

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SONUÇ BAZLI RİSK YÖNETİMİ VE DEPREM KAYIP TAHMİNİ ANALİZİ

**DOKTORA TEZİ
Himmet KARAMAN**

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

EYLÜL 2008

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SONUÇ BAZLI RİSK YÖNETİMİ VE DEPREM KAYIP TAHMİNİ ANALİZİ

**DOKTORA TEZİ
Himmet KARAMAN
(501032604)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Eylül 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 06 Kasım 2008

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Muhammed ŞAHİN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ergin TARI (İTÜ)
Doç. Dr. Derin URAL (İTÜ)
Prof. Dr. Amr S. ELNASHAI (UIUC)
Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU (KTÜ)**

EYLÜL 2008

ÖNSÖZ

İlk olarak tez çalışmasının başından sonuna kadar bana yol gösteren ve daha ileriye bakıp daha iyiyi hedeflememi sağlayan danışmanım Prof. Dr. Muhammed Şahin'e en derin saygı sevgi ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmasını tamamlamak için gittiğim Amerika Birleşik Devletleri'nde ise danışmanım olan ve derin bilgilerini esirgemeyerek yepyeni bir disiplinde yolumu bulmamı sağlayan Prof. Dr. Amr S. Elnashai'nin yardımları için minnettarım. Çalışma süresi boyunca gerek Türkiye'de gerekse yurt dışındayken her türlü konuda yardım ellerini uzatan meslektaşlarım ve arkadaşlarım, Hakan Yavaşoğlu, H. Can Ünen ve M. Uğur Altın için her zaman en iyisini diliyorum.

Çalışma süresi boyunca her türlü yardımı bulduğum kuzenim Y. Doç. Dr. Bahadır Ergün ve tüm aileme bana karşı olan güven ve destekleri için teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, bana doktora tez süresi boyunca katlanan, her zaman yanımda olan ve sevgisini ve güvenini benden esirgemeyen biricik eşime minnettarım.

Aileme ve Anneme,

Bu tez çalışması TÜBİTAK 104Y254 Nolu proje ile desteklenmiştir.

Eylül 2008

Himmet Karaman
Jeodezi ve Fotogrametri
Yüksek Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Altyapısı ve Gereksinimi	1
1.2 Amaç ve Kapsam	3
1.3 Çalışma Bölgesi	4
2. AFET	5
2.1 Çalışma Bölgesinin Sismolojik Özellikleri	5
2.2 Azalım İlişkilerinin Araştırılması	8
2.2.1 Kalkan ve Gülkan (2002)	12
2.2.2 Kalkan ve Gülkan (2004)	12
2.2.3 Özbey ve diğerleri (2004)	12
2.2.4 Ulusay ve diğerleri (2004)	13
2.2.5 Boore ve diğerleri (1997)	13
2.2.6 Sadigh ve diğerleri (1997)	14
2.3 Yeni Nesil Azalım (Next Generation Attenuation) Modelleri	14
2.3.1 Boore ve Atkinson (2006)	14
2.3.2 Campbell ve Bozorgnia (2006)	17
2.3.3 Chiou ve Youngs (2006)	19
2.4 Sıvılaşma Potansiyeli	21
2.4.1 Sıvılaşma yatkınlığı	21
2.4.2 Sıvılaşma olasılığı	22
2.4.3 Zemin sınıfı verileri	27
2.5 İstanbul İçin Olası Deprem Senaryoları	28
2.5.1 JICA (2002) çalışması	28
2.5.2 KOERİ (2003) çalışması	30
2.5.3 Ana Marmara fayı (MMF) deprem odak mekanizması	30
2.6 Topografya ve Eğimin Deprem İvmesine Etkisi	31
2.7 AFPS, 1995 Fransız Sismik Yönetmeliği	34
2.8 Eurocode 8	35
2.9 Tez Çalışmasında Eurocode 8'in Uygulanması	37
3. ENVANTER	39
3.1 Pilot Bölge Zeytinburnu için Bina Envanteri Oluşturulması	41
3.2 İstanbul için Bina Envanteri Oluşturulması	43
3.3 Veri Sınıflandırma Sisteminin Oluşturulması ve Veri İşlemesi	46
3.4 Veri Erişiminin Sağlanması	49
3.5 Veri Formatı Standartları	53
3.5.1 ESRI shapefile	53

3.5.2	ESRI ArcGIS grid ASCII formatı	53
3.5.3	CSV (comma separated values)	53
3.5.4	Kırılgenlik dosyaları (XML veya CSV)	53
3.5.5	Eşleme dosyası formatı (XML)	53
3.6	Bina Envanteri Öznitelikleri	53
3.6.1	Par_Id – Parsel tanımı	54
3.6.2	Str_type – Genel yapı tipi	54
3.6.3	Year_built – Binanın yapım yılı	54
3.6.4	Occup_detail – Binanın detaylı ve özel kullanımı	55
3.6.5	Occ_type – HAZUS bina kullanım türü	55
3.6.6	Tot_appr – Yapı ve içeriğinin tahmin edilen toplam değeri	55
3.6.7	Bldg_val – Yapının tahmin edilen değeri	55
3.6.8	Cont_val – Bina içeriğinin tahmin edilen değeri	55
3.6.9	No_du – Bina içindeki konut sayısı	55
3.6.10	Sq_feet – Yapının taban alanı	55
3.6.11	Efacility – Binanın temel hizmet kullanım durumu	56
3.6.12	No_stories – Bina kat adedi	56
3.6.13	Str_type2 – HAZUS yapı tipi kategorisi	56
3.6.14	Occ_broad – Yapının genel kullanım sınıfı	57
3.7	Köprü ve Viyadük Envanteri Öznitelikleri	58
3.8	Gömülü Boru Hatları Envanteri Öznitelikleri	58
3.9	Yeraltı Suyu Derinliği Envanteri Öznitelikleri	59
3.10	Sıvılaşma Tehlikesi Envanteri Öznitelikleri	59
3.11	Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi Envanter Öznitelikleri	60
3.12	NEHRP'e göre Zemin Sınıfı Envanter Öznitelikleri	60
3.13	Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim Verisi Öznitelikleri	60
4.	TÜRKİYE İÇİN KIRILGANLIK EĞRİLERİ	61
4.1	Gözlemsel Hasar Verisi	62
4.2	Analitik Hasar Verisi	64
4.3	Daha Önceki Çalışmalarda Kullanılan Kırılgenlik Fonksiyonları	66
4.3.1	KOERI (2003) çalışması	66
4.3.2	JICA (2002) çalışması	68
4.4	Parametrik Kırılgenlik Metodu (PFM)	69
4.4.1	Kapasite Spektrum Metodu ile Karşılaştırmalı Kontrol	71
4.4.2	PFM veritabanı için kuvvetli yer hareketlerinin seçimi	74
5.	HASAR TAHMİNİ	80
5.1	Hasar Tahmininin Önemi	80
5.2	Hasar Tahmininin Bileşenleri	81
5.2.1	Deterministik (rastgele olmayan) GIS tabanlı hasar modellemesi	81
5.2.2	Olasılıksal (probabilistik) GIS tabanlı hasar modellemesi	81
5.3	İstanbul için Yapılan Hasar Tahmini Çalışmaları	82
5.3.1	JICA (2002) çalışması	82
5.3.2	KOERI (2003) çalışması	84
5.3.3	Küçükçoban (2004) tez çalışması	86
5.4	İstanbul için Gelişmiş bir Hasar Tahmin Metodolojisi	86
5.4.1	Senaryo deprem analizi	87
5.4.2	Bina hasar analizi	92
5.4.3	Veri seti özniteliği alanlarına göre hasar analizi	94
5.4.4	Ekonomik kayıp analizi	94
5.4.5	Tamir maliyeti analizi	95

5.4.6	Güçlendirme maliyet kestirim analizi	96
5.4.7	Güçlendirme fayda/maliyet oranı	97
5.4.8	Maliyet fayda analizi	97
5.4.9	Mali etki analizi	98
5.4.10	Karar destek analizi	98
5.4.11	Poligon olarak kümeleme	99
5.5	Sistem Tasarım Özellikleri	99
5.5.1	GeoTools v.2.2 – açık kaynak kodlu java GIS araçları	100
5.5.2	VTK v.5.0.3 – görselleştirme kütüphanesi	100
5.5.3	Jasper reports v.1.2.3 – rapor kütüphanesi	100
5.5.4	NCSA GIS uygulaması	101
6.	UYGULAMA	102
6.1	Senaryo Tanımlaması	102
6.2	Kullanılan Veriler	107
6.3	Analizler	110
6.3.1	Binalara dair analizler	110
6.3.2	Gömülü altyapı envanterine dair analizler	133
6.4	Analiz Sonuçları	136
6.4.1	Zeytinburnu’nda yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırmalar	138
6.4.2	İstanbul için hasar analizi sonuçları	141
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	147
	KAYNAKLAR	149
	EKLER	154
	ÖZGEÇMİŞ	235

KISALTMALAR

ADRS	: Acceleration-Displacement Response Spectra
AFPS	: Association Française du Génie Parasismique
AFR	: Advanced Fragility Relations
ARC	: American Red Cross
ASCII	: American Standard Code for Information Interchange
ATC	: Applied Technology Council
BEM	: Boundary Element Method
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CRM	: Consequence-Based Risk Management
CSM	: Capacity Spectrum Method
CSV	: Comma Separated Values
DEM	: Digital Elevation Model
DWN	: Discrete Wave Number
EC8	: Eurocode 8
ECA	: Equivalent Cost Analysis
ERD	: Earthquake Research Department of Turkey
FDM	: Finite Difference Method
FEM	: Finite Element Method
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GIS	: Geographic Information System
GPS	: Global Positioning System
HAZTURK	: Hazards Turkey
HAZUS	: Hazards U.S.
HRC	: Homogenized Reinforced Concrete
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
IBEM	: Indirect Boundary Element Method
İDMP	: İstanbul Deprem Master Planı
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
JICA	: Japan International Cooperation Agency
KOERI	: Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute
LPI	: Liquefaction Potential Index
MAE	: Mid-America Earthquake
MAEviz	: Mid-America Earthquake Visualization
MAUA	: Multi Attribute Utility Analysis
MDOF	: Multi Degree of Freedom
MIM	: Main Incident Management
MMF	: Main Marmara Fault
MSK	: Medvedev-Sponheuer-Karnik
Mw	: Moment Magnitude
NCSA	: National Center for Supercomputing Applications
NEHRP	: National Earthquake Hazard Reduction Program
NGA	: Next Generation Attenuation

OBSs	: Ocean Bottom Seismometers
OGC	: Open Geospatial Consortium
PEER	: Pacific Earthquake Engineering Research
PFM	: Parameterized Fragility Method
PGA	: Peak Ground Acceleration
PGV	: Peak Ground Velocity
PSA	: Pseudo-Spectral Acceleration
RCP	: Rich Client Platform
Sa	: Spectral Acceleration
Sd	: Spectral Displacement
SDOF	: Single Degree of Freedom
UIUC	: University of Illinois at Urbana-Champaign
TABİS	: Türkiye Afet Bilgi Sistemi
TAF	: Topographic Aggravation Factor
TIN	: Triangulated Irregular Network
Vs	: Shear Wave Velocity
VTK	: Visualization Toolkit
WGS84	: World Geodetic System 1984
XML	: Extensible Markup Language

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1:	Depremın Makroekonomik Zararları (Bibbee ve diğ., 2000)	2
Çizelge 2.1:	İstanbul için kullanılabilir azalım ilişkilerinin özellikleri	9
Çizelge 2.2:	Fay Mekanizmasına Göre Deprem Büyüklüğünün Ölçeklenmesi için Katsayılar	15
Çizelge 2.3:	Periyottan Bağımsız Yerel Büyütme Katsayıları	16
Çizelge 2.4:	Tortullu depositlerin sıvılaşma yatkınlığı (Youd ve Perkins, 1978) ..	24
Çizelge 2.5:	Haritada Sıvılaşmaya yatkınlık birim oranı.....	25
Çizelge 2.6:	Sıvılaşma yatkınlık sınıfları için koşullu olasılık ilişkileri.....	25
Çizelge 2.7:	JICA (2002) Çalışması'nda kullanılan NEHRP zemin sınıflandırması	27
Çizelge 2.8:	Cluster analizleri sonucu kompozit mikroderepm odak mekanizmaları (Sato et al, 2004).....	31
Çizelge 3.1:	JICA (2002) Çalışması Veri Katalogu	40
Çizelge 3.2:	Veri Sınıflandırma Sistemi	46
Çizelge 3.3:	Kullanılacak Veri Setleri için Örnek Öznitelik Modeli.....	48
Çizelge 3.4:	Bina Yapı Tipleri.....	54
Çizelge 3.5:	Kullanım türüne bağlı bina içerik değerleri tahmin hesabı oranları (HAZUS, 2004)	55
Çizelge 3.6:	Kritik Tesis Sınıflandırması (HAZUS, 2004)	56
Çizelge 3.7:	HAZUS Bina Yapı Türleri	57
Çizelge 3.8:	Bina Genel Kullanım Türleri.....	58
Çizelge 3.9:	Köprü ve Viyadük Verisi Öznitelik Detayları.....	58
Çizelge 3.10:	Gömülü Boru Hatları (Doğalgaz, Su, Kanalizasyon Hatları için) Verisi Öznitelik Detayları.....	59
Çizelge 3.11:	Sıvılaşma Tehlikesi Veri Öznitelik Detayları	60
Çizelge 4.1:	Rossetto and Elnashai (2002) tarafından düzenlenen veri kümesi.....	63
Çizelge 4.2:	Kırılganlık keşif metotlarının karşılaştırması (Elnashai, 2007)	66
Çizelge 4.3:	Hasar Tahmini için Bina Sınıflandırması (KOERI, 2003)	66
Çizelge 4.4:	Hasar Tahmini için Bina Sınıflandırması (JICA, 2002).....	68
Çizelge 4.5:	Parametrik Kırılganlık Metodunda Kullanılan Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları	76
Çizelge 4.6:	Türkiye Yürürlüğe Girmiş Deprem Yönetmelikleri.....	78
Çizelge 5.1:	Hasar Tahmini için Bina Verilerinin Sınıflandırılması (JICA, 2002).....	83
Çizelge 5.2:	Deprem Senaryoları için Kaynak Parametreleri (JICA, 2002).....	83
Çizelge 5.3:	Bina Hasar Tahmini Özeti (JICA, 2002).....	84
Çizelge 5.4:	Bina Hasar Tahmini Özeti (KOERI, 2003).....	85
Çizelge 5.5:	Bina Hasar Tahmini Özeti (Küçükçoban, 2004)	86
Çizelge 5.6:	Sistemde Kullanılan Mesafe Tanımları	87

Çizelge 5.7:	Kırılma Boyutu Regresyon Katsayıları (Wells ve Coppersmith, 1994).....	88
Çizelge 5.8:	Hasar Oranları Veri Seti (Steelman ve diğ., 2006).....	94
Çizelge 5.9:	Yapı Türlerine Göre Tamir Maliyetleri.....	95
Çizelge 5.10:	Yapı Türlerine Göre Güçlendirme Maliyetleri.....	96
Çizelge 6.1:	HAZTURK Programında İstanbul için kullanılabilen ön tanımlı azalım ilişkileri	103
Çizelge 6.2:	Senaryo ve Analizlerde Kullanılan Veri Setleri ve İlgili Veri Havuzları	108
Çizelge 6.3:	HAZTURK'te Kullanılabilen Temel ve Alt Analizler.....	111
Çizelge 6.4:	Kullanım Türü Hasar Çarpanları.....	120
Çizelge 6.5:	Gömülü Boru Hatları için Kırılma Eğrileri	133
Çizelge 6.6:	Eidinger (2001)'den Alınan Borular için K Katsayıları.....	134
Çizelge 6.7:	Çalışma Kapsamında Uygulanan Güçlendirmelerin Maliyet ve Faydaları	136
Çizelge 6.8:	Model A ve C için Zeytinburnu ve İstanbul Bina Hasar Sonuçları (JICA, 2002).....	138
Çizelge 6.9:	İstanbul Hasarlı Bina Sayıları (KOERI, 2003).....	138
Çizelge 6.10:	Zeytinburnu ve İstanbul için Ağır Hasarlı Bina Oranı (İDMP, 2003).....	139
Çizelge 6.11:	Zeytinburnu ve İstanbul için Hasarlı Bina Sayıları (Küçükçoban, 2004).....	139
Çizelge 6.12:	Zeytinburnu'nda ki Binaların Kestirilen Sismik Güvenlikleri (Yakut ve diğ., 2006).....	140
Çizelge 6.13:	Zeytinburnu İlçesi için HAZTURK Programı Bina Hasar Analizi Sonuçları.....	140
Çizelge 6.14:	İstanbul İli için HAZTURK Programı Bina Hasar Analizi Sonuçları.....	141
Çizelge 6.15:	İstanbul İli Bina Hasar Özeti Raporu Sayfa-1	142
Çizelge 6.16:	İstanbul İli Bina Hasar Özeti Raporu Sayfa-2.....	143
Çizelge 6.17:	Farklı Çalışmalar ve Azalım İlişkileri için Mw7.5 Deprem Senaryosu Sonuçları	145
Çizelge 6.18:	Mw7.5 ve Mw7.7 Olan Deprem Senaryolarının Sonuçlarının Karşılaştırması.....	145
Çizelge 6.19:	Farklı Çalışma ve Azalım İlişkilerinin Mw7.7 Deprem Senaryosuna Göre Karşılaştırması	146
Çizelge A.1:	Ortalama Yatay PGA ve %5 Sönümlenmeli PSA Azalım İlişkileri İçin Katsayılar.....	156
Çizelge A.2:	Ortalama Yatay PGA ve %5 Sönümlenmeli PSA Azalım İlişkileri İçin Katsayılar	157
Çizelge A.3:	Pseudo-İvme Tepki Spektrumu İçin Yumuşatılmış Katsayılar	158
Çizelge A.4:	Kaya Ortamı İçin Katsayılar ($M_w > 6.5$).....	159
Çizelge A.5:	Yatay PGA Azalım İlişkisi İçin Katsayılar	159
Çizelge A.6:	Periyoda Bağlı Yerel Büyütme Katsayıları (Boore ve Atkinson, 2006).....	160
Çizelge A.7:	Boore ve Atkinson, 2006 NGA Yer Hareketi Modeli İçin Katsayılar.....	161
Çizelge A.8:	Campbell ve Bozorgnia, 2006 NGA Yer Hareketi Modeli İçin Katsayılar.....	163

