

Kısım 8.
Hasar ve Can Kaybı Hesaplamaları

Kısım 8. Hasar ve Can Kaybı Hesaplamaları

Deprem hasarı sırasıyla Model A ve Model C senaryo depremleri için hesaplanmıştır. Bölüm 7’de gösterilen dört farklı senaryo depremin sismik hareket dağılımının sonuçları karşılaştırıldığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Model D’deki En yüksek zemin ivmesi dağılımının (PGA) Model A’dakine benzemektedir.
- Bundan dolayı, Model D’deki hasar dağılımının Model A’dakine benzer olması beklenir.
- Model D’nin PGA değeri Model A’ninkinden düşüktür, bundan dolayı Model D’deki hasar Model A’dan az olacaktır. Avrupa yakasında, Model B’nin en yüksek zemin ivmesi (PGA) dağılımı Model C’deki ile benzerdir.
- Bundan dolayı, Model B’nin hasar dağılımının Model C’dekine benzer olması beklenir.
- Model B’nin PGA değeri Model C’ninkinden düşüktür.
- Bundan dolayı, Model B’deki hasar miktarı Model C’den az olacaktır.

Sonuç olarak, Model A için yapılan hasar hesaplaması “en muhtemel durum”, ve Model C için yapılan hasar hesaplaması ise “en kötü durum” olarak ortaya konmuştur.

Uyarı

Sismik mikrobölgeleme gelecek depremlerin kestirilmesi değildir. Senaryo depremler gelecekteki depremlerin tahmin edilmesi değildir. Bu modellerden birisinin bir sonraki deprem olacağı söylenemez.

Hernekadar analizler en son bilimsel bilgiler temel alınarak yapılmış olsada, sonuçlarda hatalar olabilir. Bu raporda hesaplanan hasar miktarı ve dağılımı sadece, İstanbul için bir afet önleme/azaltma planı oluşturmak için kullanılabilir.

8.1. Binalar

8.1.1. Metodoloji

(1) Genel

a. Hasar Hesaplamasının Akış Diyagramı

Bu çalışmada hasar “**binanın tepki deplasmanı**” ile “**binada hasara yol açan deplasman**”ın karşılaştırılması yoluyla hesaplanmıştır. Şematik Akış Diyagramı Şekil 8.1.1’de gösterilmiştir.

“**Binanın tepki deplasmanı**” dikkate alınarak;

Deprem hareketi “**İvme Tepki Spektrumu S_a** ” olarak verilebilir.

Her bina, tipine göre Tablo 8.1.1 ’daki gibi sınıflandırılabilir ve kinetik modelleme gerçekleştirilir. Sonuç olarak “**Kapasite Spektrumu**” oluşturulur.

“**Binanın Tepki Deplasmanı**”, “**İvme Tepki Spektrumu S_a** ” ve “**Kapasite Spektrumu**” kullanılarak elde edilir.

Yukarıda bahsedilen proseürde, “**kapasite Spektrumu**”, binanın özel bir elemanın tahribatının yol açacağı non-lineerite dikkate alınarak oluşturulur. Bundan dolayı “**Binanın Tepki Deplasmanı**” ivme yada kuvvetten daha kesin bir indeks olabilir. Bu, metodun kullanılmasının getireceği bir avantajdır.

“**Binada hasara yol açan deplasman**” dikkate alınarak;

Hasar durumu “Ağır“, “Orta“ ve “Az“ olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Her hasar durumu kat deplasmanı değeri ile tanımlanmıştır. Herbir kat deplasman değeri spektral deplasmana dönüştürülür. Bununla birlikte deprem hareketinin ve bina modelinin teknolojik belirsizliğini dikkate alınmıştır. Burada bir çeşit parabolistik metoda ihtiyaç vardır zira hasar durumu hesaplaması bazı dağılımlara sahip olabilir. Bu dağılımı yansıtmak amacıyla lognormal dağılım uygulanır, ve sonuç olarak “**Hasargörebilirlik Fonksiyonu**” elde edilir. “**Hasargörebilirlik Fonksiyonu**” binanın uğrayacağı “**Hasar Oranı**” verir.

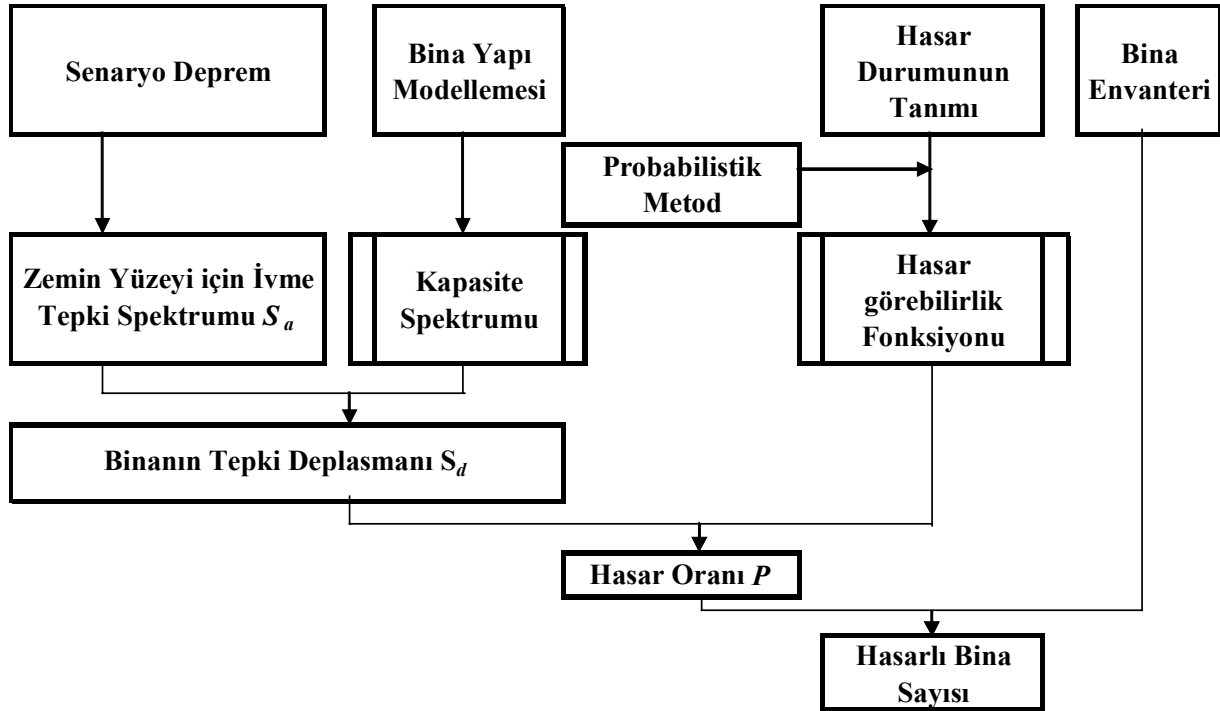
“**Hasarlı Bina Sayısı**”, “**Hasar Oranı**”nın “**Bina Envanteri**”nde sayılmış olan bina sayısıyla çarpılması sonucu elde edilir.

Bina hasarları senaryo depremler Model A ve Model C temel alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara 2000 yılı bina sayımındaki herbir bina tipi dahil edilmiştir. Okullar,

hastaneler ve itfaiye istasyonları gibi önemli kamu tesisleri diğer bir bölümde ayrı olarak incelenmiştir.

Binalar “ağır”, “orta” ve “az” hasarlı olmak üzere hesaplanmışlardır. “Ağır” hasarlı binalar, çok hasar görecektir yada yıkılacak olan binalardır. Bu binalar onarılmadan yada yeniden inşa edilmeden kullanılması sakıncalı olan binalardır. “Orta” hasarlı binalar, riskin oluşmasından hemen sonra tahliye amaçlı geçici sınırlı süreyle kullanılabilir olan binalardır fakat sürekli olarak kullanılmaya başlanmadan önce onarılmalıdırlar. “Az” hasarlı binalar ise, içinde yaşanabilir binalardır ancak onarılmaları tavsiye edilir, zira yapı azda olsa hasar görmüştür ve deprem dayanırlığı azalmıştır.

Hasarın nedeni sismik titreşimle sınırlıdır. Sıvılaşma, toprak kayması yada yangın gibi diğer sebeplerden oluşan hasar dahil edilmemiştir. Bu kabul sonucu etkilemeyecektir çünkü bu durumlar İstanbul’daki deprem felaketinin ana sebepleri değildir.



Şekil 8.1.1 Bina Hasar Tahminleri Şematik Akış Diyagramı

b. Hasar Hesaplamalarında Kullanılan Bina Envanteri

Bu çalışmada, bina tipleri Tablo 8.1.1. 'de gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır. Her bir bina tipi grubu “Yapı”, “Kat Sayısı” ve “Yapım Yılı” kombinasyonu olarak tanımlanmıştır. Hasargörebilirlik fonksiyonu her bir bina tipi için verilmiştir.

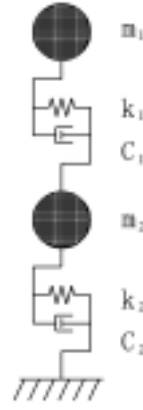
Tablo 8.1.1 Hasar Hesaplaması İçin Sınıflarına Göre Bina Sayıları

Sınıf	Yapı	Kay Sayısı	Yapım Yılı			Toplam
			-1959	1960 - 1969	1970 -	
1	Tuğla Duvarlı Betonarme Çerçeve	1 - 3F	7,120 (1.0%)	13,757 (1.9%)	200,950 (27.7%)	221,827 (30.6%)
2		4 - 7F	6,280 (0.9%)	15,449 (2.1%)	280,231 (38.7%)	301,961 (41.7%)
3		8F -	481 (0.1%)	886 (0.1%)	18,468 (2.5%)	19,835 (2.7%)
4	Ahşap Çerçeve	1 - 2F	4,755 (0.7%)	697 (0.1%)	1,583 (0.2%)	7,035 (1.0%)
5		3F -	3,611 (0.5%)	222 (0.0%)	358 (0.0%)	4,191 (0.6%)
6	Betonarme Perde Duvar	1 - 3F	1 (0.0%)	0 (0.0%)	13 (0.0%)	13 (0.0%)
7		4 - 7F	0 (0.0%)	0 (0.0%)	200 (0.0%)	200 (0.0%)
8		8F -	0 (0.0%)	0 (0.0%)	564 (0.1%)	564 (0.1%)
9	Yığma	1 - 2F	25,967 (3.6%)	24,881 (3.4%)	83,215 (11.5%)	134,063 (18.5%)
10		3F -	16,952 (2.3%)	8,208 (1.1%)	8,877 (1.2%)	34,037 (4.7%)
11	Prefabrike		20 (0.0%)	12 (0.0%)	864 (0.1%)	896 (0.1%)
Toplam			65,188 (9.0%)	64,113 (8.8%)	595,322 (82.2%)	724,623 (100.0%)

(2) Modelleme ve kapasite Spektrumu**a. Modelleme**

Bundan sonra MDOFM olarak anılacak olan “Multi degree of freedom model”i her bir bina tipi için oluşturulmuş ve şematik olarak Şekil 8.1.2 ’de gösterilmiştir. Daha sonra eigenvalue analizi uygulanarak bir dizi eigenvalue (doğal periyod ve eigen vektörü) elde edilir.

