇ | 2 | - | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 6 | BAÇ | 2 | Z4 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 7 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 8 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 9 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 10 | BAÇ | 2 | - | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 11 | BAÇ | 2 | Z4 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 12 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 13 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 14 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 15 | BAÇ | 2 | - | Bitişik | -15 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 16 | BAÇ | 2 | Z2 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 17 | BAÇ | 2 | Z2 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 18 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 19 | BAÇ | 2 | Z3 | Ayrık | 0 | Var | -10 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 20 | BAÇ | 1 | Z3 | Ayrık | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |
| 21 | BAÇP | 2 | Z3 | Bitişik | -15 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 | Yok | 0 |

Tablo 4.2’de 1998 öncesi inşa edilmiş 1 ve 2 katlı binaları temsil etmek üzere Grup 98Ö12 şeklinde kodlanmış yapıların ilgili sınıflandırmada kullanılan karakteristik özellikleri mevcuttur. Tablonun ilk sütununda gruptaki binaların numaraları, ikinci sütunda yapısal sistem türleri, üçüncü sütunda kat adetleri, dördüncü sütunda ise zemin sınıfları belirtilmiştir. Takip eden sütunlarda ise; yapı nizamı, ağır çıkma durumu, zayıf/yumuşak kat durumu, kısa kolon, zemin eğimi, yatay ve düşey düzensizlik durumlarının yapıya getirdiği olumsuzluk puanları görülmektedir.

Tablo 4.2’deki olumsuzluk puanlarının toplanmasıyla elde edilen performans sıralamaları ise Tablo 4.3’deki gibidir.

Tablo 4.3. Grup 98Ö12’nin Performans Sıralaması

| Bina Kodu | Tehlike Bölgesi | TP | YSP | OP ₁ | OP ₂ | OP ₃ | OP ₄ | OP ₅ | OP ₆ | OP ₇ | OP ₈ | Performans Puanı |
|-----------|-----------------|-----|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 98Ö12_1 | II | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 110 |
| 98Ö12_2 | II | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 80 |
| 98Ö12_3 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_4 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_5 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_6 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_7 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_8 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_9 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_10 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| 98Ö12_11 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| 98Ö12_12 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| 98Ö12_13 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| 98Ö12_14 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| 98Ö12_15 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| 98Ö12_16 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| 98Ö12_17 | I | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| 98Ö12_18 | I | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| 98Ö12_19 | I | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 98Ö12_20 | I | 90 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 65 |
| 98Ö12_21 | I | 50 | 55 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 65 |

Tablo 4.3’de; TP taban puanını, OP_i her bir olumsuzluk puanını ($i=1$ 'den 8'ye kadar), ve YSP olumlu parametre puanını olan “Yapısal Sistem Puanını” göstermektedir.

Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 98Ö12 şeklinde kodlanan ve 1998 öncesi 1 ve 2 katlı binalar olarak sınıflandırılan yapıları göstermektedir. Çalışmadaki diğer guplara ait veriler ve performans sıralama tabloları tez çalışmasının ekinde verilmiştir

4.3. Binaların Modellenmesi

Çalışma kapsamında sınıflandırılan 341 adet betonarme konut binası CSI SAP2000 programı ile modellenerek statik itme eğrileri, görelî kat ötelenmeleri ve gerekli modal parametreler ($T_n, \Gamma_n, \Phi_{N_n}, M_n$) elde edilmiştir. Burada; T_n : n . moda ait periyot, Γ_n : n . moda ait katılım çarpanı, Φ_{N_n} : n . moda ait N. Kat (en üst kat) modal genliği, M : n . moda ait etkin kütle temsil etmektedir.

Betonarme konut binalarının modellenmesi, beton ve çeliğin malzeme modeli ile yapı elemanlarının modellenmesi olarak ele alınmıştır.

4.3.1. Malzeme Modeli

Analiz edilen binalarda kullanılan yapısal malzemeler beton ve beton çeliği ülkemiz yönetmeliklerinde verilen malzeme modellerine göre tanımlanmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği Bölüm 7’de Sargılı betonun basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekildeğiştirilmesi ϵ_c nin fonksiyonu olarak denklem 4.1’deki bağıntı ile verilmektedir:

$$f_c = \frac{f_{cc} x r}{r - 1 + x^r} \quad (4.1)$$

Bu bağıntıdaki sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki aşağıda denklem 4.2 ile verilmiştir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad ; \quad \lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254} \quad (4.2)$$

Buradaki f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için aşağıda verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir:

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (4.3)$$

Bu bağıntılarda f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise aşağıda tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı'nı göstermektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (4.4)$$

Burada a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir. Normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar aşağıda verilmiştir.

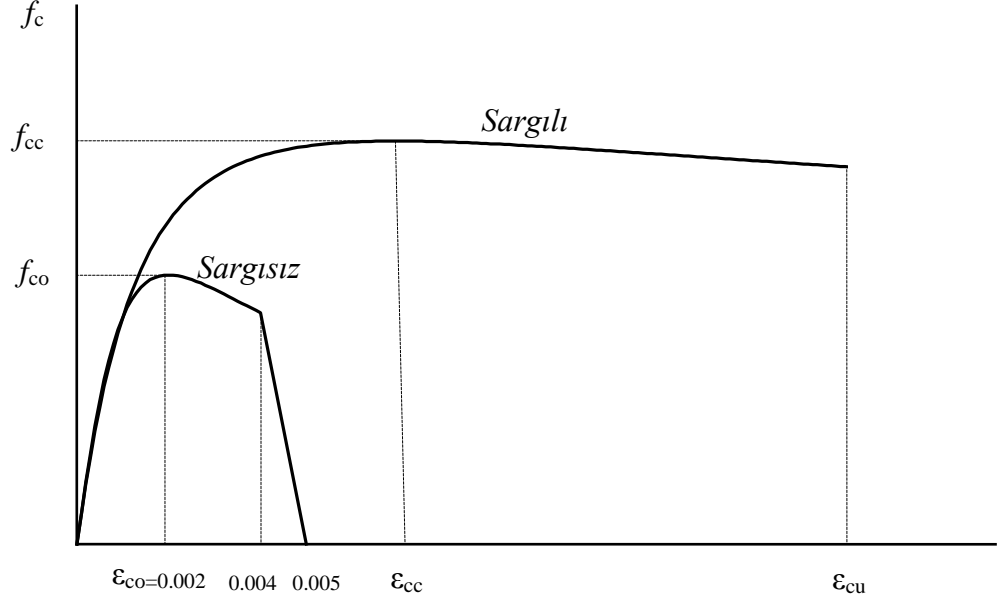
$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad ; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad ; \quad \varepsilon_{co} \cong 0.002 \quad (4.5)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \quad [MPa] \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (4.6)$$

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi ε_{cu} aşağıda verilmiştir:

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \rho_s f_{yw} \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (4.7)$$

Burada ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$), ε_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim uzama şekildeğiştirmesini göstermektedir. Sargılı beton için daha önce yukarıda verilen denklem 4.1'in $\varepsilon_c = 0.004$ 'e kadar olan bölgede sargısız beton için de geçerlidir. Sargısız betonda etkin sargılama basıncı $f_e = 0$ ve buna bağlı olarak denklem 4.2.'den $\lambda_c = 1$ olacağından denklem 4.5 ve denklem 4.6'da $f_{cc} = f_{co}$ ve $\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}$ alınacaktır. $\varepsilon_c = 0.005$ 'de $f_c = 0$ olarak tanımlanır. $0.004 < \varepsilon_c \leq 0.005$ aralığında gerilme – şekildeğiştirme ilişkisi doğrusaldır.



Şekil 4.7. Sargılı Ve Sargısız Beton Modeli [6]

Şekil 4.7'de Türk Deprem Yönetmeliği'nde önerilen sargılı ve sargısız beton modeli görülmektedir. Kesitlerin kesme dayanımları ise TS 500'e göre hesaplanmıştır. Kesitin kesme dayanımı V_r , kesme dayanıma betonun katkısı V_c ve kesme donatısının katkısı V_s olmak üzere 4.7 numaralı bağıntıdaki gibi elde edilmiştir [70].

$$V_r = V_c + V_s \quad (4.7)$$

Kesme dayanıma betonun yaptığı katkı (4.8) numaralı bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$V_c = 0,8V_{CR} \quad (4.8)$$

Denklemden; V_{CR} kesitin kesmede çatlama dayanımı, denklem 4.9 ile hesaplanmıştır.

$$V_{CR} = 0,65f_{ctk}b_wd\left(1 + \gamma\frac{N_c}{A_c}\right) \quad (4.9)$$

Denklemden; f_{ctk} betonun karakteristik eksenel çekme dayanımını, b_w kesit genişliğini, d kesit faydalı yüksekliğini, N_c eksenel kuvvet, A_c beton alanını göstermektedir. Basınç kuvveti kesme dayanımını artırmakta, çekme kuvveti ise

azaltılmaktadır. Bu nedenle; eğer aksenal kuvvet basınç ise $\gamma = 0,07$, çekme ise $\gamma = -0,3$ alınmaktadır [71].

Kesitin kesme dayanımına enine donatının katkısı ise Denklem 4.10'a göre hesaplanmıştır.

$$V_S = \frac{A_{sw}}{s} F_{ywk} d \quad (4.10)$$

Denklem'de; A_{sw} donatı kesit alanı, s etriye aralığını, f_{ywk} ise enine donatının karakteristik akma dayanımını, d ise etkili derinliği göstermektedir.

Türk Deprem Yönetmeliği 2007'de, donatı çeliği için ise; aşağıdaki gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır [6].

$$f_s = E_s \varepsilon_s \quad (\varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}) \quad (4.11)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}) \quad (4.12)$$

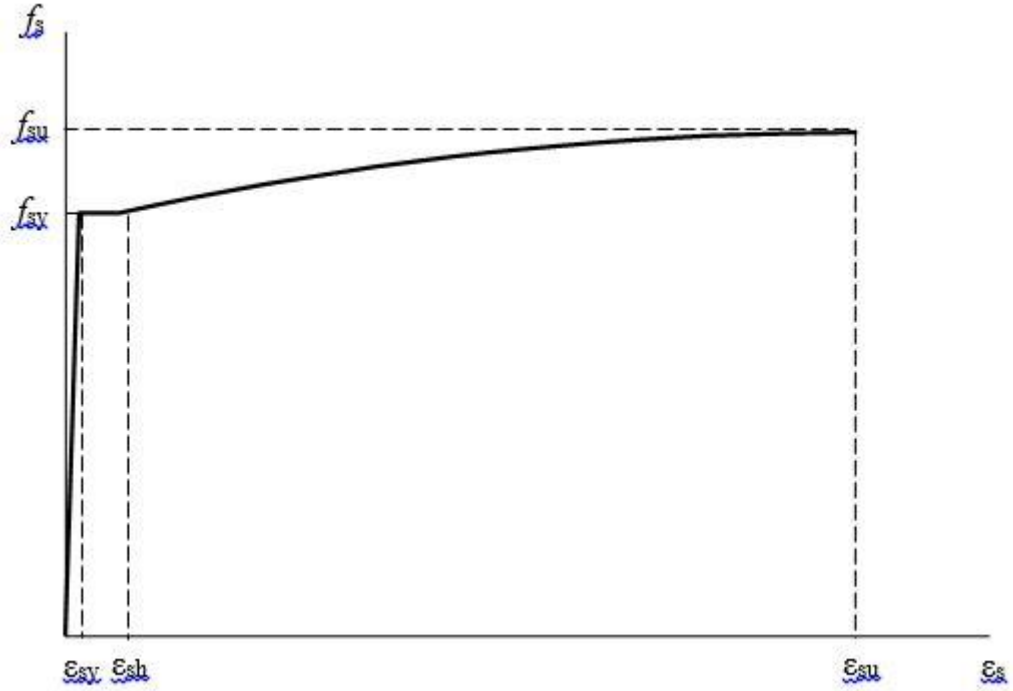
$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} \quad (\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}) \quad (4.13)$$

Donatı çeliğinin elastisite modülünü $E_s = 2.10^5$ MPa'dır. S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler Tablo 4.4'den alınabilir.

Tablo 4.4. Donatı Çeliği Özellikleri [6]

| Kalite | f_{sy} (MPa) | ε_{sy} | ε_{sh} | ε_{su} | f_{su} (MPa) |
|--------|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| S220 | 220 | 0.0011 | 0.011 | 0.16 | 275 |
| S420 | 420 | 0.0021 | 0.008 | 0.10 | 550 |

Tabloda donatı çeliğinin çekme dayanımları ve elastisite değerleri görülmektedir. S220 ve S420 donatı çeliklerinin akma dayanımları sırasıyla 220MPa ve 420MPa, akma anındaki elastisite modülleri ε_{sy} sırasıyla 0,0011 ve 0,0021 ve nihai durumdaki elastisite modülleri ε_{su} değerleri sırasıyla 0,16 ve 0,10 olarak kabul edilmektedir. S220 ve S420 çeliklerinin maksimum çekme dayanımları ise sırasıyla 275MPa ve 550 MPa olarak kabul edilmektedir. Deprem Yönetmeliği'mizdeki donatı çeliği modeli ise Şekil 4.8'deki gibidir.



Şekil 4.8. Donatı Çeliği Modeli [6]

4.3.2. Elemanların Modellenmesi

Yapısal sistem modellenirken eğilme etkisindeki elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri (EI) kullanılmıştır [6]. Kolonlarda etkin eğilme rijitliklerinin hesabı için yönetmelikte iki kriter öngörülmektedir. Bunlar:

$$N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda } (EI)_e = 0.40(EI)_o \quad (4.14)$$

$$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda } (EI)_e = 0.80(EI)_o \quad (4.15)$$

Denklemlerde A_c : Kolonun brüt kesit alanı, f_{cm} : Mevcut beton dayanımı, N_D : Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolonda oluşan aksenal kuvvettir. Kolonların aksenal basınç kapasiteleri düşey yüklere göre kontrol edilmiştir.

Düşey yükleme altında kolonlarda hesaplanan aksenal yük (N_D)'nin aksenal basınç kapasitesi (N_0)'a oranı grup 98Ö35İ için olarak Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Grup 98Ö35İ'deki Binaların Ortalama Nd/N0 Oranları

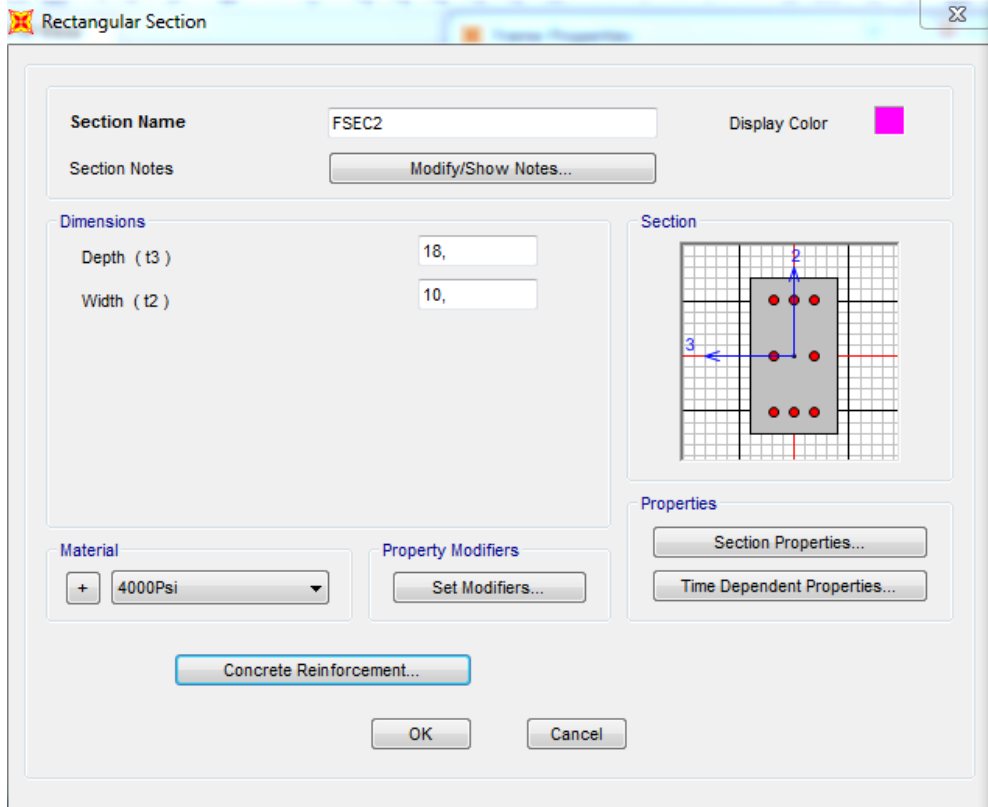
| Bina | Kat | Köşe Kolonlar | Kenar Kolonlar | İç Kolonlar |
|--------|-----|---------------|----------------|-------------|
| Bina_1 | 1 | 0,5894 | 0,7016 | 0,7123 |
| | 2 | 0,2485 | 0,3012 | 0,3944 |
| | 3 | 0,1627 | 0,2024 | 0,2341 |
| | 4 | 0,1480 | 0,1891 | 0,1986 |
| | 5 | 0,12527 | 0,1449 | 0,1685 |
| Bina_2 | 1 | 0,5084 | 0,5293 | 0,7030 |
| | 2 | 0,4147 | 0,3795 | 0,6107 |
| | 3 | 0,1547 | 0,1932 | 0,2278 |
| | 4 | 0,1401 | 0,1694 | 0,1789 |
| | 5 | 0,1259 | 0,1451 | 0,1631 |
| Bina_3 | 1 | 0,4946 | 0,5168 | 0,6237 |
| | 2 | 0,3728 | 0,4073 | 0,5440 |
| | 3 | 0,1375 | 0,1683 | 0,2014 |
| | 4 | 0,1107 | 0,1527 | 0,1673 |
| | 5 | 0,0973 | 0,1163 | 0,1368 |
| Bina_4 | 1 | 0,4819 | 0,5924 | 0,7380 |
| | 2 | 0,2053 | 0,2794 | 0,3476 |
| | 3 | 0,1562 | 0,2061 | 0,2290 |
| | 4 | 0,1397 | 0,1742 | 0,1931 |
| | 5 | 0,1212 | 0,1403 | 0,1623 |
| Bina_5 | 1 | 0,6014 | 0,7295 | 0,8107 |
| | 2 | 0,2690 | 0,3341 | 0,5523 |
| | 3 | 0,2421 | 0,2848 | 0,4039 |
| | 4 | 0,1228 | 0,1683 | 0,1762 |
| | 5 | 0,1035 | 0,1230 | 0,1417 |
| Bina_6 | 1 | 0,6512 | 0,6863 | 0,6957 |
| | 2 | 0,4316 | 0,4792 | 0,6075 |
| | 3 | 0,4108 | 0,4552 | 0,5687 |
| | 4 | 0,3948 | 0,3148 | 0,4339 |
| Bina_7 | 1 | 0,6629 | 0,7639 | 0,8702 |
| | 2 | 0,4462 | 0,4902 | 0,5116 |
| | 3 | 0,3193 | 0,3728 | 0,3803 |
| | 4 | 0,2099 | 0,2312 | 0,2492 |

| Bina | Kat | Köşe Kolonlar | Kenar Kolonlar | İç Kolonlar |
|---------|-----|---------------|----------------|-------------|
| Bina_8 | 1 | 0,5820 | 0,6627 | 0,7016 |
| | 2 | 0,4219 | 0,4628 | 0,5071 |
| | 3 | 0,4156 | 0,3595 | 0,4615 |
| | 4 | 0,3916 | 0,3204 | 0,3422 |
| Bina_9 | 1 | 0,6494 | 0,7165 | 0,8021 |
| | 2 | 0,4445 | 0,4893 | 0,5186 |
| | 3 | 0,3248 | 0,3628 | 0,3772 |
| | 4 | 0,2857 | 0,2248 | 0,2433 |
| Bina_10 | 1 | 0,5942 | 0,6811 | 0,7947 |
| | 2 | 0,3313 | 0,3718 | 0,3993 |
| | 3 | 0,3156 | 0,3591 | 0,3705 |
| | 4 | 0,1948 | 0,2148 | 0,2339 |
| Bina_11 | 1 | 0,4629 | 0,5639 | 0,6702 |
| | 2 | 0,4572 | 0,4841 | 0,5112 |
| | 3 | 0,3365 | 0,3630 | 0,3746 |
| | 4 | 0,3198 | 0,3382 | 0,3559 |
| Bina_12 | 1 | 0,5417 | 0,4824 | 0,4038 |
| | 2 | 0,3308 | 0,3686 | 0,3791 |
| | 3 | 0,2153 | 0,2390 | 0,2529 |
| Bina_13 | 1 | 0,5075 | 0,5441 | 0,5990 |
| | 2 | 0,4278 | 0,4693 | 0,5125 |
| | 3 | 0,3570 | 0,3884 | 0,4311 |
| Bina_14 | 1 | 0,4417 | 0,4824 | 0,5038 |
| | 2 | 0,3308 | 0,3686 | 0,3791 |
| | 3 | 0,2153 | 0,2390 | 0,2529 |
| Bina_15 | 1 | 0,4374 | 0,4729 | 0,4957 |
| | 2 | 0,4282 | 0,4561 | 0,4675 |
| | 3 | 0,3021 | 0,3306 | 0,3544 |
| Bina_16 | 1 | 0,3435 | 0,3893 | 0,3012 |
| | 2 | 0,3391 | 0,3626 | 0,3719 |
| | 3 | 0,3188 | 0,3343 | 0,3502 |
| Bina_17 | 1 | 0,5317 | 0,6739 | 0,6945 |
| | 2 | 0,4254 | 0,5592 | 0,6674 |
| | 3 | 0,3086 | 0,4287 | 0,5480 |
| Bina_18 | 1 | 0,6445 | 0,5851 | 0,5838 |
| | 2 | 0,5349 | 0,4704 | 0,4816 |
| | 3 | 0,4124 | 0,3413 | 0,3557 |
| | | | | |

| Bina | Kat | Köşe Kolonlar | Kenar Kolonlar | İç Kolonlar |
|---------|-----|---------------|----------------|-------------|
| Bina_19 | 1 | 0,5305 | 0,6632 | 0,6974 |
| | 2 | 0,4196 | 0,5653 | 0,5784 |
| | 3 | 0,3077 | 0,3410 | 0,3539 |
| Bina_20 | 1 | 0,4308 | 0,5714 | 0,4926 |
| | 2 | 0,4238 | 0,5511 | 0,4652 |
| | 3 | 0,3083 | 0,4366 | 0,3593 |

Kolonlara etkiyen aksenal yükün aynı kolonlara ait aksenal basınç kapasitesine oranı (N_d/N_0) Tablo 4.5’de görüldüğü gibi kolonların yerleşimine göre belirgin biçimde farklılık göstermiştir. N_d/N_0 oranları iç kolonlarda köşe kolonlara göre ortalama %30 ile %50 daha yüksek çıkmaktadır. Tablo 4.5’deki tüm veriler 1998 öncesi inşa edilmiş 3,4 ve 5 katlı iyi kalite yapılara aittir.

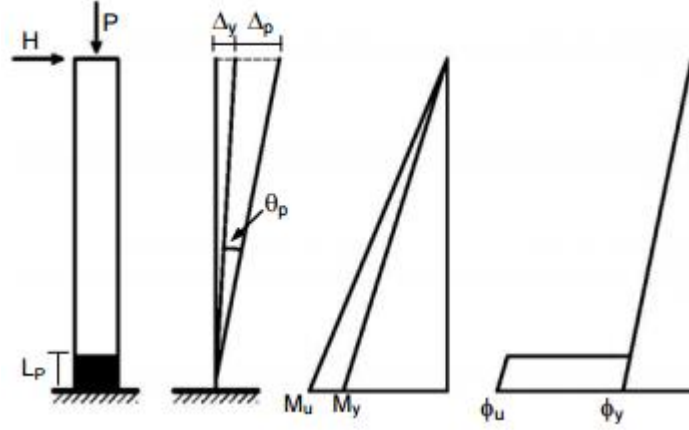
Betonarme elemanlara ait demir donatılar Sap2000 programında kesitlerin tanımlaması esnasında yapılmaktadır. Örnek olarak dikdörtgen kesitli elemanlar için, kesit tanımlama menüsü “define – sections – rectangular section” bağlantısı izlenerek Şekil 4.9’daki “rectangular section” penceresi açılır. Açılan pencereden “concrete reinforcement” bağlantısı seçilerek “reinforcement data” penceresi açılır. Açılan bu pencerede ilgili bölümlere donatı çubuk çapları ve çubuk adetleri yazılarak kesitteki donatılar programa tanıtılmış olur.