Çizelge A.9:	Chiou ve Youngs, 2006 NGA Ortalama Yatay Bileşen İçin Empirik Yer Hareketi Modelinin Katsayıları	164
Çizelge A.10:	4. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılabilirlik Eğrileri Parametreleri.....	168
Çizelge A.11:	3. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılabilirlik Eğrileri Parametreleri.....	169
Çizelge A.12:	2. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılabilirlik Eğrileri Parametreleri.....	170
Çizelge A.13:	1. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılabilirlik Eğrileri Parametreleri.....	171
Çizelge A.14:	Mevcut Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-1	172
Çizelge A.15:	Mevcut Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2	173
Çizelge A.16:	1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-1	174
Çizelge A.17:	1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2	175
Çizelge A.18:	2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-1	176
Çizelge A.19:	2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2	177
Çizelge A.20:	3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-1	178
Çizelge A.21:	3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2	179
Çizelge A.22:	Mevcut Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-1	180
Çizelge A.23:	Mevcut Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2	181
Çizelge A.24:	Mevcut Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3	182
Çizelge A.25:	1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-1.....	183
Çizelge A.26:	1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2.....	184
Çizelge A.27:	1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3.....	185
Çizelge A.28:	2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-1.....	186
Çizelge A.29:	2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2.....	187
Çizelge A.30:	2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3.....	188
Çizelge A.31:	3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-1.....	189
Çizelge A.32:	3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2.....	190
Çizelge A.33:	3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3.....	191

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1:	Marmara fay zone doğu kısmının batimetrik haritası (Le Pichon et al., 2001). Ana aktif faylar kalın siyah çizgiler ile gösterilmişlerdir.	6
Şekil 2.2:	500 yıllık kataloga göre Marmara Denzinde gerçekleşen sismik kaymalar (Parsons et al., 2000)	7
Şekil 2.3:	Marmara fayının 25m çözünürlüklü EM-300 Multibeam batimetri haritası (Armijo et al., 2002)	10
Şekil 2.4:	Marmara Denizi altındaki Kuzey Anadolu Fayının segmentleri (Armijo et al., 2002) ve $M_s > 6.6$ depremler (M.S. 1–1999) Ambraseys (2002) tarafından konumlandırıldıkları şekilde.....	11
Şekil 2.5:	Sıvılaşma Yatkınlık Sınıfları için koşullu sıvılaşma olasılığı ilişkileri (Liao, ve diğ., 1988)	25
Şekil 2.6:	Sıvılaşma Olasılığı eşitlikleri için moment büyüklüğü (M) düzeltme faktörü (Seed ve Idriss, 1982)	26
Şekil 2.7:	Sıvılaşma olasılığı eşitlikleri için yer altı suyu derinlik düzeltme faktörü (FEMA, 1999)	27
Şekil 2.8:	Model A (JICA, 2002)	28
Şekil 2.9:	Model B (JICA, 2002)	28
Şekil 2.10:	Model C (JICA, 2002)	29
Şekil 2.11:	Model D (JICA, 2002)	29
Şekil 2.12:	İstanbul için $M_w = 7.5$ Deprem Senaryosu (KOERI, 2002)	30
Şekil 2.13:	Üçgen Kamalar ile Sırt/Vadi Topografyasının Modellenmesi (Faccioli, 1991)	33
Şekil 2.14:	Fransız Sismik Yönetmeliğinde (AFPS 1990) topografik etkiler için geçerli şiddetlendirme etkisi	35
Şekil 2.15:	Topografik etkiler için European Seismic Code provisions (EC8-2000)	36
Şekil 2.16:	Tepe Yüksekliği ve Taban Yatay Uzunluğu	37
Şekil 3.1:	Zeytinburnu ilçesinin poligon bina verisi	42
Şekil 3.2:	Zeytinburnu ilçesinin nokta bina verisi	42
Şekil 3.3:	FEMA 154-Binaların En Olası Yapı Tipleri	45
Şekil 3.4:	FEMA 154-Binaların En Olası Yapı Tipleri	45
Şekil 3.5:	Veri Erişimi Modeli	50
Şekil 3.6:	Senaryo Yönetimi	51
Şekil 3.7:	Yazılımın Genel İşleyişi	52
Şekil 4.1:	Hasar Görebilirlik fonksiyonlarının genel gösterimi	61
Şekil 4.2:	Hasar veri kümesini oluşturan gözlemsel noktaların grafik görünümü	63
Şekil 4.3:	Hasar görebilirlik fonksiyonlarının analitik değerlendirilmesi için prosedür	65

Şekil 4.4:	8+ Katlı Betonarme Binalar için Deprem Şiddeti Tabanlı Kırılabilirlik Eğrileri (KOERI, 2003).....	67
Şekil 4.5:	8+ Katlı Betonarme Binalar için Spektral Yer Değiştirme Tabanlı Kırılabilirlik Eğrileri (KOERI, 2003)	67
Şekil 4.6:	1970 Sonrası Yapılmış İki Sınıf Bina için Kırılabilirlik Eğrileri (JICA, 2002)	69
Şekil 4.7:	Kırılabilirlik eğrilerinin üretiminde yürütülen prosedür (Jeong ve Elnashai, 2006).....	71
Şekil 4.8:	0.3g'de Maksimum Tepkinin Hesaplanması için Kapasite-Talep Diyagramları	73
Şekil 4.9:	Tepki sonuçlarının karşılaştırması (RD: Tepki Veritabanı)	73
Şekil 4.10:	Kuzey Anadolu ve San Andreas Faylarının Karşılaştırılması (Çelebi vd., 2000)	75
Şekil 4.11:	Perde Beton Binalar için PFM ile elde edilen PGA talebi için Kırılabilirlik Eğrileri	78
Şekil 5.1:	Kırılabilirlik Eğrilerinin Kullanımı	93
Şekil 5.2:	GIS Uygulama Şeması (Steelman ve diğ., 2006).....	101
Şekil 6.1:	Senaryo Penceresi ve Yeni Senaryo Oluşturulması	103
Şekil 6.2:	Senaryo için Gerekli Bilgilerin Girilmesi	104
Şekil 6.3:	Çalışma Bölgesinin Seçilmesi	104
Şekil 6.4:	Analiz Seçme ve Çalıştırma Penceresi	105
Şekil 6.5:	HAZTURK Programı Ana Çalışma Ortamı	106
Şekil 6.6:	HAZTURK Veri Kataloğu	107
Şekil 6.7:	HAZTURK Senaryo Penceresi	108
Şekil 6.8:	Eğim Haritası Oluşturmak için Gerekli Analiz	109
Şekil 6.9:	Eğim Haritası Oluşturulması	109
Şekil 6.10:	HAZTURK Temel Analiz Sınıfları	110
Şekil 6.11:	Deprem Senaryo Analizi Merkez Üssü Parametreleri	113
Şekil 6.12:	Kaynak Mekanizmasına İlişkin Parametreler.....	114
Şekil 6.13:	Afet Çıktısı (Talep) Seçimi	115
Şekil 6.14:	Boore ve Atkinson 2006 Azalım İlişkisi ile Zeytinburnu için Deprem Risk/Afet Haritası	115
Şekil 6.15:	Bina Hasar Analizi	116
Şekil 6.16:	Veri Seti Tabaka Biçimini Değiştirme	117
Şekil 6.17:	Tabaka Biçimindeki Değişiklikler ve Uygulanması	118
Şekil 6.18:	Rapor Seçim Görünümü	118
Şekil 6.19:	Zeytinburnu Bina Verisinin Belirlenen Deprem Senaryosuna Göre Hasar Durumu	119
Şekil 6.20:	Bina Hasar Özeti Raporu 1. Sayfa.....	121
Şekil 6.21:	Bina Hasar Özeti Raporu 2. Sayfa.....	122
Şekil 6.22:	Bina Ekonomik Kaybı Analizi	123
Şekil 6.23:	Bina Ekonomik Kayıp Özet Raporu 1. Sayfa.....	124
Şekil 6.24:	Bina Ekonomik Kayıp Özet Raporu 2. Sayfa.....	125
Şekil 6.25:	Bina Ekonomik Hasarının Öznitelik Tablosunda Gösterimi.....	126
Şekil 6.26:	Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini Analizi.....	127
Şekil 6.27:	Özniteliğe Göre Bina Hasar Analizi.....	128
Şekil 6.28:	Özniteliğe Göre Bina Hasar Analizinde Güçlendirme Seçenekleri	129
Şekil 6.29:	Hasarlı Bina Veri Setine Göre Bina Hasar Özeti Raporunun Hazırlanması	129
Şekil 6.30:	Bina Fayda Maliyet Analizi Penceresi	130

Şekil 6.31:	Veri Setlerinde Kullanılacak ve Oluşturulacak Özniteliklerin Seçimi.	131
Şekil 6.32:	Bina Tamir Maliyeti Analizi	132
Şekil 6.33:	Mali Etki Analizi	132
Şekil 6.34:	Zeytinburnu Doğalgaz Boru Hattı Hasarları	135
Şekil 6.35:	1. Seviye Güçlendirme Maliyeti	136
Şekil 6.36:	2. Seviye Güçlendirme Maliyeti	137
Şekil 6.37:	3. Seviye Güçlendirme Maliyeti	137
Şekil 6.38:	İstanbul İli Deprem Senaryosu Bina Hasarı Dağılımı	144
Şekil B.1:	Kalkan & Gülkan (2002) Azalım İlişkisinde Elde Edilen PGA Değerleri	193
Şekil B.2:	Kalkan & Gülkan (2004) Azalım İlişkisinde Elde Edilen PGA Değerleri	194
Şekil B.3:	Özbey ve diğ. (2004) Azalım İlişkisinde Elde Edilen PGA Değerleri	195
Şekil B.4:	Ulusay ve diğ. (2004) Azalım İlişkisinde Elde Edilen PGA Değerleri	196
Şekil B.5:	Boore ve diğ., 1997 İlişkisinin Geniş Yatay Bileşen İçin Verdiği PGA Değerleri	197
Şekil B.6:	Boore ve diğ., 1997 İlişkisinin Geometrik Orta İçin Verdiği PGA Değerleri	198
Şekil B.7:	Kaya Zemin İçin PGA Değerleri (Sadıgh ve diğ., 1997)	199
Şekil B.8:	Derin Zemin İçin PGA Değerleri (Sadıgh ve diğ., 1997)	200
Şekil B.9:	Boore ve Atkinson, 2006 Azalım İlişkisinin Verdiği PGA Değerleri ..	201
Şekil B.10:	Campbell ve Bozorgnia, 2006 Azalım İlişkisinin Verdiği PGA Değerleri	202
Şekil B.11:	Chiou ve Youngs, 2006 Azalım İlişkisinin Verdiği PGA Değerleri	203
Şekil B.12:	JICA (2002) Çalışması'nda Oluşturulmuş Sıvılaşma Potansiyeli Haritası	204
Şekil B.13:	JICA (2002) Çalışması'nda Oluşturulmuş Zemin Sınıflandırma Haritası	205
Şekil B.14:	İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden Temin Edilen MTA Haritasından Üretilmiş İstanbul Zemin Sınıfı Haritası	206
Şekil B.15:	İstanbul'a Ait TIN Veri Seti	207
Şekil B.16:	İstanbul'a Ait ASCII Raster Formatında Oluşturulmuş Eğim Haritası .	208
Şekil B.17:	Türk Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı	209
Şekil B.18:	Batı Amerikan Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı	210
Şekil B.19:	Türk Kuvvetli Yer Hareketlerinin Zemin Tipi-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı	211
Şekil B.20:	Batı Amerikan Kuvvetli Yer Hareketlerinin Zemin Tipi-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı	212
Şekil B.21:	Türk Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Zemin Tipi Dağılımı	213
Şekil B.22:	Batı Amerikan Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Zemin Tipi Dağılımı	214
Şekil B.23:	İstanbul Bina Konum ve Kat Adetleri Verisi (JICA, 2002)	215
Şekil B.24:	İstanbul Bina Yapı Tipleri Verisi (KOERI, 2002)	216
Şekil B.25:	KOERI (2002) Veri Özniteliklerine Göre Yeniden Sınıflandırılan JICA (2002) Verisi	217

Şekil B.26: İstanbul için Mahalle Bazlı Bina Yapı Tipi Oranları (JICA, 2002)	218
Şekil B.27: Çalışma için Üretilen Noktasal İstanbul Bina Verisi.....	219
Şekil B.28: WGS84 Datumunda ve Coğrafi Koordinat Sisteminde Tanımlanmış ASCII Formatındaki Azalım İlişkisi Verisi	220
Şekil B.29: ASCII Raster Formatındaki JICA Eşyükselti Eğrilerinden Elde Edilen Sayısal Arazi Modeli	221

SONUÇ BAZLI RİSK YÖNETİMİ VE DEPREM KAYIP TAHMİNİ ANALİZİ

ÖZET

Bilgisayar tabanlı sismik risk ve kayıp analizi sistemlerine duyulan ilgi ve ihtiyaç, deprem mühendisliği alanında giderek artan oranda yeni araştırmaların gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu tür sistemler, afet müdahale planlaması ve risk azaltıcı politikalarının belirlenmesi gibi önemli amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, sistemlerin doğruluk ve güvenilirlikleri, zarar azaltma planlarının başarısı için temel oluşturmaktadır. Sismik risk ve kayıp analizinin içeriğinde afetin büyüklüğü, hasar görebilirlik, kırılabilirlik (hassasiyet), envanter (değer) ve entegre görselleştirme (kayıplar) bulunmaktadır. İstanbul’da olması beklenen depremin bina, ulaşım, altyapı hatlarındaki etkilerinin bu tür bir sistemle belirlenmesi afet öncesi yapılacak hazırlıklar için zorunluluktur. İstanbul’da gerçekleşmesi beklenen depremin, gerek insan hayatı, gerekse ülke ekonomisi bakımından kaçınılmaz ve geri dönülemez sonuçlar doğuracağı açıktır. Bu nedenle, en olası afete, en iyi şekilde hazırlanmak için afetin hangi bölgeleri, hangi tipteki yapıları en çok etkileyeceği ve bu afetin nasıl bir ekonomik bilanço çıkaracağını afet olmadan önce tahmin etmek gerekmektedir. Böyle bir tahmin öncelikle olası deprem için hazırlıklı olma, deprem nedeniyle meydana gelebilecek zararları azaltma, deprem sonrası erken, planlı ve bilinçli müdahale ile hızlı ve ekonomik iyileştirme safhalarının oluşturulmasında yardımcı olacaktır. Önerilen mekanizma dünya üzerinde deprem için sıklıkla kullanılmakta ve tatmin edici sonuçlar vermektedir. Hasar tahmini için en önemli bileşen, ilgili bölgedeki tüm olası senaryoları gerçekleştirebilecek ve bu senaryoların ilgili bölge yapıları üzerindeki etkilerinin görülmesini sağlayacak ve bu etkilerin azaltılması için gerekli güçlendirmeleri önerecek bir yazılımlar bütünüdür.

Bu çalışma, Amerika’da FEMA ve NSF tarafından desteklenen çok amaçlı afet risk değerlendirme araçlarından biri olan MAEviz sistemini temel almıştır. Çalışmada yine FEMA tarafından hazırlatılan HAZUS (Hazards US) programından yöntemler de kullanılmıştır. Türkiye için geliştirilen yeni program, risk değerlendirmenin tüm yönlerini ele almakta ve bu amaçla analizler yapmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında yapılan uygulamada pilot bölge olarak Zeytinburnu ilçesi seçilmiş ardından tüm İstanbul ili için mevcut bina verileri kullanılarak uygulanmıştır. HAZUS ve MAEviz Amerika’da ulusal düzeyde kullanılan bir programlardır ve doğal afetlerin insan yaşamına uzun dönem sosyal ve ekonomik etkilerini azaltmada etkin bir rol oynamaktadırlar. Çalışma kapsamında geliştirilen HAZTURK’de bu sistemler gibi depremin toplum üzerindeki fiziksel, sosyal ve ekonomik sonuçlarını tahmin ve analiz eder.

Tahmin yazılımlarında sonuçların göstereceği doğruluk kullanılan verilerin detay ve doğruluğu ile doğrudan ilişkili olduğu için bu tür bir sistemde kullanılacak verilerin de oldukça detaylı ve güncel olması gerekmektedir. Çalışmada belirlenmesi öngörülen hasar ve kayıplar, bina ve altyapı ana başlıkları altında sıralanabilir.

Geliştirilen HAZTURK programının, tehlike karakterizasyonu ve kayıp azaltma kapasitesinin yanında, doğal tehlike risk yönetiminde, program geliştirmede, Türkiye’nin mevcut altyapısının sismik tehlikelere karşı dayanıklılığının geliştirilmesinde, insanlar için daha güvenli ve daha istikrarlı ekonomi oluşturmada

yardımcı olması amaçlanmaktadır. Risk azaltma projeleri için risk yönetimi araçlarının geliştirilmesi kaçınılmazdır. Özellikle sismik afetlerin ekonomilerin geriye gitmesinde önemli rol oynadığı durumlarda, böyle bir risk yönetimi sisteminin kullanılması çok önemlidir.

Çalışmanın amacı, İstanbul için deprem nedeniyle olası mevcut ve güncellenen riskleri ortaya koymak ve karar vericilere riski ortadan kaldırmak ya da azaltmak için geliştirecekleri zarar azaltma stratejilerinde yardımcı olabilecek güncellenen veri ve yöntemlere göre kendini yenileyebilen yani yaşayan bir sistem geliştirmektir.

Çalışmada ilk olarak İstanbul gibi bina verisi yönünden kısıtlı ve eski bir envantere sahip bir bölge için güncel ve güvenilir bir doğruluğa sahip bir veri seti oluşturmak ve oluşturulan ve toplanan veri setlerinin kullanılarak İstanbul bina ve altyapı envanteri için bir hasar ve kayıp tahmini geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla Zeytinburnu ilçesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Oluşturulan envanterin hasar görülebilirlikleri (kırılgenlik) saha çalışmaları ile parametrik kırılgenlik metodu kullanılarak belirlenmiş ve HAZTURK olarak oluşturulan hasar ve kayıp tahmin yazılımı kullanılarak tüm bina ve altyapı verilerine ait olası deprem sonrası yapısal, ekonomik ve yaralı ve ölü oranı, iş kaybı, vergi kaybı gibi sosyal hasar ve kayıpları belirlenmiştir. Bu sistemin en önemli özelliği tek bir senaryoya bağlı olmaması ve Türkiye için özel olarak geliştirilip, Türkçe olarak üretilmiş olmasıdır. HAZTURK programı, Türk kullanıcılarının ve araştırmacıların ihtiyaçlarına yanıt verecek şekilde geliştirilmiş ve kullanıcı dostu bir sistem olarak tasarlanmıştır.