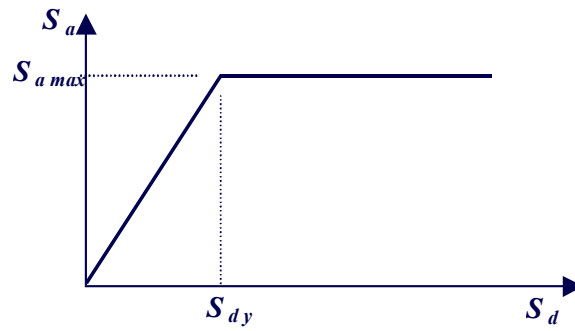
Bundan sonra SDOFM olarak anılacak olan “Single degree of freedom model”i, MDOFM’ye bir dizi eigenvalue uygulanarak çıkartılabilir. Binanın Tepki Deplasmanı S_d , SDOFM kullanılarak hesaplanabilir.



Şekil 8.1.2 “Multi degree of freedom model”i şematik çizimi (iki katlı bina örneği)

b. Kapasite Spektrumu

Kapasite Spektrumu, yukarıda açıklanan prosedür ile elde edilen temel eigenvalue kullanılarak belirlenmiştir. Kapasite Spektrumu konsepti Şekil 8.1.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 8.1.3 Kapasite Spektrumunun Şematik Çizimi

Kapasite Spektrumu Şekil 8.1.2 'de açıklanan MDOFM'nin temel eigenvalue'nun bileşenini temsil eden özel bir SDOFM'ni tanımlamaktadır.

Şekil 8.1.3'teki düşey eksen, MDOFM S_a 'nın temel eigenvalue'nun bileşenini temsil eden tepki ivmesini göstermektedir. Yatay eksen, MDOFM S_d 'nin temel eigenvalue'nun bileşenini temsil eden tepki deplasmanını göstermektedir.

Şekil 8.1.3 'teki ikinci çizginin yatay olduğu kabul edilir. $(S_a)_{\max}$ 'nin off-set değeri Denk.. (8.1.1) 'de verilmiştir.

$$(S_a)_{\max} = \left(\frac{V}{W} \right) \cdot \frac{G}{\alpha_1} \quad (\text{Denk.. 8.1.1})$$

$(S_a)_{\max}$: Kapasite ivmesi

$\left(\frac{V}{W}\right)$: Yatay sismik yükün ağırlığa oranı

G : Yerçekimi ivmesi

α_1 : Temel modun etkin kütle oranı

$$\alpha_1 = \frac{M_{x1}}{\sum m_n} \quad (\text{Denk. 8.1.2})$$

M_{x1} : Temel modun etkin kütlesi

$\sum m_n$: Toplam kütle

Şekil.8.1.3'deki ilk çizgi temel peiyodu temsil eder ve Denk. (8.1.3) 'ile verilmiştir.

$$\frac{S_{a_max}}{S_{d_y}} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \quad (\text{Denk. 8.1.3})$$

(3) Probabilistik Metod ve Hasargörebilirlik Fonksiyonu

a. Probabilistik Metod

Bu çalışmada, hasar hesaplaması spektral deplasmanın bir skolastik değişken olarak uygulandığı bir lognormal dağılım olarak verilen hasargörebilirlik fonksiyonu kullanarak gerçekleştirilecektir. Temel bir denklem Denk. (8.1.4) 'de gösterilmiştir..

$$P[D \geq d_s S_d] = \Phi \left[\frac{\ln\left(\frac{S_d}{S_{d,d_s}}\right)}{\beta_{ds}} \right] \quad (\text{Denk. 8.1.4})$$

$P[D \geq d_s S_d]$: Hasar Oranı : Bu, binanın hasar durumu d_s 'in altındaki bina D olasılığı anlamına gelir.

S_d : Spektral deplasman

S_{d,d_s} : Bina d_s hasar durumunu gösterdiğindeki spektral deplasmanın ortalama değeri

β_{ds} : Bina d_s hasar durumunu gösterdiğindeki deplasmanın logaritmasının standart sapması

Φ : Kümülatif standart normal dağılım fonksiyonlarının elde edilmesi için operasyonel hesaplama

b. Hasargörebilirlik Fonksiyonu

Hasargörebilirlik fonksiyonu bina tepki modeli ile hasar oranı arasında ilişki kurmak üzere oluşturulur. Bina herbir S_{d,d_s} hasar durumunu gösterdiğiindeki spektral deplasmanın ortalama değerleri ve bina herbir β_{d_s} hasar durumunu gösterdiğiindeki deplasmanın logaritmasının standart sapması ile belirtilir. (Bkz.Denk. (8.1.4))

S_{d,d_s} değeri, kat deplasmanı oranını D_s temelinde Denk. (8.1.5) denklemi ile verilir.

$$S_{d,d_s} = \frac{D_s}{F_p \cdot \left[\frac{\phi_j - \phi_{j+1}}{H_j} \right]_{\max}} \quad (\text{Denk. 8.1.5})$$

D_s : Hasar durumu d_s 'e ulaştığıındaki Kat deplasman oranı

F_p : Katılım Faktörü

ϕ_j : Katın Eigen Vektörü j

H_j : Katın Yüksekliği j

Diğer katsayı β_{d_s} , S_d değerinin dağılımını temsil eder. Denk. (8.1.6) ve (8.1.7) 'de tanımlanmış olan Varyasyon katsayısı C_V , β_{d_s} değerini belirlemek için etkilidir.

$$\beta_{d_s} = \sqrt{\ln \frac{1 + \sqrt{1 + 4 \left(\frac{\sigma}{\exp(\ln S_{d,d_s})} \right)^2}}{2}} \quad (\text{Denk. 8.1.6})$$

$$\sigma = C_V \cdot S_{d,d_s} \quad (\text{Denk. 8.1.7})$$

σ : varyans

C_V : varyasyon katsayısı

(4) Parametrelerin Belirlenmesi

Kapasite spektrumunu ve hasargörebilirlik fonksiyonunu belirtmek için birçok katsayı belirlenmelidir. Bu katsayılar temel olarak bina yapısından ve özelde sismik zemin hareketinden belirlenir. Çalışmada kullanılan hasar hesaplaması metodunun bir avantajı da, bina özellikleri ve sismik zemin hareketini ayrı olarak çalışabilmemizdir.

Katsayıların belirlenmesinin başlangıcında, aşağıdaki maddeler dikkate alınmıştır;

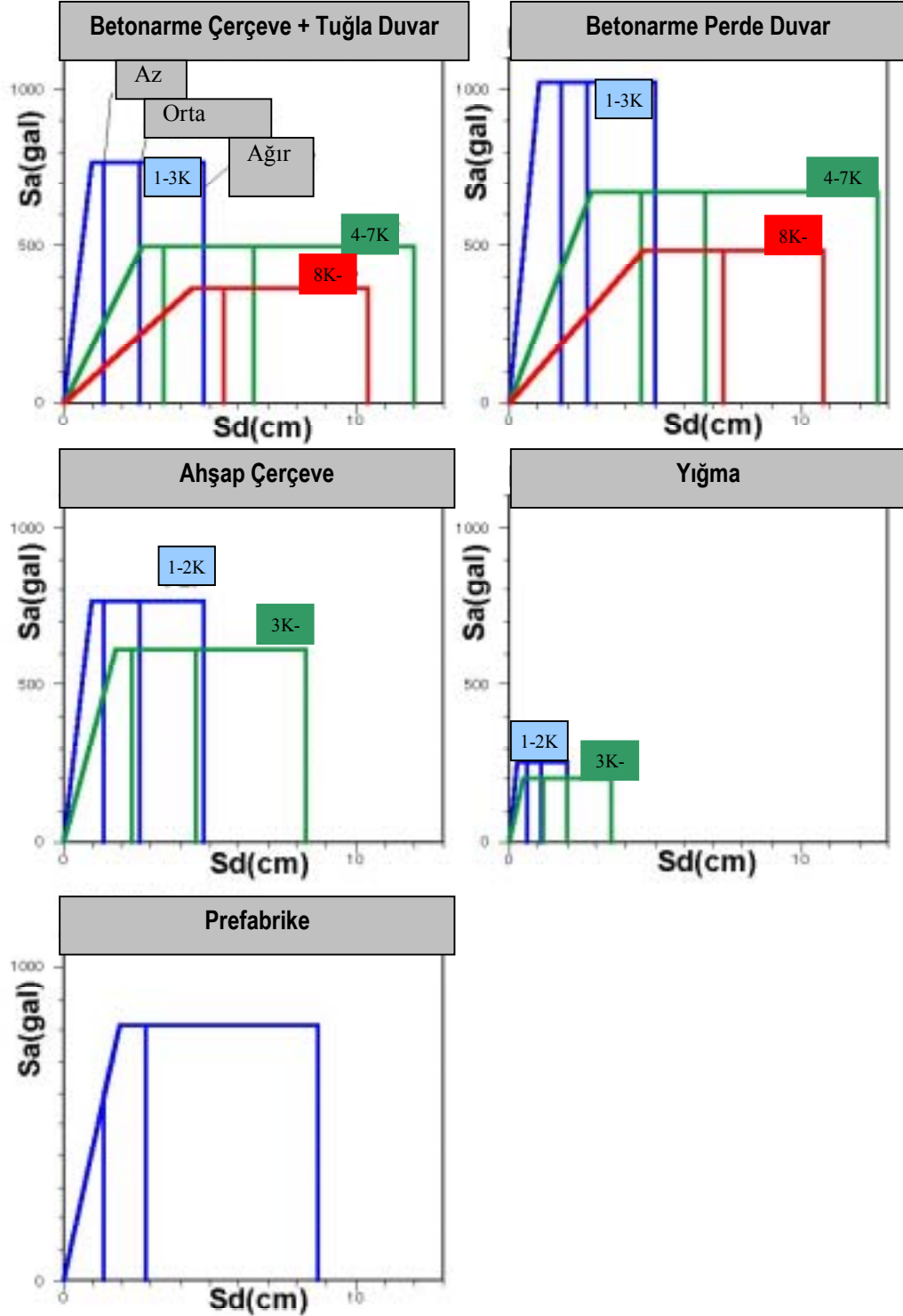
- 1) Yapını kapasitesiyle ilgili mevcut çalışma
- 2) Çalışma Alanı içerisinde deprem dayanım standardı trendi
- 3) Çalışma Alanı içerisinde yapı mühendisinin genel sağduyusu
- 4) Çalışma Alanı içerisinde arazi incelemesinde edinilen izlenim (özellikle tamamlama kalitesi)

Geçmiş depremlerde meydana gelmiş olan hasarlar da ikna edici bilgi vermektedir. Diğer bir deyişle, bu gerçek boyutlu deney olarak alınabilir. Bundan dolayı bu temelde belirlenen katsayılar kalibre edilir ve mevcut geçmiş deprem hasar oranları verileri referans alınarak yeniden değerlendirilir. Sonuç olarak katsayılar aşağıdaki prosedür izlenerek belirlenmiştir.