Şekil 4.9. Kesite Donatı Tanımlanması

Betonarme kesitlerin eğilmemoment-i-eğrilik ilişkilerinin belirlenmesinde; kirişlerde aksel yükün sıfır olduğu kabul edilmiştir. Kolon ve perdelerin aksel yükleri ise ölü ve hareketli yüklerin toplamı ($G+0,3Q$) şeklinde sisteme etki ettirilmiştir.

Nonlinear statik itme analizindeki dayanım deformasyon ilişkisi “plastik mafsallar” yoluyla modellenmiştir. Doğrusal ötesi davranışın olduğu varsayılan bölge, Deprem Yönetmeliği’nde de yer verilen “yığılı plastik davranış” hipoteziyle modellenmiştir. Yığılı plastik davranış hipotezine göre elemanlara ait doğrusal ötesi davranış parametreleri, bu davranışın eleman uçlarında yoğunlaşacağı varsayımına dayanarak hesaplanmaktadır. Şekil 4.10’da örnek olarak bir konsol kolonun yığılı plastik davranış modeli yer almaktadır.



Şekil 4.10. Konsol Kolonun Yığılı Plastik Davranış Modeli [72]

Bu hipotez uyarınca kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki plastik şekil değiştirmelerin iç kuvvetlerin kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgelerde meydana geldiği ve mafsalsal boyu olarak adlandırılan bir bölge boyunca düzgün yayılı olduğu varsayılmaktadır [40, 73]. Plastik mafsalsal boyu “ L_p ” ile sembolize edilir ve modelleme yapılırken yığılı plastik davranışı karakterize eden plastik mafsalsal, bu bölgenin tam ortasında yer alan noktasal bir eleman olarak idealleştirilebilir [40].

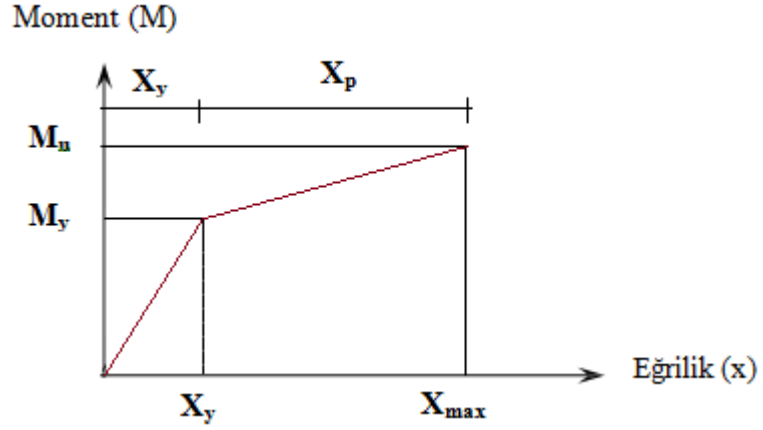
Plastik mafsalsal boyu olarak nitelenen, plastik şekil değiştirme bölgesinin boyu (L_p) ise, denklem 4.16’deki gibi çalışan doğrultudaki kesit boyunun yarısı olarak hesaba dahil edilebilir [6].

$$L_p = h / 2 \quad (4.16)$$

Denklemden L_p ; plastik mafsalsal boyu, h , çalışan doğrultudaki kesit boyudur. Kesitlerin eğilme momenti ve eğrilik ilişkileri ise Şekil 4.11’deki gibi idealleştirilmiştir. İdealleştirilen moment-eğrilik ilişkisindeki plastik eğrilik değeri ise denklem 4.17 ile hesaplanmıştır.

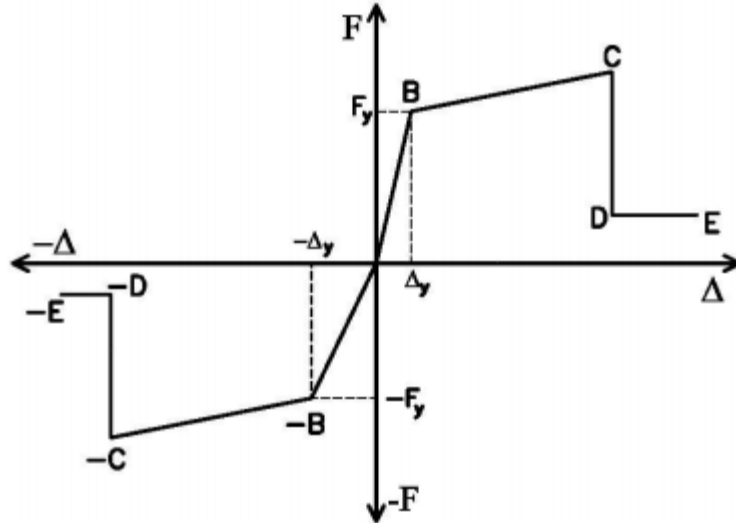
$$X_p = X_{max} - X_y \quad (4.17)$$

X_p , Plastik eğrilik, X_{max} , kesitin nihai eğilme moment kapasitesine karşılık gelen eğrilik ve X_y ise; kesitin akma eğriliğidir.



Şekil 4.11. İdealleştirilmiş Moment-Eğrilik İlişkisi [40]

Denklem 4.17’de verilen değerlere ilave olarak Şekilde 4.11’de M_U , nihai eğilme momenti, M_y ise akma momentidir. Deprem Yönetmeliği 2007’ye göre betonarme bir elemanın doğrusal ötesi davranışı Şekil 4.12’de tipik olarak gösterilen kuvvet-deformasyon eğrisi ile ifade edilebilir [6]. Görüldüğü gibi; bir elemanın davranışının ifade edilebilmesi, eğri üzerindeki 8 adet dayanım-deformasyon değerinin hesaplanması (B, C, D ve E gibi) gerekmektedir.



Şekil 4.12. Tipik Kuvvet-Deformasyon Eğrisi [6]

Şekil 4.12’de F ; kuvveti, Δ ; deformasyonu göstermektedir. Solu elemanlar modeline bağlı çözüm yapan SAP2000 programına kuvvet deformasyon ilişkisinin tanımlanması; elemanlara mafsal (hinge) atanması ile yapılabilmektedir. Şekil 4.12’de tipik olarak gösterilen kuvvet-deformasyon eğrisi üzerindeki 8 noktaya ait değerler mafsal özelliklerine işaretlenerek kuvvet deformasyon eğrisi

oluşturulmaktadır. Tez çalışmasındaki betonarme kesitlere ait mafsal özellikleri SAP2000 programıyla uyumlu olarak çalışabilen Xtract v3.0.5 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır [74]. Hesaplanan mafsal özellikleri SAP2000 programındaki “import” komutu ile bina modellerine atanmıştır.

Plastik mafsalarkolon ve kirişlerinnetaçıklıklarınınuçlarındakolonulmuştur. Yatay yük altındaki perde türünden taşıyıcı sistemelemanlarda ise kritik kesit mesnet olup, bir tane kritik kesit hesaplanmıştır [40, 66].

4.4. Binaların Dinamik Özellikleri

Binaların dinamik özellikleri, kütlelerle uyumlu olarak yapı modellerine etki ettirilen düşey yüklerin göz önüne alındığıdoğrusal olmayan statik analiz ile hesaplanmıştır. Bu analizin sonuçları aynı zamanda artımsal itme analizinin başlangıç koşuluolarakdikkate alınmıştır.

Düşey yüklerin dikkate alındığı statik analiz sonucunda her bir binaya ait doğal titreşim periyotları, birinci titreşim moduna ait X ve Y yönlerindeki etkinkütle oranları ile Z eksenine etrafındaki dönme değerleri hesaplanmıştır. Her bir bina için hesaplanan dinamik özellikler tez çalışmasının ekinde sunulmuştur. Örnek olarak Grup 98Ö35’deki binalara ait dinamik özellikler Tablo 4.6’da görülmektedir.

Tablo 4.6. Grup 98Ö35’deki Binaların Dinamik Özellikleri

| Bina Kodu | Mod | Periyod (sn) | Birinci Titreşim Moduna Ait Etkin Kütle Oranları | | |
|-----------|-----|--------------|--|-----------|----------|
| | | | U_x (%) | U_y (%) | ϕ_z |
| Bina_1 | 1 | 0,511 | 87,85 | 0,35 | 11,95 |
| | 2 | 0,476 | 16,08 | 55,92 | 0,54 |
| | 3 | 0,428 | 0,35 | 4,93 | 0,15 |
| Bina_2 | 1 | 0,594 | 75,82 | 0,35 | 26,82 |
| | 2 | 0,528 | 0,39 | 3,80 | 2,85 |
| | 3 | 0,417 | 0,18 | 69,21 | 7,12 |
| Bina_3 | 1 | 0,484 | 71,04 | 2,51 | 31,95 |
| | 2 | 0,436 | 16,08 | 65,92 | 0,54 |
| | 3 | 0,402 | 0,35 | 4,93 | 1,95 |

| Bina Kodu | Mod | Periyod (sn) | Birinci Titreşim Moduna Ait Etkin Kütle Oranları | | |
|-----------|-----|-----------------|---|-----------|----------|
| | | | U_x (%) | U_y (%) | ϕ_z |
| Bina_4 | 1 | 0,391 | 87,85 | 0,35 | 19,83 |
| | 2 | 0,367 | 16,08 | 65,92 | 0,54 |
| | 3 | 0,428 | 6,01 | 4,53 | 0,11 |
| Bina_5 | 1 | 0,399 | 77,14 | 6,12 | 11,40 |
| | 2 | 0,353 | 16,08 | 65,92 | 0,22 |
| | 3 | 0,325 | 0,82 | 4,08 | 2,11 |
| Bina_6 | 1 | 0,447 | 77,46 | 1,84 | 32,32 |
| | 2 | 0,403 | 1,08 | 5,12 | 2,23 |
| | 3 | 0,428 | 0,35 | 71,95 | 0 |
| Bina_7 | 1 | 0,536 | 78,01 | 10,72 | 12,47 |
| | 2 | 0,491 | 1,03 | 59,21 | 0,84 |
| | 3 | 0,453 | 0,35 | 2,53 | 0,12 |
| Bina_8 | 1 | 0,410 | 17,85 | 70,35 | 21,91 |
| | 2 | 0,362 | 66,18 | 5,02 | 1,46 |
| | 3 | 0,339 | 1,05 | 0,87 | 0,82 |
| Bina_9 | 1 | 0,391 | 87,85 | 0,35 | 25,53 |
| | 2 | 0,346 | 16,08 | 65,92 | 4,42 |
| | 3 | 0,304 | 0,35 | 4,93 | 0,95 |
| Bina_10 | 1 | 0,488 | 24,83 | 71,84 | 32,28 |
| | 2 | 0,441 | 67,22 | 0 | 13,24 |
| | 3 | 0,394 | 3,59 | 2,38 | 1,42 |
| Bina_11 | 1 | 0,585 | 72,65 | 0,23 | 41,95 |
| | 2 | 0,539 | 1,01 | 61,92 | 6,54 |
| | 3 | 0,498 | 0,35 | 4,93 | 1,36 |
| Bina_12 | 1 | 0,594 | 85,82 | 0,28 | 16,81 |
| | 2 | 0,528 | 0,39 | 3,80 | 0,28 |
| | 3 | 0,417 | 0,18 | 69,21 | 7,12 |
| Bina_13 | 1 | 0,484 | 81,04 | 2,51 | 21,30 |
| | 2 | 0,436 | 16,08 | 79,92 | 12,56 |
| | 3 | 0,402 | 0,35 | 4,93 | 0,25 |

| Bina Kodu | Mod | Periyod (sn) | Birinci Titreşim Moduna Ait Etkin Kütle Oranları | | |
|-----------|-----|-----------------|---|-----------|----------|
| | | | U_x (%) | U_y (%) | ϕ_z |
| Bina_14 | 1 | 0,791 | 87,85 | 0,35 | 10,83 |
| | 2 | 0,737 | 6,08 | 75,12 | 6,91 |
| | 3 | 0,658 | 6,01 | 4,53 | 0,37 |
| Bina_15 | 1 | 0,588 | 74,14 | 6,12 | 31,40 |
| | 2 | 0,510 | 16,08 | 65,92 | 9,22 |
| | 3 | 0,496 | 0,82 | 4,08 | 0,71 |
| Bina_16 | 1 | 0,547 | 87,46 | 1,84 | 19,30 |
| | 2 | 0,519 | 1,08 | 5,12 | 0,92 |
| | 3 | 0,521 | 0,35 | 71,95 | 9,16 |
| Bina_17 | 1 | 0,596 | 88,01 | 0 | 22,47 |
| | 2 | 0,551 | 1,03 | 59,21 | 16,12 |
| | 3 | 0,502 | 0,35 | 2,53 | 0,12 |
| Bina_18 | 1 | 0,510 | 17,85 | 60,35 | 15,21 |
| | 2 | 0,452 | 86,18 | 5,02 | 21,46 |
| | 3 | 0,430 | 1,05 | 0,87 | 0,18 |
| Bina_19 | 1 | 0,468 | 87,85 | 0,35 | 11,46 |
| | 2 | 0,403 | 16,08 | 65,92 | 5,54 |
| | 3 | 0,372 | 0,35 | 4,93 | 1,36 |
| Bina_20 | 1 | 0,790 | 14,83 | 81,84 | 13,76 |
| | 2 | 0,741 | 67,22 | 0 | 7,24 |
| | 3 | 0,683 | 3,51 | 16,89 | 2,28 |

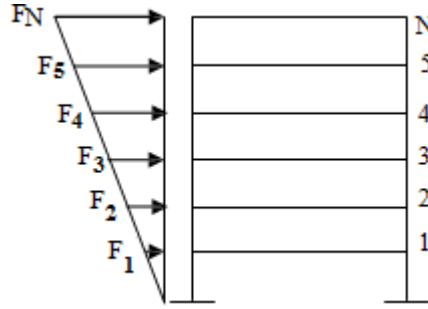
Tablo 4.6’da 20 adet bina için ilk üç moda ait periyod ve etkin kütle katılım oranları görülmektedir. Tabloda verilen 1998 öncesi 3 ila 5 katlı iyi kalite binaların dinamik özellikleri incelendiğinde 1. Moda ait etkin kütle oranlarının büyük bir ekseriyetle %80’in üzerinde olduğu görülmektedir. Diğer gruplarda yer alan binaların dinamik özellikleri de incelendiğinde kat adetleri arttıkça yüksek mod etkilerinin de nispeten önem kazandığı gözlenmektedir.

4.5. Binaların Artımsal İtme Analizleri

Herbir binanın kapasite eğrilerini elde edebilmek için doğrusal olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizde doğrusal elastik olmayan davranışın

idealleştirilebilmesi için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Bu yaklaşımda, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yaylı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır [6]. Plastik mafsalsız boyu olarak adlandırılan bu bölgede; en büyük plastik şekildeğiştirme değeri, mafsalsız boyunca sabit kabul edilmiştir.

Doğrusal olmayan itme analizini gerçekleştirmek için yapılan bir diğer kabul de yatay yüklemeyle ilgilidir. Bu çalışmada; yapıya etkiyen eşdeğer deprem yükünün Şekil 4.13'deki gibi ters üçgen şeklinde olduğu kabul edilmiştir. Yük dağılımının analiz boyunca, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayılmıştır.



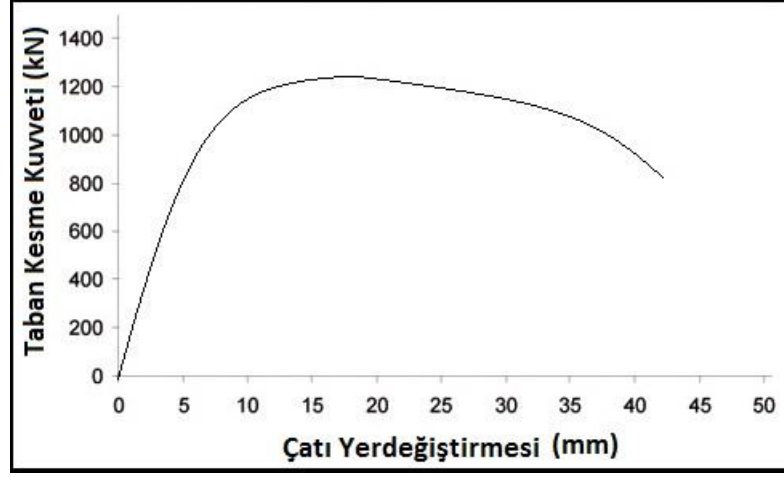
Şekil 4.13. Katlara Etki Ettirilen Yatay Yük Dağılımı

Taban kesme kuvvetinin her artımının katlara dağılımı denklem 4.18'deki gibi yapılmıştır [6, 75]

$$\Delta F_i = (W_i h_i / \sum W_j h_j) \Delta V_b \quad (4.18)$$

Burada; ΔF_i : i. kattaki kuvvet artımı, W_i : i. katın ağırlığı, h_i : i. katın tabandan yüksekliği, ΔV_b : Taban kesme kuvveti artımlarıdır.

Binaların birinci titreşim moduna ait etkin kütle oranları dikkate alınarak belirlenen yatay yük dağılımları kullanılarak binaların itme eğrileri elde edilmiştir. Statik itme analizi sonucu elde edilen tipik bir itme eğrisi Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14. Tipik İtme Eğrisi

Grafikte görüldüğü gibi kapasite eğrisinin yatay eksenini; yanal yükleme esnasında binanın tepe noktasındaki yerdeğiştirme değerlerini, dişey eksen ise; Taban seviyesindeki kesme kuvvetini göstermektedir.

4.6.Modal Kapasite Diyagramlarının Elde Edilmesi

Nonlinear statik analiz sonucu elde edilen itme eğrisi binaların hasargörebilirlik ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılmak üzere modal kapasite diyagramına dönüştürülmüştür.

İtme eğrisini, modal kapasite eğrisine çevirmek için denklem 4.19 ve denklem 4.20 kullanılır.

$$d_1 = \frac{u_{N1}}{\Gamma_1 \phi_{N1}} \quad (4.19)$$

$$a_1 = \frac{V_t}{\Gamma \sum_{j=1}^N m_j \phi_j} \quad (4.20)$$

Denklem 4.19 ve 4.20'deki parametrelerde;

d_1 ; birinci moda ait modal yerdeğiştirmeyi,

u_{N1} ; binanın 1. Moda ait maksimum yerdeğiştirme değerini,

Γ ; modal katkı çarpanını,

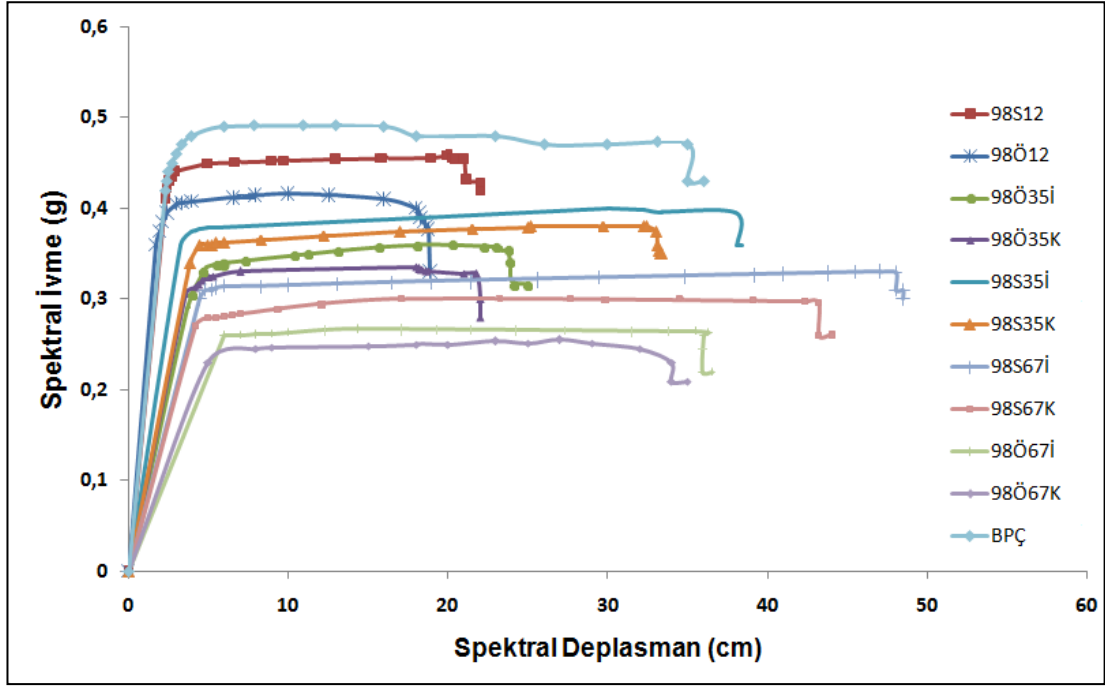
ϕ_{N1} ; binanın tepe noktasındaki birinci moda ait mod şekli genliğini;

V_t ; taban kesme kuvvetini,

m_j ; j. Kata ait etkin kütle ve

ϕ_j ; j. Kata ait mod şekli genliğini ifade etmektedir.

Denklem 4.19 ve 4.20 kullanılarak gerçekleştirilen dönüşüm işleminden sonra elde edilen modal kapasite eğrisinin yatay eksenini spektral yerdeğiştirmeyi temsil ederken, dikey eksen ise spektral ivmeyi temsil etmektedir. Bu çalışmadaki 11 bina grubunun her birinden o grubu en iyi temsil edeceği düşünülen birer adet medyan bina seçilmiştir. Seçilen binaların modal kapasite eğrileri Şekil 4.15’de görülmektedir.



Şeki 4.15. Medyan Modal Kapasite Eğrileri

Şekilde görüldüğü gibi modal kapasite eğrisi; ivme eğrisinin yatay eksenini spektral yerdeğiştirme ve dikey eksenini spektral ivmeyi gösterecek biçimde eksen değişimi uygulanarak elde edilen formudur.

4.7. Sınır Hasar Seviyelerinin Belirlenmesi

Bölüm 3’de ayrıntılı olarak açıklandığı üzere bir kırılma eğrisi; belirlenen hasar sınırına ulaşılması veya bu sınırın aşılması olasılığını gösteren eğridir. Bu nedenle; hasar olasılık sınırları, hasar olasılık eğrilerinin hesaplanmasında temel kıstaslardan birisidir. Konuyla ilgili yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalarda; betonarme binalar için birçok hasar seviyesi tanımlanmış ve kullanılmıştır. Binadaki hasarı 3, 4, 5 veya daha çok farklı seviyede tanımlamak mümkündür. Yapısal elemanların hasar durumları, bina kapasite eğrisinin eğimi veya yapının katlar arası ötelenme oranı gibi pek çok kıstas üzerinden hasar sınırları tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada, Manisa bölgesine en yakın örnekler olan İzmir deprem master planı ve Denizli deprem senaryosu gibi çalışmalarda da benimsenen hasar seviyeleri kullanılmıştır. Bunlar; FEMA 356 Hazus dökümanında önerilen katlararası ötelenme oranına bağlı 4 hasar seviyesidir [67]. Tablo 4.7 çalışmada sınıflandırılan her bir grup için katlararası ötelenme oranına bağlı hasar olasılık sınırlarını nicel olarak göstermektedir.

Tablo 4.7. Katlararası Ötelenme Oranına Bağlı Hasar Olasılık Sınırları (%)

| Grup | Hafif Hasar (%) | Orta Hasar (%) | Ağır Hasar (%) | Çok Ağır Hasar (%) |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 98O12 | 0,005 | 0,008 | 0,02 | 0,05 |
| 98S12 | 0,005 | 0,0087 | 0,0233 | 0,06 |
| 98O35I 98O35K 98O67I 98O67K | 0,0033 | 0,0053 | 0,0133 | 0,0333 |
| 98S35I 98S35K 98S67I 98S67K | 0,0033 | 0,0058 | 0,0156 | 0,04 |
| Perdeli | 0,002 | 0,004 | 0,01 | 0,02 |

Bölüm 3.4’de ele alındığı gibi, hasar olasılık sınırları bina yüksekliği, yapı türü ve inşaa yılıyla ilişkili olarak farklılık göstermektedir. Tablo’da, bu çalışmada gruplandırılan her bir yapı demeti için ayrı ayrı belirlenen hasar seviyeleri görülmektedir. Hasar seviyeli nicel olarak katlararası ötelenme oranına bağlı olarak verilmiştir.