CONSEQUENCE-BASED RISK MANAGEMENT AND EARTHQUAKE LOSS ESTIMATION ANALYSIS

SUMMARY

The increasing interest in computer-based seismic risk and loss assessment systems imposes new research requirements on the earthquake engineering community. Such systems are being used for the important purposes of disaster response planning and formulating risk reduction policies. Their accuracy and reliability are therefore fundamental to the success of these mitigation measures. The ingredients of seismic loss assessment are hazard (exposure), vulnerability or fragility (sensitivity), inventory (value) and integrated visualization (losses). Assessment of the effects of such an earthquake in Istanbul to the buildings, substructures and transportation networks will help excessively in the preparation before the disaster. It is obvious that, the expected earthquake for the Istanbul will cause inescapable and irreversible consequences for human life and economy of the country. That is why, it should be estimated that which regions will be affected more, which structures will have more damage, and what will be the economic losses after the disaster, to be prepared as good as possible to the expected earthquake. This kind of estimation will help on preparedness for the earthquake, mitigation, early and rapid response after the disaster, and recovery phases of the disaster management progress. This estimation methodology is being used on all over the world and giving very convincing results on earthquake cases. The most important component for the loss estimation is a kind of software that can realize all possible earthquake scenarios for the region of interest and provide the results of the affects of those scenarios on the region and offer reinforcements to mitigate the consequences of the disaster.

This study is based on MAEViz, a multipurpose risk assessment tool recognized by FEMA and supported by NSF in the United States and HAZUS, FEMA's multi-hazard risk assessment tool. This new tool for Turkey comprehensively addresses all aspects of risk assessment and provides "out of the box" analysis. In this study, Zeytinburnu district was chosen as the pilot region and following the development of the system, applied for Istanbul. MAEViz and HAZUS are used throughout the United States and combine personal computing, powerful modeling software, sophisticated engineering, building, and infrastructure data to help save lives and property while reducing the long term economic and social effects of natural disasters. HAZTURK supports integrating the physical, social, and economic consequences of natural disasters into public policy and decision-making like the U.S. tools.

In the loss assessment process the accuracy of the estimation is directly connected to the accuracy and the correctness of the inventory. That is why, the inventory for such an assessment study must be accurate and current. For this study, the damage and losses to be assessed can be listed for the buildings and substructures as the main topics.

HAZTURK, through capabilities such as hazard characterization and loss reduction and strategy assessment, aims to help integrate natural hazard risk management into project planning, assistance programs and existing infrastructure maintenance to

improve Turkey's resistance to seismic hazards and create more secure communities and a more stable economy. Risk management tools are essential for developing risk reduction projects as part of an effective overall hazard risk management strategy. This is especially critical where seismic disasters are a cause of major economic setbacks.

The goal of this thesis is to introduce the current and updating risks because of the earthquake possibility in Istanbul and help the decision makers by developing a living system which, can be updated as the inventory of the region of interest and the methodology for the loss assessment updates itself. By this way it can help the decision makers on eliminating or reducing the risks.

The first step of the study was to establish an up-to-date and accurate dataset for a region like Istanbul having an outdated and limited data on buildings and perform a loss estimation over the established inventory. That is why the Zeytinburnu district was chosen as the pilot study region. The fragilities of this inventory were determined by field surveying and the parametrized fragility method. Loss estimation on the building and utility network data were made using HAZTURK, the developed loss estimation software to determine the post-earthquake structural damage, economic losses, casualties and the social impacts like loss of work power or tax income. The most important aspect of the software is to enable all possible earthquake scenarios to be analyzed to have tool and menu commands in Turkish. HAZTURK is specifically designed to meet the needs of practitioners and researchers in Turkey with a user-friendly system.

1. GİRİŞ

Bilgisayar tabanlı sismik risk ve kayıp analizi sistemlerine duyulan ilgi ve ihtiyaç, deprem mühendisliği alanında giderek artan oranda yeni araştırmaların gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu tür sistemler, afet müdahale planlaması ve risk azaltıcı politikalarının belirlenmesi gibi önemli amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, sistemlerin doğruluk ve güvenilirlikleri, zarar azaltma planlarının başarısı için temel oluşturmaktadır. Sismik risk ve kayıp analizinin içeriğinde afetin büyüklüğü, hasar görebilirlik, kırılabilirlik (hassasiyet), envanter (değer) ve entegre görselleştirme (kayıplar) bulunmaktadır. Afet, yer hareket parametresi veya spektral tepki değerleriyle tanımlanmaktadır. Kırılabilirlik ise bir envanter biriminin hasar sınırına ulaşması veya aşmasının koşullu olasılığı olarak tanımlanmıştır. Envanter, kayıp tahmini sonuçlarını kullanacak olan karar mercilerine, ilgi unsurun bileşenlerinin konum ve karakteristik bilgilerini sunar. Entegre görselleştirme ise hesaplanan hasarı kayıp değerine çeviren fonksiyonların da kullanımıyla, afet, kırılabilirlik ve envanterin fiziksel ve ekonomik kayıpların belirlenmesinde kullanımında bu bileşenleri bağlayan bir iskelet işlevi görür.

1.1 Çalışma Altyapısı ve Gereksinimi

Türkiye, dünyada deprem riskinin en yüksek olduğu ülkelerden biridir. Ne yazık ki, 1999'da meydana gelen iki büyük depremden önce bu konuda hiçbir önlem alınmamıştır. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremleri sırasıyla Kocaeli ve Düzce'de meydana gelmiş ve resmi olarak 20.000'den fazla ölüm ve 110.000'den fazla binanın yıkılmasına neden olmuştur. Türkiye ekonomisinin %34'ten fazlası 1999 depreminden etkilenen yedi şehir üzerinden sağlanmaktaydı. Bibbee ve diğ. (2000)'e göre, 1999 depremlerinin toplam ekonomik kaybı 9 ila 13 milyar Amerikan Doları civarındaydı (Çizelge 1.1). 1999 depremleri ülke yıllık büyümesinin %6,4 azalmasına neden oldu. Bu oran Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşundan beri görmüş olduğu en düşük değerdir.

Çizelge 1.1 Depremin Makroekonomik Zararları (Bibbee ve diğ., 2000)

Kaynak	TÜSIAD	SPO	World Bank
	Milyar US \$		
Doğrudan maliyet	10	6,6 to 10,6	3,1 to 6,5
Konut	4	3,5 to 5	1,1 to 3
Şirketler	4,5	2,5 to 4,5	1,1 to 2,6
Altyapı	1,5	0,5 to 1	0,9
Dolaylı maliyet	2,8	2 to 2,5	1,8 to 2,6
Ek kayıplar	2	2 to 2,5	1,2 to 2
Acil durum rahatlatma harcamaları	0,8	...	0,6
Toplam hasar maliyeti (yuvarlanmış)	13	9 to 13	5 to 9
İkincil etkiler			
Cari hesap kayıpları	2	...	3
Mali kayıplar	2	5,9	3,6 to 4,6
İş kaybı (bölgedeki iş gücü yüzdesi)	...	...	20 to 50%

Gerçekleşen depremlerin zararı ve beklenen büyük İstanbul depreminin olası hasarı, zarar azaltma ve hazırlıklı olma konularında çeşitli çalışmaların da önünü açtı. Bu konudaki ilk çalışma Pacifik Consultants International ve OYO Corporation adlı kurumların JICA adıyla katıldığı ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile birlikte yürüttükleri “Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması” adlı çalışmadır. İstanbul için yapılan diğer büyük kapsamlı çalışma ise Amerikan Kızılay (ARC) ve Türk Kızılay’ının işbirliği ile desteklenen ve Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Gözlemevi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI) Deprem Mühendisliği Bölümü tarafından yürütülen, “İstanbul Metropolitan Bölgesi için Deprem Risk Değerlendirmesi” adlı çalışmadır.

Her iki çalışmada beklenen İstanbul depremi ile ilgili çok önemli veri ve bilgi kaynakları üretmiş ve daha sonra yapılabilecek çalışmalar için öncü olmuşlardır. Buna rağmen, yapılan iki çalışma da İstanbul’daki deprem riskini çalışmaların yapıldığı yıllardaki risk olarak belirlemiş fakat her geçen yıl büyük bir hızla büyüyen İstanbul gibi bir metropolün gelişim hızına ayak uydurabilecek esnekliğe sahip olamamıştır. Bu durum, bahsedilen çalışmalarla belirlenen risklerin ve kayıpların artık güncelliğini yitirmiş olduğu ve bu gibi büyük kapsamlı çalışmaların yeni baştan yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Gerçekleştirilen tez çalışması bu gibi durumlarda, gerek değişen çalışma bölgesi ve envanterin değişiminden etkilenmeden gereken zamanda aynı çalışmaların tekrarlanabilmesi, gerekse yeni gelişen araştırma ve inceleme yöntemlerine bağlı değerlendirme ve analiz sonuçlarında meydana gelebilecek farklılıkların

belirlenebilmesi için yeni yöntemlerin çalışmaya kolayca eklenebilmesi açısından bir avantaj sağlamaktadır.

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu doktora çalışmasının amacı, İstanbul için sismik kayıp analizi yapabilecek bir yazılım geliştirmektir. Dünyadaki önde gelen sismik kayıp analizi yazılımları sadece geliştirildikleri ülkelerde kullanılabilecek şekilde üretilmiş ve sınırlandırılmıştır. Bu tür yazılımları başka ülkelerde de kullanabilmek için büyük değişimlere gitmek gerekmektedir. HAZUS örneğinden yola çıkılacak olursa, Türkiye’de HAZUS yazılımını kullanmak için öncelikle, Türkiye’ye özgü verileri HAZUS’ta tanımlı ve zorunlu olan projeksiyon ve datuma dönüştürmek gerekmektedir. Bu dönüşüm sadece verileri Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D.) sınırları içerisinde gösterebilmek içindir. Bundan sonra ise kuvvetli yer hareketi kayıtları, idari sınır ve yönetim birimleri, kırılmalıklar ve envanter formatlarındaki farklılıkları gidererek tamamını A.B.D. standartlarına çevirmek gerekmektedir. Tüm bu dönüşümlerin ardından elde edilecek kayıp tahminlerindeki belirsizlik oranı artmış olacak ve sonuçlar ise Türkiye için anlam ifade edemeyecek birimlerde derlenebilecektir. Buna bağlı olarak tahmin doğrulukları da istenilen hassasiyette olamayabilecektir.

Hata ve eksiklikler çeşitli nedenlerle oluşabilir. Ancak bunlardan en belirginini farklı ülkelerde kullanılan coğrafi sistemlerin ve buna bağlı olarak kullanılan datum farklılıklarından meydana gelir. Bu farklılıklar uzunluk, alan ve açı hesaplamalarında büyük hatalara neden olabilir. Deprem hasar tahmini gibi uzaklığın büyük önem taşıdığı çalışmalarda bu gibi bilinen olası hata kaynaklarının elimine edilmesi gerekmektedir. Deprem çalışmaları bölgesini hangi şiddette vuracağını tahmini için kullanılan azalım ilişkilerinde, deprem merkez üssünden çalışma bölgesine olan uzaklıkların, ilgili bölgedeki deprem ivmesinin hesaplanmasında, depremin büyüklüğü, çalışma bölgesindeki zemin türü kadar önemi vardır. Ek olarak, bu faktörlerin etkilerinin şiddetinin belirlenmesi içinde uzaklık faktörü kullanılır. Uzaklığın hesaplanmasında meydana gelebilecek olan hata deprem ivme değerlerinde de büyük hatalara neden olur. Bu tür hatalar deprem hasar tahmini ve zarar azaltma aşamalarında da büyük farklılıklara neden olur. Tez çalışması kapsamında hazırlanan yazılımda coğrafi farklılıklar sonucu oluşabilecek hatalar ortadan kaldırılmış, idari ve ölçme birimleri Türkiye’ye uyarlanmış, İstanbul’a özgü

azalım ilişkileri kullanılmış ve bina kırılganlık eğrileri İstanbul'a özgü kuvvetli yer hareketleri temel alınarak geliştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan yöntem Mid-America Earthquake (MAE) Center tarafından geliştirilen Sonuç Bazlı Risk Yönetimi (CRM – Consequence Based Risk Management) modelidir.

Tez çalışması afet, envanter ve kırılganlık olmak üzere üç ana konuya ayrılmış ve bu konulardan elde edilen sonuçlara göre deprem kayıp analizi çalışması hazırlanmıştır.

1.3 Çalışma Bölgesi

Kayıp tahmin sonuçları girdilere bağlı olduğundan, sonuçlarda maksimum güvenilirliğe ulaşabilmek için girdilerin de mümkün olan en yüksek kalitede olmaları gerekmektedir. Çalışma esnasında İstanbul'da en yüksek kalitedeki mevcut veri Zeytinburnu ilçesi verileridir. Çalışmanın amacı doğrultusunda, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen verilerle Zeytinburnu ilçesindeki binalar için kayıp analizi yapılmıştır. Bina özniteliklerindeki doğruluk da göz önüne alındığında bu seçim, binalar için kayıp analizinde en iyi sonuçları sunmaktadır. Ön çalışma bölgesinde yazılımın ve analizlerin test edilmesinin ardından geliştirilen yazılım, tüm İstanbul için de 2002 yılında Japan International Cooperation Agency (JICA) tarafından toplanan verilere göre tekrarlanmıştır.

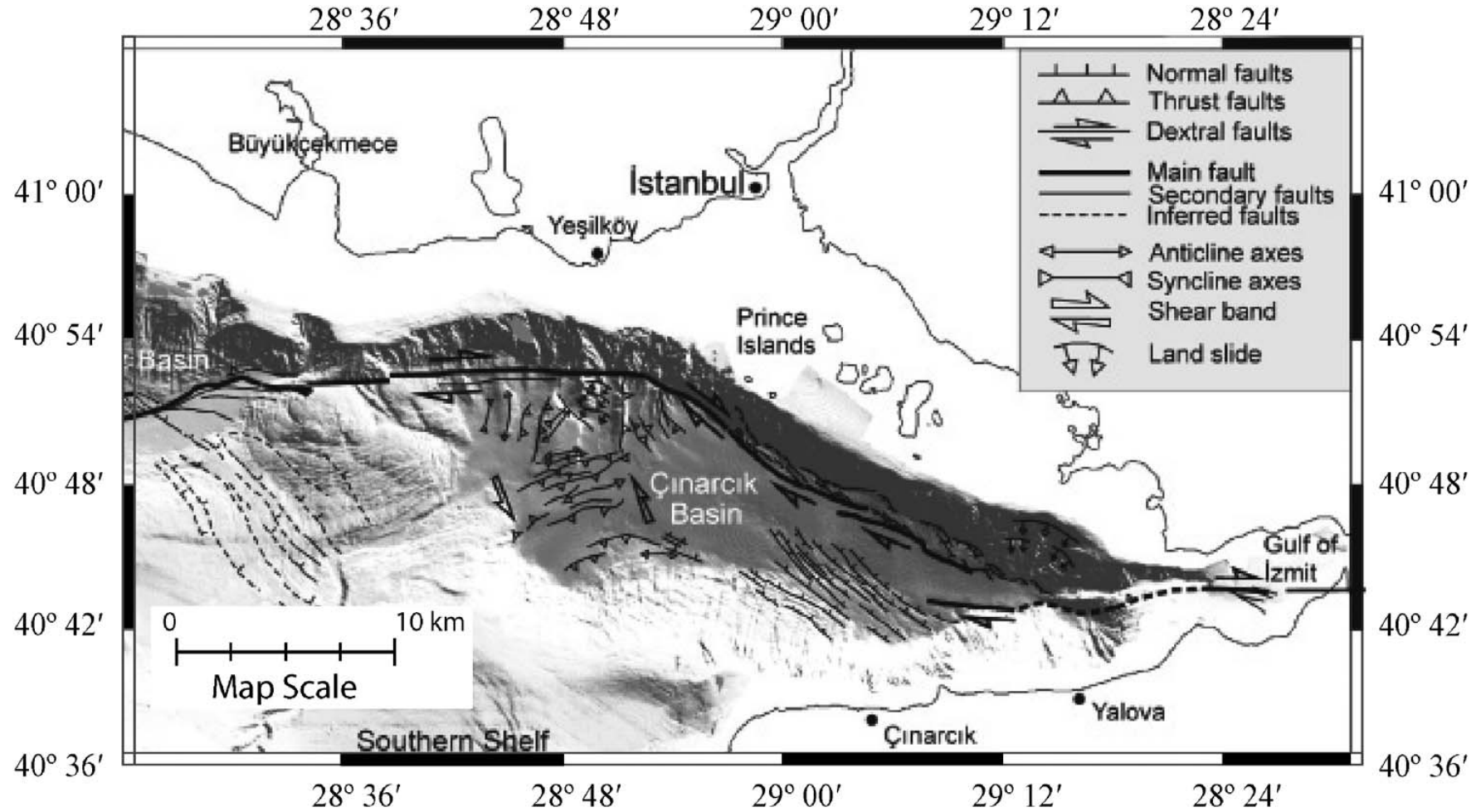
2. AFET

Depremler tüm dünyada, yılda ortalama 10.000 insanın ölümüne ve milyarlarca dolarlık kayıplara neden olmaktadır. Yapılan çalışmada afet konu başlığı deprem tehlikesinin belirlenmesi ve bu tehlikenin çalışma bölgesindeki şiddetinin tahminini kapsamaktadır. Bu nedenle olması beklenen depreme ilişkin mevcut veriler ve çalışmalar incelenmiş ve çalışma bölgesine uyarlanmıştır.