- 1) Arazi incelemeleri sonuçları dikkate alınarak İstanbul'a uyarlanmış olan deprem dayanım standardındaki tanımlamalar temel alınarak katsayıların geçici olarak tanımlanması
- 2) Kapasite Spektrumu ve hasargörebilirlik fonksiyonlarının oluşturulması ve geçmiş depremlerden hasar görmüş bölgelere mevcut veriler ışığında uygulanması
- 3) Uygulanan sismik hareket; gerçek sismik hareketi iyi şekilde temsil edeceği düşünülen gözlemlenmiş ivme dalga formu temel alınarak hesaplanmış olan ivme tepki spektrumudur.
- 4) Hasar oranı ve sismik şiddet arasındaki ilişki genellikle geçmiş deprem hasar verilerinden rapor edilmiştir. Bu durumda, her bina noktasındaki ayarlanmış olan ivme tepki spektrumu rapor edilmiş olan sismik şiddet yardımıyla hesaplanır.

a. Kapasite spektrumu

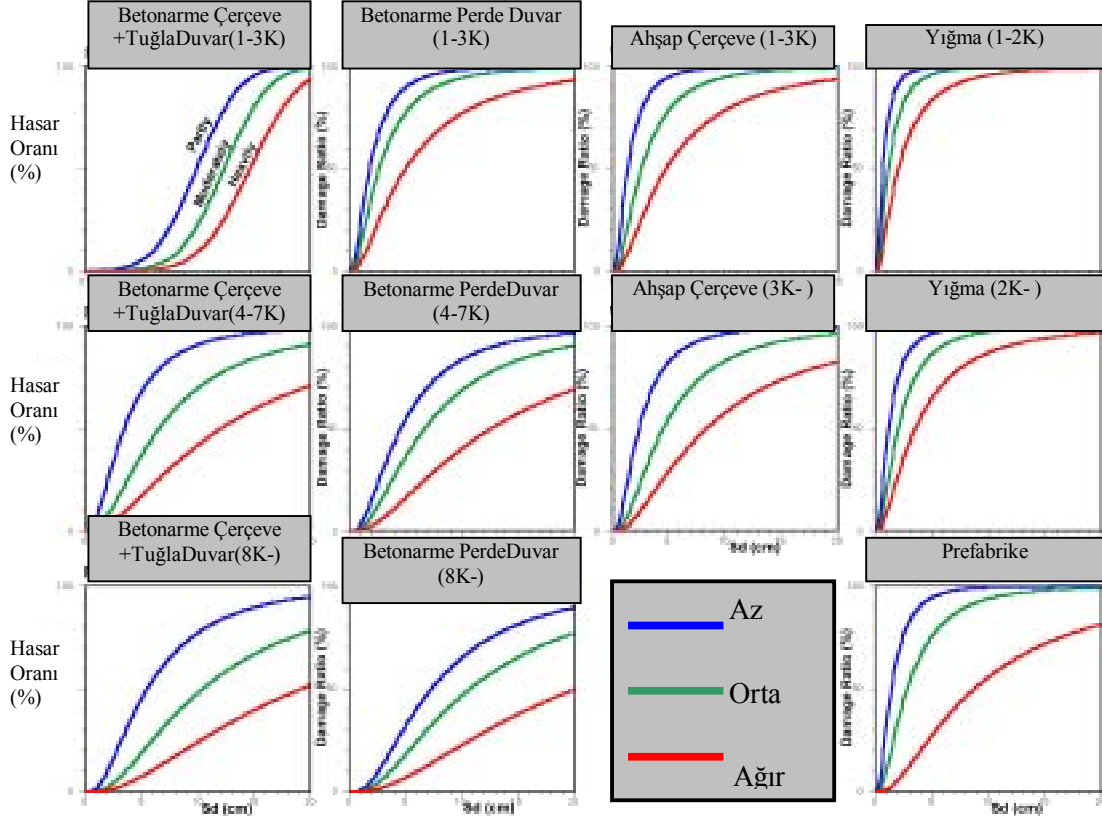
Şekil 8.1.4’de kapasite spektrumuna örnekler gösterilmiştir.



Şekil 8.1.4 1970’den sonra inşa edilmiş olan binalar için Kapasite Spektrumu

b. Hasargörebilirlik Fonksiyonu

Şekil 8.1.5’de hasargörebilirlik fonksiyonlarının örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 8.1.5 1970’den sonra inşa edilmiş binalar için Hasargörebilirlik Fonksiyonu (Sd(cm) vs Hasar Oranı (%))

8.1.2. Hasar Hesaplaması için Sismik Hareket

Her mahalle için toplanmış olan 2000 yılı bina sayımının oluşturulmasıyla bina envanter veritabanı meydana getirilmiştir. Veri, her mahalledeki toplam bina sayısını Tablo 8.1.1’de gösterilmiş olan 11 yapısal sınıfla belirtilecek şekilde içermektedir. Bununla birlikte, sismik hareket PGA, PGV ve Sa değerleri 500m gridlerde (birim hücre) hesaplanmıştır. Mahalle bazında bina hasarlarını hesaplamak için, her mahalle için sismik şiddet verisi gereklidir. Eğer mahalle içinde bina dağılım yoğunluğu çok farklı değilse, kısmen yada tamamen bir mahalle sınırı içinde olan birçok 500m gridler içindeki basit ortalama bina dağılımının kullanılması kabuledilebilirdir. Bununla birlikte, İstanbul’daki bina dağılımı bazen, bir mahalle içinde bile büyük farklar göstermektedir. Bundan dolayı, mahalle bazında sismik hareketi hesaplamak için aşağıdaki prosedür adapte edilmiştir;

1) 1/1.000 ölçekli bir harita kullanarak her 500m grid içindeki bina sayısını belirle ve bunu GIS’i, İBB’nin elinde mevcut yaklaşık 1.000.000 binanın lokasyonunu içeren veri dosyasını ve bir 1/1.000 ölçekli harita kullanarak geliştir. Veri dosyasında her bina için katsayısı ve lokasyon bilgisi mevcut olmasına karşın ne yapı tipi ne de inşa yılı bilgisi mevcut değildir. Bundan dolayı bu veritabanı sadece her 500m griddeki bina sayısını belirlemek için kullanılmıştır..

2) Her mahalledeki bina sayısını belirle.

3) Aşağıdaki formülü kullanarak sismik hareketi hesapla:

$$S_m = \frac{\sum_i S_{g_i} \cdot B_{gfi} + \sum_j S_{g_j} \cdot B_{gpj}}{B_m}$$

S_m : Mahalledeki sismik hareket

S_{g_i} : i nolu griddeki sismik hareket

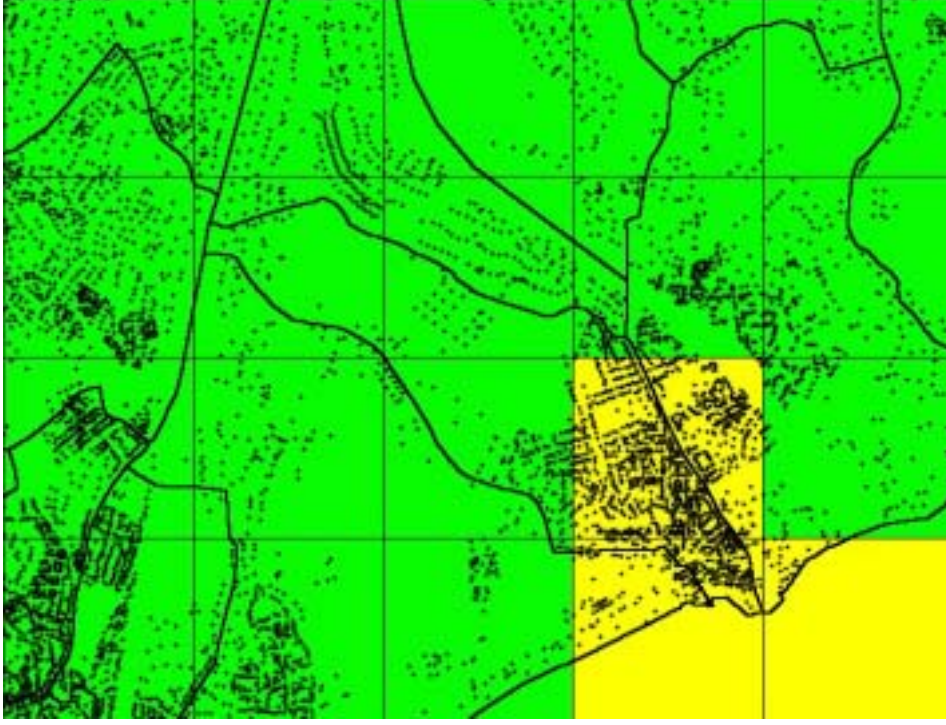
B_{gfi} : tamamı mahalle içinde kalan i nolu griddeki bina sayısı

B_{gpj} : bir kısmı mahalle içinde kalan j nolu griddeki bina sayısı

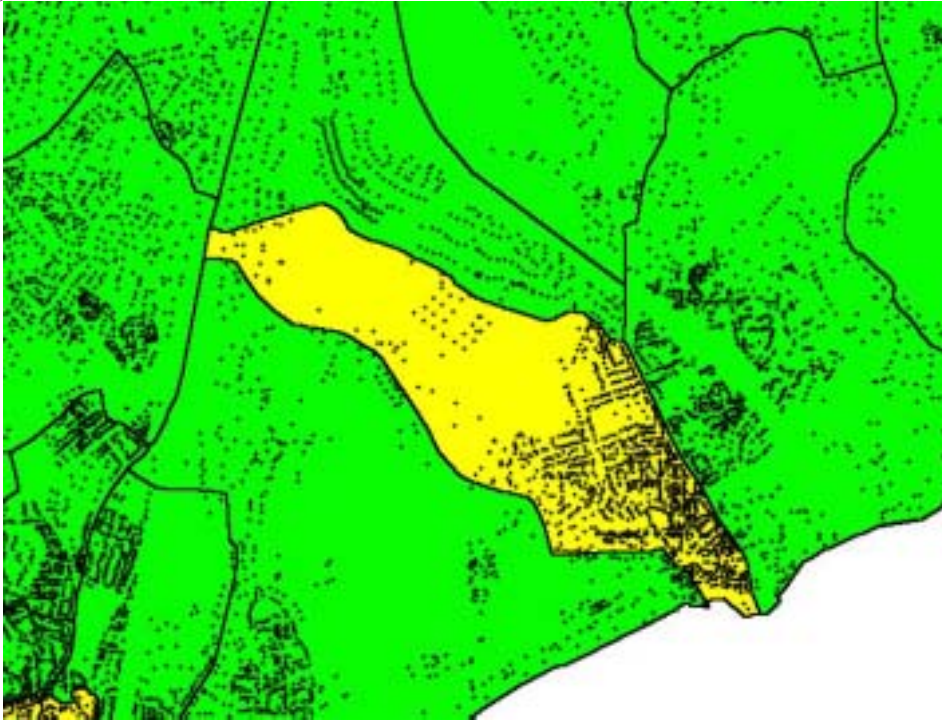
$B_m = \sum_i B_{gfi} + \sum_j B_{gpj}$: mahalledeki bina sayısı