Herbir hasar seviyesine ulaşıldığında, yapıda öngörülen davranışın nitel tanımını ise, kısmen Bölüm 4.7.1 – 4.7.4’deki gibidir.

4.7.1. Hafif Hasar Durumu

Kolonların ve kirişlerin bazılarında birleşim bölgesinde ve çevresinde kılcal çatlaklar oluşur. Kolon kiriş birleşim bölgesinde oluşan eğilme ve kayma çatlakların kılcal düzeyde kalması beklenir. Benzer şekilde, yapıda perde duvar varsa perde

duvarlarda kılcal eğilme çatlakları beklenebilir. Genel olarak 2mm'den daha dar biçimde oluşan çatlaklar kılcal olarak kabul edilmektedir.

4.7.2. Orta Hasar Durumu

Kolon ve kirişlerin büyük bir çoğunluğunda kılcal çatlakların oluşması beklenir. Sünek çerçevelerde, bazı kolon ve kirişlerin akma kapasitelerine erişmesi ve daha geniş çatlakların oluşması da orta hasar seviyesi olarak tanımlanmaktadır. Sünek olmayan çerçeve elemanlarında ve perde duvarlarda da kılcal çatlaktan daha geniş kayma çatlakları oluşması muhtemeldir.

4.7.3. Ağır Hasar Durumu

Ağır hasar durumunda, yer yer kısmi göçmeler görülebilir. Sünek çerçeve elemanlarının büyük çoğunluğu akma kapasitelerine erişir ve geniş çatlaklar oluşur. Beton paspaylarının dökülmesi beklenir. Boyuna donatı çubuklarında burkulmalar meydana gelebilir. Sünek olmayan çerçeve elemanlarında ve perdelerde geniş diyagonal kayma çatlakları oluşur. Bazı elemanlarda boyuna donatıların betondan sıyrılması, enine donatıların kopması gibi hasarlar meydana gelebilir.

4.7.4. Çok Ağır Hasar Durumu

Çok ağır hasar durumundaki yapıda; hafif, orta ve ağır şiddetteki hasarların tamamı gerçekleşmiştir. Bina aşırı deformasyon sonucu olarak göçer veya göçmeye çok yakın bir duruma gelir.

4.8. Hasar Olasılık Eğrilerinin Çizilmesi

Bölüm 3'te ayrıntılı olarak bahsedildiği gibi, hasar olasılıklarının lognormal dağılıma uyduğu varsayımı genel kabul görmüş bir yaklaşımdır. Bölüm 3'te açıklandığı gibi; hasar olasılık eğrileri sınır hasar seviyeleri belirlenen binaların birikimli dağılımını gösteren, birikimli dağılım fonksiyonlarıdır. Uygulamada; hasar olasılıkeğrisinin çizimi, bu eğriyi niteleyen $\overline{S_{d_{s_i}}}$ ve $\beta_{d_{s_i}}$ parametrelerinin belirlenerek denklem 4.21'de yerine konulmasından ibarettir. Denklemin çıkarılışı bölüm 3.5'te ayrıntılı biçimde anlatıldığından bu bölümde tekrar değinilmemiştir.

$$Pd \geq (d_{s_i} | S_d) = \varphi \left(\frac{\ln(S_d) - \overline{S_{d_{s_i}}}}{\beta_{d_{s_i}}} \right) \quad (4.21)$$

Denklemdede; P sembolik olarak hasar olasılığını. $\overline{S_{d_{s_i}}}$ bina hasarının ilgili hasar seviyesine eriştiği ortalama modal yerdeğiştirmeyi, $\beta_{d_{s_i}}$, ilgili sınır hasar seviyeleri için modal yerdeğiştirme değerlerinin doğal logaritmalarına ait standart sapmayı, φ ise birikimli standart dağılım fonksiyonunu göstermektedir.

Çalışma kapsamında sınıflandırılan her bir bina için, sınır görel kat ötelenmesi değerine ulaşıldığı andaki spektral yerdeğiştirmeler tablo halinde not edilmiştir. Belirlenenspektral yerdeğiştirme değerlerinin doğal logaritmaları alınmıştır. Çalışmada 11 ayrı grup ve 4 farklı hasar seviyesi için toplam 44 hasar olasılık eğrisi tanımlanmıştır. Her bir eğri için, ilgili binaların sınır değerleri kullanılarak logaritmik ortalama ve logaritmik standart sapmaları hesaplanmıştır. Hesaplanan $\beta_{d_{s_i}}$ ve $\overline{S_{d_{s_i}}}$ parametreleri denklem 4.21'de yerine konarak, hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir.

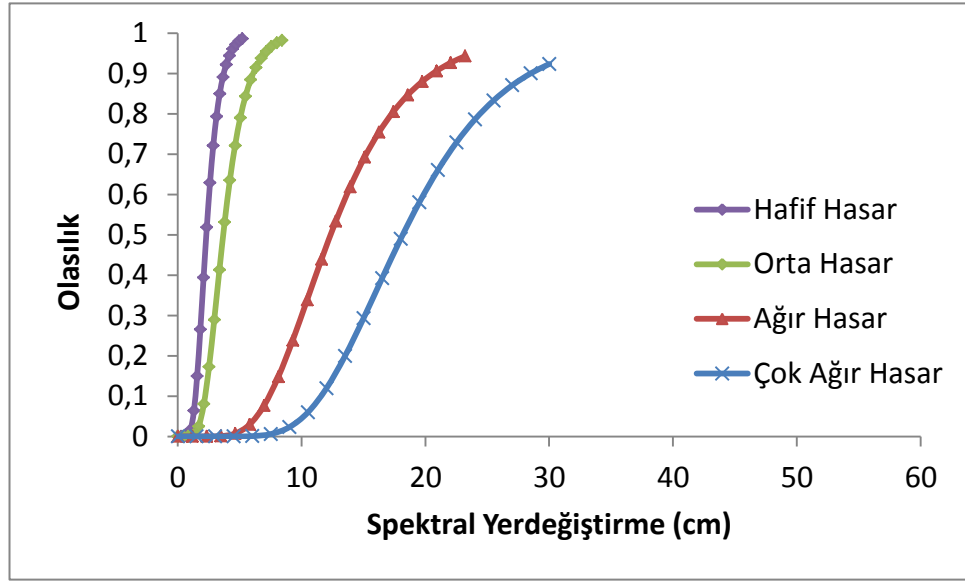
Tez çalışmasındaki 11 grup binanın ortalama $\overline{S_{d_{s_i}}}$ ve $\beta_{d_{s_i}}$ parametreleri aşağıda verilen Tablo 4.8'de görüldüğü gibidir.

Tablo 4.8. Hasar Olasılık Parametreleri

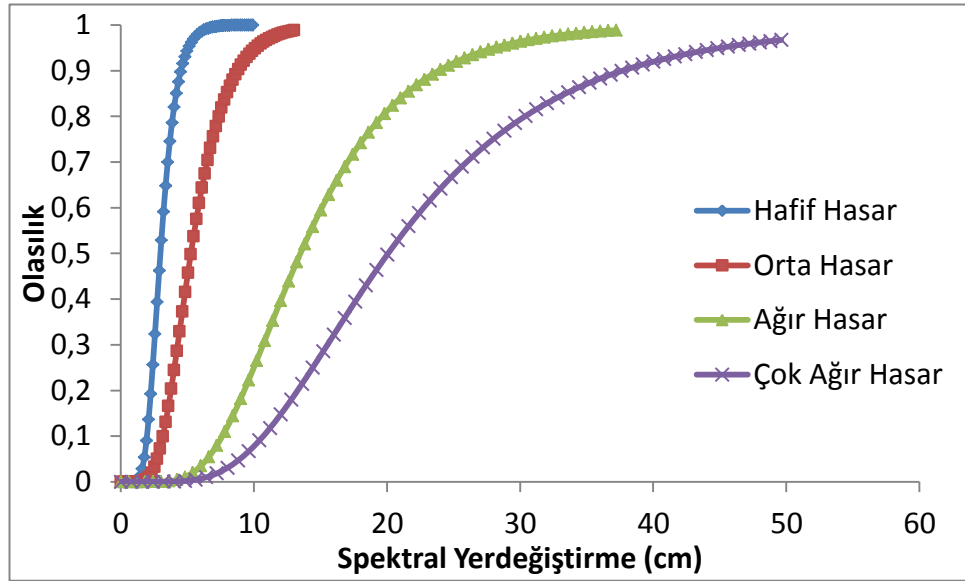
| GRUP | Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu Parametreleri (cm) | | | | | | | |
|---------|---|----------|------------------|----------|------------------|----------|----------------------|----------|
| | Sd1 (Hafif Hasar) | | Sd2 (Orta Hasar) | | Sd3 (Ağır Hasar) | | Sd4 (Çok Ağır Hasar) | |
| | Log.Ort | L.Std.Sp | Log.Ort | L.Std.Sp | Log.Ort | L.Std.Sp | Log.Ort | L.Std.Sp |
| 98Ö12 | 0,8373 | 0,3714 | 1,3016 | 0,3947 | 2,3134 | 0,4693 | 2,6892 | 0,4013 |
| 98S12 | 1,0919 | 0,3236 | 1,6621 | 0,3978 | 2,6015 | 0,3950 | 2,9481 | 0,3952 |
| 98Ö35K | 1,0168 | 0,3327 | 1,2622 | 0,3598 | 2,2250 | 0,3404 | 2,2822 | 0,4105 |
| 98Ö35İ | 1,3867 | 0,3287 | 1,9121 | 0,3869 | 2,7425 | 0,3841 | 3,0141 | 0,3813 |
| 98S35İ | 1,2646 | 0,5216 | 1,9667 | 0,45308 | 2,8431 | 0,33548 | 3,3175 | 0,2958 |
| 98S35K | 1,1119 | 0,3714 | 1,6086 | 0,4047 | 2,4990 | 0,4708 | 2,8339 | 0,3994 |
| 98Ö67İ | 1,482 | 0,4503 | 2,3163 | 0,4209 | 3,0164 | 0,2908 | 3,4478 | 0,3273 |
| 98Ö67K | 1,282 | 0,413 | 1,9956 | 0,3308 | 2,8507 | 0,3311 | 3,2837 | 0,2921 |
| 98S67İ | 1,527 | 0,3431 | 2,1303 | 0,4501 | 2,1395 | 0,3760 | 3,5314 | 0,3412 |
| 98S67K | 1,3305 | 0,4271 | 1,9793 | 0,4136 | 2,8806 | 0,3542 | 3,1710 | 0,2785 |
| Perdeli | 0,1384 | 0,2806 | 0,7175 | 0,3977 | 1,5463 | 0,4012 | 2,0323 | 0,4222 |

Tablo 4.8'de; 11 grup ve 4 farklı hasar seviyesi için toplam 44'er adet lognormal ortalama ve lognormal standart sapma hesaplanmıştır. Bu parametrelerin

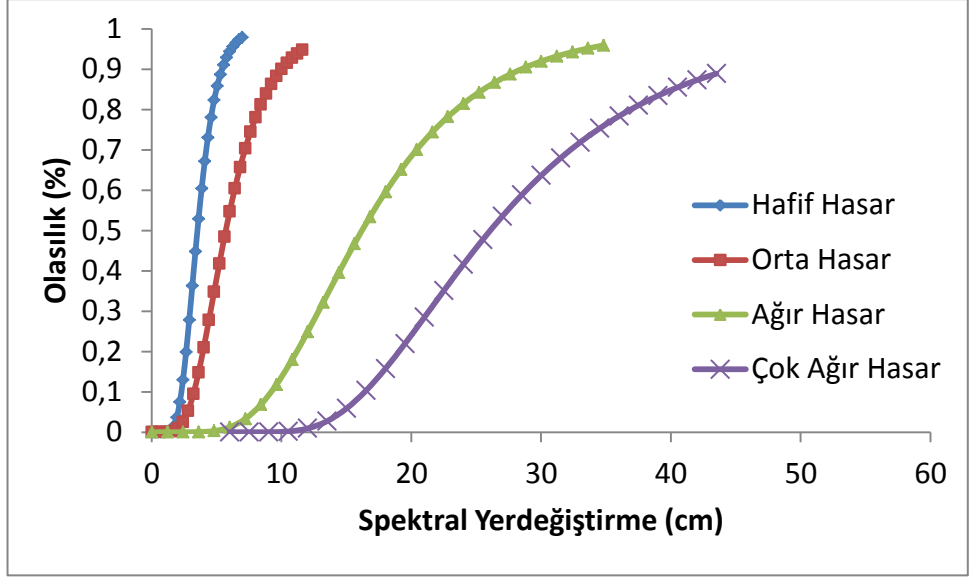
denklem 4.21’de yerine konması sonucu hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen hasar olasılık eğrileri Şekil 4.16 - 4.26 da verilmiştir.



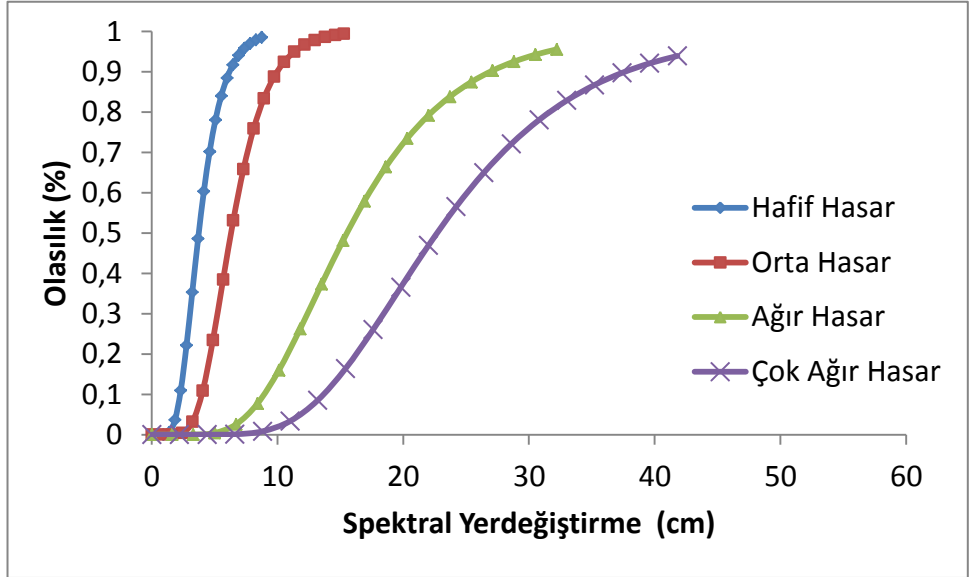
Şekil 4.16. Grup 98O12 Hasar Olasılık Eğrileri



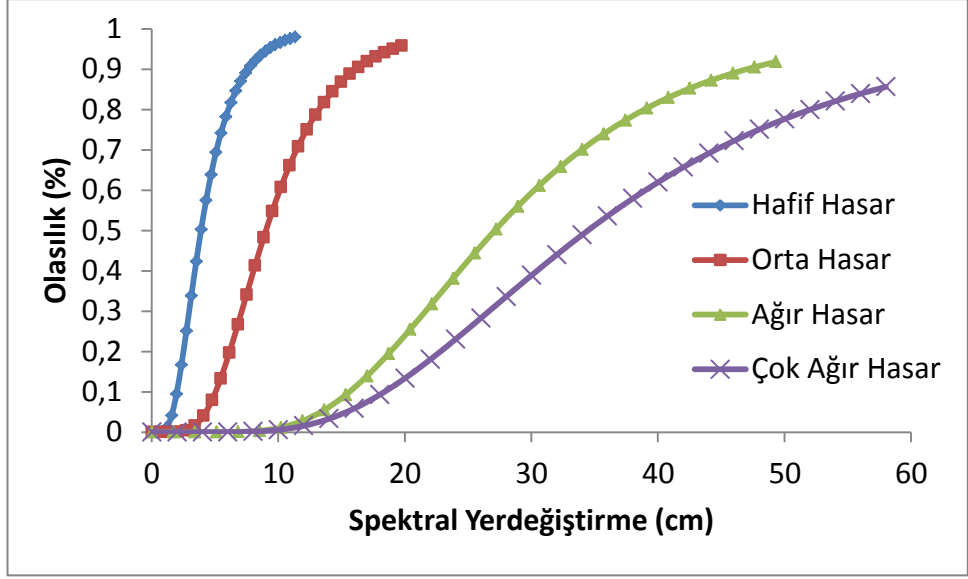
Şekil 4.17. Grup 98S12 Hasar Olasılık Eğrileri



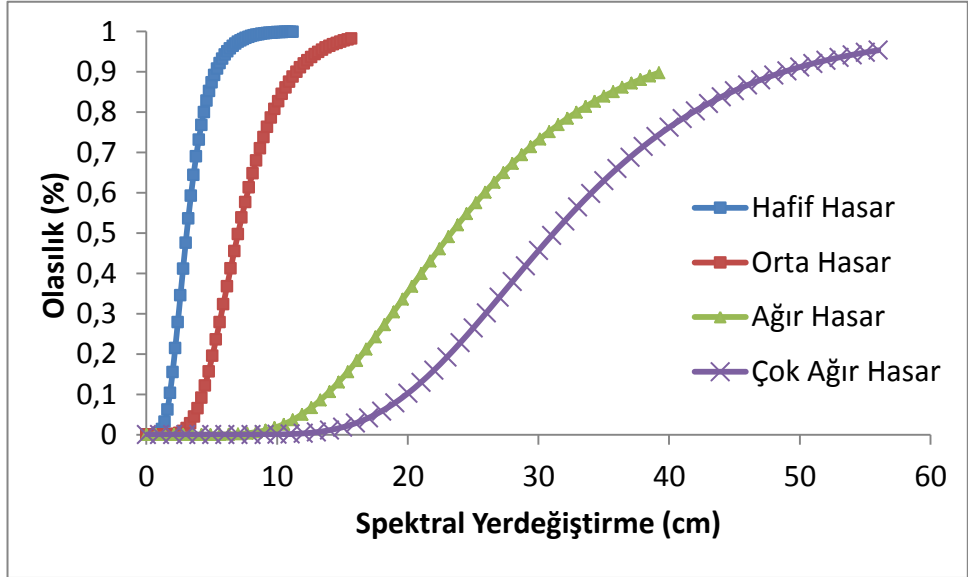
Şekil 4.18. Grup 98Ö35İ Hasar Olasılık Eğrileri



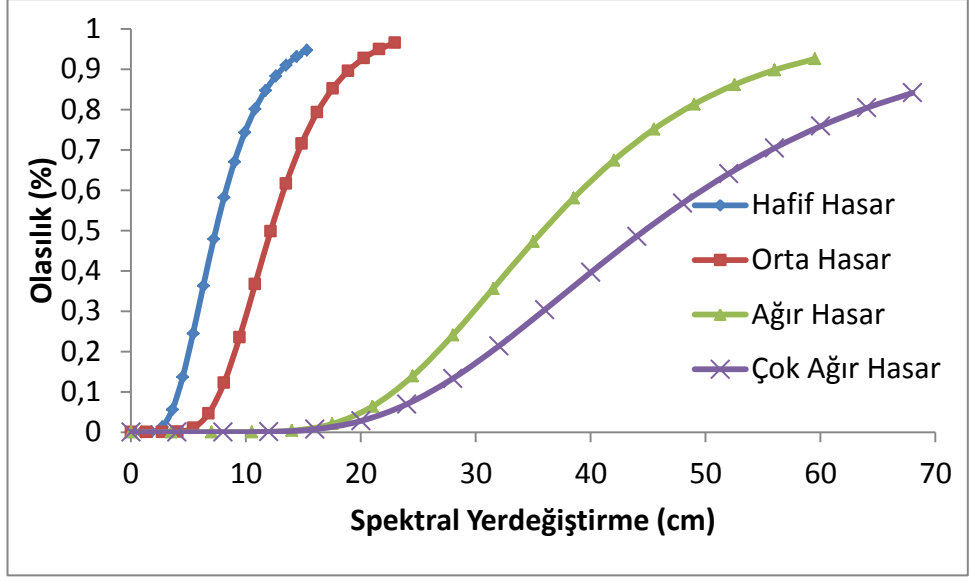
Şekil 4.19. Grup 98Ö35K Hasar Olasılık Eğrileri



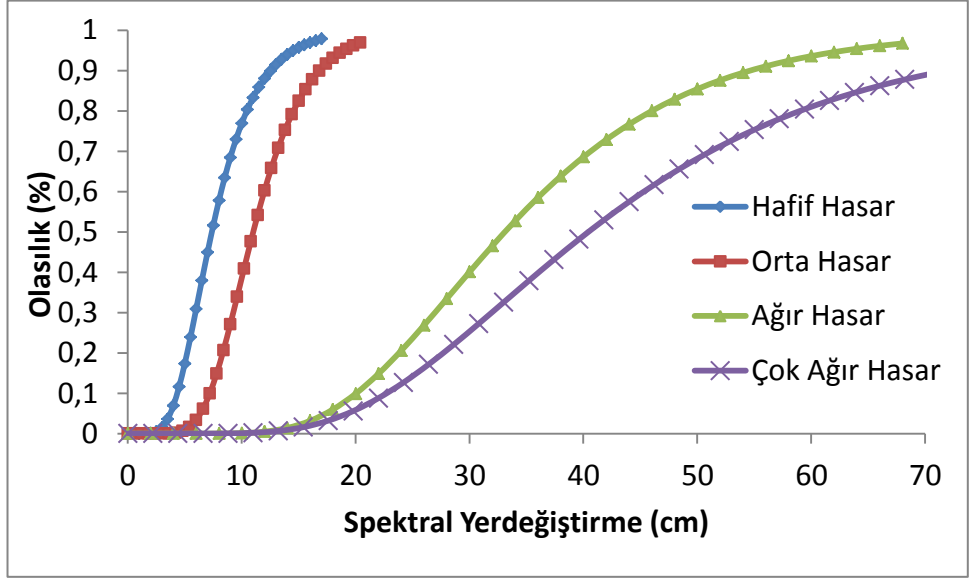
Şekil 4.20. Grup 98S35İ Hasar Olasılık Eğrileri



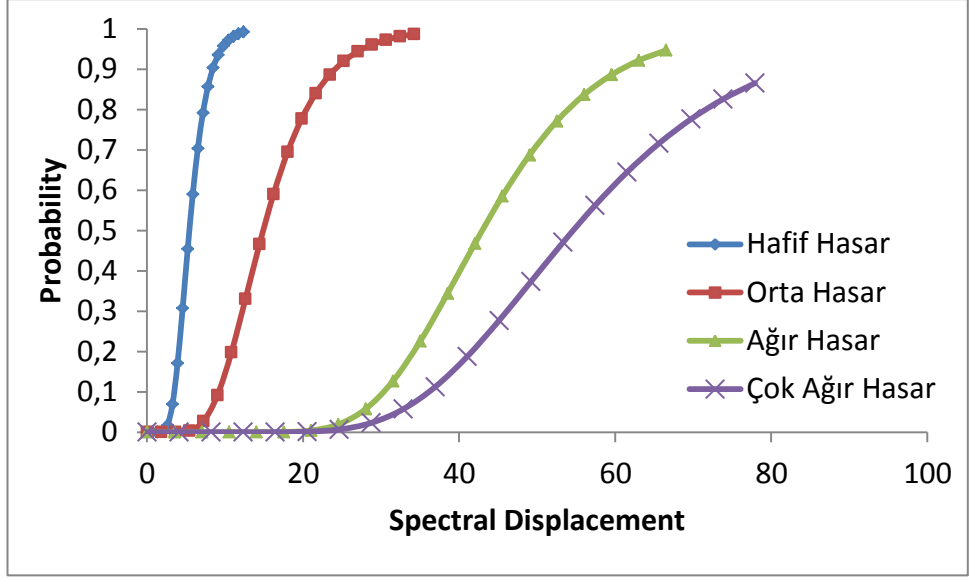
Şekil 4.21. Grup 98S35K Hasar Olasılık Eğrileri