2.1 Çalışma Bölgesinin Sismolojik Özellikleri

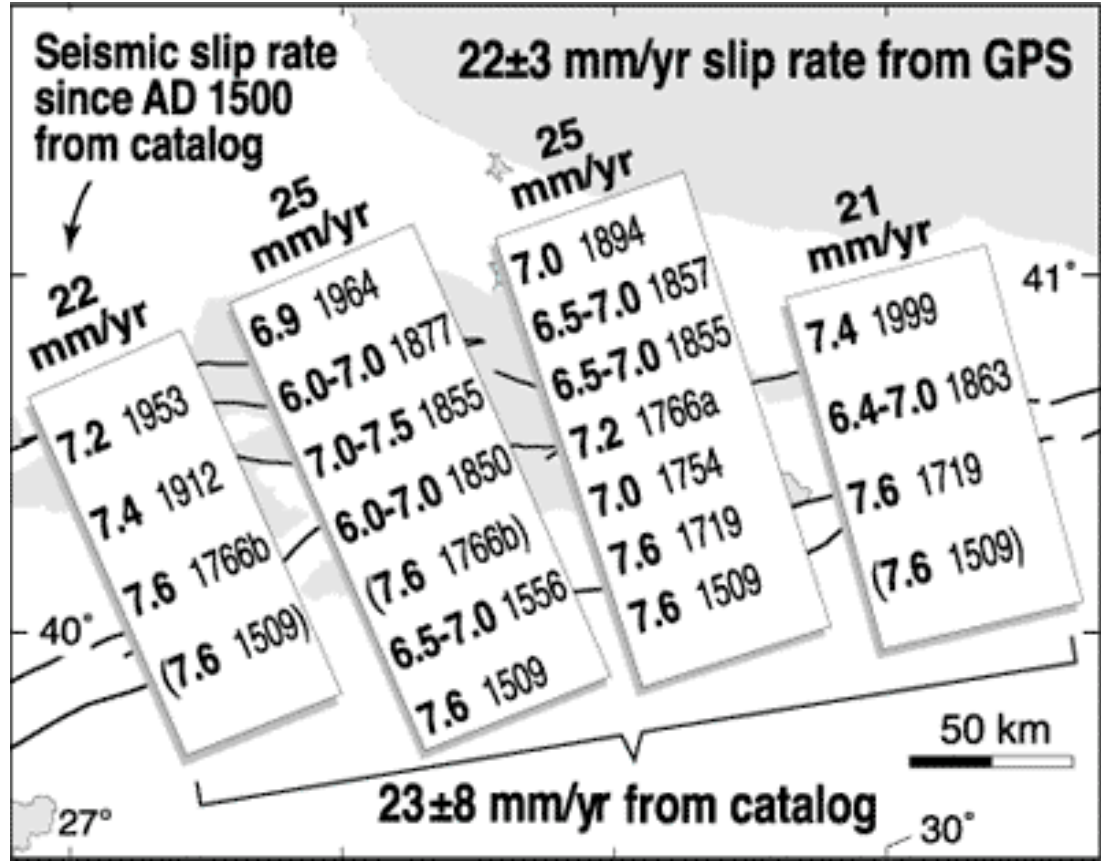
Beklenen İstanbul depreminin gerçekleşeceği öngörülen ve Şekil 2.1’de görünen Marmara fayının özellikleri hakkında birçok araştırma yapılmış ve fayın sismolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Marmara Çukurunun doğu çeyreklik bölümünde, fay zonu (PDZ) havzanın kuzey kenarını takip eder. Hâlbuki Tekirdağ havzasında ise güney kenar kıyısından gider. Fay zonunun doğu çeyreklik bölümü, sağ yanal atımlı fay zonunun iki ardışık keskin eğimine ait olan Çınarcık havzasından ve bitişik Merkez Yükseltiden boydan boya dağıtılan yer değiştirmenin küçük bir bileşenine sahiptir. Ana Marmara Fayının yer değiştirmeye maruz olan fay zonu 2×10^5 yıl önce, baskın kuzey-kuzeydoğu - güney-güneydoğu uzantısı tarafından oluşturulan eski havza yapısı boyunca kesilen Kuzey Anadolu Fayı Pliocene’deki ana hareketini tamamlamadan önce meydana gelmiştir. Mevcut kuzey-güney’den kuzey-kuzeydoğu - güney-güneydoğu’ya doğru olan aktif uzantısal yapılar muhtemelen Marmara Denizi alanında germe ayırımı göstermektedir. Ana Marmara Fayının evrimi diğer yanal atımlı fay zonları ile oldukça fazla benzerlik göstermekte fakat süregelen aktivitesi ve sismik yansıma profili nedeniyle, yapısı ve tarihi için daha fazla detaylı kavramaya ihtiyaç duyulmaktadır (Le Pichon et al., 2001).

Sato et al., (2004) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda Ana Marmara Fayı boyunca sismik aktivitenin oldukça yüksek olduğu ve odak derinliği dağılımının fay hattının batı kısmı boyunca en fazla 20 km, doğu kısmı boyunca ise en fazla 15km olduğu görülmüştür.



Şekil 2.1 Marmara fay zonu doğu kısmının batimetrik haritası (Le Pichon et al., 2001). Ana aktif faylar kalın siyah çizgiler ile gösterilmişlerdir.

Parsons et al., (2000), tarafından yapılan araştırmada ise Kuzey Anadolu Fay sisteminin Marmara Denizi bölümünde 500 yıllık sismik kayma katalogu (Şekil 2.2) GPS ölçmelerinin yardımıyla dört kesite bölünerek yılda ortalama 22 ± 3 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.2 500 yıllık kataloga göre Marmara Denizinde gerçekleşen sismik kaymalar (Parsons et al., 2000)

Araştırılan çalışma ve yayınlara göre depremin beklendiği Ana Marmara Fayı, Şekil 2.3'te de görüleceği gibi, "Marmara çukurunu ikiye bölen ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin olduğu fay ile 9 Ağustos 1912 Şarköy-Mürefte depreminin gerçekleştiği fayı birleştiren tek bir yanal atımlı fay sistemidir" (Le Pichon et al., 2001). Ambraseys, (2002)'e göre Marmara Denizi çevresi, son 2000 yıldır büyüklüğü 6,7'nin üstünde olan ve birçoğu son derece fazla hasar veren depremlerle sarsılmaktadır. Milattan sonra 1 ile 1999 yılları arasındaki bu depremlerin konum ve büyüklüklerine göre gösterimi Şekil 2.4'te Armijo et al., (2002)'nin yapmış olduğu çalışmaya göre belirlenen ve Marmara Denizini dörde bölen segmentlere göre gösterilmiştir. Parsons, (2004)'a göre 1999 yılında gerçekleşen ve moment büyüklüğü 7,4 olan Kocaeli depreminin kosismik ve postsismik etkilerini de içeren zamana bağlı bir model kullanılırsa, büyüklüğü yedi ve yediden büyük olacak bir

Marmara depreminin gelecek 30 yılda gerçekleşme olasılığı yaklaşık % 35 ile %70 arasındadır. Seçilen sismik parametrelere göre bu olasılık %7 ila %16 arasında artmaktadır. Tüm bu çalışmalar göstermektedir ki İstanbul için ciddi bir deprem tehlikesi beklemekte ve bu nedenle oluşabilecek hasarı en küçük seviyeye indirecek önlemlere ve afete hazırlıklı olunmasını sağlayacak hasar tahmin çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

2.2 Azalım İlişkilerinin Araştırılması

Yersel hareketlerin incelenmesi ve modellenmesi için faydaki ani hareket, sismik dalgaların fay ya da deprem odak noktasından fay boyunca dağılımına; dolayısıyla yersel hareketlere neden olmaktadır. Kuramsal azalım formülleri, deterministik ya da olasılıksal yöntemlerle depreme ilişkin şiddet, yersel ivme, yersel hız, spektral ivme gibi değerlerin modellenmesini sağlamaktadırlar. Bütün kuramsal fonksiyonlar yersel ölçüm değerlerinden türetilmiş veya bu değerlere uyacak şekilde kendilerinden önce gelen bir modelden türetilmişlerdir. Yersel hareketlerin modellenebilmesi için kırılma mekanizmaları ve dalga yayılma teorileriyle çalışmakta olan pek çok karmaşık matematiksel benzetim yöntemleri bulunmaktadır (KOERI, 2003). Günümüze kadar zemin sınıflandırmasıyla ilgili kısıtlamalar nedeniyle verimli olarak kullanılamayan bu modeller artık daha fazla geliştirilmiş ve daha rahat kullanılabilir hale gelmişlerdir.

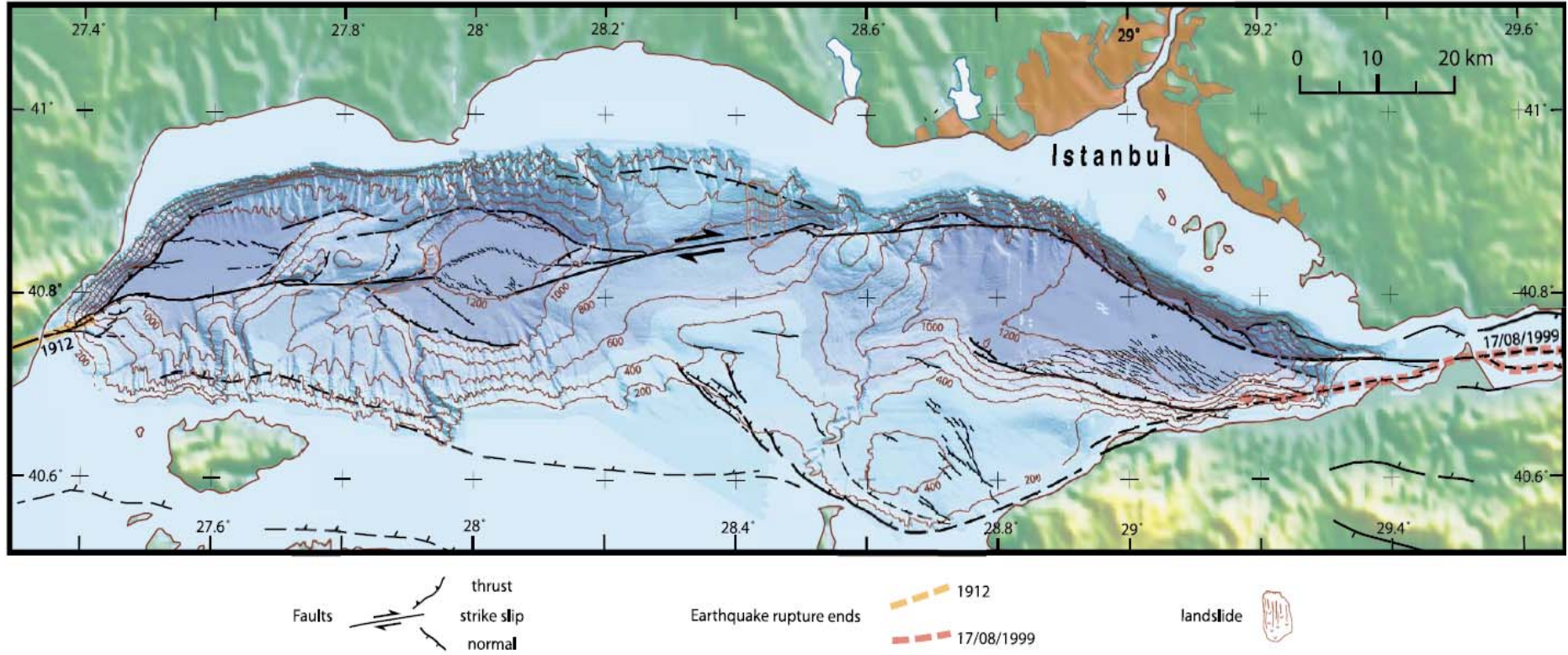
İlk araştırma Türkiye için tanımlanmış azalım ilişkileri üzerine yapılmıştır. Kayıp analizi, depremin büyüklüğü, deprem odağının analiz yapılan yere olan uzaklığı, zemin koşulları ve topografyaya bağlı olarak hesaplanan yersel ivme değerlerine dayanmaktadır. Kuvvetli zemin hareket kayıtlarının eksikliği nedeniyle, Türkiye için çok sayıda azalım ilişkisi bulunmamaktadır.

Türkiye için hazırlanmış azalım ilişkilerinde iki tür yaklaşım bulunmaktadır. Bunların ilki, Kuzey Anadolu Fayı ve San Andreas Fayı'nın gösterdiği yapısal benzerlikler nedeniyle Kuzeybatı Amerika için geliştirilmiş ilişkilerin uyarlanmasıdır. İkinci yaklaşım ise yalnız Türkiye'ye ait ya da hem Türkiye hem de dünya çapındaki kuvvetli zemin hareket kayıtlarının kullanımıyla yeni azalım ilişkilerinin oluşturulmasıdır. Çizelge 2.1'de, İstanbul için gerçekleştirilecek bir kayıp analizinde kullanılabilecek azalım ilişkileri görülmektedir.

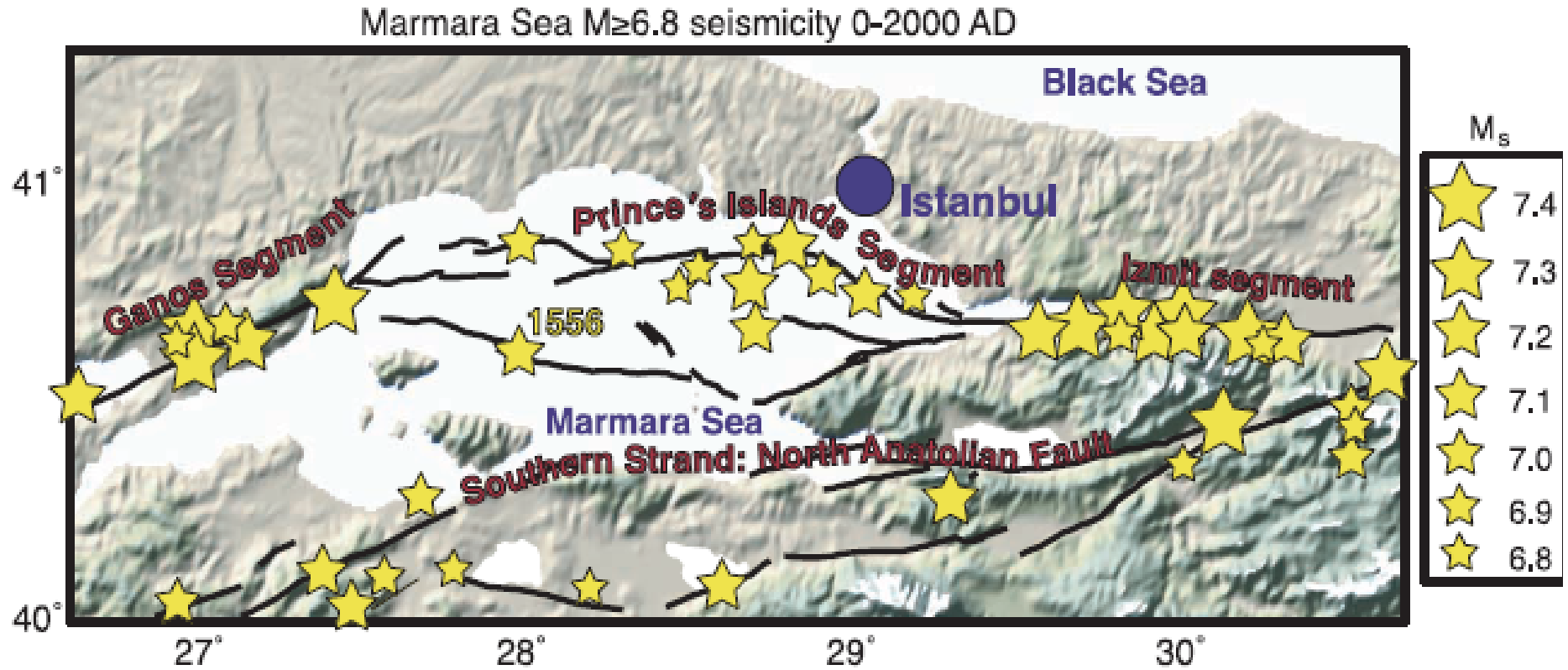
Çizelge 2.1 İstanbul için kullanılabilecek azalım ilişkilerinin özellikleri

Azalım İlişkisi	Yersel Hareket Parametresi	Mesafe Türü	Zemin Koşulları
Kalkan & Gülkan (2004)	PGA & PSA	Joyner-Boore Mesafesi	Kaya, Zemin, Yumuşak Zemin
Özbey ve diğ., (2004)	PGA & SA	Joyner-Boore Mesafesi	Sert Kaya, Kaya, Sıkı Zemin, Sert Zemin
Ulusay ve diğ., (2004)	PGA	Episantr Mesafesi	Kaya, zemin, yumuşak zemin
Boore ve diğ., (1997)	PGA & SA	Joyner-Boore Mesafesi	30 metredeki Vs hızı
Sadigh ve diğ., (1997)	PGA & SA	Joyner-Boore Mesafesi	Kaya, Derin Zemin
Boore ve Atkinson (2006)	PGA & SA	Joyner-Boore Mesafesi	30 metredeki Vs hızı
Campbell ve Bozorgnia (2006)	PGA & SA	Kırılma Yüzeyine Mesafe	30 metredeki Vs hızı
Chiou ve Youngs (2006)	PSA & SA	Kırılma Yüzeyine Mesafe	30 metredeki Vs hızı

İlk yaklaşımda kullanılan azalım modelleri: Boore ve diğ., (1997), Sadigh ve diğ., (1997). Bu modeller, Kuzey Amerika, Japonya, Türkiye ve Batı Avrasya yersel ivme kayıtları kullanılarak geliştirilmiştir. İkinci yaklaşımda geliştirilen azalım modelleri temel olarak Türkiye kuvvetli zemin hareket kayıtları kullanılarak oluşturulmuştur:



Şekil 2.3 Marmara fayının 25m çözünürlüklü EM-300 Multibeam batimetri haritası (Armijo et al., 2002)



Şekil 2.4 Marmara Denizi altındaki Kuzey Anadolu Fayının segmentleri (Armijo et al., 2002) ve $M_s > 6,6$ depremler (M.S. 1–1999) Ambraseys (2002) tarafından konumlandırıldıkları şekilde.

Kalkan ve Gülkan, (2004), Özbey ve diğ., (2004), Ulusay ve diğ., (2004). Fakat Türkiye için olan kayıtların yetersizliği nedeniyle dünyanın diğer bölgelerine ait kayıtlar da kullanılmıştır. Azalım ilişkileri yer hareket parametrelerine ve zemin koşullarına göre farklı sonuçlar verirler.