Şekil 8.1.6 ’de mahalleler için sismik hareket hesaplamasının bir örneği gösterilmiştir. Şekil 8.1.6 a) herbir 500m grid için sismik hareketi göstermektedir. Siyah çizgiler mahalle sınırlarını göstermektedir ve herbir siyah nokta mevcut bir binayı temsil etmektedir. Şeklin ortasında yer alan mahallenin sadece güneydoğu kenar kısmı sarı renktedir, geri kalan kısmı yeşildir. Bundan dolayı, bu mahalledeki binaların çoğu sarı alandadır. Şekil 8.1.6 b) mahallelerin bu prosedür temel alınarak hesaplanan sismik hareketidir. Bu mahallenin basit

ortalaması yeşildir, fakat bina yoğunluk dağılımından dolayı bu mahalle sarı olarak değerlendirilmiştir. Bu prosedür kullanılarak sismik hareketin belirlenmesi, hasar analizinin daha iyi yapılmasını sağlar, çünkü bu heterojen bina yoğunluğunu yansıtmaktadır.



a) 500m Grid Birim Hücre Bazında Sismik Hareket



b) Hasar Hesaplaması için Mahalle Bazında Sismik Hareket

Şekil 8.1.6 Hasar Hesaplaması için Sismik Hareket Örneği

8.1.3. Hasar Hesaplaması

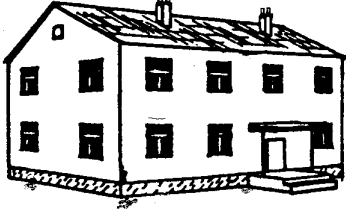



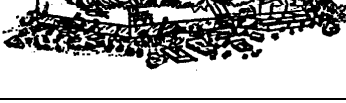
Bina hasarları Model A ve Model C deprem senaryoları temel alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara 2000 yılı bina sayımı verilerinde yer alan her bina tipi dahil edilmiştir. Okullar, hastaneler ve itfaiye istasyonları gibi önemli kamu tesisleri diğer bir bölümde ayrı olarak incelenmiştir.

Binalar “ağır”, “orta” ve “az” hasarlı olmak üzere hesaplanmışlardır. “Ağır” hasarlı binalar, çok hasar görecektir yada yıkılacak olan binalardır. Bu binalar onarılmadan yada yeniden inşa edilmeden kullanılması sakıncalı olan binalardır. “Orta” hasarlı binalar, riskin oluşmasından hemen sonra tahliye amaçlı geçici sınırlı süreyle kullanılabilir olan binalardır fakat sürekli olarak kullanılmaya başlanmadan önce onarılmalıdır. “Az” hasarlı binalar ise, içinde yaşanabilir binalardır ancak onarılmaları tavsiye edilir, zira yapı azda olsa hasar görmüştür ve deprem dayanırlığı azalmıştır.

Hasarın nedeni sismik titreşimle sınırlıdır. Sıvılaşma, toprak kayması yada yangın gibi diğer sebeplerden oluşan hasar dahil edilmemiştir. Bu kabul sonucu etkilemeyecektir çünkü bu durumlar İstanbul’daki deprem felaketinin ana sebepleri değildir.

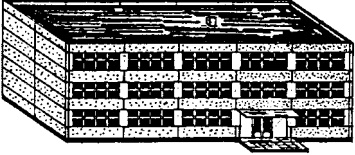
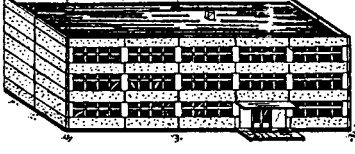
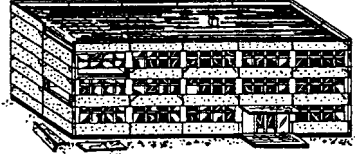


Tablo 8.1.2 Bina Hasarlarının Tanımlanması

Hedef	2000 Sayınımdaki Tüm Binalar	
Hesaplama Birimi	Her binanın hasar olasılığı hesaplanmıştır ve mahalle bazında hasar sayıları özetlenmiştir.	
Hasar Nedeni	Sismik Vibrasyon	
Hasar Derecesinin Tanımı	Ağır	Yıkılma yada ağır yapısal hasar Tahliye için: Stabil değil, Tehlikeli Yaşamak için: onarılmadan yada yeniden inşa edilmeden stabil değil (EMS-98’e göre Hasar Derecesi 4 & 5; bkz. Şekil 8.1.7, Şekil 8.1.8)
	Orta	Orta yapısal hasar Tahliye için: Stabil değil Yaşamak için: Onarım gereklidir (EMS-98’e göre Hasar Derecesi 3; bkz. Şekil 8.1.7, Şekil 8.1.8)
	Az	Az yapısal hasar Tahliye için: Stabil değil Yaşamak için: Stabil değil, onarım tavsiye edilir (EMS-98’e göre Hasar Derecesi; bkz Şekil 8.1.7, Şekil 8.1.8)

Yığma Binaların Hasar Sınıflandırması	
	1. Derece: ihmal edilebilir-az hasar (yapısal hasar yok, yapısal olmayan az hasar) çok az sayıda duvarda kılcal çatlaklar. Küçük sıva parçaları dökülmeleri. Nadiren binaların üst kısımlarından hafif taşların düşmesi
	2. Derece: Orta hasar (az yapısal hasar, orta yapısal olmayan hasar) birçok duvarda çatlaklar. Büyük sıva parçalarının dökülmesi. Bacaların kısmen yıkılması.
	3. Derece: önemli- Ağır hasar (orta yapısal hasar, ağır yapısal olmayan hasar) Birçok duvarda geniş ve yaygın çatlaklar. Çatı kiremitlerinin dökülmesi. Çatı hattında bacaların kırılması, yapısal olmayan ayrı elemanların tahribatı (dam, ayırıcı duvarlar).
	4. Derece: Çok Ağır hasar (ağır yapısal hasar, çok ağır yapısal olmayan hasar) duvarlarda ciddi tahribat; çatı ve döşemelerde kısmi yapısal tahribat.
	5. Derece: Yıkım (çok ağır yapısal hasar) Tamamen yada tamama yakın yıkım.

Şekil 8.1.7 Yığma Binaların Hasar Sınıflandırması

Kaynak: EMS-98

Betonarme Binaların Hasar Sınılandırması	
	<p>1. Derece: ihmal edilebilir-az hasar (yapısal hasar yok, yapısal olmayan az hasar)</p> <p>Çerçeve elemanlarında yada temeldeki duvarlarda ince sıva çatlakları. Ayrırcı ve dolgu duvarlarda ince çatlaklar.</p>
	<p>2. Derece: Orta hasar (az yapısal hasar, orta yapısal olmayan hasar)</p> <p>Çerçeve kolon ve kirişlerde ve yapısal duvarlarda çatlaklar. Ayrırcı ve dolgu duvarlarda çatlaklar; kırılğan kaplama ve sıvaların dökülmesi. Duvar panellerinin bağlantılarından harç dökülmeleri.</p>
	<p>3. Derece: önemli- Ağır hasar (orta yapısal hasar, ağır yapısal olmayan hasar)</p> <p>Kolonlarda ve temeldeki kolon kiriş bağlantılarında ve duvar bağlantılarında çatlaklar. Beton sıvanın dökülmesi, betonarme demirlerinin bükülmesi. Ayrırcı ve dolgu duvarlarda geniş çatlaklar, ayrı dolgu panellerinde tahribat.</p>
	<p>4. Derece: Çok Ağır hasar (ağır yapısal hasar, çok ağır yapısal olmayan hasar)</p> <p>betonun basınç tahribatıyla yapısal elemanlarda geniş çatlaklar, betonarme demirlerde tahribat, kirişlerdeki betonarme demirlerin bağlantı tahribatı; kolonlarda eğilme. Bir kaç kolon göçmesi yada üst katlardan birinin göçmesi.</p>
	<p>5. Derece: Yıkım (çok ağır yapısal hasar)</p> <p>Zemin katın yada binanın bir kısmının (çıkıntıları gibi) göçmesi.</p>

Şekil 8.1.8 Betonarme Binaların Hasar Sınılandırması

Kaynak: EMS-98

Hasar her mahalle ve bina sınıfı için hesaplanmıştır. Sonuçların bir özeti Tablo 8.1.3 'de gösterilmiştir. Bu tabloda İzmit depreminin bir simülasyon sonucu da gösterilmiştir. Bazı mahalleler için bina hasarının mevcut olmaması durumunda sadece hasar oranı gösterilmiştir. Bina hasar analizi bir önceki bölümde gösterilmiş olan İzmit ve Erzincan depremlerinde gözlenen hasar verileriyle kalibre edilmiştir. Simüle edilmiş olan sonuçlar gözlemlenmiş olan hasarla kıyaslandığında yakın sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 8.1.3 Bina Hasarlarının Özeti

		Ağır	Ağır +Orta	Ağır +Orta +Az
Model A		51,000 (7.1%)	114,000 (16%)	252,000 (35%)
Model C		59,000 (8.2%)	128,000 (18%)	300,000 (38%)
İzmit Dep.	Simülasyon	(0.15%)	(0.50%)	
	Gözlenen	(0.06%)	(0.33%)	

Her ilçe için hasarlar Tablo 8.1.4 ve Tablo 8.1.5 'de özetlenmiştir. Her mahalle için hasarlar ise Şekil 8.1.9 - Şekil 8.1.12 arasında gösterilmiştir.

İki senaryo deprem için hasar karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

(1) Model A

Toplam ağır hasarlı bina sayısı 51,000 olarak hesaplanmıştır. Bu sayı Çalışma Alanı dahilindeki toplam bina sayısının % 7.1'idir. Kullanılmak için onarıma ihtiyaç duyulan ağır ve orta hasarlı binaların sayısı 114,000 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar göstermektedir, deprem hareket dağılımından dolayı İstanbul'un güney kesimindeki hasar kuzey kesiminden daha ağır olacaktır. Avrupa yakasının güney sahili en ciddi şekilde etkilenecek alandır. Sahil kesimi boyunca birçok mahallede binaların % 30'undan fazlası ağır hasar görecektir. Avrupa yakasında birçok mahallede ve Anadolu yakasında bazı mahallelerde 200'den fazla bina ağır hasar görecektir. Vurgulanması gereken bir nokta da Silivri ve Büyükçekmece'de 300'den fazla bina ağır hasar görecektir.