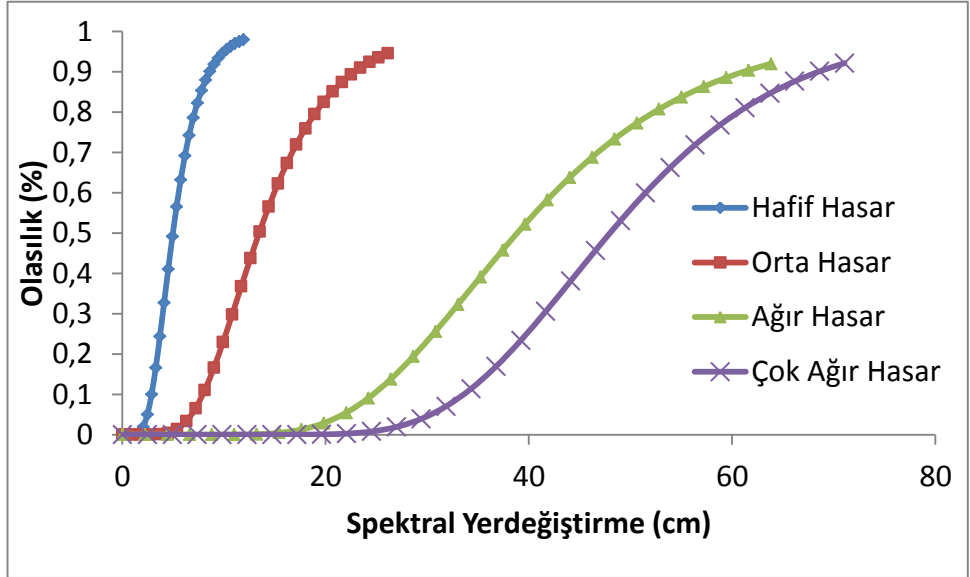
Şekil 4.22. Grup 98Ö67İ Hasar Olasılık Eğrileri



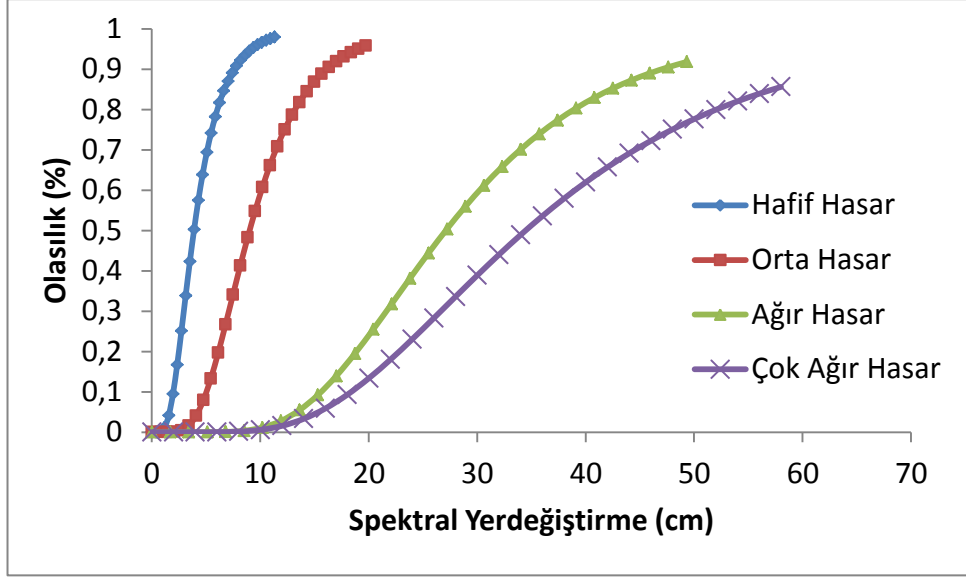
Şekil 4.23. Grup 98Ö67K Hasar Olasılık Eğrileri



Şekil 4.24. Grup 98S67İ Hasar Olasılık Eğrileri



Şekil 4.25. Grup 98S67K Hasar Olasılık Eğrileri



Şekil 4.26. Grup BPC Hasar Olasılık Eğrileri

5. HASAR OLASILIK EĞRİLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Hasar olasılık eğrilerinin bilinen en belirgin kullanım alanı hasar tahminleridir. Hasar olasılık eğrilerinin farklı deprem senaryoları için mevcut bina stokundaki olası hasar oranlarını belirlemeye yönelik kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Hasar olasılık eğrilerini kullanarak muhtemel bir depremde, mevcut binalarda oluşabilecek hasar düzeyleri ve olasılıkları hakkında tahmin yürütülebilmektedir. Bu tahminler senaryo depreminin etki alanında olan bina sayılarıyla ilişkilendirilerek yıkık ve hasarlı bina sayılarına ilişkin öngörülerde bulunmak da mümkün olmaktadır.

Hasar olasılık eğrilerinden, sadece yapısal hasarın tahmininde değil; can kayıpları, ekonomik kayıplar ve iş kayıplarına ilişkin tahminlerde de dolaylı olarak faydalanılabilmektedir. Takdir edilir ki, bu öngörü ve tahminler afet planlama ve afete hazırbulunuşluk bakımından son derece önem teşkil etmektedir.

Bu bağlamda; depremlerde yaşanan kayıpları 3 şekilde ele almak mümkündür. Bunlardan ilki; can kaybı, ağır ve hafif yaralı sayıları gibi insan hayatına yönelik kayıplardır. İkinci bir kayıp ise; yıkık ve hasarlı binaların onarım masraflarına ilişkin ekonomik kayıplardır. Diğer bir kayıp ise; binaların onarım sürelerini ifade eden, iş kayıpları olarak öngörülmektedir.

Belirlenen deprem senaryosu için binaların alacağı hasar düzeyleri ve bu hasara maruz kalacak bina sayıları tahmin edildikten sonra sözkonusu kayıpları tahmin etmek oldukça basittir. Her bir hasar düzeyi için can kaybı, yaralı sayıları, ekonomik kayıplar ve iş kayıpları için katsayılar belirleyerek, bu katsayıları yıkık ve hasarlı bina sayılarıyla çarpmak yeterlidir.

5.1. Hasar Olasılık Eğrilerinin Bina Hasar Tahminlerinde Kullanılması

Ele alınan bir deprem senaryosu için; hasar olasılık eğrileri ile çeşitli performans hesaplama yöntemleri birlikte kullanılarak, birikimli hasar olasılıkları tahmin edilebilmektedir. Örneğin Kapasite Spektrumu Yöntemi, hasar olasılık eğrileriyle birlikte kullanılan başlıca yöntemlerden birisidir. Bu yöntemle birlikte birikimli hasar olasılığı kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

5.2. Kapasite Spektrumu Yöntemiyle Hasar Olasılığının Hesaplanması

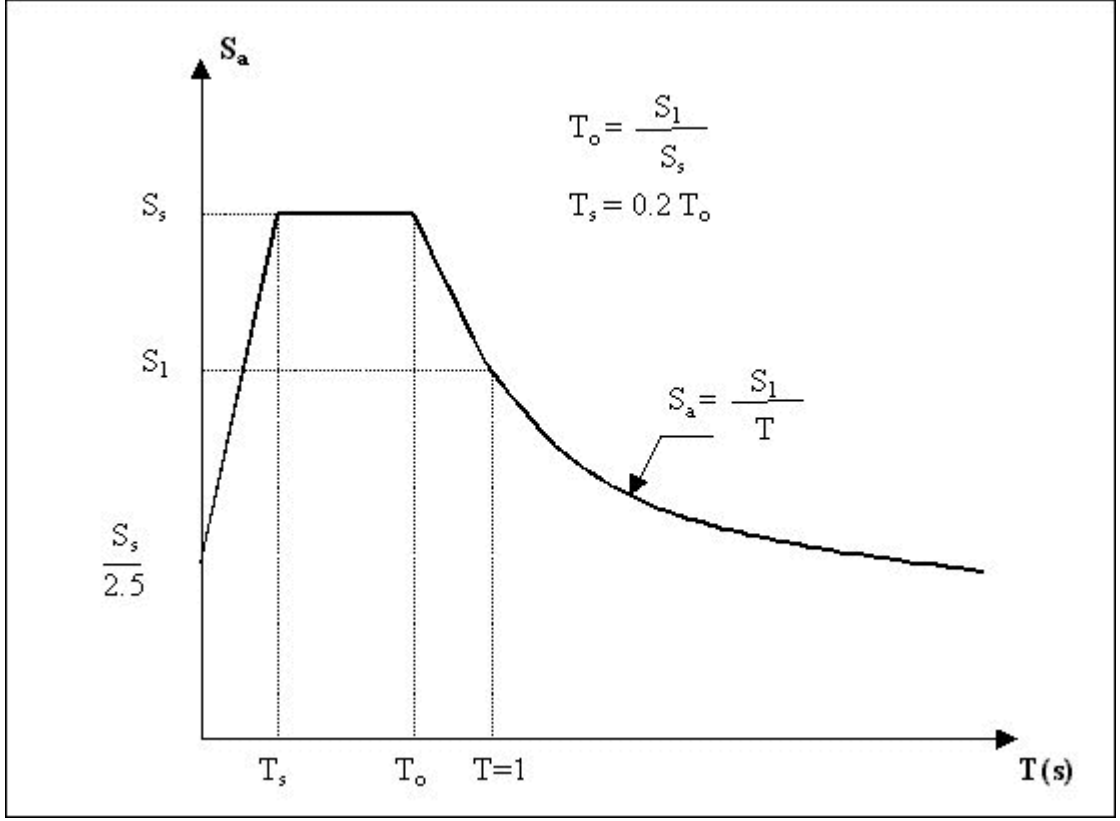
Kapasite Spektrumu Yöntemi'nin esası; deprem etkileri altında plastik deformasyonların meydana geldiği çok serbestlik dereceli sistemin uygun bir sönüm oranına sahip eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem olarak modellenebileceği kabulüne dayanmaktadır [40, 76]. Oluşan plastik deformasyonlar binanın sönüm oranını arttırmakta, dolayısıyla da deprem talebini azaltmaktadır.

Kapasite Spektrumu Yöntemi'nde elastik deprem talep spektrumu belli katsayılar kullanılarak indirgenmekte ve bina modal kapasite diyagramı ile birlikte aynı grafik üzerine çizilerek ardışık bir yaklaşım yolu ile binaya ait performans noktası (yerdeğiştirme istemi) belirlenmektedir. Performans noktası binaya ait kapasite spektrumu ile deprem talep spektrumunun kesim noktasıdır.

Talep spektrumu; binanın yapıldığı yer için tanımlanan ve “spektral yerdeğiştirme-spektral ivme” eksen takımında ifade edilen elastik ivme spektrumunun, bina taşıyıcı sisteminin doğrusal-dışı davranışı göz önüne alınarak yaklaşık biçimde azaltılması ile elde edilen ve yine aynı eksen takımında çizilen spektrum eğrisidir [11]. Deprem Talep Spektrumunun temelini oluşturan elastik ivme spektrumu ise, sabit spektral ivme bölgesini tanımlayan “kısa peryot spektral ivmesi” S_S ile spektrumun azalan bölgesini tanımlayan birinci saniye spektral ivmesi S_1 aracılığı ile belirlenmektedir ve her iki parametre, yerel zemin koşullarının etkisini de içermektedir. [11]. Azalma bölgesinde elastik ivme spektrumu denklem 5.1'deki şekilde tanımlanmaktadır.

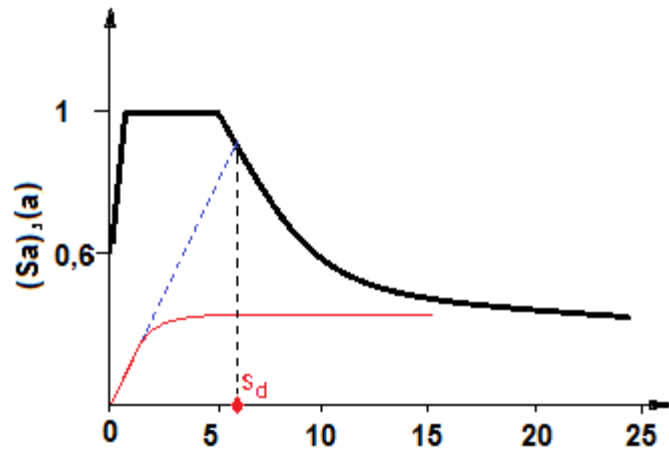
$$S_a = S_1 / T \quad (5.1)$$

Denklem 5.1'e göre oluşturulmuş bir elastik ivme spektrumu Şekil 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.1. Elastik İvme Spektrumu [11]

Bir sonraki adımda; oluşturulan elastik ivme spektrumları, binalara ait modal kapasite diyagramları ile birleştirilerek binaların modal yerdeğiştirme istemleri hesaplanmıştır. Modal kapasite eğrisi ve elastik ivme spektrumu üzerinden binanın yerdeğiştirme isteminin hesaplanması Şekil 5.2’deki gibidir.

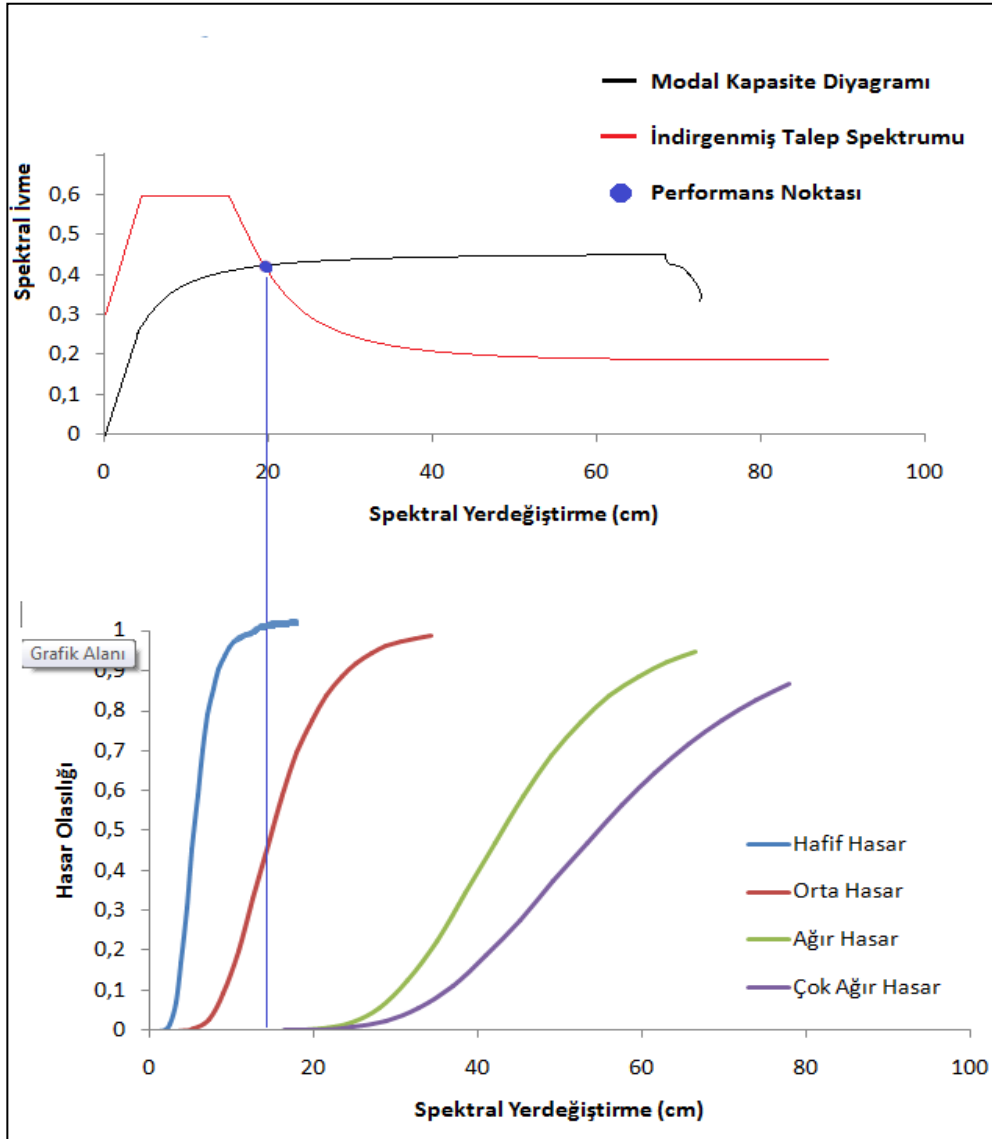


Şekil 5.2. Yerdeğiştirme İsteminin Hesaplanması

Şekil 5.2’de görüldüğü gibi; kapasite eğrisinin doğrusal olan kısmı elastik ivme spektrumunu kesene kadar uzatılır. Uzatılan doğrunun spektrumu kestiği

noktanın yatay eksene izdüşümü alınır. Bu nokta; seçilen deprem spektrumuna göre binanın yerdeğiştirme istemidir.

Hasar tahmin çalışmalarında tüm binaların tek tek ele alınıp değerlendirilmesi mümkün olmadığından hızlı bir değerlendirme yöntemi olarak her bina sınıfı, ortalama bir modal kapasite diyagramı ile temsil edilebilmektedir. Binanın bulunduğu bölge için, yönetmeliklerde tanımlanan deprem talep spektrumu da dikkate alınarak binanın modal yerdeğiştirme cinsinden performans noktası belirlenmektedir. Kapasite Spektrumu Yöntemi ile hasar olasılık eğrilerinin birlikte kullanımını Şekil 5.3’de şematik olarak görülmektedir.



Şekil 5.3. “Kapasite Spektrumu Yöntemi ile Hasar Olasılık Eğrisinin Birlikte Kullanımı” [40]

Şekil 5.3’de örnek olarak ele alınmış bir ortalama modal kapasite diyagramı ile yine örnek olarak ele alınmış 4 hasar olasılık eğrisinin birlikte kullanımı gösterilmektedir. Modal kapasite diyagramı ve hasar olasılık eğrilerinin spektral deplasman değerlerini gösteren yatay eksenleri ortak paydadır. Her iki grafik ortak eksenleri aynı hizaya gelecek şekilde alt alta yerleştirilir ve şekilde görüldüğü gibi kapasite diyagramının yerdeğiştirme istemi (performans noktası) düz bir çizgi ile hasar olasılık eğrilerini kesene kadar uzatılarak ilgili hasar seviyeleri için birikimli hasar olasılıkları tespit edilmiş olur.

5.3. Ayrık Hasar Olasılıklarının Hesaplanması

Birikimli hasar olasılıkları; matematiksel olarak hasar dağılımını göstermekle birlikte, her bir hasar seviyesi için etkilenecek bina sayısını ayrı ayrı tahmin edilebilmek için ayrık hasar olasılığı hesaplanmalıdır. Ayrık hasar olasılıkları; binaların hasar bölgelerindeki dağılımlarını göstermektedir. Her bir ayrık hasar olasılığı, sınır hasar seviyelerine ait birikimli olasılıkların birbirinden çıkartılmasıyla hesaplanmaktadır [40].

Örnek olarak bu çalışmada belirlenen 4 farklı hasar sınırı ve bu sınırların birbirinden ayırdığı 5 farklı hasar bölgesine ait ayrık hasar olasılıkları için aşağıda verilen denklem 5.2- denklem 5.6 kullanılabilir [40].

$$P_{\text{Çok Ağır Hasar}} = P_4 \quad (5.2)$$

$$P_{\text{Ağır Hasar}} = P_3 - P_4 \quad (5.3)$$

$$P_{\text{Orta Hasar}} = P_2 - P_3 \quad (5.4)$$

$$P_{\text{Hafif Hasar}} = P_1 - P_2 \quad (5.5)$$

$$P_{\text{Hasarsızlık}} = 1 - P_1 \quad (5.6)$$

Denklem 5.2- denklem 5.6’ya göre hesaplanan ayrık hasar olasılıkları aşağıda verilen Tablo 5.1’de görülmektedir.

Tablo 5.1. Ayrık Hasar Olasılıkları

| Bina Grubu | Referans Görelî Ötelenme Değeri (%) | Hasarsızlık Olasılığı $P_{Hasarsızlık}$ | Hafif Hasar Olasılığı P_{Hafif} | Orta Hasar Olasılığı P_{Orta} | Ağır Hasar Olasılığı $P_{İleri}$ | Çok Ağır Hasar Olasılığı $P_{Çok ağır}$ |
|------------|-------------------------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---|
| 98Ö12 | %2 | %1 | %11 | %51 | %34 | %3 |
| 98S12 | %2,33 | %1 | %23 | %63 | %12,5 | %0,5 |
| 98Ö35İ | %1,33 | %1 | %11 | %51 | %25 | %12 |
| 98Ö35K | %1,33 | %1 | %1 | %39 | %43 | %16 |
| 98S35İ | %1,5 | %1 | %5 | %50 | %32 | %12 |
| 98S35K | %1,5 | %1 | %1 | %48 | %36 | %14 |
| 98Ö67İ | %1,33 | %1 | %1 | %46 | %37 | %15 |
| 98Ö67K | %1,33 | %1 | %1 | %35 | %42 | %21 |
| 98S67İ | %1,5 | %1 | %3 | %51 | %32 | %13 |
| 98S67K | %1,5 | %1 | %1 | %45 | %37 | %16 |
| BPC | %0,05 | %3 | %13 | %57 | %21 | %6 |

Tablo'de ayrık hasar olasılığının hesaplanmasına örnek vermek amacıyla referans alınan görelî ötelenme değerleri için ayrık hasar olasılıkları hesaplanmıştır. Tablonun birinci sütunu bu çalışmada kullanılan bina gruplarını göstermektedir. Her bir grup için ikinci sütunda referans alınan ötelenme değerine ulaşıldığında muhtemel ayrık hasar olasılıkları görülmektedir. Tablodaki veriler incelendiğinde; referans ötelenme değerleri için en yüksek olasılıklar orta hasar bölgesinde yoğunlaşmaktadır. Çok ağır hasar bölgesindeki en büyük hasar olasılığının ise 1998 öncesi inşa edilmiş 6 ve 7 katlı kötü kalite binaları temsil eden 98Ö67K grubuna ait olduğu görülmektedir.

5.4. Hasar Olasılık Eğrilerinin Ekonomik Kayıp Tahminlerinde Kullanılması

Doğrudan ekonomik kayıplar olarak tanımlanan yapısal hasara ilişkin kayıpların tahmin edilebilmesi için öncelikle bazı ekonomik kabuller yapılması gerekmektedir. Örnek olarak bu çalışmada kullanılan bina gruplarına ait ortalama inşaat alanları için kabuller yapılmıştır. Bu kabuller farklı hasar düzeyleri için birim inşaat alana düşen ekonomik kayıpları kapsamaktadır. Buna göre, 1 ve 2 katlı binalardan oluşan 98Ö12 ve 98S12 grup binaların ortalama inşaat alanı 150 m² kabul edilmiştir. Benzer şekilde 3-5 katlı binalardan oluşan 98Ö35İ, 98Ö35K, 98S35İ ve

98Ö35K grup binaların ortalama inşaat alanı 1200 m² ve 6-7 katlı binaların ortalama inşaat alanı 2000 m² olarak kabul edilmiştir.

Betonarme konut yapılarının ortalama metre kare maliyetleri içinse farklı yaklaşımlar benimsemek mümkündür. Emlak Vergisi Kanunu Tebliğinde 2014 yılında meskenler için hesaplanan ortalama birim inşaat maliyetleri Tablo 5.2’de görüldüğü gibidir.

Tablo 5.2. 2014 Emlak Vergisi Kanunu 2014 Yılı Genel Tebliğine Göre Yapı Ortalama Maliyetleri [77]

| Konut Tipi | Asgari Maliyet (m²/TL) | Azami Maliyet (m²/TL) | Ortalama Maliyet (m²/TL) |
|-------------------|--|---|--|
| A) LÜKS İNŞ. | 1867,89 | 1991,91 | 1929,90 |
| B) 1. SINIF İNŞ. | 1234,62 | 1332,04 | 1283,33 |
| C) 2. SINIF İNŞ. | 819,27 | 902,49 | 860,88 |
| D) 3. SINIF İNŞ. | 552,67 | 614,66 | 583,67 |
| E) BASİT | 227,62 | 277,21 | 252,42 |

Tablo 5.2.’de görüldüğü gibi, konutların birim maliyetleri yapının ekonomik sınıfına göre değişiklik göstermektedir. Maliye Bakanlığı’nca tespit edilen tablodaki bina sınıfları yapının inşa tarzı, işçiliği, çeşitli kısımlarda kullanılan malzeme kalitesi gibi parametrelerle belirlenmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın 6 Mayıs 2014 tarihli tebliğinde ise mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabında kullanılmak üzere 2014 yılı yapı yaklaşık birim maliyetleri Tablo 5.3’deki şekliyle ilan edilmiştir.