Tez çalışmasında Çizelge 2.1’de verilen azalım ilişkilerinden hareketle, maksimum yersel ivme ve belirli kilit periyotlarda spektral ivme için afet haritaları hazırlanmıştır. Tüm azalım ilişkileri $M_w=7,4$ büyüklüğünde bir deprem için çalıştırılmış ve her bir ilişkinin oluşturduğu maksimum yersel ivme (PGA) değerleri karşılaştırılmıştır.

2.2.1 Kalkan ve Gülkan (2002)

Analiz edilen ilk azalım modeli, aşağıdaki üç zemin sınıfını kullanan Kalkan & Gülkan’dır (2002):

Yumuşak zemin, $V_s=200$ m/s.

Zemin, $V_s=400$ m/s

Kaya, $V_s=700$ m/s

Bu ilişki için PGA değerleri 0,072933g ve 0,541970g arasında, Şekil B.1’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.

2.2.2 Kalkan ve Gülkan (2004)

2002 çalışmasındaki zemin sınıflarının aynıları kullanılarak Kalkan & Gülkan, (2004)’de yer hareket parametrelerinin (Çizelge A.1) belirlenmesi sürecinde incelenmiştir. Önceki çalışmalarından farklı olarak, Şekil B.2’de gösterilen PGA değerleri 0,474393g ve 1,725200g arasında, yani daha yüksek çıkmıştır.

2.2.3 Özbey ve diğerleri (2004)

Özbey ve diğ., (2004) azalım modeli, Kalkan ve Gülkan, (2002) ve (2004) gibi, Boore ve diğ., (1997) azalım modelinin yapı ve metodolojisini kullanmaktadır. Fakat diğerlerinden farklı olarak, olaylar arası ve olay içi değişkenlikler arasındaki standart hata teriminin belirlenmesinde başarılı olan karışık etki (mixed effect) modelini kullanmaktadır. Azalım ilişkisi için katsayılar Çizelge A.2’de verilmiştir. İlişkide kabul edilen dört zemin sınıfı:

A – Sert Kaya, $V_s \geq 1500$ m/s

B – Kaya, $760\text{m/s} < V_s < 1500\text{ m/s}$

C – Yoğun Zemin ve Yumuşak Kaya, $360\text{m/s} < V_s \leq 760\text{m/s}$

D – Zemin, $180\text{m/s} \leq V_s \leq 360\text{m/s}$

Bu ilişki için PGA değerleri 0,0509964g ve 1,843040g arasında, Şekil B.3'te görüldüğü gibi elde edilmiştir.

2.2.4 Ulusay ve diğerleri (2004)

Ulusay ve diğ., (2004), uygulandığı bölge için yalnızca PGA değerleri veren bir diğer azalım ilişkisi hazırlamıştır. Bu model zemini, Gülkan & Kalkan, (2002) gibi kaya, zemin ve yumuşak zemin olarak sınıflandırmaktadır. Bu da Türkiye'deki pek çok istasyon için detaylı zemin tanımları ve zemin dayanım değerlerinin (V_s) yetersiz olduğunu göstermektedir. Yukarıdaki durumlar da dikkate alınarak, bu ilişki için PGA değerleri 0,079174g ve 0,631684g arasında, Şekil B.4'te görüldüğü gibi elde edilmiştir. Model için gerekli katsayılar Çizelge A.5'te verilmiştir.

Geçmiş kayıp analiz ve yer hareketi tahmin çalışmaları Batı A.B.D. azalım ilişkileri kullanılarak yapılmıştır. Bu durumun temel sebepleri: Özellikle Türkiye için geliştirilmiş azalım ilişkilerinin bulunmaması ve iki bölge arasındaki fay ve jeolojik yapılarıdaki benzerliklerdir. Yapılan pek çok araştırma göstermektedir ki bu ilişkiler Türkiye'nin kuzey batı kısımları için kabul edilebilir sonuçlar vermektedirler. Sarı, (2003) ve Küçükçoban, (2004) Batı A.B.D. azalım ilişkilerinden bir kısmını Özbey ve diğ., (2004) ve Kalkan & Gülkan, (2002) ilişkileriyle Kocaeli'deki yer hareketleri üzerinden karşılaştırmış ve ortalamada oldukça iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

2.2.5 Boore ve diğerleri (1997)

İlk yaklaşımda kullanılan en yaygın azalım ilişkisi Boore ve diğ., (1997) ilişkisidir. Gerekli katsayılar Çizelge A.3'te verilmektedir. Üst 30m'deki ortalama V_s değerlerine göre üç zemin sınıfı önermektedir:

Sınıf: A $V_{s,30} > 750\text{m/s}$

Sınıf. B $360 < V_{s,30} \leq 750\text{m/s}$

Sınıf: C $180 \leq V_{s,30} \leq 360\text{m/s}$

Bu ilişkinin geniş yatay bileşen için öngördüğü PGA değerleri 0,059995g ve 0,680736g arasında olup, Şekil B.5'te görülmektedir. Aynı ilişkinin geometrik orta

için öngördüğü PGA değerleriyse 0,053380g ve 0,599005g arasında olup Şekil B.6'da gösterilmiştir.

2.2.6 Sadigh ve diğerleri (1997)

Türkiye'nin kuzeybatısı için yer hareketini modellemede kullanılan bir diğer azalım ilişkisi de Sadigh ve diğ., (1997)'dir. Bu model yer hareketini fay tipi ve zemin kategorilerini de göz önüne alarak hesaplamaktadır:

Kaya, $V_s \leq 750\text{m/s}$ olan zayıf kayayı da içermektedir

Derin Zemin, Ana kaya üzerinde yer alan 20 metreden daha kalın zemin

Fay tipleri:

Yanal atımlı fay ve Normal/Ters fay.

Model için gerekli katsayılar Çizelge A.4'te bulunmaktadır. Model, kaya ortam için, Şekil B.7'de görüldüğü gibi 0,048247g ve 0,638808g arası PGA değerleri vermiştir. Derin zemin için hesaplanan PGA değerleri kaya ortamlara oranla daha düşük sonuçlar vermiştir. Model, derin zemin için, Şekil B.8'de görüldüğü gibi 0,061943g ve 0,502204g arası PGA değerleri vermiştir.

2.3 Yeni Nesil Azalım (Next Generation Attenuation) Modelleri

Next Generation Attenuation Model (NGA) olarak adlandırılan ve Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER Center) tarafından gerçekleştirilen yeni nesil azalım modellerinden Türkiye ve özellikle İstanbul için kullanılabilir olan azalım ilişkileri de sisteme eklenmiştir. Bu yeni nesil azalım ilişkileri günümüzde kuvvetli yer hareketlerini en iyi tahmin edebilen modellerdir. Bu modellerin önemi, oluşturulurken kullanılan kuvvetli yer hareketi veritabanından kaynaklanmaktadır.

2.3.1 Boore ve Atkinson (2006)

Boore ve Atkinson (2006), Batı Amerika'da sığ yer kabuğunda meydana gelen depremler için 655 NGA kuvvetli deprem yer hareketi veritabanı kaydından ve aralarında Türkiye'den de 5 depremin bulunduğu 58 değişik depremden geliştirdiler. Azalım ilişkisi ile hem yatay hem de düşey bileşen fonksiyonları elde edilebilmektedir.

Azalım ilişkisi aşağıdaki eşitlikle tanımlanmıştır:

$$\ln Y = F_M(M) + F_D(r_{jb}, M) + F_S(V_{30}, r_{jb}, M) + \varepsilon \sigma_T \quad (2.1)$$

Eşitlikte kullanılan σ_T belirsizlik iç ve ara olay belirsizliklerinden hesaplanır.

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \quad (2.2)$$

Deprem büyüklüğü ölçeklemesi aşağıdaki eşitliklerle verilmiştir:

$M \leq M_h$ için;

$$F_M(M) = e_1 U + e_2 SS + e_3 NS + e_4 RS + e_5 (M - M_h) + e_6 (M - M_h)^2 \quad (2.3)$$

$M > M_h$ için

$$F_M(M) = e_1 U + e_2 SS + e_3 NS + e_4 RS + e_7 (M - M_h) \quad (2.4)$$

U , SS , NS , RS katsayıları mekanizmaya göre tanımlanmışlar ve Çizelge 2.2’de verilmişlerdir.

Çizelge 2.2 Fay Mekanizmasına Göre Deprem Büyüklüğünün Ölçeklenmesi için Katsayılar

Mekanizma	U	SS	NS	RS
Belirsiz	1	0	0	0
Yanal atımlı	0	1	0	0
Normal	0	0	1	0
Ters	0	0	0	1

Uzaklık ölçeklemesi ise aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$F_D(r_{jb}, M) = \left[c_1 + c_2 (M - M_{ref}) \right] \ln(r / r_{ref}) + c_3 (r - r_{ref}) \quad (2.5)$$

Bu eşitlikte;

$$r = \sqrt{r_{jb}^2 + h^2} \quad (2.6)$$

Yerel büyütme faktörleri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$F_S = F_{LIN} + F_{NL} \quad (2.7)$$

Lineer ve Lineer olmayan terimler F_{LIN} ve F_{NL} olarak gösterilmiştir

$$F_{LIN} = b_{lin} \ln(V_{30} / V_{ref}) \quad (2.8)$$

$pga_{4nl} \leq a_I$ için

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_low / 0.1) \quad (2.9)$$

ve $a_1 < pga4nl \leq a_2$ için

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_low / 0.1) + c [\ln(pga4nl / a_1)]^2 + d [\ln(pga4nl / a_1)]^3 \quad (2.10)$$

ve $a_2 < pga4nl$ için

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga4nl / 0.1) \quad (2.11)$$

Yukarıda geçen $a_1(=0,03g)$ ve $a_2(=0,09g)$ terimleri lineer ve lineer olmayan büyütme faktörleri için eşik değerleri olarak tanımlanır.

Lineer olmayan faktörü eğim ile kontrol etmek için b_{nl} terimi kullanılır ve aşağıdaki koşullara göre hesaplanır;

$$v_{30} \leq v_1 \text{ için } b_{nl} = b_1 \quad (2.12)$$

$$v_1 < v_{30} \leq v_2 \text{ için } b_{nl} = (b_1 - b_2) \ln(v_{30}/v_2) / \ln(v_1/v_2) + b_2 \quad (2.13)$$

$$v_2 < v_{30} \leq v_{ref} \text{ için } b_{nl} = b_2 \ln(v_{30}/v_{ref}) / \ln(v_2/v_{ref}) \quad (2.14)$$

$$v_{ref} \leq v_{30} \text{ için } b_{nl} = 0.0 \quad (2.15)$$

Bu eşitliklerde $v_1 = 180 m/s$, $v_2 = 300 m/s$ ve b_1 ile b_2 periyoda bağlı değişkenlerdir.

$$c = (3\Delta y - b_{nl}\Delta x) / \Delta x^2 \quad (2.16)$$

$$d = -(2\Delta y - b_{nl}\Delta x) / \Delta x^3 \quad (2.17)$$

$$\Delta x = \ln(a_2/a_1) \quad (2.18)$$

$$\Delta y = b_{nl} \ln(a_2/pga_low) \quad (2.19)$$

Bu model için kullanılacak periyottan bağımsız yerel büyütme katsayıları Çizelge 2.3'te ve periyoda bağlı yerel büyütme katsayıları ise Çizelge A.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.3 Periyottan Bağımsız Yerel Büyütme Katsayıları

Katsayı	Değer
a_1	0,03 g
pga_low	0,06 g
a_2	0,09 g
v_1	180 m/s
v_2	300 m/s
v_{ref}	760 m/s

Modeli oluşturmak için gerekli katsayılar Çizelge A.7’de verilmektedir. Bu modelin yatay bileşen için öngördüğü PGA değerleri Şekil B.9’da gösterildiği gibi İstanbul için 0,124472g ve 0,54803g arasında 0,2 saniye SA değerleri ise 0,230277g ve 1,256372g arasında değişmektedir.

2.3.2 Campbell ve Bozorgnia (2006)

Campbell ve Bozorgnia (2006) 1561 NGA kuvvetli deprem yer hareketi veritabanı kaydından ve aralarında Türkiye’den de 6 depremin bulunduğu 64 değişik depremden geliştirildi. Model aşağıda sıralanan koşulları sağlayan senaryolar için geçerlidir:

- Deprem kıtasal litosferin içinde tektonik olarak aktif sayılan bir bölgede gerçekleşmişse,
- Deprem kaydı yer seviyesinde ya da yer seviyesine yakın hiçbir ara etkinin bulunmadığı bir yerde alındıysa,
- Deprem güvenilir bir şekilde ortalama yer hareketini temsil edecek yeterli kayda sahip ise,
- Deprem ya da kaydı güvenilir olarak düşünülüyorsa.

Ampirik yer hareket modeli aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$\ln \hat{Y} = f_{mag} + f_{dis} + f_{flt} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed} \quad (2.20)$$

Bu eşitlikte;

f_{mag} deprem büyüklüğüne bağımlılığını

$$f_{mag} = \begin{cases} c_0 + c_1 M; & M \leq 5.5 \\ c_0 + c_1 M + c_2 (M - 5.5); & 5.5 < M \leq 6.5 \\ c_0 + c_1 M + c_2 (M - 5.5) + c_3 (M - 6.5); & M > 6.5 \end{cases} \quad (2.21)$$

f_{dis} deprem merkezinden noktaya olan uzaklığa bağımlılığını

$$f_{dis} = (c_4 + c_5 M) \ln \left(\sqrt{R_{RUP}^2 + c_6^2} \right) \quad (2.22)$$

f_{flt} fay türüne bağımlılığını

$$f_{flt} = c_7 F_{RV} f_{flt,Z} + c_8 F_{NM} \quad (2.23)$$

vermektedir. (2.23) eşitliğinde;

$$f_{fl,Z} = \begin{cases} Z_{TOR}; & Z_{TOR} < 1 \\ 1; & Z_{TOR} \geq 1 \end{cases} \quad (2.24)$$

$30^\circ < \lambda < 150^\circ$ için $F_{RV} = 1$

Aksi takdirde $F_{RV} = 0$

$150^\circ < \lambda < -30^\circ$ için $F_{NM} = 1$

Aksi takdirde $F_{NM} = 0$

Z_{TOR} ise, kilometre biriminde kosismik kırılmanın üstüne olan derinliktir.

f_{hng} asılı duvar etkisine bağımlılığı verir.

$$f_{hng} = c_9 f_{hng,R} f_{hng,M} f_{hng,Z} f_{hng,\delta} \quad (2.25)$$

Bu eşitlikte;

$$f_{hng,R} = \begin{cases} 1; & R_{JB} = 0 \\ \left[\max(R_{RUP}, \sqrt{R_{JB}^2 + 1}) - R_{JB} \right] / \max(R_{RUP}, \sqrt{R_{JB}^2 + 1}); & R_{JB} > 0, Z_{TOR} < 1 \\ (R_{RUP} - R_{JB}) / R_{RUP}; & R_{JB} > 0, Z_{TOR} \geq 1 \end{cases} \quad (2.26)$$

$$f_{hng,M} = \begin{cases} 0; & M \leq 6.0 \\ 2(M - 6.0); & 6.0 < M < 6.5 \\ 1; & M \geq 6.5 \end{cases} \quad (2.27)$$

$$f_{hng,Z} = \begin{cases} 0; & Z_{TOR} \geq 20 \\ (20 - Z_{TOR}) / 20; & 0 \leq Z_{TOR} < 20 \end{cases} \quad (2.28)$$

$$f_{hng,\delta} = \begin{cases} 1; & \delta \leq 70 \\ (90 - \delta) / 20; & \delta > 70 \end{cases} \quad (2.29)$$

f_{site} sığ lineer ya da lineer olmayan zemin durumlarına bağımlılığı temsil eder.

$$f_{site} = \begin{cases} c_{10} \ln\left(\frac{V_{S30}}{k_1}\right) + k_2 \left\{ \ln\left[A_{1100} + c\left(\frac{V_{S30}}{k_1}\right)^n\right] - \ln[A_{1100} + c] \right\}; & V_{S30} < k_1 \\ (c_{10} + k_2 n) \ln\left(\frac{V_{S30}}{k_1}\right); & V_{S30} \geq k_1 \end{cases} \quad (2.30)$$

Bu eşitlikte;

A_{1100} PGA'in $V_{S30}=1100\text{m/s}$ değerinde ki kaya üzerindeki değeridir.

$c=1,88$ ve $n=1,18$ periyottan bağımsızdır.

f_{sed} sığ tortu etkilerine ve üç boyutlu havza etkilerine bağımlılığı temsil eder.

$$f_{sed} = \begin{cases} c_{11} (Z_{2.5} - 1); & Z_{2.5} < 1 \\ 0; & 1 \leq Z_{2.5} \leq 3 \\ c_{12} k_3 e^{-0.75} [1 - e^{-0.25(Z_{2.5}-3)}]; & Z_{2.5} > 3 \end{cases} \quad (2.31)$$

$Z_{2.5}$ 2,5 km/s kırma dalgası hızına sahip hız ufkuna olan (çökelti derinliği) derinliktir

Eşitlikleri uygulayabilmek için limitler ise aşağıda verilmektedir:

$M = 4,0-8,5$ (yanal atımlı fay)

$M = 4,0-8,0$ (ters fay)

$M = 4,0-7,5$ (normal fay)

$R_{RUP} = 0-200$ km

$V_{S30} = 180-1500$ m/s (NEHRP B, C ve D)

$Z_{2.5} = 0-6$ km

$Z_{TOR} = 0-20$ km

$\delta = 15-90^\circ$

Gerekli katsayılar Çizelge A.8'de bulunabilir. Bu modelin yatay bileşen için öngördüğü PGA değerleri Şekil B.10'da da verildiği gibi İstanbul için 0,0581g ve 0,3802g arasında 0,2 saniye SA değerleri ise 0,0990g ve 0,7668g arasında değişmektedir.

2.3.3 Chiou ve Youngs (2006)

Chiou ve Youngs (2006) deneysel bazlı yer hareketi modelini PGA ve 0,01 saniye ile 10 saniye spektral periyot aralığındaki %5 sönümlü pseudo spektral ivmelerin tahmini için geliştirmişlerdir. Bu modelin geliştirilmesinde 3551 NGA kuvvetli deprem yer hareketi veritabanı kaydı ve aralarında Türkiye'den de 7 depremin de bulunduğu 173 değişik deprem kullanılmıştır. Yer hareketi modeli aşağıdaki koşulları sunar:

Aktif tektonik bölgelerde yer alan sığ yer kabuğu depremleri, özellikle California.