(2) Model C

Toplam ağır hasarlı bina sayısı 59,000 olarak hesaplanmıştır. Bu sayı Çalışma Alanı dahilindeki toplam bina sayısının % 8.2'sidir. Kullanılmak için onarıma ihtiyaç duyulan ağır ve orta hasarlı binaların sayısı 128,000 olarak hesaplanmıştır. Hasar dağılımı Model A ile neredeyse aynıdır. Avrupa yakası sahil kesimindeki bir mahallede binaların% 40'ından fazlası ağır hasar görecektir. Avrupa yakasında birçok mahallede ve Anadolu yakasında bazı mahallelerde 200'den fazla bina ağır hasar görecektir. Vurgulanması gereken bir nokta da Silivri ve Büyükçekmece'de 400'den fazla bina ağır hasar görecektir.

Tablo 8.1.4 İlçelere Göre Bina Hasarı: Model A

İlçe Kodu	İlçe Adı	Toplam Bina Sayısı	Ağır		Ağır + Orta		Ağır + Orta + Az	
			Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
1	Adalar	6,522	1,614	24.8	2,703	41.4	4,131	63.3
2	Avcılar	14,030	1,975	14.1	4,172	29.7	7,781	55.5
3	Bahçelievler	19,690	2,577	13.1	5,748	29.2	11,287	57.3
4	Bakırköy	10,067	1,839	18.3	3,686	36.6	6,434	63.9
5	Bağcılar	36,059	2,384	6.6	5,915	16.4	14,353	39.8
6	Beykoz	28,280	476	1.7	1,268	4.5	4,225	14.9
7	Beyoğlu	26,468	2,335	8.8	4,940	18.7	10,197	38.5
8	Beşiktaş	14,399	584	4.1	1,410	9.8	3,744	26.0
9	Büyükkçekmece	3,348	351	10.5	800	23.9	1,680	50.2
10	Bayrampaşa	20,195	2,493	12.3	4,929	24.4	9,488	47.0
12	Eminönü	14,149	1,967	13.9	3,798	26.8	6,902	48.8
13	Eyüp	25,718	1,890	7.3	4,122	16.0	8,979	34.9
14	Fatih	31,947	5,111	16.0	9,908	31.0	17,689	55.4
15	Güngören	10,655	1,253	11.8	2,846	26.7	5,813	54.6
16	Gaziosmanpaşa	56,484	1,888	3.3	4,932	8.7	14,113	25.0
17	Kadıköy	38,615	1,944	5.0	4,755	12.3	12,206	31.6
18	Kartal	24,295	1,986	8.2	4,351	17.9	9,465	39.0
19	Kağıthane	28,737	1,107	3.9	2,747	9.6	7,367	25.6
20	Küçükçekmece	45,817	4,299	9.4	9,219	20.1	19,293	42.1
21	Maltepe	25,313	1,600	6.3	3,709	14.7	8,779	34.7
22	Pendik	39,877	2,835	7.1	6,365	16.0	14,343	36.0
23	Sarıyer	30,781	410	1.3	1,117	3.6	4,082	13.3
26	Şişli	22,576	727	3.2	1,874	8.3	5,386	23.9
28	Tuzla	14,727	1,331	9.0	2,844	19.3	6,024	40.9
29	Ümraniye	43,473	1,005	2.3	2,730	6.3	8,662	19.9
30	Üsküdar	43,021	1,093	2.5	2,978	6.9	9,335	21.7
32	Zeytinburnu	15,573	2,592	16.6	5,296	34.0	9,525	61.2
902	Esenler	22,700	1,355	6.0	3,312	14.6	8,216	36.2
903	Çatalca	2,573	67	2.6	176	6.8	529	20.6
904	Silivri	8,534	359	4.2	885	10.4	2,342	27.4
	Toplam	724,623	51,447	7.1	113,535	15.7	252,370	34.8

Tablo 8.1.5 İlçelere Göre Bina Hasarı: Model C

İlçe Kodu	İlçe Adı	Toplam Bina Sayısı	Ağır		Ağır + Orta		Ağır + Orta + Az	
			sayı	%	sayı	%	Sayı	%
1	Adalar	6,522	1,710	26.2	2,830	43.4	4,254	65.2
2	Avcılar	14,030	2,311	16.5	4,696	33.5	8,270	58.9
3	Bahçelievler	19,690	3,184	16.2	6,764	34.4	12,305	62.5
4	Bakırköy	10,067	2,119	21.0	4,103	40.8	6,792	67.5
5	Bağcılar	36,059	2,899	8.0	6,949	19.3	15,771	43.7
6	Beykoz	28,280	521	1.8	1,376	4.9	4,481	15.8
7	Beyoğlu	26,468	2,644	10.0	5,495	20.8	10,989	41.5
8	Beşiktaş	14,399	692	4.8	1,644	11.4	4,175	29.0
9	Büyükdere	3,348	415	12.4	914	27.3	1,806	53.9
10	Bayrampaşa	20,195	2,846	14.1	5,532	27.4	10,261	50.8
12	Eminönü	14,149	2,156	15.2	4,106	29.0	7,279	51.4
13	Eyüp	25,718	2,044	7.9	4,414	17.2	9,426	36.7
14	Fatih	31,947	5,776	18.1	10,996	34.4	18,900	59.2
15	Güngören	10,655	1,550	14.6	3,376	31.7	6,402	60.1
16	Gaziosmanpaşa	56,484	2,183	3.9	5,628	10.0	15,511	27.5
17	Kadıköy	38,615	2,312	6.0	5,554	14.4	13,569	35.1
18	Kartal	24,295	2,236	9.2	4,841	19.9	10,198	42.0
19	Kağıthane	28,737	1,286	4.5	3,148	11.0	8,134	28.3
20	Küçükçekmece	45,817	4,915	10.7	10,325	22.5	20,641	45.1
21	Maltepe	25,313	1,824	7.2	4,167	16.5	9,503	37.5
22	Pendik	39,877	3,128	7.8	6,956	17.4	15,263	38.3
23	Sarıyer	30,781	462	1.5	1,255	4.1	4,437	14.4
26	Şişli	22,576	884	3.9	2,232	9.9	6,093	27.0
28	Tuzla	14,727	1,456	9.9	3,079	20.9	6,344	43.1
29	Ümraniye	43,473	1,152	2.6	3,095	7.1	9,434	21.7
30	Üsküdar	43,021	1,301	3.0	3,477	8.1	10,361	24.1
32	Zeytinburnu	15,573	3,036	19.5	5,999	38.5	10,184	65.4
902	Esenler	22,700	1,655	7.3	3,922	17.3	9,111	40.1
903	Çatalca	2,573	74	2.9	194	7.5	564	21.9
904	Silivri	8,534	407	4.8	981	11.5	2,498	29.3
	Toplam	724,623	59,176	8.2	128,047	17.7	272,953	37.7

8.1.4. Bina Hasarını Temel Alan Sismik Şiddet

Sismik şiddet, sismik şiddet ölçeği tanımıyla belirtilmiş olan bina hasarları temel alınarak hesaplanır. Birçok mikrobölgeleme çalışmasında sismik şiddet PGA ve Sismik şiddet arasındaki ampirik ilişki temel alınarak hesaplanır, fakat sismik şiddetin kendi tanımı temel olarak gözlemlenen bina hasar derecesi ile ilgilidir. Eğer PGA değeri aynı ise bir bölgedeki bina hasarı bina yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bundan dolayı, sismik şiddeti bina hasarı temel alarak hesaplamak, PGA ile sismik şiddet arasındaki ampirik bağıntılar kullanarak hesaplamaktan daha iyidir.

Bu çalışmada, hasar hesaplaması için sismik şiddet, sismik hareket indeksi olarak kullanılmamıştır. Sismik şiddet hesaplaması sadece sismik şiddet ile ilgili mühendislerin sorularına ışık tutmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Sismik şiddet “the European Macroseismic Scale 1998, EMS-98” kullanılarak hesaplanmıştır. EMS-98’de, binalar hasargörebilirliklerine göre en zayıf sınıftan başlayarak A’dan F’ye sınıflandırılmıştır. Prof. Erdik (2001)’e göre, İstanbul’daki binaların çoğu C sınıfında toplanmıştır. Tablo 8.1.6 ’da, C sınıfı binaları ilgilendiren VII-XI arası şiddetin EMS-98 tanımı gösterilmiştir.

Tablo 8.1.6 EMS-98’de Sismik Şiddet Tanımı

EMS-98 Şiddet	Tanım
XI	Hasargörebilirlik sınıfı C olan çoğu bina 4. derece, birçoğu 5. derece hasarlıdır.
X	Hasargörebilirlik sınıfı C olan çoğu bina 4. derece, birkaçı 5. derece hasarlıdır.
IX	Hasargörebilirlik sınıfı C olan birçok bina 3. derece, birkaçı 4. derece hasarlıdır.
VIII	Hasargörebilirlik sınıfı C olan birçok bina 2. derece, birkaçı 3. derece hasarlıdır.
VII	Hasargörebilirlik sınıfı C olan birkaç bina 2. derece hasarlıdır.

“Az,” “çok,” ve “en çok” ifadeleri EMS-98’deki bir ölçeği temel alır. Bu çalışmada, %0-15 arası, %15-55 arası, ve %55-100 arası değerler sırasıyla “Ağır”, “Orta” ve “Az” hasarlı binalar için kullanılmıştır ki bunlar sırasıyla hasar derecesi 4 - 5, 3, ve 2’ye denk gelmektedir. Bu ilişkiler temel alınarak sismik şiddetin tanımı Tablo 8.1.7 ‘de gösterildiği gibi yeniden yazılmıştır.

Tablo 8.1.7 Çalışmadaki Sismik Şiddetin Tanımı

Şiddet	Tanım
XI:	Ağır Hasar Oranı > 55%
X:	55% > Ağır Hasar Oranı > 15%
IX:	15% > Ağır Hasar Oranı ve Ağır+Orta Hasar Oranı > 15%
VIII:	15% > Ağır+Orta Hasar Oranı ve Ağır+Orta+Az Hasar Oranı >15%
- VII:	15% > Ağır+Orta+Az Hasar Oranı

Her mahallede bina yapı kompozisyonu gerçekte farklıdır, fakat Çalışma Alanının ortalama kompozisyonu, sadeleştirme amaçlı olarak tüm mahalle için kullanılmıştır. Hesaplanan sismik şiddet Şekil 8.1.13 ve Şekil 8.1.14 'de gösterilmiştir. Her iki Modelde de, İstanbul'daki şiddet VII – X arasında hesaplanmıştır. Avrupa yakasının büyük kesiminin X şiddetinden etkileneceği tahmin edilmektedir.