Tablo 5.3. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri [78]

| Konut Tipi | Birim Maliyet (m²/TL) |
|--|---|
| 4 Kata kadar(4 kat dahil) asansörsüz ve/veya kalorifersiz konutlar | 550 |
| Konutlar | 650 |
| Apartman tipi konutlar (Yapı yüksekliği 21.50 m.'yi aşan) | 700 |
| Özellikli müstakil konutlar (villalar, teras evleri, dağ evleri, kaymakam evi) | 800 |
| Büyükelçilik yapıları, vali konakları ve 600 m ² üzerindeki özel konutlar | 1150 |

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı birim maliyet tablosunda, yapının kat adedi, yüksekliği, gibi birim alanı tespit etmeye yönelik özelliklerin yanı sıra asansör, kalorifer gibi konfora yönelik özellikler de yapım maliyetleni artıran unsurlar olarak göze çarpmaktadır.

Bu tez çalışmasında incelenen yapılar göz önüne alındığında; Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'de özetlenmiş olan verilerin yanı sıra geçmiş depremlerde yaşanan hasarlara ait veriler ve bu alanda yapılmış kayıp tahmin çalışmaları kıstas alınarak ağır hasar gören binalar için beher m²'ye düşen ekonomik kayıp 98 öncesi binalarda 300 TL, 98 sonrası binalarda 500TL olarak öngörülmüştür. Diğer hasar düzeylerine ilişkin 98 öncesi ve sonrası binaların kayıpları ise, hafif hasar için beher m²'ye 30TL/50TL ve orta hasar için 90TL/150TL olarak tahmin edilmiştir. Bu değerler esas alınarak her bir bina türü ve her bir hasar düzeyi için birim ekonomik kayıp miktarları Tablo 5.4'te özetlenmiştir [11, 77, 78, 79].

Tablo 5.4. Hasar Düzeylerine Göre Birim Ekonomik Kayıp Miktarı (TL)

| Bina Türü | Hafif Hasar | Orta Hasar | Ağır Hasar |
|--------------------------------|-------------|------------|--------------|
| 1998 Öncesi 1-2 Katlı Binalar | 4.500 TL | 13.500 TL | 45.000 TL |
| 1998 Sonrası 1-2 Katlı Binalar | 7500 TL | 22.500 TL | 75.000 TL |
| 1998 Öncesi 3-5 Katlı Binalar | 36.000 TL | 108.000 TL | 360.000 TL |
| 1998 Sonrası 3-5 Katlı Binalar | 60.000 TL | 180.000 TL | 600.000 TL |
| 1998 Öncesi 6-7 Katlı Binalar | 60.000 TL | 180.000 TL | 600.000 TL |
| 1998 Sonrası 6-7 Katlı Binalar | 100.000 TL | 300.000 TL | 1.000.000 TL |

Tablo'da görüldüğü gibi hasar miktarları metre kareye göre hesaplanmıştır. Bu nedenle binadaki kat adedi arttıkça gerçekleşen hasarın ekonomik maliyetide yükselmektedir

5.5. Hasar Olasılık Eğrilerinin İnsan Hayatına Yönelik Kayıp Tahminlerinde Kullanılması

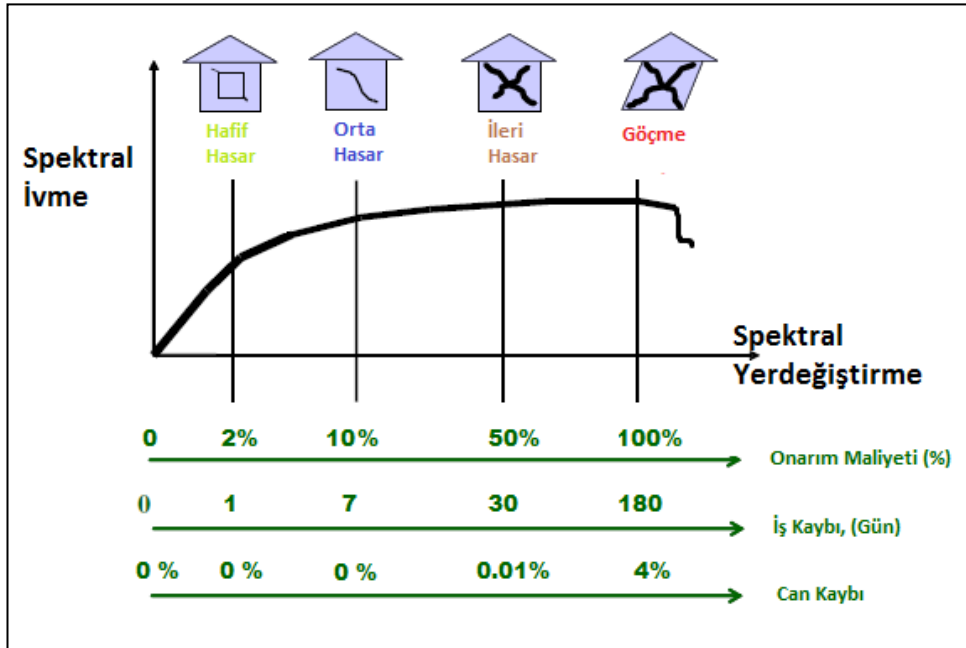
Hasar olasılık eğrilerini kullanarak can kaybı tahmini; yıkık ve ağır hasar görmüş bina sayısı ile ölüm oranları arasındaki ilişkiden faydalanılarak yapılmaktadır. Depremlerde bina hasarları ile can kaybı oranları arasındaki ilişki deprem mühendisliğinin güncel konuları arasındadır. Ülkemizdeki depremlerde yıkık ve ağır hasarlı bina sayısı ile depremde hayatını kaybeden vatandaşlarımızın sayısının birbirine çok yakın olduğu gözlenmiştir. 1999 Kocaeli depreminde yaklaşık 20.000 betonarme bina ağır hasar görmüş ve yaklaşık 19.000 vatandaşımız da hayatını kaybetmiştir [79]. İzmir Deprem Master Planına göre 1992 Erzincan ve 1999 Kocaeli depreminden elde edilen veriler yıkık veya ağır hasarlı betonarme bina başına yaklaşık 1 ölü ve 3 hastanede tedavi edilen yaralı şeklindedir [11]. Geçmiş kayıplara rağmen 2011 Van depremi sonuçları nispeten daha olumlu bir bakış açısı kazandırmaktadır. 10.000'den fazla ağır hasarlı ve yıkık binada 644 can kaybı ve yaklaşık 2000 yaralı bildirilmiştir [80]. Buna göre ağır hasarlı ve yıkık bina başına can kaybı oranı 0,1'in altındadır. Bununla birlikte Van'daki felakette; depremin

haftasonu ve öğlen saatlerinde gerçekleşmiş olması can kaybını sınırlayan önemli faktörler arasındadır [80].

İstanbul Deprem Master Planı'nda da can kayıpları ile yaralanmalar, FEMA Hazus metodolojisine göre ağır hasarlı ve yıkık bina sayısı ile ilişkilendirilmiştir[79]. Buna göre olası bir deprem esnasında; ağır hasarlı ve yıkık binalarda bulunan nüfusun %4-10'u arasında can kaybı öngörülmektedir [11, 79].

5.6. Eğrilerin İş Kayıplarına Yönelik Tahminlerde Kullanılması

Olası bir depremde meydana gelecek hasarın onarımı için kaybedilen süre, yani iş kayıpları da dolaylı kayıplardandır. Hasarlı yapı onarım süresince hizmet dışı kalacağından, bu süre zarfında onarım maliyetinin yanı sıra geçici barınma ihtiyaçları ortaya çıkacaktır. (Duan ve ark., 2008)'in Hazus programına paralel olarak yaptığı çalışmada hasar seviyesine göre onarım sürelerinin şekil 30'daki gibi olacağı öne sürülmüştür [81].



Şekil 5.4. Hasar Seviyelerine Göre Kayıplar [81]

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şehirlerde toplu yıkımlara ve topyekün can kayıplarına yol açan deprem afetinden korunma yolları Dünya gündeminde giderek artan bir öneme sahiptir. Deprem kuşağının çepeçevre sarmalamış olduğu ülkemizde ise deprem afetinin önemi bir kat daha artmaktadır. Türkiye ve Dünya’da meydana gelen çeşitli afetlerin bilançosunun yer aldığı 2013 Afet raporuna göre sadece Van depreminin ülkemize yol açtığı ekonomik zarar 1,744 milyar dolardır [82]. Bu nedenle, son yıllarda deprem gerçeği büyük şehirlerde ön planda tutulmakta ve üniversite-belediye işbirlikleriyle deprem master planları hazırlanmaktadır. Manisa ilimiz içinse henüz hazırlanmış bir deprem master planı bulunmamaktadır.

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler, deprem riski yüksek bir coğrafyada bulunan bu güzide şehrimizin afete hazırbulunuşluk seviyesini artırmaya yönelik çalışmalara bir kaynak eklemektedir. Çalışma sonuçları; 1. Derece deprem bölgesinde yer alan ve 1,5 milyona yaklaşan bir nüfusa sahip Manisa şehrini bekleyen deprem tehlikesine dikkat çekmek açısından oldukça önemlidir.

Bu amaca yönelik olarak, Manisa’daki mevcut yapı stokundan seçilen binaların projelerinden alınan veriler ile, “hasar olasılık eğrileri” veya “hasar olasılık eğrileri” diye adlandırılan hasar dağılım grafikleri elde edilmiştir. Önceden tanımlanmış bir hasar seviyesine ulaşılması veya aşılması olasılığını belirli bir deprem parametresi ile ilişkilendiren hasar olasılık eğrilerinin farklı deprem senaryoları için, mevcut bina stokuna ait olası hasar tahmin çalışmalarında kullanımı giderek yaygınlaşan bir uygulamadır. Ayrıca birden fazla hasar sınırı tanımlayarak binalarda oluşabilecek hasarı farklı seviyelerde derecelendirebilmek mümkündür. Bu özellik, hasar olasılık eğrilerini ekonomik ve sosyal kayıp tahminlerine yönelik çalışmalarda da faydalı kılmaktadır. En pratik şekliyle; her bir hasar seviyesi için “birim kayıp” kabulleri yapılarak, kaç adet binanın hangi miktarda kayba yol açacağı kolaylıkla tahmin edilebilmektedir.

6.1. Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında; Manisa ili mücavir alan sınırları içindeki betonarme konut binalarından rastgele örneklem yöntemiyle seçilen binalar kullanılarak, 4 farklı hasar sınırı için hasar olasılık eğrileri çizilmiştir. Çalışmada elde

edilen bütün hasar olasılık eğrileri incelendiğinde göze çarpan önemli bir nokta; genellikle “Hafif Hasar” ile “Orta Hasar” seviyelerine ait eğrilerin ve “Ağır Hasar” ile “Çok Ağır hasar” seviyelerine ait eğrilerin birbirine daha yakın olduğudur. Başka bir ifadeye; incelenen binalar genellikle orta hasar seviyesine kadar daha yavaş deformasyona uğrayan bir davranış sergilemiş fakat orta hasar sınırını aştıktan sonra çok daha hızlı bir biçimde deformasyona uğramışlardır.

Tez çalışmasında incelenen binalar genellikle dikdörtgen tabanlı olup, tabandaki uzun kenarın kısa kenara olan oranının ortalaması 1,66 civarındadır. Ayrıca, bir değerlendirme kriteri olarak ele alınabileceği düşünülerek binaların betonarme oranları hesaplanmıştır. Binanın bir katında bulunan betonarme kesitlerin (kolonlar + perde duvarların) toplam alanın zemin katın alanına bölünmesiyle elde edilen betonarme oranı %0,5 ile %3 arasında değişim göstermiştir. Betonarme oranı kadar betonarme kalitesi de önem arz etmektedir. Yıllara göre kullanılan beton sınıfının arttığı açıkça görülmektedir. 1998 sonrası yapıların beton kalitesi C16-C20 kalitesinde olduğu görülmektedir. C20 beton sınıfının kullanımı 2007 yönetmeliğinden sonra yapılan yapılardan kaynaklanmaktadır. 2007 sonrası yapılarda beton sınıfı genel olarak C20 ve donatı çubukları S420 olarak projelendirilirken, 2007 öncesi yapılarda beton sınıfının ortalama C14/C16'ya, donatı sınıfı ise ağırlıklı olarak S220'ye düşmektedir. Malzeme kalitesindeki bu farklılıklar hasar olasılıklarına doğrudan etki etmektedir.

Bir hızlı değerlendirme yöntemi olarak performans sıralamasına tabi tutulan yapılar, puanlarına göre değerlendirildiğinde; 1998 sonrası yapılan binaların performans puanlarının da 1998 öncesi yapılan binaların performans puanlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Binalar; iyi kalite ve kötü kalite olmak üzere 2 kalite sınıfında ele alınmıştır. Bölüm 2'de ayrıntılı olarak anlatılan performans puanlaması sistemine göre yapılan sıralama binaların deprem riski açısından genel bir fikir vermektedir. Tez ekinde tablolar halinde verilen puan sıralaması incelendiğinde; genellikle en yüksek performans puanlı yapıların 1 ve 2 katlı yapılar olduğu, en düşük performans puanlı yapıların ise 6 ve 7 katlı yapılar olduğu göze çarpmaktadır. Bu sonuçlar; kat adedi arttıkça binaların depremde daha fazla hasar görme olasılığının da arttığını açıkça ortaya koymaktadır. İncelenen binaların performans puanlarını düşüren en önemli olumsuzlukların ise yumuşak kat, zayıf kat

ve ağır çıkmalar olduğu görülmektedir. Araştırma envanterindeki binalarda en fazla rastlanan olumsuzluk olarak ağır çıkmalar ön plana çıkmaktadır. Özellikle 3 ve üzeri kat adedine sahip binaların yaklaşık %30'unda en az bir yönde ağır çıkma bulunmaktadır.

Performans sıralaması yöntemi, binaların deprem performansları ve risk durumları hakkında genel bir fikir vermekle birlikte, bu tez çalışmasında, performans puanları sadece binaların gruplara ayrılması için kullanılmıştır. Depremde ortaya çıkabilecek sonuçları daha gerçekçi biçimde tahmin edebilmek içinse her bir binaya doğrusal olmayan statik itme analizi uygulanmış ve modal kapasite diyagramları elde edilmiştir.

İtme analiz sonuçları ve çalışmada kullanılan her bir bina için tez ekinde verilen modal kapasite diyagramları incelendiğinde, çoğunlukla performans sıralamalarıyla örtüşen sonuçlar elde edilmiştir. Asma kat bulunan ve zemin kat yüksekliği diğer katlardan fazla olan binalarda maksimum deplasmandeğerlerinin belirgin biçimde arttığı gözlenmiştir.

Nonlinear statik itme analizi sonuçlarına göre çalışmadaki farklı grup binaların birbirleriyle karşılaştırabil için, periyot, süneklik, taban kesme kuvveti katsayısı parametrelerin grup ortalamaları Tablo 6.1'de listelenmiştir.

Tablo 6.1. Bina Gruplarının Ortalama Periyot, Süneklik Ve Taban Kesme Kuvvet Katsayıları

| Bina Grubu | Periyot (t) | Süneklik (μ) | Taban Kesme Kuvveti Katsayısı (V_v/W) |
|------------|-----------------|--------------------|---|
| 98O12 | 0,351 | 4,12 | 0,1524 |
| 98S12 | 0,318 | 5,90 | 0,2286 |
| 98O35İ | 0,467 | 4,54 | 0,1978 |
| 98O35K | 0,533 | 4,23 | 0,1664 |
| 98S35İ | 0,410 | 6,71 | 0,2483 |
| 98S35K | 0,476 | 6,32 | 0,2219 |
| 98O67İ | 0,781 | 4,27 | 0,1692 |
| 98O67K | 0,893 | 3,95 | 0,1437 |
| 98S67İ | 0,695 | 6,61 | 0,2376 |
| 98S67K | 0,782 | 6,32 | 0,2193 |
| BPC | 0,584 | 5,33 | 0,2314 |

Tabloda her bir bina grubu için hesaplanan o gruptaki binaların ortalama periyot, ortalama süneklik ve ortalama taban kesme kuvveti katsayıları verilmiştir. Binaların yatay yer değiştirme cinsinden süneklik kapasiteleri denklem 6.1'e göre hesaplanmıştır.

$$\mu = \delta u / \delta y \quad (6.1)$$

Denklem'de μ , yatay yerdeğiştirme cinsinden süneklik kapasitesini tanımlamaktadır. δu ; bina tepe noktasının en büyük yatay yerdeğiştirme değerini ve δy ; doğrusal hareketin bittiği andaki tepe noktası yerdeğiştirme değeridir.

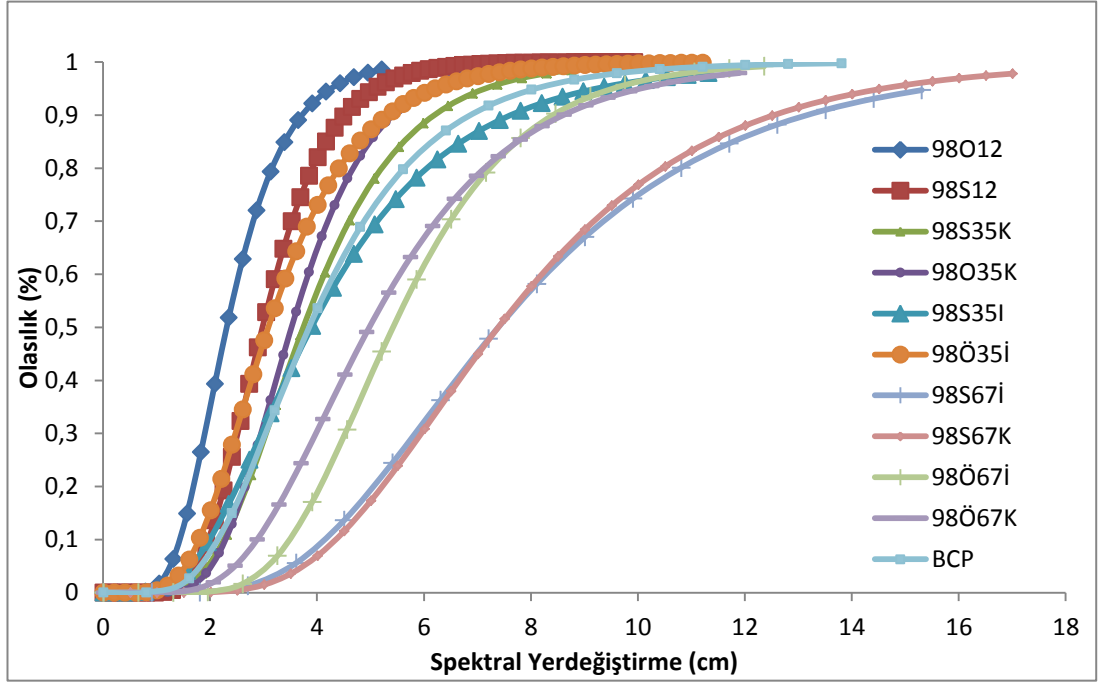
Dayanım açısından kıyaslama yapabilmek amacıyla Tablo 6.1'deki bir diğer parametre de en yüksek taban kesme kuvvetinin (V_y) toplam bina ağırlığına (W) oranı şeklinde belirlenen taban kesme kuvveti katsayısıdır.

Plandaki boyutlarında ve her iki doğrultuda yatay yükler etkisinde etkin alışankolon sayılarında önemli farklar bulunmayan binaların, her iki doğrultuda da depremyükleri altında davranışlarının (dayanım ve yerdeğiştirme kapasitelerinin) birbirine yakın olduğu söylenebilir. Binaların taşıyıcı sistemini oluşturan çerçevelerin, özellikle binanın plandaki her iki doğrultusu boyunca sürekli olması, binanın yatay yük dayanım ve yerdeğiştirme kapasitesini artırmaktadır.

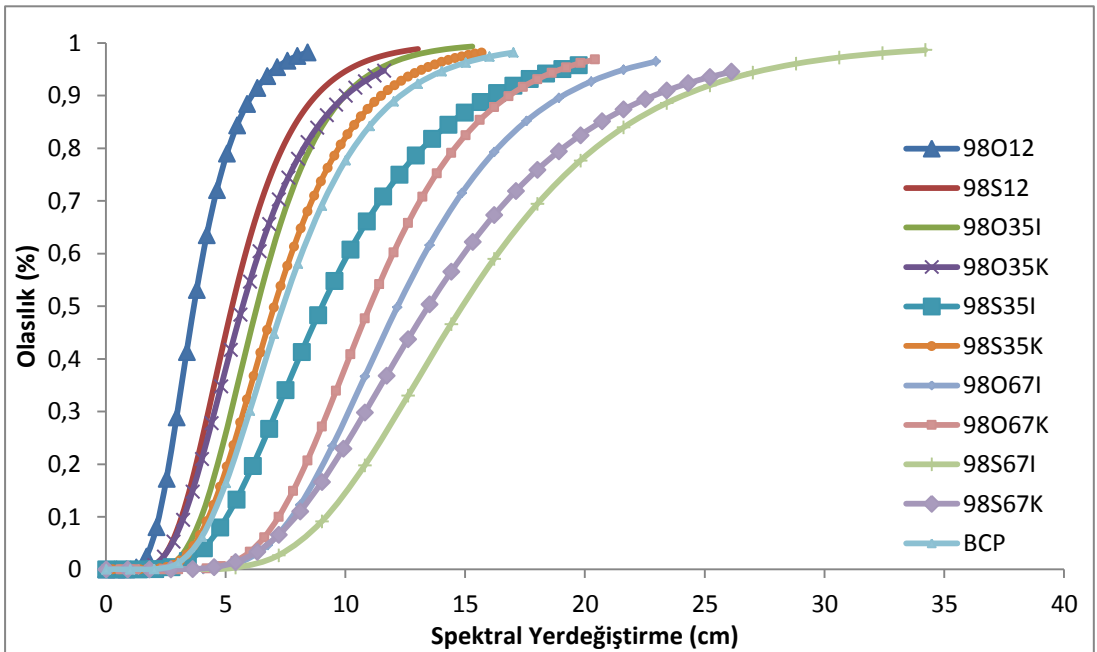
Bölüm 3'te ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, hasar olasılık eğrileri aslında birçok amaçla kullanılabilen dağılım grafikleridir. Bu çalışmada kullanılan kırılgenlik eğriler ise basitleştirilmiş bir ifadeyle; hasar sınırları belli olan bir grup binanın spektral deplasmana göre hasar dağılımını gösteren grafiklerdir.

Hasar olasılık eğrileri ve pushover analizi sonuçları birlikte ele alındığında; betonarme perde ve çerçeve sistemlerin birlikte kullanılığı binalar (Grup BP) belirgin biçimde diğer gruplardan farklı davranış göstermektedir. Binada perde duvar bulunan sistemlerin yatay yük kapasitesinin, diğer grup binalara göre belirgin şekilde arttığı gözlenmektedir. Benzer şekilde; taşıyıcı sisteminde betonarme çerçevenin yanı sıra perde duvarların da kullanıldığı yapıların yanal ötelenmeleri de belirgin biçimde azalmaktadır. Bu çalışmada ele alınan bina grupları incelendiğinde betonarme perde+çerçeve sistemli binaların aynı kat adedine sahip çerçeve sistemli binalara oranla yaklaşık %50 oranında daha az yanal ötelenme yaptığı gözlenmiştir.

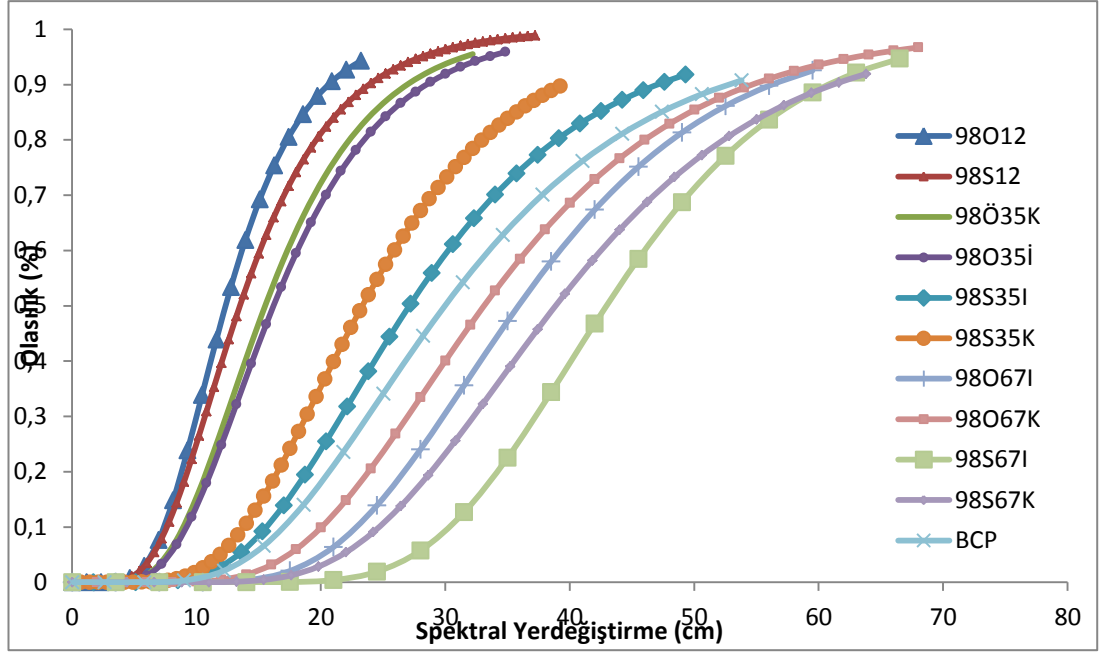
Çalışmadaki bütün grupların hasar olasılık eğrilerini birlikte değerlendirebilmek için Şekil 6.1 – Şekil 6.4’de 11 grubun hasar olasılık eğrileri aynı grafik üzerinde gösterilmiştir.