Serbest alan yer hareketleri.

Ortalama rastgele yöneltilmiş bileşen.

Açık birleştirilmiş yerel zemin karakteri.

Son model eşitliği aşağıdaki ilişki ile verilmiştir:

$$\begin{aligned}
 \ln(SA_{1130ij}) = & c_1 + c_{1a}F_{Rvi} + c_{1b}F_{Nmi} + c_7(Z_{TORi} - 4) + c_2(M_i - 6) + \frac{c_2 - c_3}{c_n} \ln(1 + e^{c_n(c_M - M_i)}) \\
 & + c_4 \ln(R_{RUPij} + c_5 \cosh(c_6(M_i - c_{HM}), 0)_{\max})) + (c_{4a} - c_4) \ln(\sqrt{R_{RUPij}^2 + c_{RB}^2}) \\
 & + \left\{ c_{\gamma 1} + \frac{c_{\gamma 2}}{\cosh((M_i - c_{\gamma 3}), 0)_{\max}} \right\} \cdot R_{RUPij} \\
 & + c_9 \cdot \cos^2 \delta_i \cdot \tanh\left(\frac{R_{RUPij}}{2}\right) \tan^{-1}\left(\frac{W_i \cos \delta_i}{2(Z_{TORi} + 1)}\right) \frac{1}{\Pi / 2} \left\{ 1 - \frac{R_{JBij}}{R_{RUPij} + 0.001} \right\} + \tau \cdot z_i
 \end{aligned} \tag{2.32}$$

ve

$$\begin{aligned}
 \ln(SA_{ij}) = & \ln(SA_{1130ij}) + \phi_1 \cdot \left(\ln\left(\frac{V_{S30ij}}{1130}\right), 0 \right)_{\min} \\
 & + \phi_2 \cdot \left\{ e^{\phi_3((V_{S30ij,1130})_{\min} - 360)} - e^{\phi_3(1130 - 360)} \right\} \cdot \ln\left(\frac{SA_{1130ij} + \phi_4}{\phi_4}\right) + \sigma \cdot z_{ij}
 \end{aligned} \tag{2.33}$$

Bu eşitlikteki tahmin değişkenleri:

R_{RUP} = kırılma yüzeyine en yakın uzaklık (km)

R_{JB} = Joyner-Boore uzaklığı (km)

δ = kırılma eğimi

W = kırılma genişliği (km)

Z_{TOR} = kırılmanın üstüne olan derinlik (km)

$30^\circ \leq \lambda \leq 150^\circ$ için $F_{RV} = 1$, aksi takdirde 0 (birleşik ters ve ters-oblik)

$120^\circ \leq \lambda \leq -60^\circ$ için $F_{NM} = 1$, aksi takdirde 0 (sadece normal faylı depremlerde, normal-oblik yanal atımlı ile aynı olarak tanımlanmıştır).

λ = rake açısı

V_{S30} = üst 30 m için ortalama kırılma dalgası hızı (m/s)

τ = inter-event standart hata

σ = intra-event standart hata

SA_{1130ij} = (g)

SA_{ij} = (g)

Chiou ve Youngs'ın (2006) model için verdiği limitler;

Yanal atımlı faylar için $4 \leq M \leq 8,5$

Ters ve normal faylar için $4 \leq M \leq 8,0$

$0 \leq R_{RUP} \leq 200$ km

$150 \leq V_{S30} \leq 1500$

Modeli simüle edebilmek için gereken katsayılar Çizelge A.9'da bulunmaktadır. Bu modelin yatay bileşen için öngördüğü PSA değerleri İstanbul için Şekil B.11'de de gösterildiği gibi 0,06281g ve 0,938478g arasında değişmektedir.

2.4 Sıvılaşma Potansiyeli

Bir diğer tür afet verisi de sıvılaşma potansiyelidir. Şekil B.12'de görülen sıvılaşma potansiyeli haritası $V_s < 300$ m/s olan bölgeler için altyapıda oluşacak hasarın tahmini için hazırlanmıştır ve JICA (2002) Çalışması'ndan alınmıştır. Bu harita, İstanbul'un tamamını kapsamamaktadır. Pek çok bölge için sıvılaşma potansiyeli hesaplayabilmek için gereken veri miktarı yetersizdir. Bu yüzden, kayıp analizi çalışmasında sıvılaşma potansiyeli haritası, sadece elde ilgili veri bulunan bölgeler için kullanılacaktır. Bu nedenle sıvılaşma potansiyelinin tahmin edilebilmesi için bir algoritma geliştirilmiş ve sisteme eklenmiştir.

Bu algoritmanın amacı, P(x,y) konumundaki bir zemin yüzeyinde M_w büyüklüğünde bir deprem ve ürettiği a_{max} en yüksek yer ivmesinin sonucunda sıvılaşma nedeniyle gerçekleşebilecek “orta” veya “büyük” zemin göçmelerinin olasılığının hesaplanmasıdır.

2.4.1 Sıvılaşma yatkınlığı

Sıvılaşma afetinin değerlendirmesinde başlangıç adımı bölgenin zemin/jeolojik koşullarının bağlı sıvılaşma yatkınlığının karakterize edilmesidir. Yatkınlık, Youd ve

Perkins (1978)'in Çizelge 2.4'te özetlediği gibi bir sınıflandırma sistemi ve jeolojik harita kullanılarak tanımlanır. Jeolojik haritalar genellikle haritalanmış jeolojik bir birimin yaşı, deposit ortamı ve materyal tipini belirler. Bu özellikler bağlamında, bağıl bir sıvılaşma yatkınlık sınıfı (çok düşük'ten çok yüksek'e) her zemin türüne Çizelge 2.4'e dayanarak atanır. Jeoloji haritasında kaya ya da kayamsı olarak değerlendirilen jeolojik alanlar analizde sıvılaşma olasılığı yok kabul edilerek dikkate alınır.

2.4.2 Sıvılaşma olasılığı

Belirli bir bölgede sıvılaşmanın gözlenebilirliği temel olarak zeminin yatkınlığı, yer sarsıntısının genlik ve süresine ve yeraltı suyunun derinliğine bağlıdır. Belli bir jeolojik birim içerisindeki zeminlerin bağıl hassasiyetleri daha önce değinildiği gibi atanmaktadır. Görülmektedir ki, doğal jeolojik çökeller de insan yapımı dolgular gibi zemin tipi çeşitliliği (ör. parça büyüklüğü), yoğunluk vb. Nedenlere bağlı olarak sıvılaşmaya yatkınlık göstermektedir. Buna bağlı olarak bir jeolojik birimin parçaları sıvılaşma yatkınlığı göstermeyebilir ve bu da birimin içerisindeki herhangi bir noktanın sıvılaşma olasılığının değerlendirmesinde göz önüne alınmalıdır. Genel olarak sıvılaşma potansiyeli düşük olan parçaların toplam alanı potansiyeli yüksek olan parçalara kıyasla daha düşüktür. Bu “gerçek”, sıvılaşmaya yatkın kabul edilmiş bir jeolojik harita biriminin orantısını nicelemeye yarayan bir olasılık katsayısı olarak temsil edilmektedir (ör. Birim içerisindeki herhangi bir konumda yatkınlığı belirleyen koşulların olabilirliği). Çeşitli yatkınlık sınıfları için kullanılması önerilen varsayılan değerler Çizelge 2.5'te verilmektedir.

Bu değerler, farklı sıvılaşma potansiyeli araştırmaları için vasıflandırılmış zemin özellikleri veri kümelerinin ön incelemeleri sonucu varılmış olan yargıları yansıtmaktadır (ör. Power ve diğ., 1982).

Önceden de belirtildiği gibi, sıvılaşma potansiyeli, **M** büyüklüğünde bir deprem tarafından oluşturulmuş yer sarsıntısının genliğine (ör. En yüksek yer ivmesi, PGA), süresine ve bölgedeki yeraltı suyunun derinliğine bağlıdır. Böylece, verilen bir yatkınlık sınıfı için sıvılaşma olasılığı eşitlik (2.34) kullanılarak elde edilir.

$$P[Liquefaction_{SC}] = \frac{P[Liquefaction_{SC} | PGA = a]}{K_M \cdot K_W} \cdot P_{ml} \quad (2.34)$$

$P [Liquefaction_{SC} | PGA=a]$ belirli seviyede bir maksimum yer ivmesinde verilen bir yatkinlık sınıfı için koşullu sıvılaşma olasılığıdır (Şekil 2.7)

K_M Moment büyüklüğü (**M**) düzeltme faktörüdür (Eşitlik 2.35)

K_w yeraltı suyu düzeltme faktörüdür (Eşitlik 2.36)

P_{ml} haritada sıvılaşmaya yatkinlık birim oranıdır (Çizelge 2.5)

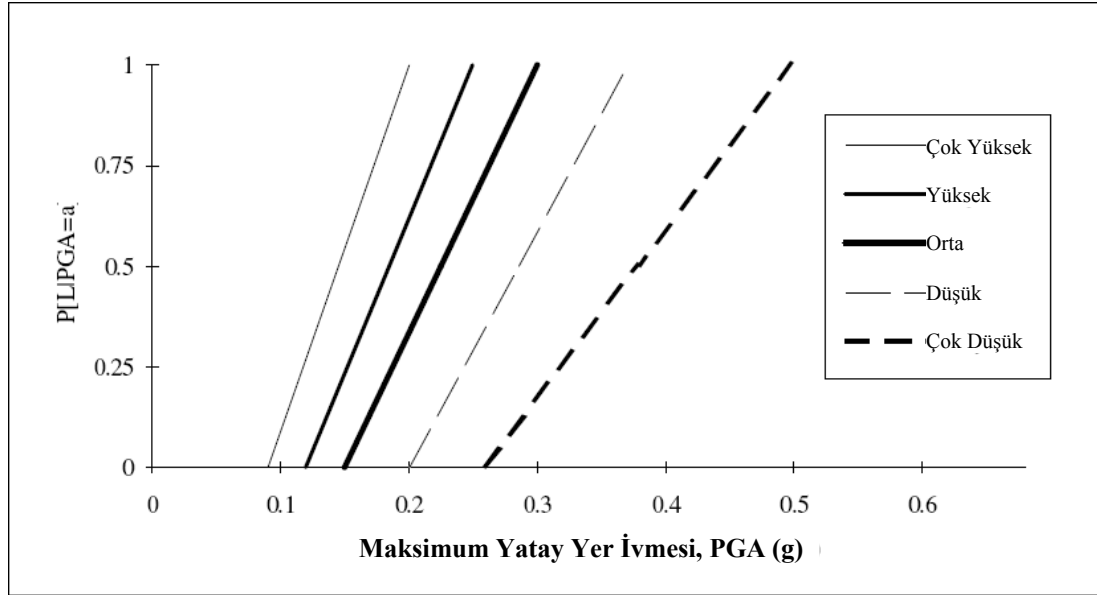
Sıvılaşma olasılığı ve maksimum yer ivmesi (PGA) arasındaki bağıntı Çizelge 2.6'da yatkinlık kategorilerine göre ve Şekil 2.5'te de grafik olarak tanımlanmıştır. Bu bağıntılar uygulama bazlı deneysel prosedürler ve Liao ve diğ. (1988) tarafından her yatkinlık kategorisindeki zeminlerin önceden değinilen bölgesel sıvılaşma çalışmalarından elde edilmiş penetrasyon dayanım karakteristikleri için sunulmuş sıvılaşma katalogunun istatistiksel modeline dayanarak tanımlanmıştır. Şekil 2.5'te verilen bağıntı, Liao ve diğ. (1988) veya deneysel yöntemlerden elde edilebilecek bağıntıların basitleştirilmiş halidir.

Çizelge 2.4 Tortullu depositlerin sınıflama yatkınlığı (Youd ve Perkins, 1978)

Deposit Tipi	Kohezyonsuz Çökeltilerin Depositlerdeki Genel Dağılımı	Doymuş Kohezyonsuz Çökeltilerin Sınıflamaya Elverişlilik İhtimali (Depositin Yaşı İtibariyle)			
		< 500 yıl Modern	Holocene < 11 ka	Pleistocene 11 ka - 2 Ma	Pre-Pleistocene > 2 Ma
(a) Kıtasal Depositler					
Nehir kanalı	Bölgesel olarak değişken	Çok Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok Düşük
Taşkın yatağı	Bölgesel olarak değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Birikinti yelpazesi ve ovası	Yaygın	Orta	Düşük	Düşük	Çok Düşük
Deniz setleri ya da düzlükleri	Yaygın	---	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Delta ve fan-delta	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Göl ve göl yatakları	Değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Colluvium	Değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Talus	Yaygın	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Kum tepecikleri	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Lös	Değişken	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Unknown
Buzul toprağı	Değişken	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Süngertaşı	Seyrek	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Tephra	Yaygın	Yüksek	Yüksek	?	?
Tortu zeminler	Seyrek	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Sebka	Bölgesel olarak değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
(b) Kıyı Bölgeleri					
Delta	Yaygın	Çok Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok Düşük
Esturine	Bölgesel olarak değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Kumsal					
Yüksek Dalga Enerjisi	Yaygın	Orta	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Düşük Dalga Enerjisi	Yaygın	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Lagünel	Bölgesel olarak değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
Suların çekildiği kıyı	Bölgesel olarak değişken	Yüksek	Orta	Düşük	Çok Düşük
(c) Yapay					
Sıkıştırılmamış Dolgu	Değişken	Çok Yüksek	---	---	---
Sıkıştırılmış Dolgu	Değişken	Düşük	---	---	---

Çizelge 2.5 Haritada Sıvılaşmaya yatkınlık birim oranı

Haritadaki Bağlı Yatkınlık	Harita Birim Oranı
Çok Yüksek	0,25
Yüksek	0,20
Orta	0,10
Düşük	0,05
Çok Düşük	0,02
Hiç	0,00



Şekil 2.5 Sıvılaşma Yatkınlık Sınıfları için koşullu sıvılaşma olasılığı ilişkileri (Liao, ve diğ., 1988)

Şekil 2.5'te verilen koşullu sıvılaşma potansiyeli bağıntıları $M=7,5$ büyüklüğüne sahip bir deprem ve 5 feet (yaklaşık 1,524m) için geliştirilmiş olup; diğer deprem büyüklükleri ve yeraltı suyu derinlikleri için dönüşüm katsayıları sırasıyla 2.35 ve 2.36 numaralı eşitliklerde verilmiştir. Bu dönüşüm katsayıları genel kabul görmekte ve sıvılaşma potansiyelini belirleme amaçlı çalışmalarda doğrudan kullanılmaktadır (Seed ve Idriss, 1982; Seed ve diğ., 1985; National Research Council, 1985).

Çizelge 2.6 Sıvılaşma yatkınlık sınıfları için koşullu olasılık ilişkileri

Duyarlık Kategorisi	$P [Liquefaction_{SC} PGA = a]$
Çok Yüksek	$0 \leq 9,09 a - 0,82 \leq 1,0$
Yüksek	$0 \leq 7,67 a - 0,92 \leq 1,0$
Orta	$0 \leq 6,67 a - 1,0 \leq 1,0$
Düşük	$0 \leq 5,57 a - 1,18 \leq 1,0$
Çok Düşük	$0 \leq 4,16 a - 1,08 \leq 1,0$
Hiç	0,0

Bu bağıntılar ayrıca Şekil 2.6 ve Şekil 2.7’de de grafik olarak gösterilmişlerdir. Deprem büyüklüğü ve yeraltı suyu derinliklerine ilişkin düzeltmeler metodoloji içerisinde otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Dönüşüm katsayıları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.

$$K_m = 0.0027M^3 - 0.0267M^2 - 0.2055M + 2.9188 \quad (2.35)$$

$$K_w = 0.022d_w + 0.93 \quad (2.36)$$

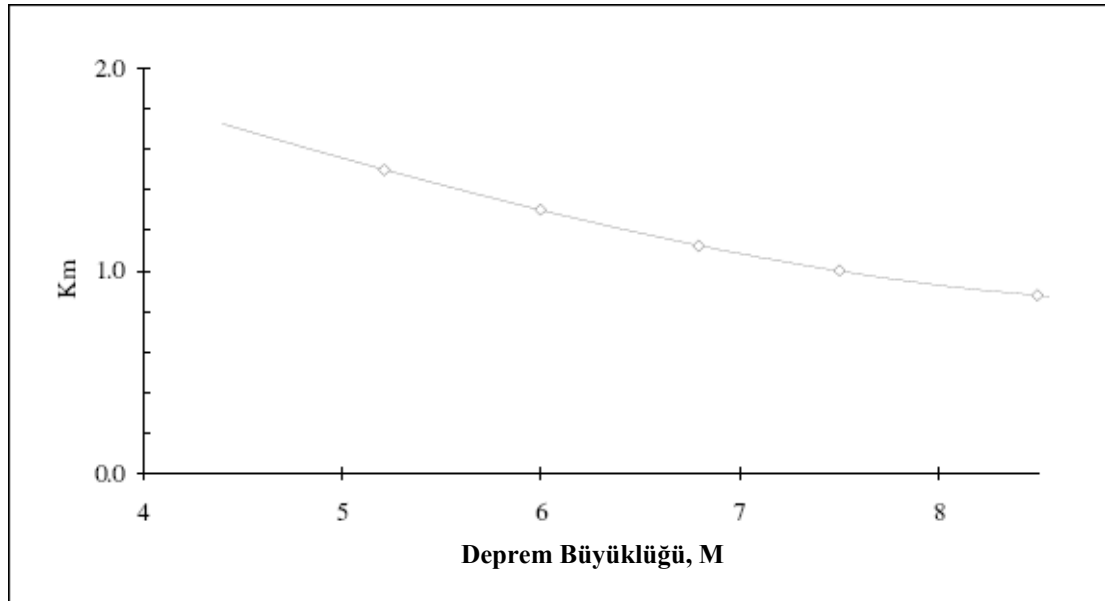
Bu eşitliklerde;

K_m moment büyüklüğü $M=7,5$ ’ten farklı olan depremler için düzeltme faktörü;

K_w beş (5) feet’ten farklı olan yeraltı suları derinlikleri için düzeltme faktörü;

M sismik olayın büyüklüğünü ve;

d_w yeraltı suyuna olan derinliği feet olarak gösterir.