Teşekkür

Bu bölümdeki bina hasar analizi Prof. Dr. Nuray Aydınoglu, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Bölümü, ile yapılan müzakereler ışığında gerçekleştirilmiştir. Vurgulanması gereken önemli nokta, bina sınıflandırması ve bina hasar hesaplamasında kendilerinin önerileri temel alınmıştır. Çalışma Ekibi kendilerinin Çalışmaya olan bu katkılarına müteşekkirdir.

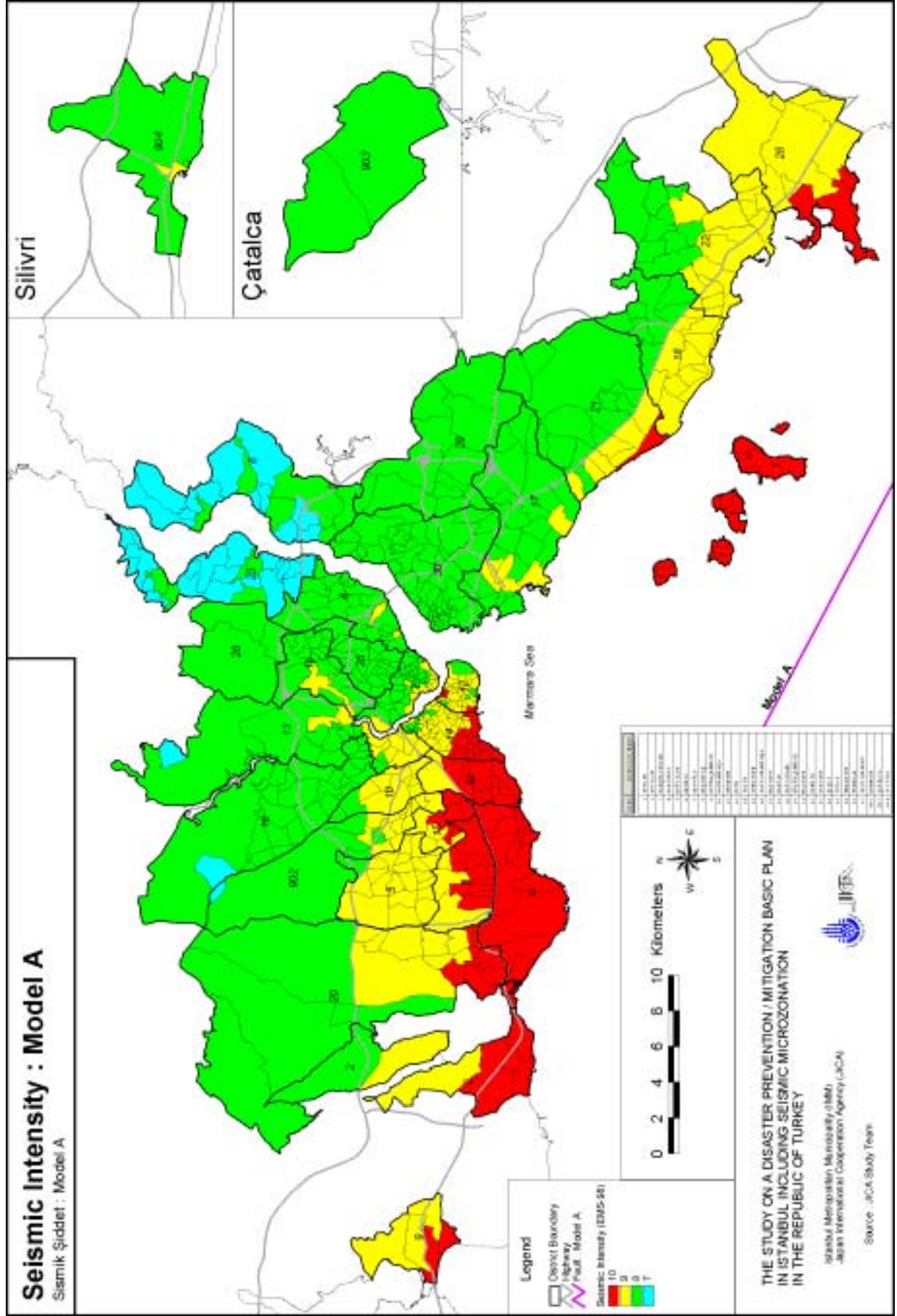
Referanslar:(Kısım 8.1)

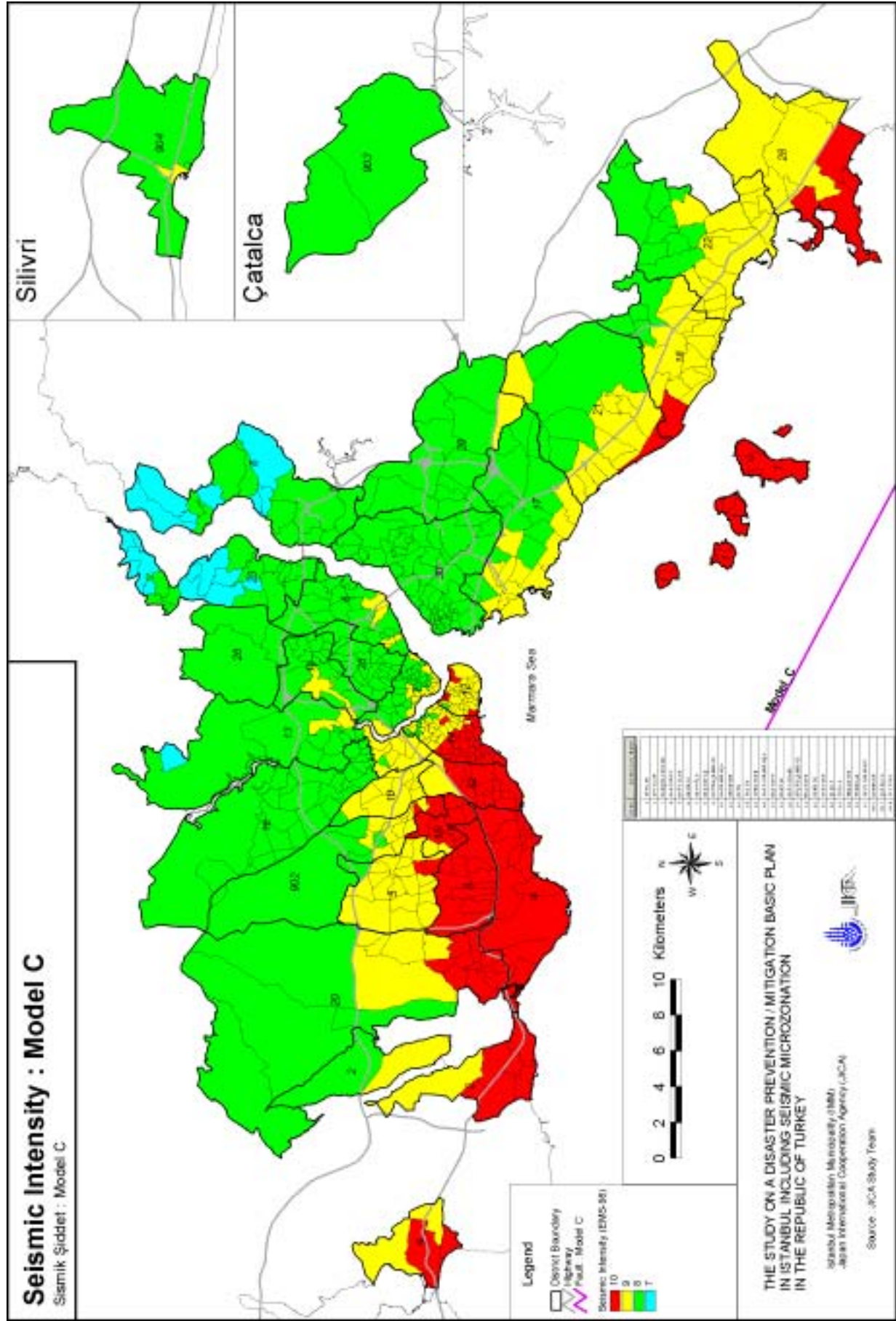
Erdik, M., E. Durukal, Y. Biro, B. Siyahi and H. Akman, 2001, Earthquake Risk to Buildings in Istanbul and a Proposal for its Mitigation, Bogaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Department of Earthquake Engineering, Department Report No: 2001/16,

<http://www.koeri.boun.edu.tr/earthqk/earthqk.html>.

European Macroseismic Scale 1998, EMS-1998,

<http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projekt/ems>.