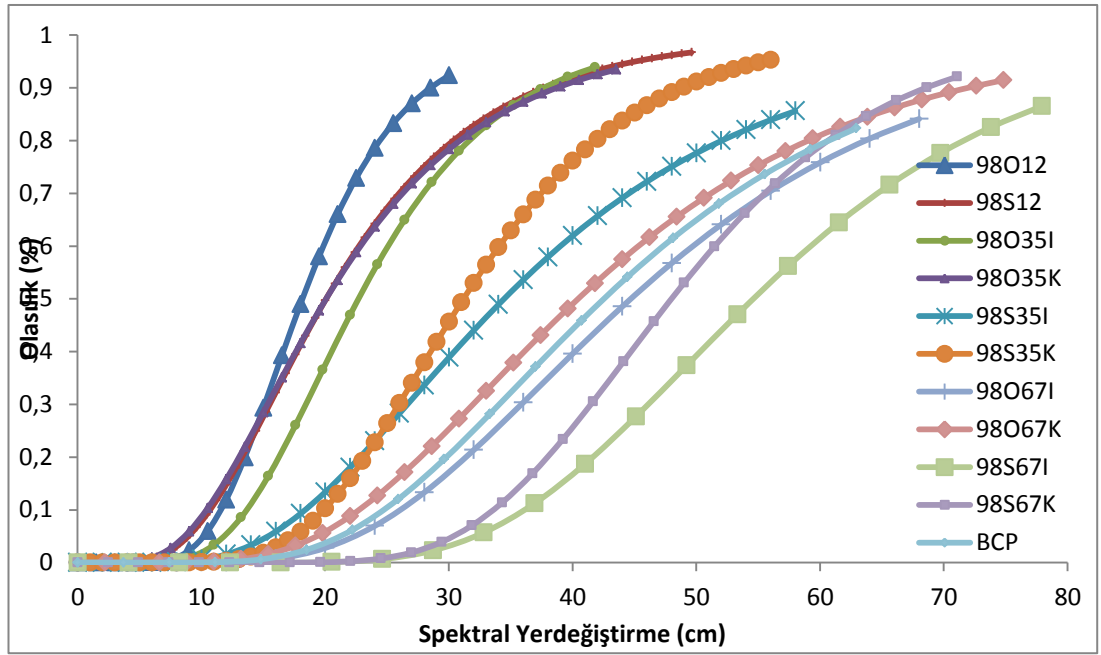
Şekil 6.1. Hafif Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri



Şekil 6.2. Orta Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri



Şekil 6.3. Ağır Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri



Şekil 6.4. Çok Ağır Hasar Seviyesi Hasar Olasılık Eğrileri

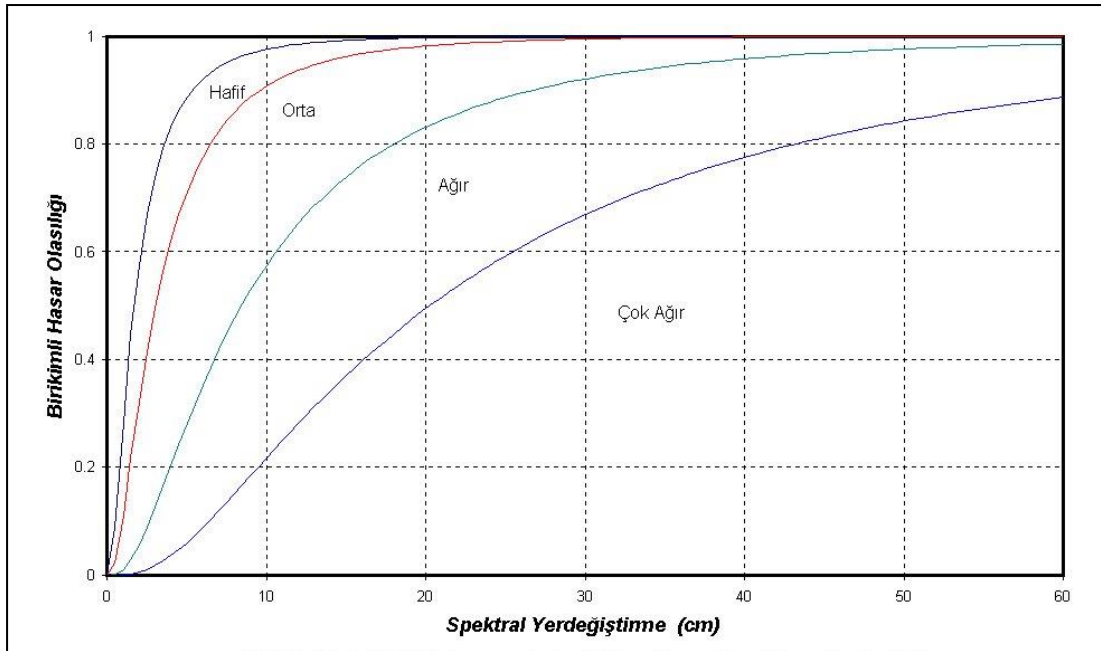
11 grup binanın hafif hasar olasılık seviyesi için elde edilen hasar olasılık eğrileri; Şekil 6.1’de, orta hasar olasılık seviyesi için oluşturulan hasar olasılık eğrileri Şekil 6.2’de ağır hasar seviyesi için oluşturulan hasar olasılık eğrileri Şekil 6.3’de ve çok ağır hasar hasar olasılık seviyesi için oluşturulan hasar olasılık eğrileri Şekil 6.4’de görüldüğü gibidir.

Taşıyıcı sistemi betonarme çerçeve olan binalar kendi içinde karşılaştırıldığında; 1998 öncesi inşa edilen yapılarda hasar olasılık yüzdelerinin aynı kat adedine sahip 1998 ve sonrası inşa edilen binalara göre daha yüksek olduğu fark edilmektedir. Bu fark genel olarak bütün hasar seviyelerinde görülmüştür ve eğrilerin eğimi boyunca belirgindir.

Çalışmada elde edilen hasar olasılık eğrileri, Manisa ili ve çevresindeki yapılacak bundan sonraki bölgesel çalışmalarda kullanılabilir.

6.2. Sonuçların Benzer Çalışmalarla Karşılaştırılması

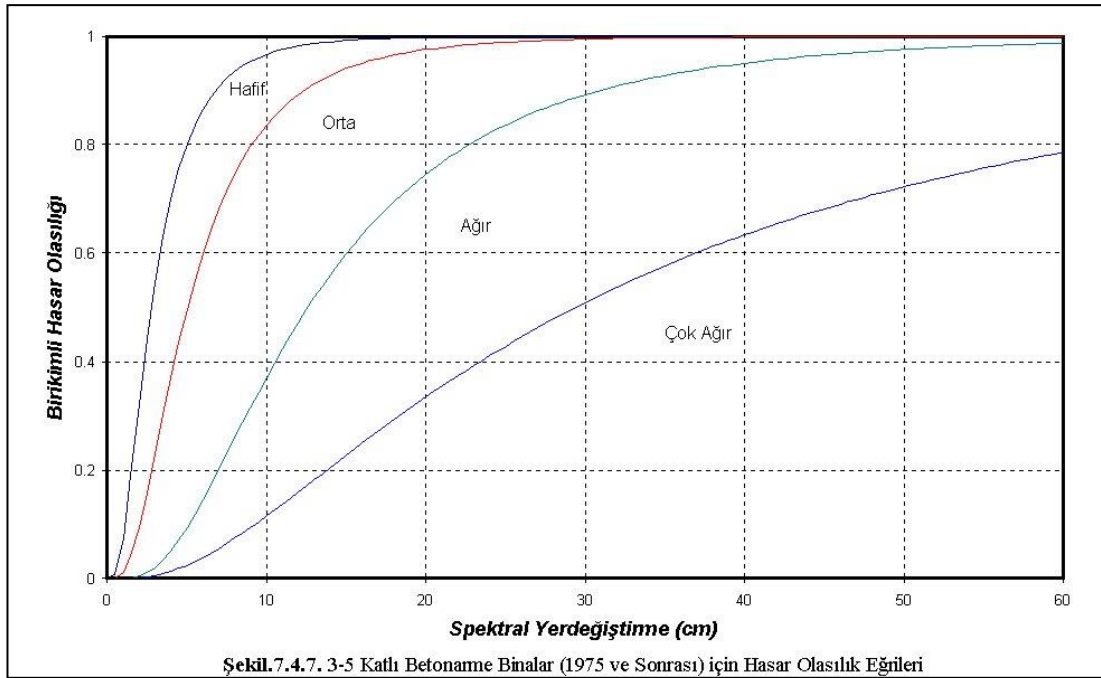
Hasar olasılık tahmin çalışmalarında hasar olasılık eğrilerinin kullanımı yaygınlaştıkça, bu konudaki bilimsel çalışmalar da hız kazanmıştır. Bu çalışmalarda ülkemizdeki farklı yapı tiplerini temsil eden birçok kırılmalık eğrisi geliştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen eğriler; gerek yapı tipleri, gerekse hasar parametresi olarak benzer özellikteki yapı stokunu içeren eğriler ile karşılaştırılmıştır. Aynı coğrafi bölgede yer alan İzmir ilimiz için geliştirilen İzmir Deprem Master Planı kapsamında 1975 sonrası inşa edilmiş 1-2 katlı betonarme binalar için elde edilen hasar olasılık eğrileri Şekil 6.5'teki gibidir.



Şekil 6.5. İzmir'de 1975 Sonrası İnşa Edilmiş 1-2 Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar olasılık eğrileri [11]

Değerlendirme için %50 hasar olasılığını gösteren tam orta nokta referans olarak kabul edilirse; Şekil 6.5'e göre; İzmir için 1-2 katlı yapıların hafif hasar olasılığı 0-2cm, orta hasar olasılığı 2-3cm, ağır hasar olasılığı 3-8cm ve çok ağır hasar olasılığı 8-20cm aralığında dağılım göstermektedir. Bu değerler, Manisa'daki 1998 öncesi inşa edilmiş 1-2 katlı yapılar için bu çalışmada elde edilen dağılımla yaklaşık olarak örtüşmektedir. İzmir Deprem Master Planı'nın 2000 yılında hazırlandığı göz önüne alındığında envanterdeki yapıların büyük çoğunluğunu 1998 öncesi yapıların oluşturması ve her iki ilimizde aynı bölge koşullarında bulunması bu benzerliğin sebebi olarak ön plana çıkmaktadır.

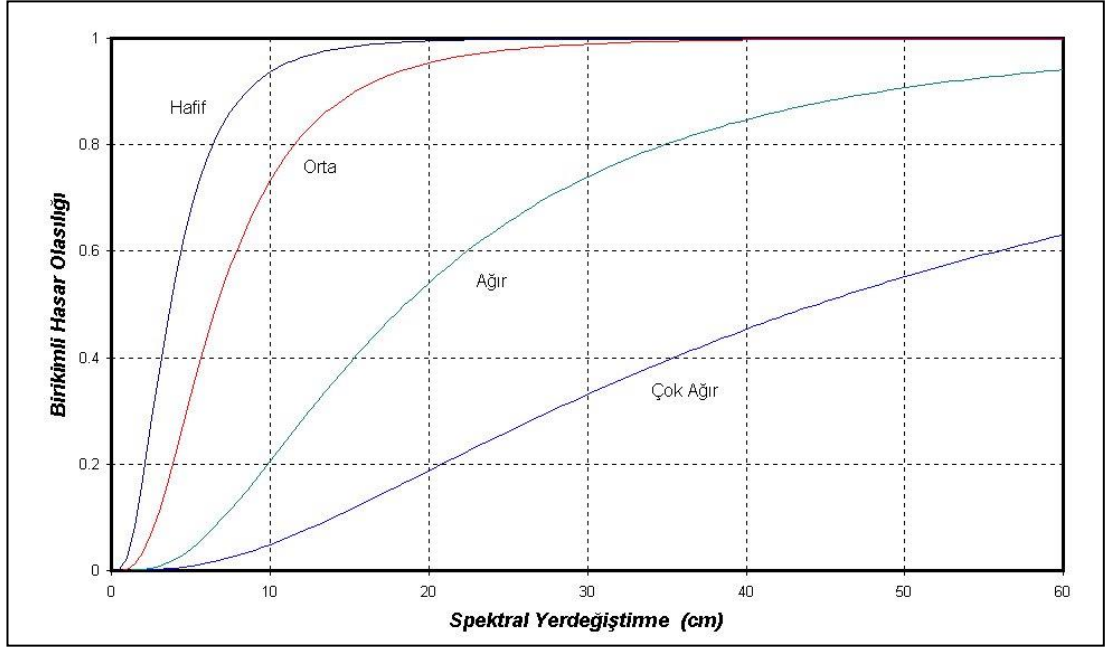
Şekil 6.6'da ise İzmir'deki 1975 sonrası 3-5 katlı yapılar için elde edilmiş kırılma eğrileri görülmektedir.



Şekil 6.6. İzmir'de 1975 Sonrası İnşa Edilmiş 3-5 Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar olasılık eğrileri [11]

Değerlendirme için yine eğrilerin orta noktası referans olarak kabul edilirse; Şekil 6.6'ya göre; hafif hasarın olasılığı yaklaşık olarak 0-3cm, orta hasar olasılığı 3-5cm, ağır hasar olasılığı 5-13cm ve çok ağır hasar olasılığı 13-30cm arasında dağılım göstermektedir. Bu değerler de yine Manisa'daki 1998 öncesi inşa edilmiş 3-5 katlı yapılar için bu çalışmada elde edilen dağılımla yaklaşık olarak örtüşmektedir.

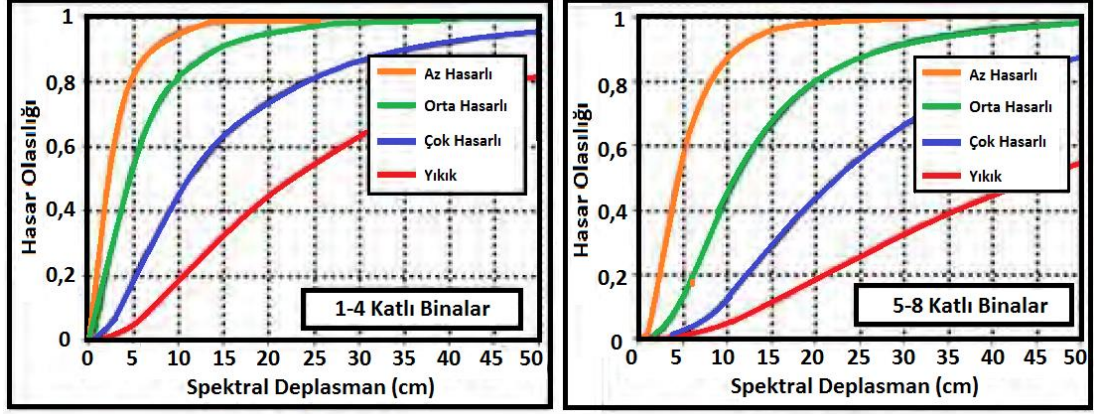
Şekil 6.7’de ise İzmir’deki 1975 sonrası 6 ve daha fazla katlı yapılar için elde edilmiş kırılma eğrileri görülmektedir.



Şekil 6.7. İzmir’de 1975 Sonrası İnşa Edilmiş 6 ve Daha Fazla Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar olasılık eğrileri [11]

Şekil 6.7.’deki hasar dağılımında özellikle ağır hasar ve çok ağır hasar seviyesi eğrileri için; bu tez çalışmasında Manisa’daki 1998 öncesi 6-7 katlı binaların hasar dağılımından daha büyük yerdeğiştirme değerleri dikkati çekmektedir. Bu durumun envanterdeki binaların kat sayısı farklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Manisa için kullanılan envanterdeki binalar 6 ve 7 katlı binalar bulunurken, İzmir için elde edilen eğrilerin envanterindeki binalarda çok sayıda 8 ve üzeri kat adedine sahip bina bulunmaktadır.

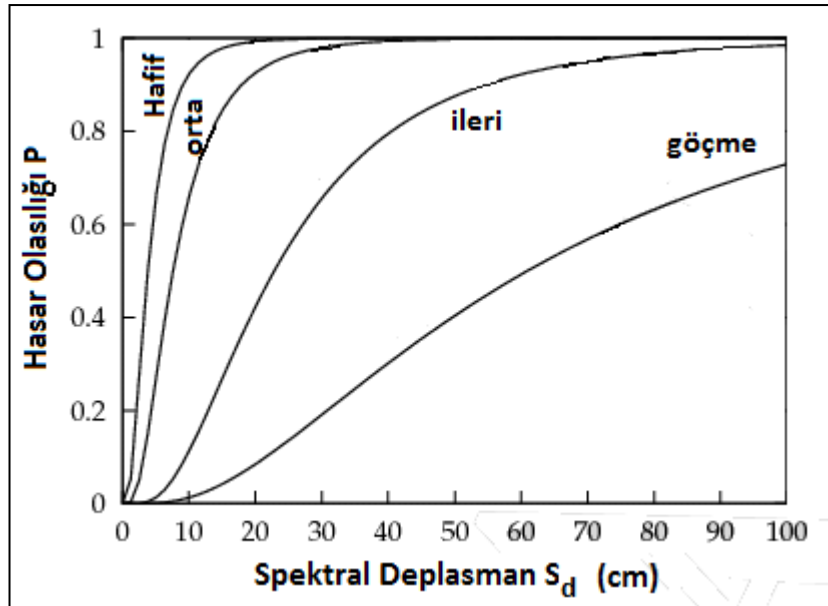
İstanbul Deprem Master Planı başta olmak üzere İstanbul için de benzer çalışmalar yapılmış ve farklı yapı tipleri için hasar olasılık eğrileri elde edilmiştir. İstanbul için elde edilen eğrilerden bu tez çalışmasındaki eğrilere en yakın yapı tipleri Şekil 6.8’deki 1-4 katlı ve 5-8 katlı betonarme binalar için oluşturulmuş eğrilerdir.



Şekil 6.8. İstanbul'daki 1-8 Katlı Betonarme Binalar İçin Hasar olasılık eğrileri [83]

Şekil 6.8'de görüldüğü gibi İstanbuldaki 1-4 katlı betonarme yapıların az hasarlı olarak kalabilmesi için yerdeğiştirme dağılımı yaklaşık olarak 0-2,5cm aralığında, orta hasar için yaklaşık 2,5-4,5cm aralığında, çok hasar olasılığı 4,5-12cm aralığında dağılmakta ve yıkık binalar ise 12,5-22,5cm spektral yerdeğiştirme aralığında dağılım göstermektedir. 5-8 katlı yapılar içinse az hasarlı, orta hasarlı, çok hasarlı ve yıkık bina olasılıkları sırasıyla 0-4,5cm, 4,5-10cm, 10-22,5cm ve 22,5-45cm aralığında dağılım göstermektedir.

Bu çalışmalara paralel olarak Şekil 6.9'da HAZUS çalışmasında orta katlı betonarme yapılar için önerilen hasar olasılık eğrileri görülmektedir.



Şekil 6.9. Orta Katlı Betonarme Yapılar İçin Hasar Olasılık Eğrileri [84]

Bu çalışmaların dışında; (Özün, 2007) Düzce ilimiz için, (Ay ve ark., 2008) Türkiye genelindeki yaygın olarak kullanılan betonarme yapılar için, [Kırçıl ve ark., 2006] az ve orta katlı yapılar için benzer çalışmalar ortaya koymuştur. Bu çalışmalara ilave olarak (Un, 2015), (Güneyisi, 2007) ve konuyla ilgili ülkemizde yapılan bir çok çalışma Türkiye'deki az ve orta katlı betonarme yapıların yanal deplasman altında benzer hasar dağılımları gösterdiğini ortaya koymaktadır [18, 22, 39, 47, 49, 79, 83].

6.3.Öneriler

Tez çalışması neticesinde taşıyıcı sistemde betonarme çerçevelerle birlikte betonarme perde duvar kullanımının yapı rijitliğini artırarak ağır hasar riskini azaltmada oldukça etkili olduğu görülmüştür. Buna rağmen çalışmada incelenen binalarda perde duvar kullanımının oldukça seyrek düzeyde kaldığı görülmektedir. Taşıyıcı sisteminde betonarme çerçeve ve perde duvarların birlikte kullanıldığı bu tür binaların birçoğunda ise, perde duvar sayısı sınırlı düzeyde kalmıştır. Kullanılan betonarme kesit alanına göre hesaplama yapıldığında; perde+çerçeve sistemlerde perde duvarların kolonlara oranı %10-30 arasında değişmektedir. Taşıyıcı sistemde kullanılan perde duvar sayısının artırılması direkt olarak binada kullanılan betonarme oranını artırmaktadır. Manisa ilimizin depreme karşı hazırbulunuşluk düzeyini yükseltmek için bundan sonra inşa edilecek olan betonarme yapılarda perde duvar oranlarının artırılması oldukça önemlidir. Çalışmadaki binaların betonarme alanının zemin kat alanına oranı binde 5 ile yüzde 3 arasında değişiklik göstermiştir. Deprem yönetmeliğimizde binaların kat alanına bağlı olarak minimum betonarme alanı şartı getirilmesi faydalı olacaktır. Her geçen gün beton teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte beton kalitesinin artması daha az beton alanı ile yönetmeliğin gerektirdiği şartları sağlayabilmeyi mümkün kılmaktadır. Fakat binadaki taşıyıcı eleman kesitlerinin küçülmesi, depremde dezavantaj teşkil edecektir. Konuyla ilişkili olarak; sınırlarının tamamı 1. Derece deprem bölgesinde yer alan Manisa ilimizde yapılan bu çalışma, perde duvar kullanımının oldukça kısıtlı düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır. Sorunun bir çözümü olarak deprem yönetmeliğimizin güncellenmesi ve yönetmeliğe, riskli bölgelerde sadece çerçeve sistemlerle çözüm yapılması yerine perde duvar kullanılmasını teşvik eden maddeler eklenmesi önerilmektedir.