Şekil 2.6 Sıvılaşma Olasılığı eşitlikleri için moment büyüklüğü (M) düzeltme faktörü (Seed ve Idriss, 1982)



Şekil 2.7 Sıvılaşma olasılığı eşitlikleri için yer altı suyu derinlik düzeltme faktörü (FEMA, 1999)

2.4.3 Zemin sınıfı verileri

JICA (2002) Çalışması'ndan alınan son afet verisi ise Şekil B.13'te verilen zemin sınıflandırmasıdır. Sınıflandırma NEHRP kriterlerine göre yapılmış ve yüzeyden itibaren 30m'lik kısım için ortalama Vs değerleri dikkate alınmıştır. Tanımlanan sınıflar Çizelge 2.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.7 JICA (2002) Çalışması'nda kullanılan NEHRP zemin sınıflandırması

Zemin Sınıfı	Üst 30m için ortalama Vs
A	>1500m/s
B – B0	760 - 1500m/s
C – C0	360 - 760m/s
D – D0	180 - 360m/s
D1	300 - 360m/s
D2	250 - 300m/s
D3	220 - 250m/s
D4	200 - 220m/s
D5	180 - 200m/s
E	<180m/s

Diğer kullanılan veri ise Şekil B.14'te verilen İstanbul Avrasya Yerbilimleri Enstitüsünden elde edilen İstanbul zemin sınıfı haritasıdır.

2.5 İstanbul İçin Olası Deprem Senaryoları

2.5.1 JICA (2002) çalışması

JICA'nın İstanbul için gerçekleştirdiği çalışma gözden geçirilmiş, kullanışlı veriler ve modeller de göz önüne alınmıştır. JICA raporunda Marmara Denizi'ndeki fay üzerinde bulunan kırılmalara göre geliştirilmiş 4 değişik model bulunmaktadır.

Model A, fay hattının doğu bölümündeki kırılmadır. Şekil 2.8'de görüldüğü üzere, bu parça 120 km uzunluğunda olup, 1999 depreminde kırılan hattının batı kısmından Silivri hattına kadardır. Bu model, sismik hareketin batıya yönelmesi nedeniyle, 4 deprem senaryosu arasında en olası görülenidir. Moment büyüklüğünün (Mw) 7,5 olacağı öngörülmektedir (JICA, 2002).



Şekil 2.8 Model A (JICA, 2002)

Model B, fay hattının batı kısmındaki kırılmayı incelemektedir. Şekil 2.9'da görüldüğü üzere, bu bölüm 1912 Mürefte-Şarköy deprem kırılma hattının doğu ucundan Bakırköy'e kadar 110 km boyunca uzanmaktadır Moment büyüklüğünün (Mw) 7,4 olacağı öngörülmektedir (JICA, 2002).



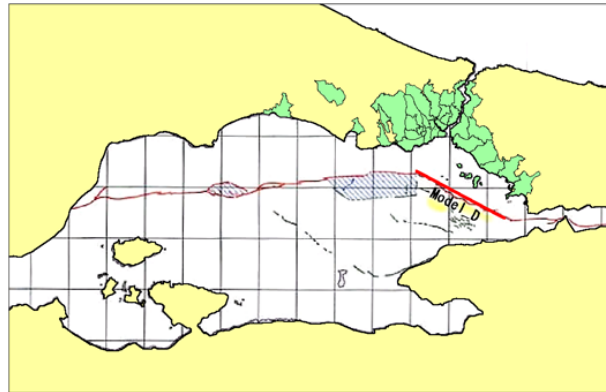
Şekil 2.9 Model B (JICA, 2002)

Şekil 2.10’da görüldüğü üzere, Model C Kuzey Anadolu Fayı’nın Marmara içindeki 170 km’lik kısmında eşzamanlı bir kırılma öngörür. Bu model en kötü ihtimal olarak tanımlanmaktadır. Marmara denizinde gerçekleşen depremler arasında maksimum büyüklük 7,6’dır. Bu durumda bile, bütün fay eşzamanlı olarak kırılmamıştır. Moment büyüklüğünün (Mw) 7,7 olacağı öngörülmektedir (JICA, 2002).



Şekil 2.10 Model C (JICA, 2002)

Şekil 2.11’de görüldüğü üzere, Model D Marmara Denizi’nin kuzeyinde devam eden ve Çınarcık Havzasının dik eğimli kuzey kenarındaki normal faya göre hazırlanmıştır. Normal atımlı faylanma için geliştirilmiş deneysel formüllere göre moment büyüklüğünün (Mw) 6,9 olacağı öngörülmektedir (JICA, 2002).

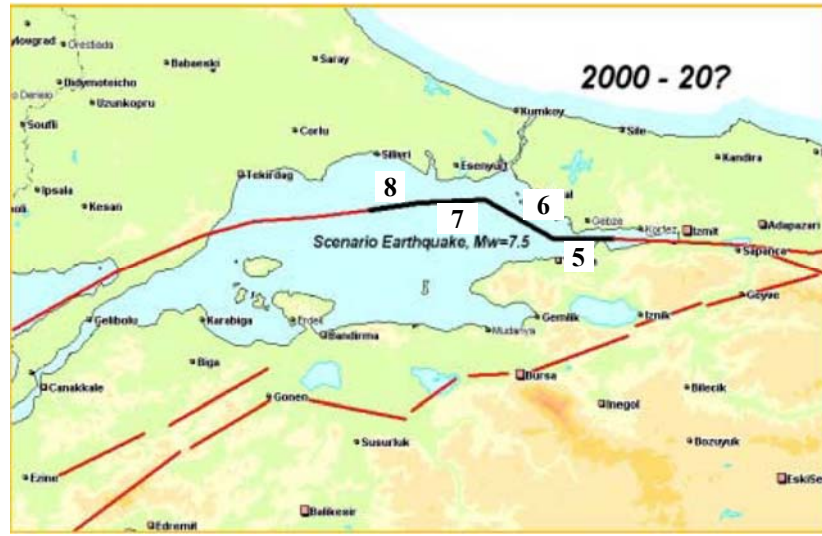


Şekil 2.11 Model D (JICA, 2002)

JICA (2002) raporundan alınan afetle ilişkili bir diğer harita da İstanbul’un sivilaşma potansiyeli haritasıdır. Bu harita İstanbul’un o dönemdeki idari sınırlarının tamamını kapsamamaktadır. Dolayısıyla kayıp analizi sürecinde sadece eldeki mevcut verinin kapsadığı bölgeler için kullanılmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen çalışma, mevcut veriler ışığında proje için gözden geçirilmiştir. Marmara Denizi içindeki fayları gösteren harita ve İstanbul Jeoloji Haritası bu enstitüden alınarak çalışmada kullanılmıştır.

2.5.2 KOERİ (2003) çalışması

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsünün 2002 yılında tamamlamış olduğu çalışmada ise “beklenen en kötü durum” olarak adlandırılan deprem senaryosu kullanılmıştır. Bu senaryoya göre ana Marmara fayının kırılmamış kesimlerinde olacak olan moment büyüklüğü 7,5 olacağı düşünülen bir deprem beklenmektedir. Senaryoya göre kırılmanın Şekil 2.12’de gösterilen 5, 6, 7 ve 8 nolu segmentlerde olması beklenmiştir. Oluşturulan bu senaryoda faydaki toplam kırılma ve deprem büyüklüğü 1999 yılında Kocaeli ilinde meydana gelen depreme benzer olarak alınmıştır (KOERI, 2003).



Şekil 2.12 İstanbul için Mw= 7,5 Deprem Senaryosu (KOERI, 2002)

2.5.3 Ana Marmara fayı (MMF) deprem odak mekanizması

Sato ve diğ. (2004)' Marmara denizi için okyanus dibi sismometreleri (OBSs) deneyinde göstermektedir ki ana Marmara fayı (MMF) bu bölgedeki tek aktif faydır. Birçok mikro deprem ile elde edilen deney sonuçları, batı Marmara Denizinde Le Pichon ve diğ. (2001)'nin tanımladığı gibi tek, yerel, aktif ve tam bir sağ yanal atımlı fay sisteminin olduğunu desteklemektedir. Buna karşın sonuçlar, Marmara denizinin doğusundaki fay sisteminin ise nispeten daha karmaşık bir yapıda olduğunu ve MMF'nin dalma açısının batı Çınarcık ovasında güneye doğru yaklaşık olarak 45° olduğunu göstermektedir. Deneysel gözlemler göstermiştir ki batı Çınarcık ovası Armijo ve diğ. (2002)'nin de önerdiği gibi oblik açılmalı bir sistemdir (oblique extensional regime). Bu çalışma sonunda elde edilen odak mekanizmaları Çizelge 2,8'de verilmektedir.

Çizelge 2,8 Cluster analizleri sonucu kompozit mikroderepm odak mekanizmaları (Sato et al, 2004)

Olay No	Olayların Sayısı	Ortalama Enlem (°K)	Ortalama Boylam (°D)	Ortalama Derinlik (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)
1	9	40,8131	27,7213	10,1	0	80	-10
2	2	40,8169	27,8441	11,2	70	90	-180
3	8	40,8362	28,6669	7,1	280	90	170
4	3	40,7832	28,8606	10,6	120	50	-100
5	10	40,7606	29,1313	9,6	0	60	-30
6	10	40,6297	29,0901	6,5	240	50	-120
7	9	40,5939	29,0109	9,3	190	65	-40

2.6 Topografya ve Eğimin Deprem İvmesine Etkisi

Eğim verisi afet analizinde topografyanın ivme yükseltme değerini hesaplamak üzere kullanılır. Eğimin deprem ivmesine etkisi 1970’li yıllardan beri incelenmektedir. Kanyonlarda, tepelerde, sırtlarda ve uçurumlarda olduğu gibi düz olmayan yer yüzeylerinin sismik etkilerinin yapılar için zararlı olduğu, 1978 Miyagiken-oki, 1985 Şili, 1978, Güney Almanya, 1987 Whittier Narrows, 1980 Irpinia, 1999 Eje Cafetero-Colombia, 1971 San Fernando, 1983 Coalinga ve benzeri birçok depremde görülmüştür. Buna göre depremlerde en ağır hasarlar uçurumların ve sırtların tepelerinin ya da kanyon ve tepelerin zirvelerinin yakınlarında oluşmuştur (Gazetas, 2002). Bu konudaki ilk çalışmalardan biri Boore (1972) tarafından 9 Şubat 1971’de meydana gelen San Fernando depremi için yapılmış ve topografyanın deprem ivmelerinde %25 ile %50 oranlarında bir farklılığa neden olduğu görülmüştür. Boore (1972) gibi Bard (1982) tarafından yapılan araştırmalardan, özellikle tepelerde frekansa bağlı yükseltmelerin görüldüğü ortaya çıkmıştır. Bard (1982) çalışmasında S dalgalarındaki yükselmenin dağ tepelerinde P dalgalarına göre daha fazla olduğunu belirtmiştir. Yükselmenin artışının ise S dalgaları için eğim artışı ile doğru orantılı P dalgaları için ise ters orantılı olduğunu açıklamıştır. Çelebi (1987) çalışmasında 3 Mart 1985 Şili depreminde Canal Beagle’da meydana gelen topografik etkileri incelemek üzere üç farklı kesit oluşturmuştur. Bu kesitler ile birlikte 1983 Coalinga California ve 1987 Supersition Hills California depremleri (Çelebi, 1991) üzerindeki çalışmalarında hız sismografları ile elde edilen yer hareketlerinden benzer

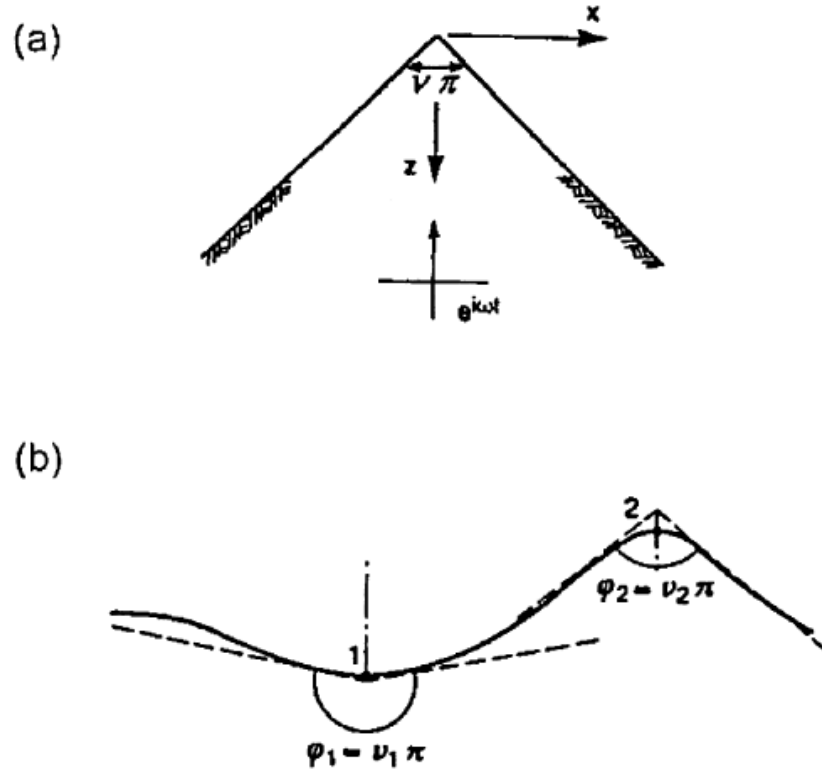
jeolojik özellikteki tepelerin, depremlerdeki kuvvetli yer hareketlerini sistematik olarak yükselttiğinin görüldüğünü belirtmiştir. Çalışmada elde edilen topografik yükseltme fonksiyonu tepe zirvesi ve eteğindeki istasyonlardaki fourier genlik spektrumları oranı ile elde edilmiştir.

Geli ve diğ. (1988) dağ tepelerinde sismik hareketlerin yükseltilmesinin teori ve gözlemlerle doğrulandığını ve bu yükseltmenin yatay bileşende (S dalgası) düşey bileşenden (P dalgası) daha fazla olduğunu belirtmiştir. Üç farklı konfigürasyonda modellenen tepeler için altışar nokta üzerinde yapılan deneysel çalışmalardan hesaplanan yükseltmeler sonucunda, topografik modellemelerinin yeterince kompleks yapılamaması nedeniyle yükseltmelerin eksik tahmin edildiğini ortaya çıkarmıştır. Pedersen ve diğ. (1994) Yunanistan'ın merkezinde bulunan Sourpi yakınlarındaki tepelerin yerel ve bölgesel depremlerde gösterdiği yükseltme etkisi üzerine frekans ve zaman etki alanlarında çalışmış ve 1,5 ile 3 katlık yükseltmelere rastlamıştır. Bu yükseltmeler tepelerin zirve ve etekleri arasındaki spektral orandan hesaplanmıştır.

Düzensiz topografyaya sahip tepeler için yapılan çalışmalarda ise finite-element (FEM), finite-difference(FDM), boundary element (BEM), discrete wavenumber (DWN), ve hibrid metodlar kullanılarak modelleme yapılmış ancak gerek modelleme zamanı gerekse bu modeller üzerinden yükseltmelerin hesaplanması için geçen zaman oldukça fazla tutmakta ve yüksek işlemci gücü gerektirmektedir. Ortiz-Aleman ve diğ. (1998) çalışmalarında üç boyutlu (3D) topografik objelerin P ve S dalgalarına karşı sismik tepkilerinin hesaplanması amacıyla IBEM (Indirect Boundary Element Method) kullanmışlardır. Bu çalışma ile deprem kuvvetli yer hareketlerinin tepe ve kanyon gibi 3D topografik objelerdeki etkilerinin daha kompleks modellerle daha hızlı şekilde hesaplanabilmesi amaçlanmıştır. Çalışmaları sonunda karmaşık modeller için hızlı yaklaşık çözümler elde edilebilmesi için umut verici sonuçlar elde edilmiş ancak herhangi bir yükseltme faktörü sunulmamıştır. 1999 yılında Yunanistan'da meydana gelen Parnitha depreminde görülen topografik etkileri araştıran Gazetas (2002) Kifios nehri etrafındaki vadide bulunan Adames'i incelemiştir. Bölge için iki farklı kesit seçilmiştir. Bu kesitler üzerinde meydana gelen kuvvetli yer hareketlerinin modellenmesi için finite element metodu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre topografik şiddetlendirme faktörü olarak

tanımlanan (Topografic Aggravation Factor – TAF) yükseltme değerlerinin 1,2 ile 1,4 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Topografyanın etkilerini basit olarak modelleyen çalışmalar da mevcuttur. Bunlardan Aki (1988), topografyanın etkilerini simüle edebilmek için kama şeklinde basit yapıda bir ortam kullanmıştır (Şekil 2.13(a)). Böylece, tepe sırtına doğru ya da sırt eksenine paralel olarak ilerleyen SH dalgaları için sırt açısı $v\pi$ ($0 < v < 2$) olan bir tepedeki deplasman yükseltmesini $2/v$ olarak alan mutlak bir çözüm sunmuştur. Faccioli (1991) ise bu üçgen kama yapısını sırt vadi topografyasını Şekil 2.13(b)'de gösterildiği gibi yaklaşık olarak modellemek için kullanmıştır. Bu basit model tepe zirvesi için tepe tabanına göre bir yükseltme değerini v_1/v_2 oranı ile hesaplamaktadır (Athanasopoulos, 1999).