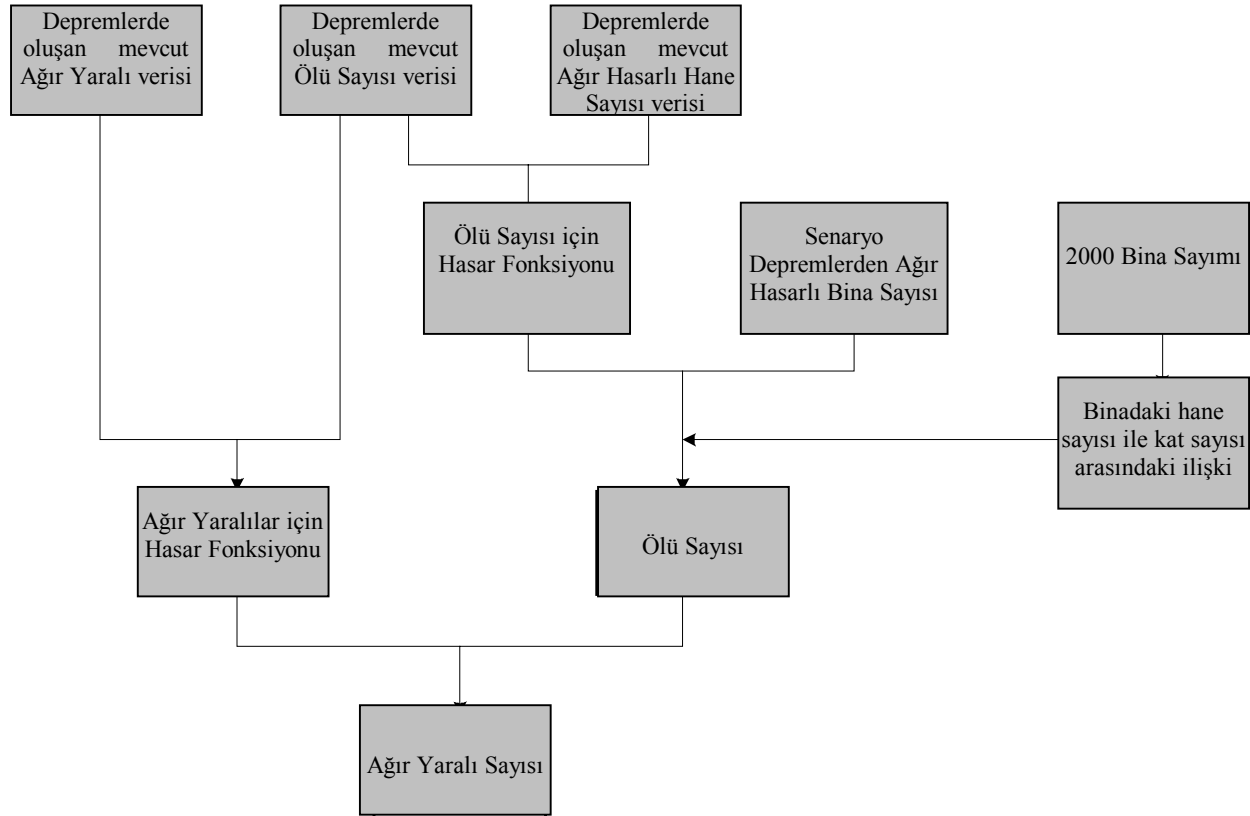
Şekil 8.1.14 Sismik Şiddet: Model C

8.2. Can Kaybı

8.2.1. Metodoloji

Depremden kaynaklanan can kayıplarının direkt nedenleri, bina göçmeleri, yangınlar, tsunami, kaya kayması, toprak kayması, vb. Bunlar arasında, bina göçmelerinden dolayı meydana gelen can kayıpları deprem felaketlerine maruz tüm bölgelerde gözlenen genel bir fenomendir. Türkiye’de, 1999 İzmit depreminde 17,000’in üzerinde insan öncelikle bina göçmeleri nedeniyle hayatını kaybetmiştir. İstanbul’daki binaların zayıflığı dikkate alındığında, gelecek bir depremde bina göçmelerinin can kayıplarının en önemli nedeni olacağını belirtmek gerekir.

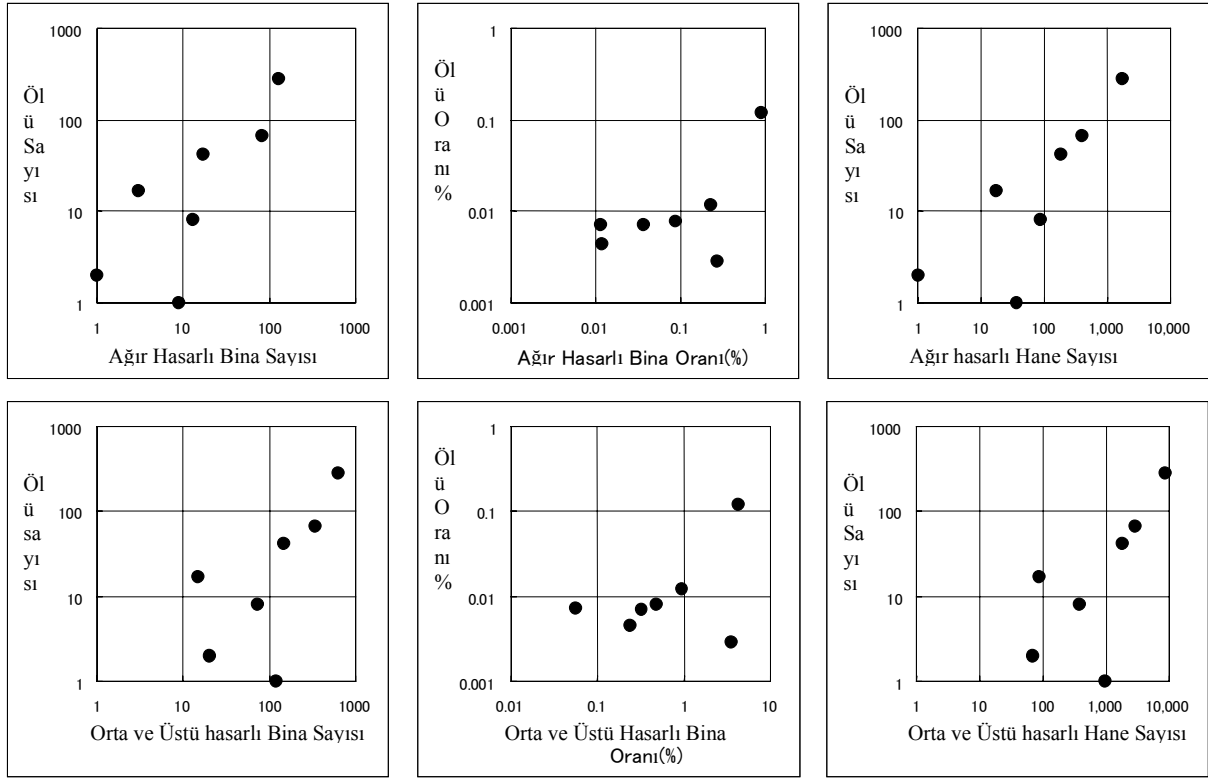
Bundan dolayı, beklenen can kaybının hesaplanması için Türkiye’deki deprem riski temel alınarak bina hasarı ile can kaybı arasındaki ilişki irdelenmiştir. Can kayıpları ve ağır yaralı sayısı için hasar fonksiyonları bu analiz sonucunda çıkartılmıştır. Can kaybı ve ağır yaralı sayısı ampirik ilişkiler ve bina hasar dağılımları temel alınarak hesaplanmıştır. Şekil 8.2.1 ’de can kayıplarına ilişkin hesaplamaların akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 8.2.1 Can Kaybı Hesaplamasının Akış Diyagramı

Tablo 8.2.1 1999 İzmit depreminde İstanbul’da meydana gelen bina hasarları ve can kayıplarının özetidir. Hasarlar ilçe bazında belirlenmiştir. Bu tabloda hasarlı bina sayısının yanı sıra hasarlı bağımsız birim sayısı da gösterilmektedir. Bu veri İstanbul’da meydana gelebilecek muhtemel can kaybını hesaplamak açısından önemlidir, zira farklı kat yüksekliklerine sahip birçok apartman mevcuttur.

Can kaybı ve bina hasarları ile ilgili en uygun göstergeleri bulabilmek için birçok bağıntı irdelenmiş ve Şekil 8.2.2. ’de gösterilmiştir. Can kaybı parametresi için ölü sayısı ve ölü oranı kullanılmıştır. Bina hasarı parametresi için ağır hasarlı bina sayısı, ağır hasarlı bina oranı, ağır hasarlı bağımsız birim (hane) sayısı, orta-ağır hasarlı bina sayısı, orta-ağır hasarlı bina oranı, ve orta-ağır hasarlı hane sayısı kullanılmıştır. Bu şekil, can kaybı sayısıyla ağır hasarlı hane sayısı arasındaki bağıntıyı göstermektedir. (üst sağda Şekil 8.2.2) bina hasarı ile can kaybı arasındaki en uygun ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 8.2.2 Bina Hasarı ile Can Kaybı Arasındaki Birçok Bağntı

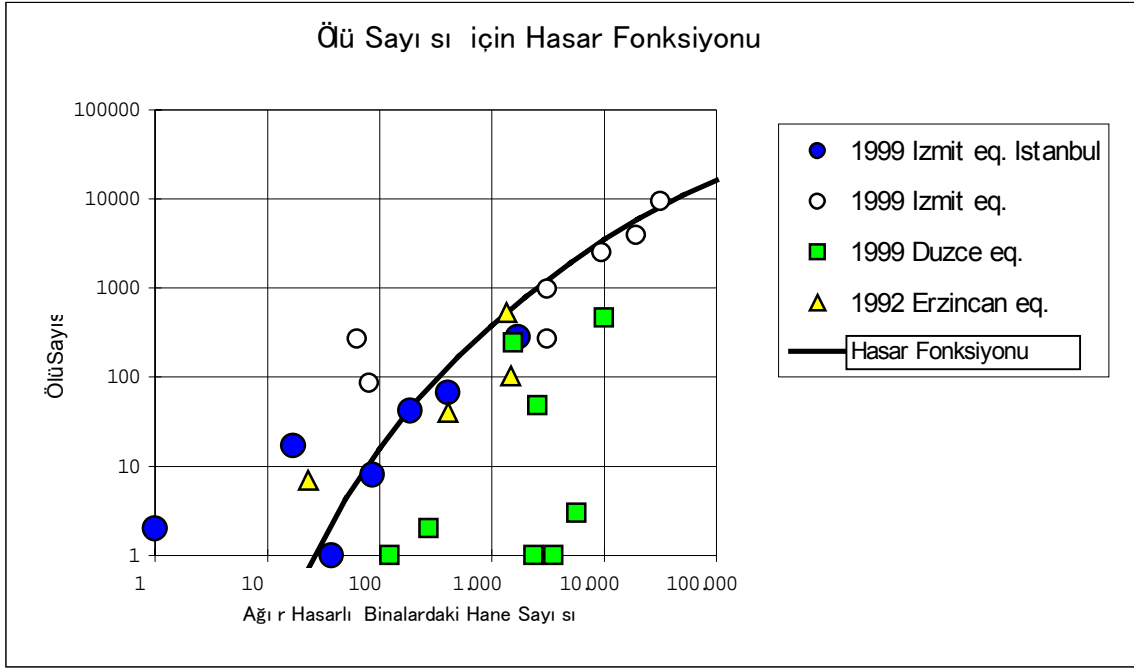
Tablo 8.2.1 İzmit Depreminde İstanbul'daki Bina Hasarı ve Can Kaybı (İlçe Bazında)