Son olarak; bu tez çalışmasında ortaya konan sonuçları geliştirmek ve daha kapsamlı ve hassas sonuçlar elde etmek için, hasar olasılık eğrilerinin geniş bir yapı

stoku üzerinde tekrar denenmesi faydalı olacaktır. Bunun yanı sıra; analitik hasar olasılık eğrilerinin, gerçek deprem hasar kayıtlarıyla ve gerçek hasar istatistiklerinden elde edilen eğrilerle karşılaştırılarak çalışmanın kapsamı genişletilebilir. Bu çalışmada, binalara ait veriler belediyeden temin edilen mimari ve betonarme projeler üzerinden alınmıştır. Mevcut yapı stokunda bulunan binaların inşasında, projeleriyle birebir örtüşmeyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda; yerinde bina incelemeleriyle elde edilecek veriler kullanılarak çalışmanın hassasiyeti maksimuma çıkarılabilir. Birinci derecede deprem tehlikesi altında olan Manisa ilimiz için daha geniş bir yapı stokunu yerinde inceleyerek toplanacak veriler ışığında hasar olasılık eğrilerinin geliştirilmesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu ve benzer çalışmalar ile birlikte daha detaylı deprem risk araştırmaları yapılabilmesi için, üniversiteler, ilgili belediyeler ve diğer kurumların ortak çalışmaları ile deprem verisi toplama ve izleme istasyonları kurulması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H., Coğrafi bilgi sistemi ile deprem bölgelerinin incelenmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1997.
- [2] Yapı Denetimi Uygulamasında Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2011.
- [3] TUBİTAK Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı 2005-2014, Tübitak Yayınları, Ankara, 2005.
- [4] Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Applied Technology Council, Report SSC 96-01, California, 1996.
- [5] Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Report Number 273, Washington, U.S.A. 1997
- [6] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Resmi Gazete No: 26454, Ankara, 2007.
- [7] Yüksel, İ., Betonarme binaların deprem sonrası acil hasar değerlendirmeleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2008, 24(1-2): 260 – 276.
- [8] Çaycı, B.T., İnel, M., Simav Depremi Sonrası Bina Yapısal Özellikleri İle Hasar Seviyesi İlişkisinin Araştırılması, T.C Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yayını, Denizli, 2011.
- [9] Performance Based Seismic Engineering of Buildings, Vision 2000. Structural Engineers Association of California, California, 1995.
- [10] Köksal, T. S., Avşar, Ö., Yılmaz, N. 19 Mayıs 2011 Kütahya-Simav depreminde meydana gelen yapısal hasarların nedenleri. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011, Ankara.
- [11] İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Boğaziçi Üniversitesi, İzmir, 2000.
- [12] T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Bakanlığı, Deprem Veritabanı, Ankara, 2014.
- [13] Bluebook: Seismic Design Recommendations, Structural Engineers Association of California, California, 2009.
- [14] Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Report Number 356, Washington, 2000.
- [15] Seismic Evulation of Existing Building, American Society of Civil Engineers, 31(03), Washington, 2003.

- [16] Seismic Evulation of Existing Building, American Society of Civil Engineers, 41(06), Washington, 2007.
- [17] Uçar, T., Düzgün, M. Betonarme binalar için artımsal itme analizi esaslı analitik hasargörebilirlik eğrilerinin oluşturulması. İmo Teknik Dergi. 2013, (402), 6421-6446.
- [18] Kırçıl, M. S., Polat, Z. Fragility analysis of mid-rise R/C frame buildings. Engineering Structures. 2006, 28(9), 1335-1345.
- [19] Su, R. K. L., Lee, C. L. Development of seismic fragility curves for low-rise masonry infilled reinforced concrete buildings by a coefficient-based method. Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 2013, 12(2), 319-332.
- [20] Syed, S. Q. Seismic Probabilistic Fragility Assessment of Reinforced Concrete Shear Wall Structures in Nuclear Power Plants, Graduate Faculty of North Carolina State University, 2013. (Doctor of Philosopgy)
- [21] Casotto, C., Silva, V., Crowley, H., Nascimbene, R., Pinho, R. Seismic fragility of Italian RC precast industrial structures. Engineering Structures. 2015, (94), 122-136.
- [22] Un, E., Erberik, M. A., Askan, A. Performance assessment of Turkish residential buildings for seismic damage and loss estimation. Journal of Performance of Constructed Facilities. 2015, doi: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000547.
- [23] Abo-El-Ezz, A., Nollet, M. J., Nastev, M. Seismic fragility assessment of low-rise stone masonry buildings. Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 2013, 12(1), 87-97.
- [24] Hamid, N. H. A., Mohamad, N. M. seismic assessment of a full scale double storey residential house using fragility curve. Procedia Engineering. 2013, 54(1), 207-221.
- [25] Syrmakezis, K., Mavrouli O., Papaevaggioliou, P., Aggelakopolulou, E., Bakolas, A., Moropoulou, A. finite element analysis and fragility curves for the evaluation of restoration mortars behavior regarding the earthquake protection of historic structures. Soil Dynamics And Earthquake Engineering. 2013, 54(1), 61-65.
- [26] Hsieh, M. H., Lee, B. J., Lei, T. C., Lin, J. Y. Development of medium and low rise reinforced concrete building fragility curves based on Chi-Chi Earthquake data. Natural Hazards. 2013. 69(1), 695-728.
- [27] Lignos, D. G., Karamanci, E. Drift-based and dual-parameter fragility curves for concentrically braced frames in seismic regions. Journal of Constructional Steel Research. 2013, 90(1), 209-220.
- [28] Karbassi, A., Nollet, M. J. Performance-based seismic vulnerability evaluation of masonry buildings using applied element method in a nonlinear dynamic-based analytical procedure. Earthquake Spectra. 2013, 29(2), 399-426.

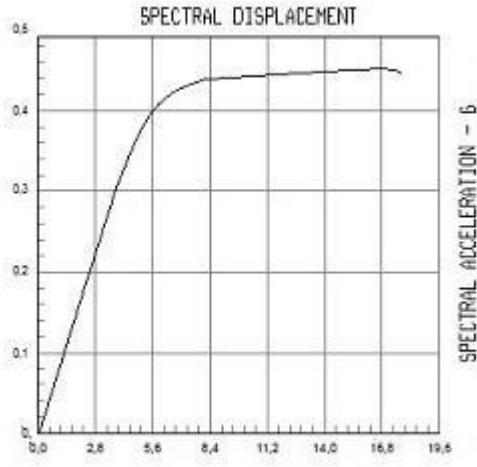
- [29] Suppasri, A., Charvet, I., Imai, K., Imamura, F. Fragility curves based on data from the 2011 Great East Japan tsunami in Ishinomaki city with discussion of parameters influencing building damage. *Earthquake Spectra*. 2015, 31(2), 841-868.
- [30] Shome, N., Jayaram, N., Krawinkler, H., Rahnama, M. Loss estimation of tall buildings designed for the PEER tall building initiative project. *Earthquake Spectra*. 2013, doi: 10.1193/121912EQS352M
- [31] Hancilar, U., Taucer, F., Corbane, C. Empirical fragility functions based on remote sensing and field data after the January 12, 2010 Haiti earthquake." *Earthquake Spectra*. 2013, 29(4), 1275-1310.
- [32] Bai, J. W., Hueste, M. B. D., Gardoni, P. Case study: scenario-based seismic loss estimation for concrete buildings in Mid-America. *Earthquake Spectra*. 2014, 30(4), 1585-1599.
- [33] Gogus, A., Wallace, J. W. Fragility Assessment of Slab-Column Connections. *Earthquake Spectra*. 2015, 31(1), 159-177.
- [34] Abrahamczyk, L., Schwarz, J., Langhammer, T., Genes, M. C., Bikçe, M., Kaçin, S., Gülkan, P. Seismic Risk assessment and mitigation in the Antakya–Maras region: empirical studies on the basis of ems-98. *Earthquake Spectra*. 2013, 29(3), 683-704.
- [35] Tarque, N., Crowley, H., Pinho, R., Varum, H. Displacement-based fragility curves for seismic assessment of adobe buildings in Cusco, Peru. *Earthquake Spectra*. 2012, 28(2), 759-794.
- [36] Murcia-Delso, J., Shing, P. B. Fragility analysis of reinforced masonry shear walls. *Earthquake Spectra*. 2012, 28(4), 1523-1547.
- [37] Wu, D., Tesfamariam, S., Stiemer, S. F., Qin, D. Seismic fragility assessment of RC frame structure designed according to modern Chinese code for seismic design of buildings. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. 2012, 11(3), 331-342.
- [38] Fardis, M. N., Papailia, A., Tsionis, G. Seismic fragility of RC framed and wall-frame buildings designed to the EN-Eurocodes. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 2012, 10(6), 1767-1793.
- [39] Güneyisi, E. M., Şahin, N. D. Viskoelastik sönümleyicili yapıların hasar potansiyeli eğrilerinin belirlenmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, Ankara, 2011.
- [40] Uçar, T. Betonarme binaların hasar görebilme olasılıklarının artımsal itme analizi esaslı yöntemle belirlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011. (Doktora Tezi)
- [41] Avşar, Ö., Yakut, A., Caner, A. Analytical fragility curves for ordinary highway bridges in Turkey. *Earthquake Spectra*. 2011, 27(4), 971-996.

- [42] Liu, J., Liu, Y., Liu, H. Seismic fragility analysis of composite frame structure based on performance. *Earthquake Science*. 2010, 23(1), 45-52.
- [43] Rota, M., Penna, A., Magenes, G. A methodology for deriving analytical fragility curves for masonry buildings based on stochastic nonlinear analyses. *Engineering Structures*. 2010, 32(5), 1312-1323.
- [44] Holliday, L., *Seismic Vulnerability Of Residential Structures In Nicaragua*, University Of Oklahoma, 2010. (Doctor of Philosophy)
- [45] Seyedi, D. M., Gehl, P., Douglas, J., Davenne, L., Mezher, N., Ghavamian, S. Development of seismic fragility surfaces for reinforced concrete buildings by means of nonlinear time-history analysis. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. 2009, 39(1), 91-108.
- [46] Park, J., Towashiraporn, P., Craig, J. I., Goodno, B. J. Seismic fragility analysis of low-rise unreinforced masonry structures. *Engineering Structures*. 2009, 31(1), 125-137.
- [47] Ay, B. Ö., Erberik, M. A., *Vulnerability of Turkish low-rise and mid-rise reinforced concrete frame structures*. *Journal of Earthquake Engineering*. 2008, 12(1), 2-11.
- [48] Güneyisi, E. M. *Development Of Fragility Curves For Seismic Vulnerability Assessment Of High-Rise R/C Buildings With Added Viscous Dampers*. Bogazici University, 2007. (Doctor Of Philosophy)
- [49] Özün, A. *Fragility Based Assessment Of Low-Rise And Mid-Rise Reinforced Concrete Frame Buildings In Turkey Using Düzce Damage Database*, Middle East Technical University, 2007. (The Degree Of Master Of Science)
- [50] Nielson, B. G., DesRoches, R. Analytical seismic fragility curves for typical bridges in the Central and Southeastern United States. *Earthquake Spectra*. 2007, 23(3), 615-633.
- [51] Kınalı, K. *Seismic Fragility Assessment Of Steel Frames In The Central And Eastern United States*, The School Of Civil And Environmental Engineering, Georgia Institute Of Technology, 2007. (Doctor Of Philosophy)
- [52] Ji, J. *Seismic Fragility Assessment For Reinforced Concrete High-Rise Buildings*, Civil Engineering In The Graduate College Of The University Of Illinois At Urbana, Champaign, 2007. (Doctor Of Philosophy)
- [53] Hernandez, L. A. M. *Seismic Performance And Fragility Curves For Reinforced Concrete Frame And Shear Wall Residential Buildings In Puerto Rico*, University Of Puerto Rico, 2007. (Doctor Of Philosophy)
- [54] Ay, B. Ö. *Fragility Based Assessment Of Low-Rise And Mid-Rise Reinforced Concrete Frame Buildings In Turkey*, Middle East Technical University, 2006. (The Degree Of Master Of Science)

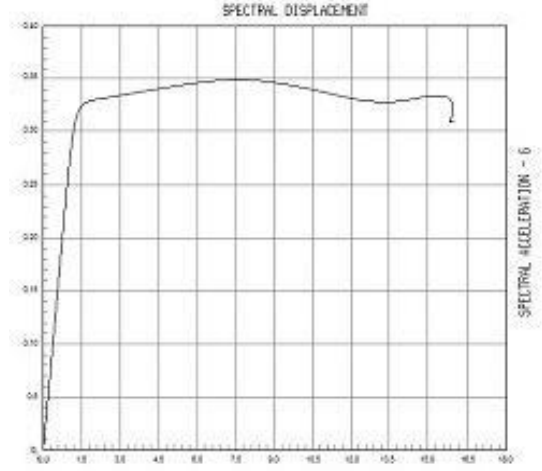
- [55] Ramamoorthy, S. K. Seismic Fragility Estimates For Reinforced Concrete Framed Buildings, Office Of Graduate Studies Of Texas A&M University, 2006. (Doctor Of Philosophy)
- [57] Akkar, S., Sucuoglu, H., Yakut, A. Displacement-based fragility functions for low- and mid-rise ordinary concrete buildings. *Earthquake Spectra*. 2005, 21(4), 901-927.
- [58] Singhal, A., Kiremidjian, A. S. Method for probabilistic evaluation of seismic structural damage. *Journal of Structural Engineering*. 1996, 122(12), 1459-1467.
- [59] Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, T.C Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2013.
- [60] Rossetto, T., Elnashai, A. Derivation of vulnerability functions for European-type RC structures based on observational data. *Engineering Structures*. 2003, 25(10), 1241-1263.
- [61] Kircher, C. A., Nassar, A. A., Kustu, O., Holmes, W. T. Development of building damage functions for earthquake loss estimation. *Earthquake Spectra*. 1997, 13(4), 663-682.
- [62] Saiidi, M., Sozen, M. A. Simple nonlinear seismic analysis of R/C structures. *Journal of the Structural Division*. 1981, 107(1), 937-951.
- [63] Kappos, A. J., Kyriakakis, P. A re-evaluation of scaling techniques for natural records. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2000, 20(1), 111-123.
- [64] Bardakis, V. G., Dritsos, S. E. Evaluating assumptions for seismic assessment of existing buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2007, 27(1), 223-233.
- [65] Inel, M., Ozmen, H. B., Bilgin, H. Re-evaluation of building damage during recent earthquakes in Turkey. *Engineering Structures*, 2008, 30(1), 412-427.
- [66] Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış Ve Çözümleme*, Beta Dağıtım, İstanbul, 2008.
- [67], *Quick Guide to HAZUS-MH MR1*, Federal Emergency Management Agency, ESRI, California, June 2006.
- [68] Bessason, B., Bjarnason, J. Ö., Gudmundsson, A., Sólnes, J., Steedman, S. Probabilistic earthquake damage curves for low-rise buildings based on field data. *Earthquake Spectra*. 2012, 28(4), 1353-1378.
- [69] Bayazıt, M., Oğuz, B. *Mühendisler için istatistik*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1994.
- [70] *Türk Standartları Enstitüsü, TS500, ICS.91.080.40*, Ankara, 22 Şubat 2000.

- [71] Ersoy, U., Özcebe, G. Betonarme, Evrim Yayınevi, 2012.
- [72] Özmen, H. B., İnel, M., Bilgin, H. Modelling Non-Linear Behaviour Of Reinforced Concrete Members, Sixth National Conference On Earthquake Engineering, İstanbul, 16-20 October 2000.
- [73] Inel, M., Ozmen, H. B., Effects of plastic hinge properties in nonlinear analysis of reinforced concrete buildings. Engineering Structures. 2006, 28(1) 1494–1502.
- [74] Xtract Educational v.3.0.7 (2006). Imbsen Software Systems, Sacramento.
- [75] Valles, R.E., Reinhorn, A.M., Kunnath, S.K., Li, C., Madan, A., Idarc 2d Version 4.0: a program for the inelastic damage analysis of buildings. Technical Report Nceer-96-0010, State University Of New York, New York, 1996.
- [76] Bommer, J., Spence, R., Erdik, M., Tabuchi, S., Aydınoğlu, N., Booth, E., Re, D.D., Peterken, O. Development of an earthquake loss model for Turkish catastrophe insurance. Journal of Seismology. 2002, 6(1), 431-446.
- [77] 2014 Yılı İçin Binaların Metrekare Normal İnşaat Maliyet Bedellerini Gösterir Cetvel, T.C Gelir İdaresi Başkanlığı, 64 Seri No'lu Emlak Vergisi Kanunu Genel Tebliğ, Ankara, 2014.
- [78] Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ, T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 2014.
- [79] İstanbul Deprem Deprem Master Planı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Planlama Ve İmar Dairesi Zemin Ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul, 2003.
- [80] T.C Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Bakanlığı, Müdahale, İyileştirme Ve Sosyoekonomik Açından 2011 Van Depremi Raporu, Ankara, 2014.
- [81] Duan, X., Pappin, J. W. A Procedure For Establishing Fragility Functions For Seismic Loss Estimate Of Existing Buildings Based On Nonlinear Pushover Analysis, The 14 th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, October 12-17, 2008.
- [82] Ersoy, Ş. 2013 Afet Raporu: Dünya ve Türkiye, Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Aratırma Merkezi, İstanbul, 2013.
- [83] Ansal, A. İstanbul deprem senaryoları. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını, Deprem Dosyası. 66(1), 16-26.
- [84] Molina, S., User manual for the earthquake loss estimation tool: SELENA, Norsar and Universidad de Alicante, Norsar, October 1, 2010.

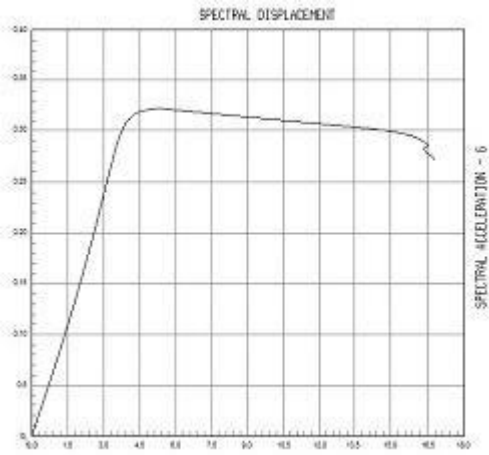
EK A. GRUP 98035'DEKİ BİNALARIN ZAYIF YÖN MODAL KAPASİTE DİYAGRAMLARI



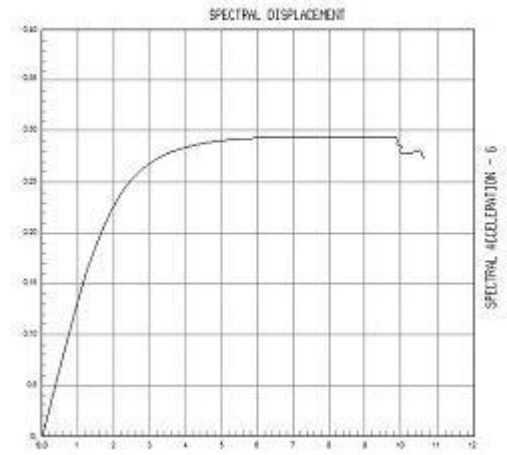
A.1. Bina Kodu: 98Ö35_1



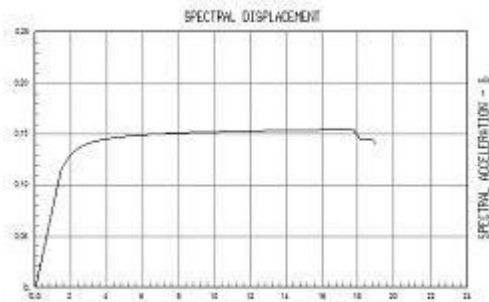
Şekil A.2. Bina Kodu: 98Ö35_2



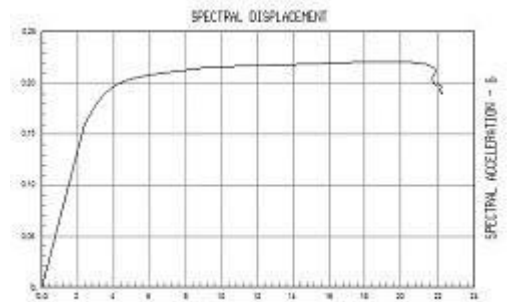
Şekil A.5. Bina Kodu: 98Ö35_3



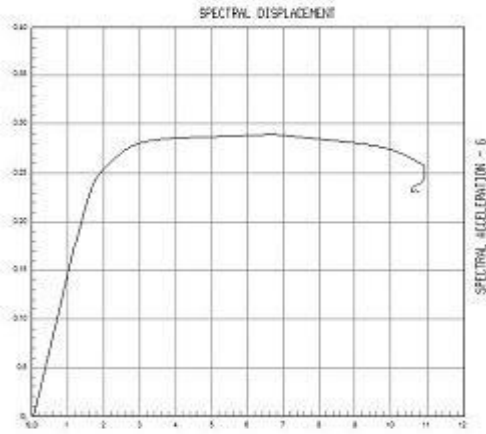
Şekil A.4. Bina Kodu: 98Ö35_4



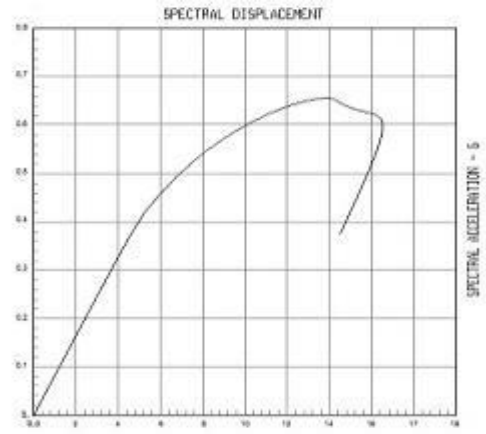
Şekil A.5. Bina Kodu: 98Ö35_5



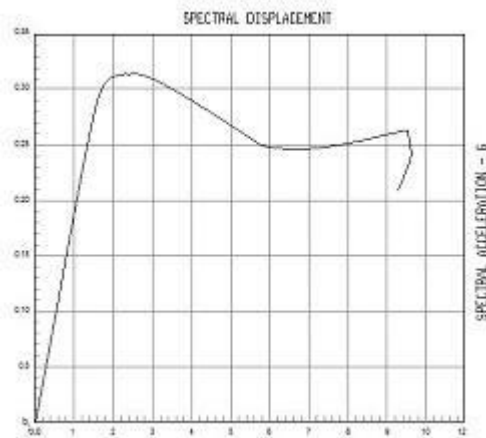
Şekil A.6. Bina Kodu: 98Ö35_6



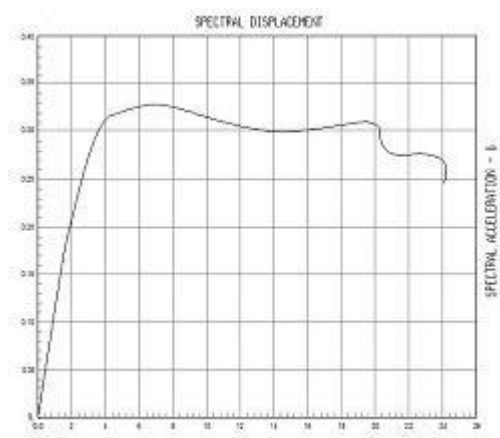
Şekil A.7. Bina Kodu: 98Ö35_7



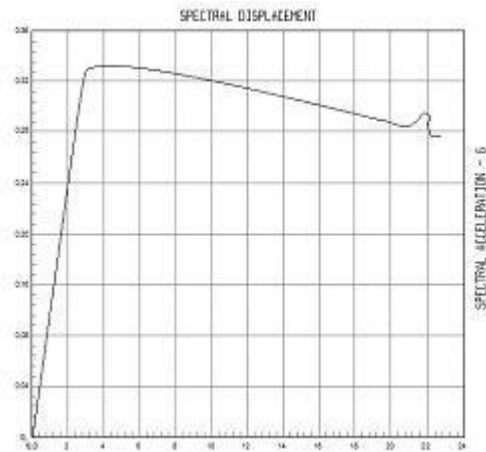
Şekil A.8. Bina Kodu: 98Ö35_8



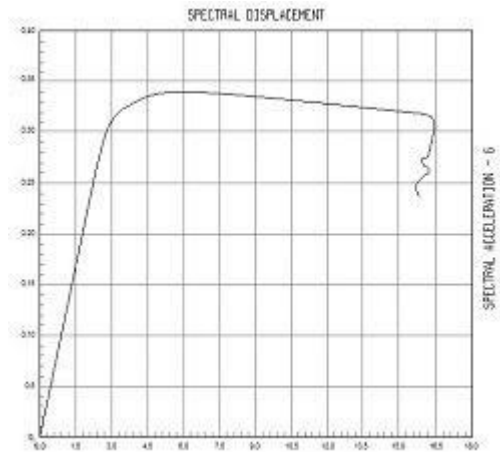
Şekil A.9. Bina Kodu: 98Ö35_9



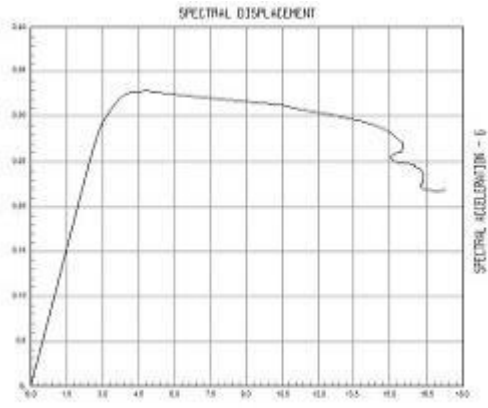
Şekil A.10. Bina Kodu: 98Ö35_10



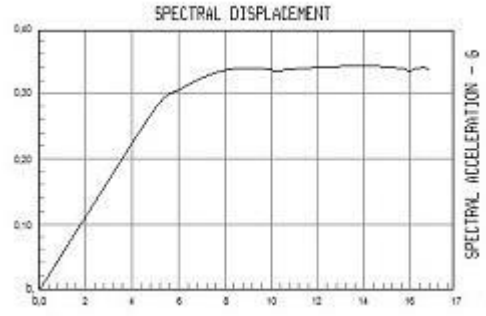
Şekil A.11. Bina Kodu: 98Ö35_11



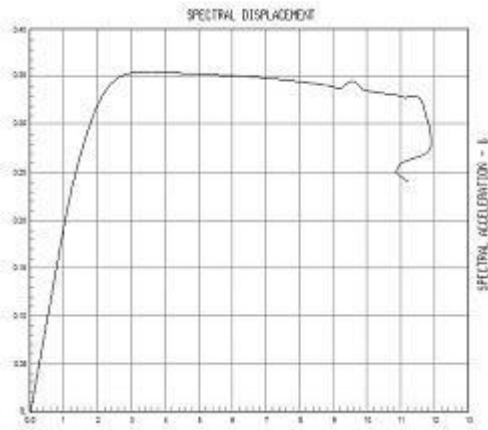
Şekil A.12. Bina Kodu: 98Ö35_12



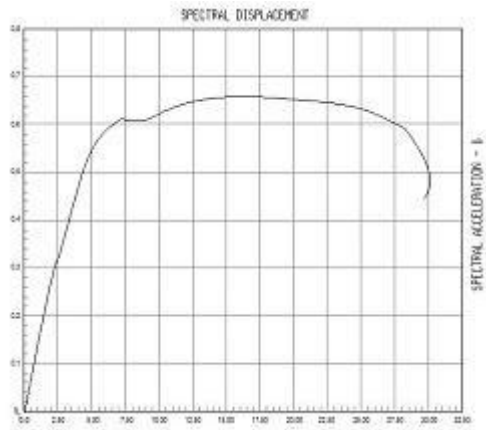
Şekil A.13. Bina Kodu: 98Ö35_13



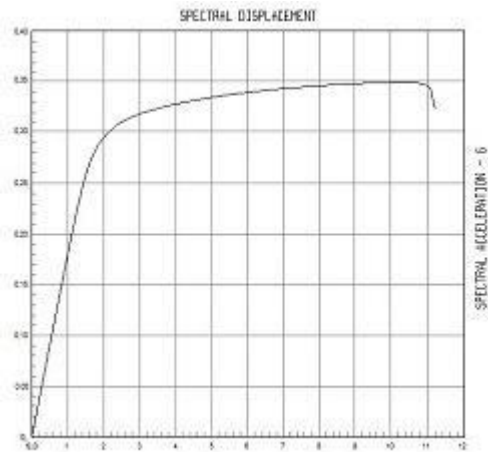
Şekil A.14. Bina Kodu: 98Ö35_14



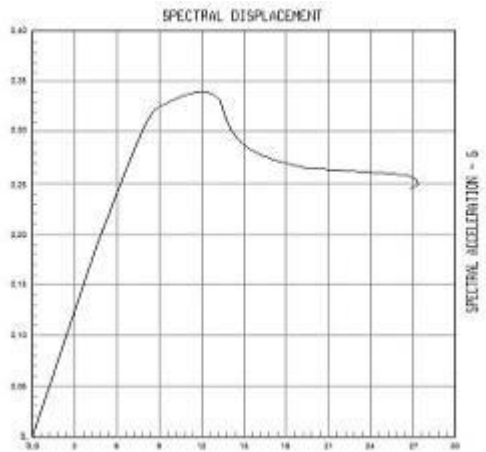
Şekil A.15. Bina Kodu: 98Ö35_15



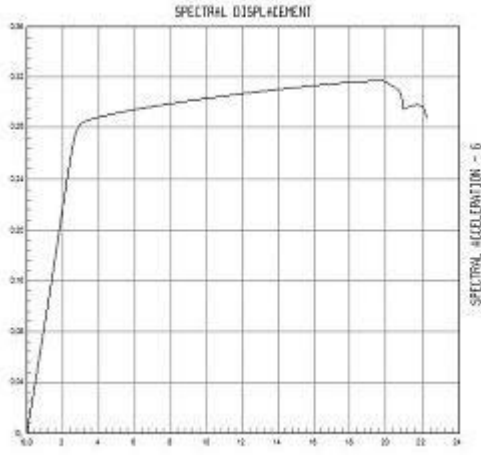
Şekil A.16. Bina Kodu: 98Ö35_16



Şekil A.17. Bina Kodu: 98Ö35_17



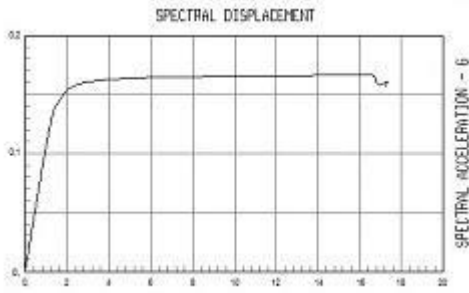
Şekil A.18. Bina Kodu: 98Ö35_18



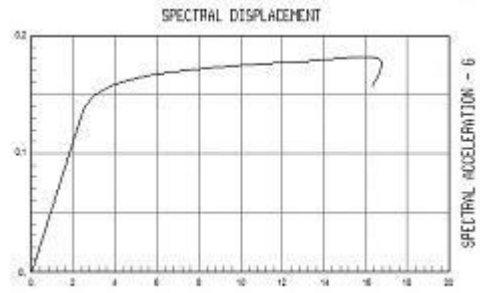
Şekil A.19. Bina Kodu: 98Ö35_19



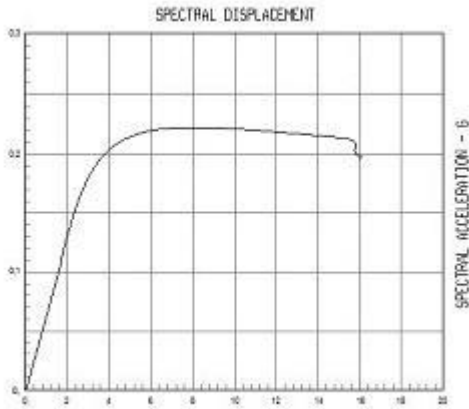
Şekil A.20. Bina Kodu: 98Ö35_20



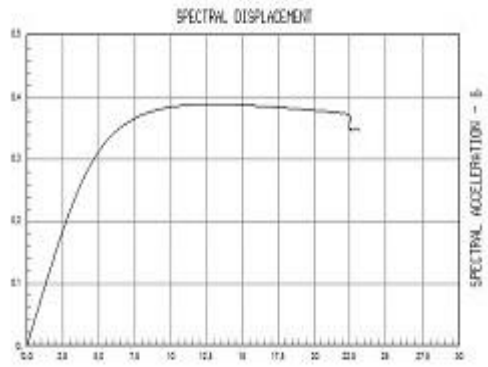
Şekil A.21. Bina Kodu: 98Ö35_21



Şekil A.22. Bina Kodu: 98Ö35_22



Şekil A.23. Bina Kodu: 98Ö35_23



Şekil A.124. Bina Kodu: 98Ö35_24

EK B. BİNA ENVANTERİNE AİT BİLGİLER

Tablo B.1. Grup 98Ö12 Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/ Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 1 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1997 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | var | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1995 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1993 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1989 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 2 | 1989 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1988 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1987 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1986 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1986 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1985 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 1 | 1984 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1978 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 2 | 1977 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1974 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 1973 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |

Tablo B.2. Grup 98S12 Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 2 | 2001 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z1 | BAÇ |
| 2 | 2001 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2001 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2001 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2002 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 2 | 2002 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 2 | 2002 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | yok | yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2003 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2004 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | yok | yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2004 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2005 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2007 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 2 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2008 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2008 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |

| | | | | | | | | | | |
|---|------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 2 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 2 | 2011 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 2 | 2012 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 1 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1998 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 1 | 1998 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1998 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 1999 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 1 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 1 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 1 | 1999 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 1 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 1 | 2000 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 1 | 2000 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |

Tablo B.3. Grup 98Ö35İ Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 1981 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 1987 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | yok | yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1987 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 5 | 1996 | Ayrık | Yok | yok | yok | Yok | yok | yok | Z4 | BAÇ |
| 5 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 4 | 1986 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | yok | yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 4 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1985 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | Var | yok | Z2 | BAÇ |
| 4 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1989 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1978 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1979 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1982 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1986 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | yok | yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 3 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1996 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |

Tablo B.4. Grup 98S35İ Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/ Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2011 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2011 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 2012 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2012 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2009 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2007 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1998 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2008 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 3 | 2007 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 3 | 2010 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1998 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2008 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2002 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2003 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2004 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |

Tablo B.5. Grup 98Ö67İ Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 7 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 7 | 1987 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1994 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇP |
| 7 | 1993 | Ayrık | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 7 | 1993 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1992 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z2 | BAÇ |
| 6 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1991 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |

Tablo B.6. Grup 98S67İ Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 7 | 2012 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2011 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 7 | 2012 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2012 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2012 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2012 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z2 | BAÇ |
| 7 | 2009 | Ayrık | Yok | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2008 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2004 | Ayrık | Yok | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 7 | 2006 | Ayrık | Yok | Var | Var | Yok | Var | Var | Z2 | BAÇ |
| 7 | 2009 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Var | Yok | Z2 | BAÇ |
| 6 | 2000 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 6 | 2012 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 6 | 2012 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 6 | 2012 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2012 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z2 | BAÇ |
| 6 | 2011 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2011 | Ayrık | Var | Var | Var | yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2010 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2009 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |

Tablo B.7. Grup 98Ö35K Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 1993 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1992 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 3 | 1990 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1990 | Ayrık | yok | yok | yok | yok | Var | yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1990 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 1990 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1990 | Ayrık | yok | Yok | Yok | yok | var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1989 | Ayrık | var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1989 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1988 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1988 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1988 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1988 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1988 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1987 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1986 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1986 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 1986 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1985 | Bitişik | var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1985 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1984 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1983 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1982 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1981 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1980 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 4 | 1979 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1976 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | var | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1975 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | var | var | Z4 | BAÇ |

Tablo B.8. Grup 98S35K Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 5 | 2001 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 5 | 2006 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2009 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2011 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | yok | Yok | Yok | yok | var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2001 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2002 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2005 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 2008 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z2 | BAÇ |
| 5 | 2010 | Bitişik | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Var | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | Var | Yok | Yok | yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2000 | Ayrık | Var | Yok | Yok | yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 5 | 2000 | Ayrık | Var | Yok | Yok | yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2001 | Ayrık | Var | Yok | Yok | yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2004 | Ayrık | Var | Yok | Yok | yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2008 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2009 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 1999 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2006 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z2 | BAÇ |
| 5 | 2008 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2010 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2008 | Ayrık | Var | Var | Var | yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2001 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2005 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2003 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2000 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2001 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/ Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 5 | 2004 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 5 | 2005 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z4 | BAÇ |
| 5 | 2005 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2002 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z4 | BAÇ |
| 4 | 2003 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2005 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2007 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2006 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 1999 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2009 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2008 | Bitişik | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 4 | 2010 | Ayrık | Var | Var | Yok | yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1999 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Var | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1998 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2000 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2002 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2010 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 1998 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 3 | 2004 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 3 | 2006 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Var | Yok | Z3 | BAÇ |

Tablo B.9. Grup 98Ö67K Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/ Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 6 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1997 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1997 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1997 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1996 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 7 | 1996 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1995 | Ayrık | Var | var | Yok | Yok | Yok | var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1994 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1992 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1992 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1992 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1992 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Var | yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1991 | Ayrık | Var | Yok | Yok | yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1990 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 6 | 1990 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 7 | 1990 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1990 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1988 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1987 | Ayrık | Yok | var | Var | Yok | Yok | var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1987 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1986 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 6 | 1986 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z2 | BAÇ |
| 6 | 1985 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1985 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z1 | BAÇ |
| 7 | 1985 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1985 | Ayrık | Yok | var | Var | Yok | Var | var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1983 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 7 | 1981 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Var | Var | Z4 | BAÇ |
| 6 | 1980 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1978 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1977 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | yok | Var | Yok | Z4 | BAÇ |
| 7 | 1977 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1975 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1972 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z2 | BAÇ |

Tablo B.10. Grup 98S67K Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/ Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|--------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 7 | 2002 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2011 | Ayrık | Yok | Var | Var | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2006 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2009 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z4 | BAÇ |
| 7 | 2003 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2005 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2005 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2008 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Var | Var | Z4 | BAÇ |
| 7 | 2000 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 2003 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 7 | 1998 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Var | Var | Z2 | BAÇ |
| 6 | 2001 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Z2 | BAÇ |
| 6 | 2004 | Bitişik | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2006 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z4 | BAÇ |
| 6 | 2005 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2002 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2003 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2004 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2006 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2007 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2009 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2011 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2000 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z2 | BAÇ |
| 6 | 1999 | Ayrık | Var | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1999 | Ayrık | Var | Var | Yok | yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2000 | Ayrık | Var | Var | Yok | yok | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2006 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2005 | Ayrık | Var | Var | Var | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 2003 | Ayrık | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Z3 | BAÇ |
| 6 | 1999 | Ayrık | Var | var | Yok | yok | Yok | var | Z3 | BAÇ |

Tablo B.11. Grup BPC Bina Envanterine Ait Olumsuzluk Parametreleri

| Kat Adeti | Yapım Yılı | Yapı Nizamı | Ağır Çıkma | Zayıf/Yumuşak Kat | Kısa Kolon | Düşeyde Düzensizlik | Planda Düzensizlik | Tabii Zemin Eğimi | Zemin Sınıfı | Yapısal Sistem Türü |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------|
| 7 | 1993 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2004 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2005 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2006 | Bitişik | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Var | Z3 | BAÇP |
| 6 | 1988 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Var | Yok | Yok | Z3 | BAÇP |
| 6 | 2004 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 6 | 2005 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2005 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 6 | 1993 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2006 | Ayrık | Yok | Var | Yok | Yok | Var | Var | Z4 | BAÇP |
| 7 | 2009 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Var | Var | Z4 | BAÇP |
| 6 | 2009 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2004 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇP |
| 6 | 2010 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇP |
| 5 | 1995 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2008 | Ayrık | Var | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Z3 | BAÇP |
| 6 | 1976 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Var | Yok | Z3 | BAÇP |
| 7 | 2009 | Ayrık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Z3 | BAÇP |

EK C. BİNALARIN PERFORMANS SIRALAMALARI

Tablo C.1. Grup 98Ö12 Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 0 | 75 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 115 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 0 | 75 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |

Tablo C.2. Grup 98S12 Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 110 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 75 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 110 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 110 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | -5 | -5 | 0 | 0 | 0 | -10 | 60 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | -5 | -5 | 0 | 0 | 0 | -10 | 60 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 110 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 0 | 75 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 0 | 75 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 80 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 55 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 100 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 100 |
| II | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -20 | 85 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 65 |
| I | 0 | 90 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| I | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -10 | 65 |

Tablo C.3. Grup 98Ö35İ Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| II | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 80 |
| II | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| II | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| II | 0 | 90 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| I | 0 | 80 | -15 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 62 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |

Tablo C.4. Grup 98S35İ Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 55 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 80 | -15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 50 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 55 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 55 |
| II | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| II | 0 | 100 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 70 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -20 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -10 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -20 | 50 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 50 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 50 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 50 |

Tablo C.5. Grup 98Ö67İ Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |

Tablo C.6. Grup 98S67İ Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 77 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | 0 | 57 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | -10 | -5 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 77 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 57 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 57 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 47 |

Tablo C.7. Grup 98Ö35K Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 10 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 0 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | 10 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | 30 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 0 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | -20 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -50 | 0 |
| I | 0 | 70 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | 10 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -50 | -30 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 10 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | -20 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 10 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 10 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | -20 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -30 | 35 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | 30 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 30 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 10 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -30 | 5 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | 10 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | -15 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | -5 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -50 | -35 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -50 | -35 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -50 | -20 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | 30 |
| I | 0 | 70 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | 10 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -20 | 37 |
| I | 0 | 80 | 0 | -20 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -20 | 27 |

Tablo C.8. Grup 98S35K Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 35 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 25 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 25 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 25 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 25 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 25 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 25 |
| II | 0 | 80 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 17 |
| I | 0 | 60 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | -15 | 0 | 12 |
| I | 0 | 60 | 0 | 0 | -15 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 10 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 5 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 5 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 5 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 5 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 5 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| I | 0 | 60 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -25 | 2 |
| I | 0 | 60 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -25 | 2 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 15 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | -3 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | -3 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | 0 | -8 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -25 | 5 |
| I | 0 | 60 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -25 | 2 |
| I | 0 | 60 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | -5 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -20 | -23 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -25 | -28 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -25 | -33 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -25 | -33 |
| I | 0 | 60 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -25 | -33 |

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 80 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -10 | 47 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -15 | 45 |
| I | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -15 | 45 |
| I | 0 | 70 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| I | 0 | 70 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 25 |
| II | 0 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -20 | 35 |
| II | 0 | 70 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 0 | 25 |
| II | 0 | 70 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | -15 | 0 | 22 |
| II | 0 | 70 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 7 |
| I | 0 | 80 | -15 | 0 | -10 | 0 | 0 | -3 | 0 | -10 | 42 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | 40 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 45 |
| II | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -25 | 40 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | 0 | 35 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -25 | 10 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | -15 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 |
| II | 0 | 80 | 0 | -30 | -15 | -10 | 0 | 0 | 0 | -25 | 0 |

Tablo C.9. Grup 98Ö67K Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -40 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -60 | -78 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -60 | -23 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -40 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -73 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -40 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | -50 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | -15 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -58 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | -15 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -58 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | -50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | -15 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -55 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -60 | -78 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -60 | -83 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -43 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -60 | -48 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | -50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| II | 0 | 65 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -28 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -13 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -40 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | 0 | -10 | -5 | -3 | 0 | -60 | -58 |
| II | 0 | 65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | 5 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -60 | -53 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | -50 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | -20 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | -20 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | -10 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -60 | -78 |
| II | 0 | 65 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -60 | -63 |

Tablo C.10. Grup 98S67K Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | 10 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | 0 | -10 | -5 | -3 | 0 | 0 | 2 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | -10 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | 0 | -18 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | -20 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | -20 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | -20 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | 0 | -23 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -30 | -48 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -30 | -53 |
| II | 0 | 65 | -30 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -60 | -68 |
| II | 0 | 65 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | 5 |
| I | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | -30 | 5 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | -10 |
| I | 0 | 50 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | -13 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | -20 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | -10 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | -10 |
| I | 0 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -30 | -20 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | 0 | 0 | 0 | -15 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | 0 | -18 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | -10 | -5 | -3 | 0 | 0 | -28 |
| II | 0 | 65 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | -28 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | -43 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | -43 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -30 | -53 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | -10 | -5 | 0 | 0 | -30 | -55 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | -5 | -3 | 0 | -30 | -48 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | -15 | -10 | -5 | -3 | 0 | -30 | -73 |
| I | 0 | 50 | -30 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | -73 |

Tablo C.11. Grup BPC Performans Puanları

| Tehlike Bölgesi | BS | SP | SN1 | SN2 | SN3 | SN4 | SN5 | SN6 | SN7 | SN8 | TOTAL PR |
|-----------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | 12 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | -15 | -30 | 17 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | -15 | -30 | 17 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | -15 | -30 | 17 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | -15 | 0 | 0 | 0 | 0 | -60 | 0 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | 42 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | 42 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -30 | 42 |
| I | 55 | 50 | 0 | 0 | -15 | 0 | 0 | -3 | 0 | -60 | 27 |
| I | 55 | 50 | -30 | 0 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | -30 | 32 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | -10 | 0 | -3 | 0 | 0 | 62 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 72 |
| I | 55 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -30 | 75 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| I | 65 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | -50 | 72 |
| I | 55 | 50 | 0 | -30 | 0 | 0 | 0 | -3 | 0 | 0 | 72 |
| I | 55 | 50 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 0 | -60 | 35 |
| I | 55 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 |

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali GÜRBÜZ
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara, 1983
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : k.aligurbuz@gmail.com

Eğitim Durumu

Önlisans : Hacettepe Üniversitesi, 2003
Lisans : Sakarya Üniversitesi, Yapı Eğitimi Bölümü, 2006
Yüksek Lisans : Sakarya Üniversitesi, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, 2009

Mesleki Deneyim

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi 2013-.... (halen)

Yayımları

ULUSLARARASI KİTAP BÖLÜMLERİ

Ali Gurbuz, Ugur Akbulut, Mert Ozsaban, "Comparison of Energy Performance and Static Loads on a Building Integrated Wind, Solar, and Rainwater Harvester", Progress in Exergy, Energy, and the Environment, Dincer I., Midilli A. and Kucuk H. (Eds), ISBN: 978-3-319-04680-8, DOI: 10.1007/978-3-319-04681-5_84, Springer International Publishing, Switzerland, 2014, pp: 875-884.

ULUSLARARASI İNDEKSLİ DERGİLER

Muhammed Tekin, Ali Gurbuz; "Seismic Fragility Curves for 1 And 2 Stories R/C Buildings"; INTERNATIONAL JOURNAL of ENGINEERING TECHNOLOGIES Vol.1, No.2, 2015. ISSN: 2149-5262

Ali GURBUZ, Muhammed TEKİN; "Use of Cumulative Distribution Functions In Order To Estimate Damage Probability"; VFAST Transactions on Mathematics, Vol. 5, No. 1, pp. 01-09, 2014. ISSN: 2309-0022

Tuba Sert KUTUK, Ali GURBUZ; "Calculation Of Shear Strength Probability Of Geogrids Used In Highway Embankments"; VFAST Transactions on Mathematics, Vol. 5, No. 1, pp. 10-17, 2014. ISSN: 2309-0022

M. Tekin, A. Gürbüz, A. Demir; "Comparison of Nonlinear Static and Dynamic Analyses on a R/C Building"; an International Journal of Mathematical and Computational Applications, Vol. 18, No. 3, pp. 264-272, 2013. ISSN: 1300-686X

ULUSAL İNDEKSLİ DERGİLER

Ali Gurbuz, Muhammed Tekin, "Performans Sıralaması Yöntemiyle Mevcut Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımının İncelenmesi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11.1 (2015) 37-48 ISSN 1305-1385

ULUSLARARASI KONGRELER

Ali Gurbuz, Yigit Mahmutoglu, Cemalettin Terzi; "An Early Warning System Design for Steel Frame Trusses"; International Congress on Engineering and Natural Sciences, 15-19 May 2015, Skopje.

Ali Gurbuz, Muhammed Tekin; "Seismic Fragility Curves For 4 and 5 Storey Reinforced Concrete Buildings Built Before 1998 in Manisa"; 11th International Congress on Advances in Civil Engineering, 21-25 October 2014, Istanbul.

Ali Gürbüz and Muhammed Tekin; "Seismic Upgrading Of A Substandard Reinforced Concrete Structure Using A Displacement Based Design Methodology"; International Civil Engineering & Architecture Symposium for Academicians, May 17-20, 2014, Antalya.

APAY, Ahmet C. and AYDIN, Emine and AKGUL, Tahir and GURBUZ, Ali (2010) "The Use Of Building Models As An Educational Material And Their Impact On Learning"; In: 2nd International Symposium on Sustainable Development, June 8-9 2010, Sarajevo.

ULUSAL SEMPOZYUMLAR

Ali Gürbüz, M.Tekin; "Manisa'daki 6 ve 7 Katlı Betonarme Konut Binaları İçin Spektral Deplasmana Dayalı Hasar olasılık eğrilerinin Çizilmesi", 14-15 Mayıs, 2015, Ankara.

Ali Gürbüz, M.Tekin; "Manisa Orta Katlı B.A Konutlar İçin Hasar olasılık eğrileri Elde Edilmesi"; Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 11 Mayıs-14 Mayıs, 2015, İstanbul.

A.Gurbuz, M.Tekin; "Betonarme Bir Yapıda Boşluklu Ve Boşluksuz Perde Duvar Uygulamalarının Deprem Performansına Etkisi"; Kentsel Gelişim Sempozyumu, 25 Aralık 2013, Gelişim Üniversitesi, İstanbul.

A. Gurbuz, M. Tekin. "Mevcut Betonarme bir Binanın Perde Duvarlar Kullanılarak Deplasmana dayalı Yöntemle Güçlendirilmesi", 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül 2013 - MKÜ - HATAY.