ilçe Kodu	Bina Sayısı	Ağır Hasarlı		Ağır+ Orta Hasarlı		Ağır Hasarlı Hane Sayısı	Ağır + Orta Hasarlı Hane Sayısı	Nüfus	ölü		Ağır Yaralı		Hafif Yaralı
		Sayı	%	Sayı	%				Sayı	%	Sayı	%	
1	6,522	0	0.000	0	0.000	0	0	17,738			0	0.000	0
2	14,030	126	0.898	614	4.376	1,706	8,679	231,799	281	0.121	630	0.272	0
3	19,690	5	0.025	62	0.315	48	1,131	469,844			0	0.000	40
4	10,067	15	0.149	49	0.487	92	396	206,459			14	0.007	450
5	36,059	83	0.230	339	0.940	404	2,890	557,588	67	0.012	85	0.015	
6	28,280	0	0.000	0	0.000	0	0	182,864			0	0.000	32
7	26,468	3	0.011	15	0.057	17	88	234,964	17	0.007	4	0.002	125
8	14,399	3	0.021	9	0.063	4	55	182,658			0	0.000	
9	3,348	9	0.269	118	3.524	37	971	34,737	1	0.003	163	0.469	
10	20,195	8	0.040	19	0.094	73	142	237,874			44	0.018	3
12	14,149	4	0.028	12	0.085	7	29	54,518			4	0.007	0
13	25,718	7	0.027	19	0.074	19	159	232,104			0	0.000	0
14	31,947	9	0.028	40	0.125	54	303	394,042			753	0.191	64
15	10,655	1	0.009	25	0.235	19	368	271,874			87	0.032	0
16	56,484	0	0.000	32	0.057	0	237	667,809			0	0.000	151
17	38,615	0	0.000	4	0.010	0	24	660,619			6	0.001	0
18	24,295	2	0.008	7	0.029	18	65	332,090			6	0.002	714
19	28,737	1	0.003	10	0.035	3	84	342,477			0	0.000	29
20	45,817	17	0.037	146	0.319	186	1,785	589,139	42	0.007	8	0.001	302
21	25,313	0	0.000	15	0.059	0	88	345,662			0	0.000	0
22	39,877	0	0.000	39	0.098	0	216	372,553			0	0.000	210
23	30,781	2	0.006	7	0.023	2	12	212,996			0	0.000	5
26	22,576	0	0.000	4	0.018	0	120	271,003			0	0.000	602
28	14,727	13	0.088	71	0.482	86	387	100,609	8	0.008	11	0.011	
29	43,473	2	0.005	18	0.041	12	60	443,358			6	0.001	0
30	43,021	1	0.002	15	0.035	1	78	496,402			0	0.000	1,380
32	15,573	1	0.006	12	0.077	60	143	239,927			1	0.000	0
902	22,700	0	0.000	11	0.048	0	95	388,003			11	0.003	0
903	2,573	5	0.194	10	0.389	34	80	15,624			2	0.013	3
904	8,534	1	0.012	20	0.234	1	70	44,432	2	0.005	3	0.007	125
Toplam	724,623	318	0.044	1,742	0.240	2,883	18,755	8,831,766	418	0.005	1,838	0.021	4,235

Kaynak: Afet Yönetim Merkezi, İstanbul Valiliği

Şekil 8.2.3 Türkiye’de ağır hasarlı hane sayısı ile can kaybı arasındaki ampirik bağıntı gösterilmektedir. Bu şekilde, 1992 Erzincan ve 1999 İzmit (İstanbul dahil ve hariç olarak) ve Düzce depremlerindeki hasarda işaretlenmiştir. Tüm veri Tablo 8.2.2’de gösterilmiştir. Düzce deprem verisi diğer depremlerden özellikle daha az hasar göstermektedir. Bunun

sebebi bu depremin İzmit depreminden sadece üç ay sonra meydana gelmiş olması ve birçok insanın hali hazırda evlerini boşaltmış olması, bundan dolayı da olay anında göçen birçok binanın boş olmasıdır. Şekil 8.2.3 'daki siyah çizgi, bu çalışmada can kayıplarını hesaplamak için kullanılmış olan hasar fonksiyonunu göstermektedir. Bu çizgi genelde İzmit depreminde meydana gelen hasar dikkate alınarak çizilmiştir. Uygun olarak hesaplanan hasar bir gece olayı olarak uygulanabilir, zira İzmit depremi 3 AM.'de meydana gelmiştir.



Şekil 8.2.3 Türkiye'de Bina Hasarı ve Can Kaybı Arasındaki Ampirik Bağlantı ve Hasar Fonksiyonu

Tablo 8.2.2 Türkiye’deki Depremlerdeki Bina hasarı ve Can Kayıpları

a) 1999 Düzce depremi

Alan		Ağır Hasarlı Hane Sayısı	Ölü Sayısı	Ağır Yaralı Sayısı
Bolu	Merkez	2,532	48	354
Düzce	Merkez	9,928	463	2,800
	Akçakoca	272	2	96
	Cumayerri	122	0	39
	Çilimli	119	0	0
	Gölyaka	123	1	68
	Gümüşova	54	0	34
	Kaynaşlı	1,537	244	544
	Yığılca	358	0	42
Eskişehir		10	0	0
Kocaeli		2,355	1	61
Sakarya		5,675	3	168
Yalova		3,511	1	25
Zonguldak		108	0	189

Kaynak : İnşaat Mühendisleri Odası ve İnşaat Mühendisliği Bölümü (2000)

b) 1999 Izmit depremi

Alan		Ağır Hasarlı Hane Sayısı	Ölü Sayısı
Bolu	Bolu	7	270
	Düzce	3,088	
Bursa	Bursa	63	268
Sakarya	Sakarya	19,043	3,891
Yalova	Yalova	9,462	2,504
Kocaeli	Kocaeli	19,315	9,477
	Gölcük	12,310	
Istanbul	Istanbul	3,073	981
Eskişehir	Eskişehir	80	86

Kaynak: Başbakanlık Kriz Yönetim Merkezi (2000)

c) 1992 Erzincan depremi

Alan		Ağır Hasarlı Hane Sayısı	Ölü Sayısı	Ağır Yaralı Sayısı
Erzincan	city	1,344	526	3,400
	village	1,469	104	
Uzumlu	city	23	7	
	village	406	40	

Kaynak: Japon Mimari Enstitüsü, Japon İnşaat Mühendisleri Cemiyeti ve Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye Ortak Araştırma Ekibi (1993);

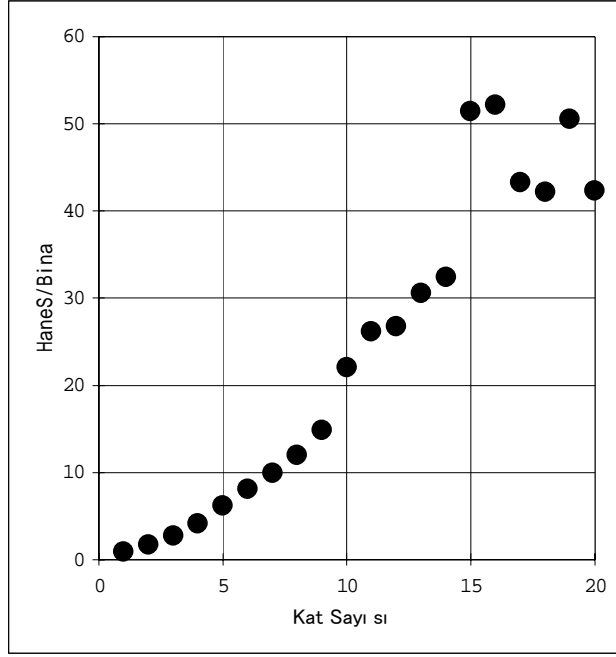
d) 1966 Varto depremi

Alan	Ağır Hasarlı Hane Sayısı	Ölü Sayısı	Ağır Yaralı Sayısı
Erzurum	161	0	181
Hınıs	7,008	123	181
Tekman	591	10	38
Çat	453	2	2
Bulanık	2,626	97	38
Varto	6,366	2,266	1,192
Karlıova	1,808	31	49

Kaynak: Wallace(1966)

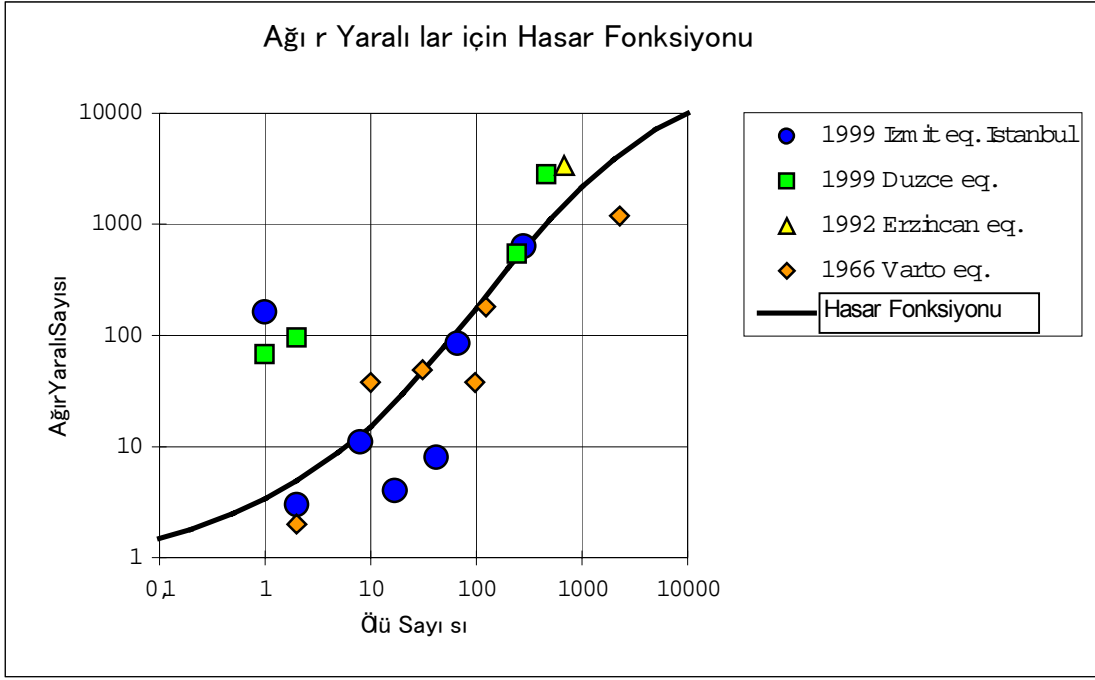
Şekil 8.2.3 ’deki hasar fonksiyonunu kullanarak can kayıplarını hesaplamak için, ağır hasarlı hane sayısı gereklidir. Bina hasarı bina sayısına uygun olarak hesaplanmıştır; bundan dolayı bir bina içerisindeki hane sayısı hesaplamının yapılabilmesi açısından gereklidir.

2000 Bina Sayımı bina başına hane sayısı bilgisini içermektedir. İstanbul’daki hane sayısı bina başına kat sayısı temel alınarak analiz edilmiştir ve Şekil 8.2.4’de gösterilmiştir. Bu bağıntı can kaybı analizinde kullanılmıştır.



Şekil 8.2.4 Kat Sayısına Bağlı Olarak Bir Binadaki Hane Sayısı

Ağır yaralı insan sayısını hesaplamak için ölü insan sayısı ile ağır yaralı insan sayısı arasındaki ampirik bağıntı adapte edilmiştir. (Bkz Şekil 8.2.5).. Bu şekil Tablo 8.2.1 ve Tablo 8.2.2. 'daki veriden oluşturulmuştur. Şekil 8.2.5 'deki siyah çizgi bu Çalışmada ağır yaralı sayısını hesaplamak için kullanılmış olan hasar fonksiyonunu göstermektedir. Bu çizgi daha çok İzmit depreminde İstanbul'da meydana gelmiş olan hasar dikkate alınarak oluşturulmuştur.



Şekil 8.2.5 Türkiye’de Ağır Yaralı ve Ölü Sayıları Arasındaki Ampirik Bağını ve Hasar Fonksiyonu