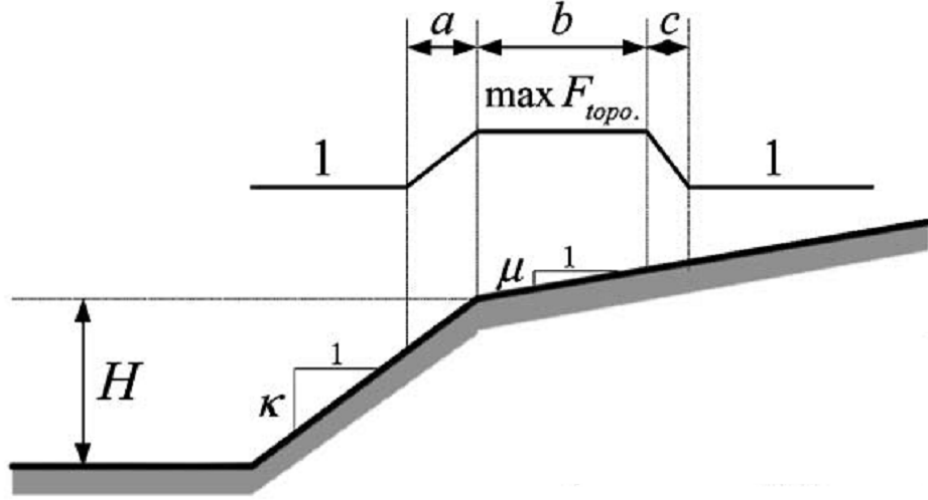
Şekil 2.13 Üçgen Kamalar ile Sırt/Vadi Topografyasının Modellenmesi (Faccioli, 1991)

Mevcut veriler ile topografyanın iki boyutlu (2D) ve 3D sayısal modellenmesinin basit modellere göre avantaj ve dezavantajlarını karşılaştıran Paollucci (2002) çalışmasında İtalya'da bulunan dört adet farklı topografik yapıdaki tepeyi 3D olarak modellemiş ve spektral element metodu ile yükseltme değerlerini hesaplamıştır. Çalışma sonuçlarında elde edilen yükseltme değerleri, Rayleigh metodu ile 2D modelden ve Eurocode 8 yönetmeliğinden elde edilen yükseltme değerleri ile

karşılaştırılmıştır. Eurocode 8 yönetmeliğindeki yöntemle hesaplanan yükseltme etkisinin düzenli topografyalarda 2D ve 3D modeller kadar iyi sonuçlar verdiği düzensiz topografyalarda ise yükseltme etkisinin 3D modellere göre daha eksik tahmin edildiği belirtilmiştir. Bu eksikliğin farklı doğrultular göz önüne alındığında ortalamaların alınarak giderilebildiği görülmüştür. Bu nedenle tek bir tepe yerine genel olarak bir bölge incelendiğinde işlem hızı doğruluk açısından en iyi performansı Eurocode 8 yönetmeliğinde belirtilen yükseltme etkisinin verdiği görülmektedir. Benzer bir sonuç Assimaki (2005)'nin yaptığı çalışmada da görülmektedir. Bu çalışmada topografinin deprem kuvvetli yer hareketleri üzerindeki etkisini yansıtabilmek için geliştirilen 3D ya da 2D modellerin elde yeterli sıklıkta ve dağılımda kuvvetli yer hareketi verisi olmadığı için tatmin edici olmadığını göstermektedir. Ayrıca, bugüne kadar yapılan çalışmalar içinden kullanılabilecek en iyi kabulün Fransız Sismik Yönetmeliği (AFPS, 1995) ya da Eurocode 8 (EC8) olduğu belirtilmektedir.

2.7 AFPS, 1995 Fransız Sismik Yönetmeliği

1995 Fransız Sismik Yönetmeliği (AFPS, 1995) Eurocode 8'e benzer bir şiddetlendirme faktörü sunmaktadır. ST olarak sembolize edilen bu şiddetlendirme faktörü Şekil 2.14'teki gibi uçurum türü topografyalarda 2D yükseltme için uçurum yüksekliği (H) ile eğim açıları κ ve μ 'nin bir fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda, F_{topo} , 1,00 ile 1,40 arasında değişmekte ve $i=22^\circ$ 'den küçük eğim açısına sahip tepelerde topografik etki ihmal edilmektedir.



Şekil 2.14 Fransız Sismik Yönetmeliğinde (AFPS 1990) topografik etkiler için geçerli şiddetlendirme etkisi

Buna göre Şekil 2.14'te belirtilen topografyaya ait geometrik özellikler ve topografik yükseltme eğrisi $\max F_{topo}$ aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$a = H / 3 \quad (2.37)$$

$$b = \min \left\{ \frac{H+10}{4}, 20\kappa \right\} \quad (2.38)$$

$$c = H / 4 \quad (2.39)$$

$$\max F_{topo.} = 1 + 0.8(\kappa - \mu - 0.4) \quad \left\{ (1 \leq \max F_{topo} \leq 1.4) \right\} \quad (2.40)$$

2.8 Eurocode 8

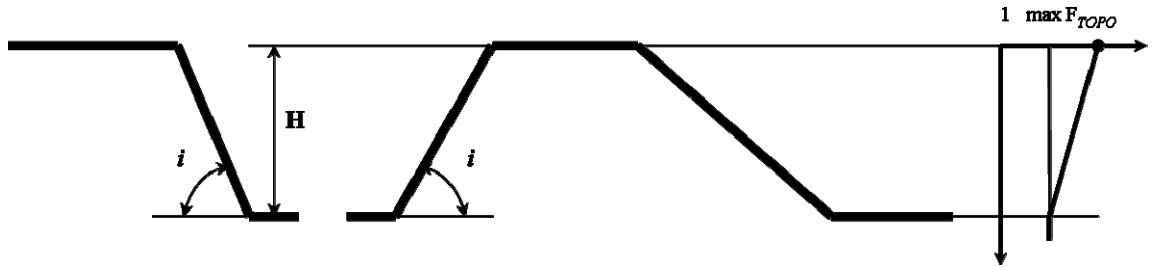
Eğim verisi topografik ivme yükseltme etkisini hesaplamakta kullanılmaktadır. Topografik ivme yükseltmesi şu anda dünyada sadece Eurocode8 - 5. kısımda ve AFPS 1995'te tanımlanmış ve kullanılmaktadır. Kurulan sistemde de bu tanım kullanılmıştır. Eurocode 8:

Yer eğimlerine göre basitleştirilmiş yükseltme faktörleri vermektedir. Bu yükseltme faktörleri eğimler uzun sırtlar ve yüksekliği 30 metreden fazla olan kayalıklar gibi iki boyutlu topografik düzensizliklerin olduğu yerlerde tercih edilmelidirler.

15°den daha az ortalama eğimler için topografik etki ihmal edilebilir, çok düzensiz yerel topografik bölgeler için özel çalışmalar yapılması önerilmektedir. 15°den daha büyük eğim açıları için aşağıdaki yönergeler takip edilmelidir:

- a) İzole edilmiş kayalıklar ve eğimlerde: Tepe zirvesi sınırındaki noktalar için $ST > 1,2$ koşulunu sağlayacak bir değer kullanılmalıdır;
- b) Tepe zirvesi genişliği taban genişliğinden önemli derecede az olan sırtlarda: Ortalama eğim açısı 30°den büyük eğimli arazinin zirvesine yakın yerlerde $ST > 1,4$ olacak bir değer kullanılmalıdır. Daha küçük eğim açıları için $ST > 1,2$ olacak bir değer kullanılmalıdır.
- c) Gevşek bir yüzey katmanının bulunduğu durumlarda: a) ve b) bölümlerinde verilen en küçük ST değeri en az %20 arttırılarak kullanılmalıdır.
- d) Yükseltme faktörünün uzamsal varyasyonunda: ST 'nin değeri tepe zirvesinin tabandan olan yüksekliğinin lineer fonksiyonu olacak şekilde azalmalı ve tabanında tek bir değer almalıdır.

Genel olarak sismik yükseltme aynı zamanda sırtın üzerinde bulunan derinliklerde hızlıca düşer. Bu yüzden, topografik etkiler topografik durağanlığın olmadığı yerlerde hesaba katılmalıdır. Şekil 2.15'te Eurocode 8'te belirtilen topografik yükseltme faktörünün hesabına ait çizimsel anlatım görülmektedir.



Şekil 2.15 Topografik etkiler için European Seismic Code provisions (EC8-2000)

Tüm bu bilgiler ışığında sistemdeki topografik yükseltme etkisi $\max F_{TOPO}$ aşağıda verilen koşullara göre hesaplanmaktadır:

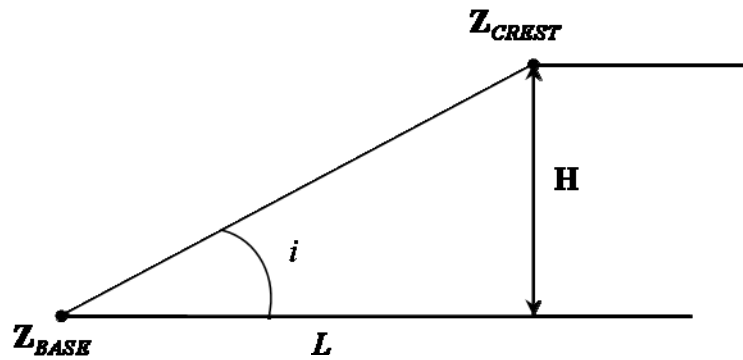
$$\max F_{TOPO} \geq \begin{cases} 1.4, & i > 30^\circ \\ 1.2, & 15^\circ < i < 30^\circ \\ 1, & H < 30m \text{ ya da } i < 15^\circ \end{cases} \quad (2.41)$$

2.9 Tez Çalışmasında Eurocode 8'in Uygulanması

Tez çalışmasında hazırlanan yazılım büyük boyutlu verilerle yapılan analizleri içerdiğinden topografyanın deprem ivmesi üzerindeki etkisinin minimum işlemci ihtiyacı ile çalışması en uygun çözümü sunmaktadır. Bu nedenle günümüzde Avrupa'da da kullanılan Eurocode 8 sismik yönetmeliğinde verilen ve bugüne kadar yapılan çalışmalarda uygulanabilirliği tespit edilen topografik yükseltme etkisi tez çalışmasında kullanılmıştır. Topografik yükseklik etkisinin hesaplanabilmesi için önerilen bir önkoşul olan, tepe zirvesi ile tabanı arasındaki yüksekliği temsil eden H değerinin her bir nokta için hesaplanması için aşağıda anlatılan prosedür geliştirilmiştir.

Tepenin tabandan itibaren yüksekliği aşağıdaki trigonometrik eşitlik ile hesaplanabilir;

$$H = L \cdot \tan(i) \quad (2.42)$$



Şekil 2.16 Tepe Yüksekliği ve Taban Yatay Uzunluğu

Bu hesabı kullanabilmek için L yatay uzunluğunun bilinmesi gerekmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen sistemde L yatay uzunluğu eğim haritası üzerinden hesaplanmaktadır.

- Raster eğim haritasının her bir pikseli (cell) bir eğim açısı değeri içermektedir.
- Raster eğim haritasına ait piksel büyüklüğü ise ASCII dosyasının içine yazılan özel bir değerdir.

CELLSIZE 0,0029466256682426023

- Sistemde kullanılan ASCII raster haritalarında diğer tüm veriler gibi WGS84 Coğrafi Koordinat Sisteminde tanımlı olduğu için bu piksel büyüklüğü derece birimindedir.
- İlk olarak bu büyüklük aşağıdaki eşitlik kullanılarak metre birimine dönüştürülür.

$$CELLSIZE(m) = \frac{6378137 \cdot \pi \cdot CELLSIZE(deg\ ree)}{180} \quad (2.43)$$

- Ardından, aynı eğim değerine sahip komşu pikseller aranır.
- Sonraki aşamada bulunan eş değerdeki komşu piksellerin sayısı piksel alanı ile çarpılarak tepenin taban alanı (A) hesaplanır.

$$A = n \cdot (CELLSIZE)^2 \quad (2.44)$$

Yatay L uzunluğunu belirlemek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$L = \frac{\sqrt{2 \cdot A}}{2} \quad (2.45)$$

Her piksele ait yatay L uzunluğu ve (i)eğim açısı değeri kullanılarak her piksel için H değeri hesaplanır.

3. ENVANTER

İstanbul hakkında envanter araştırması gerekliliği, daha önce yapılmış olan JICA çalışmasına başvurulmasını gerektirmiştir. Veri, yüzdelik değerle bölgenin toplam bina sayısı hakkında kat sayısı, yapım dönemleri, işgal tipleri, yapı çeşitleri ve binaların yerlerini barındıran İstanbul JICA çalışması için, İstanbul Büyükşehir Belediyesinden elde edilmiştir. Sıvılaşma potansiyeli, kentsel hasar görülebilirlik değerlendirme verisi, 1999 Kocaeli Depremi sonrası İstanbul'daki bina hasarı, jeoloji, zemin sınıfı, Türkiye idari, İstanbul ve İstanbul'un semtleri için idari, fay, arazi kullanımı, kamu hizmetleri ve topografik haritalar Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere JICA (2002) çalışmasından elde edilmiştir.

İstanbul'a ait güncel idari sınır ve topografik haritalar İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Zemin ve Deprem Araştırma müdürlüğünden elde edilmiştir.

Ayrıca hücrelerin toplam bina sayısına göre yüzdelik değeri göz önüne alınarak binaların yapı türleri Kandilli Deprem Araştırma Merkezi'nin KOERI (2003) çalışmasından elde edilmiştir. Bu çalışmada bina verileri 400m x 600m boyutlu hücrelere bölünmüş olan İstanbul ili haritasından oluşmaktadır. Çalışmada İstanbul ili bina verileri yapı türü, inşaat yılı aralığı ve kat adedi olmak üzere üç kıstasa göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre veriler, yapı türü, kat adedi ve inşaat yılını üç boyutlu matris formatında aşağıdaki gibi tanımlanmışlardır. Çalışmada dört (4) çeşit bina yapı türü bulunmaktadır. Bu yapı türleri; Betonarme Bina, Perde Beton Bina, Yığma Bina ve Prefabrik Bina olarak verilmiştir.

- Yapı türü; matrisin “i”inci boyutunda
- Kat adedi; matrisin “j”inci boyutunda
- İnşaat yılı; matrisin “k”inci boyutunda tanımlanmaktadır.

Zeytinburnu ilçesi için yukarıda belirtilen verilere ek olarak yapı türü, yapı durumu, bina kullanımı ve kat tipi öznelilikleri, çalışma alanındaki binaların detaylı değerlendirmesi için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınmıştır. Bu veriler Kentsel Dönüşüm Projesi kapsamında toplanmışlardır.

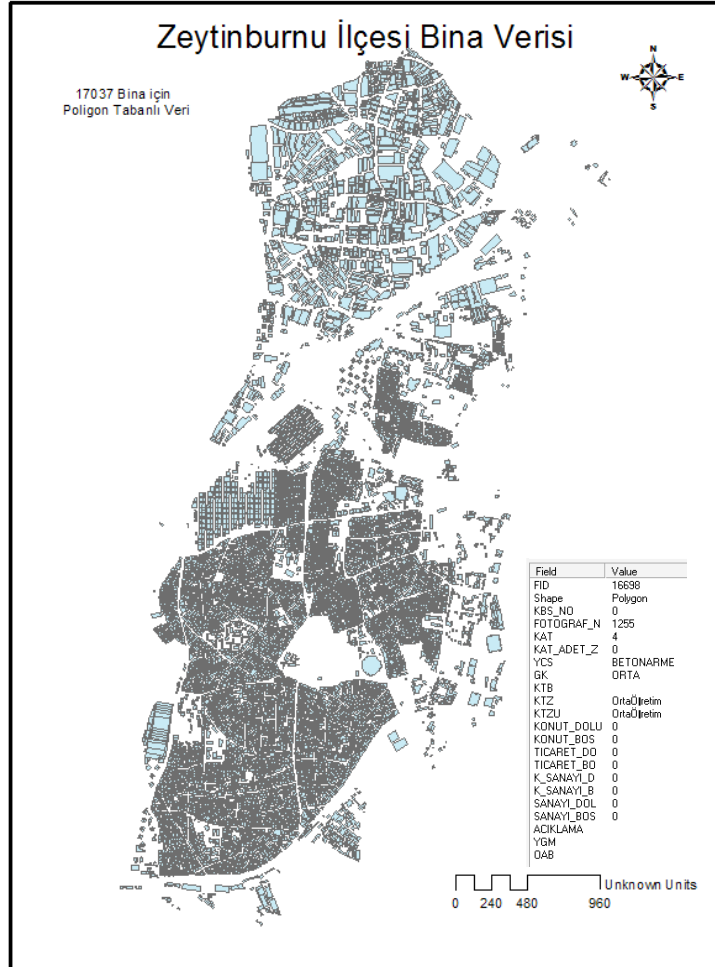
Çizelge 3.1 JICA (2002) Çalışması Veri Katalogu

Envanter Tanımı	Ölçek	Kaynak	Yıl	Sınıf
Sınır	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon
Kıyı çizgisi	1:5,000	1:5,000 altlık harita	1997	Poligon
İlçe Belediye Sınırı	1:5,000	İlçe Belediyeleri	2001	Poligon
Enlem ve Boylam		Çalışma ekibi	2002	Çizgi
Mahalle Sınırı	1:5,000	İlçe Belediyeleri	2001	Poligon
T.C İl Sınırları	1:1,000,000	-	2000	Poligon
Mahalledeki ölçeğinde 2000 yılı bina sayım	1:5,000	SIS	2000	Poligon
Mahallelere göre ahşap bina oranı	1:5,000	Çalışma ekibi	2000	Poligon
500m grid ve eğim sınıflamasına göre bina sayımı	1:1,000	Çalışma ekibi	1997	Poligon
1:1,000 taban haritadan bina nokta verisi	1:1,000	1:1,000 altlık harita	1997	Nokta
Bina hasar tahmini: model A	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon
Bina hasar tahmini: model B	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon
Senaryo fay model A,B,C,D'ye göre deprem tahmini		Çalışma ekibi	2002	Çizgi
Sıvılaşma Potansiyeli	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon
PGA, PGV ve SA simulasyon sonuçları	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon
Eğim stabilite analizi sonuçları	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon
JICA çalışmasından alınan sondaj noktası	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Nokta
İBB tarafından kataloglanmış sondaj noktası:	1:5,000	İBB	2002	Nokta
İBB tarafından kataloglanmış sondaj noktası: Avrupa	1:5,000	İBB	2002	Nokta
İMM tarafından kataloglanmış sismik kırılım verisi	1:5,000	İBB	2002	Nokta
Fay hattı		Kalafat	2002	Çizgi
Jeoloji Haritası 1:5,000, İBB, 2001	1:5,000	İBB	2001	Poligon
Formasyon kod listesi		İBB		dbf
Mahallelere göre tehlike altındaki tesisler	1:5,000	İBB	2002	Poligon
Varolan arazi kullanımı, 1994 (1:25,000 ölçeğinde)	1:25,000	İBB	1994	Poligon
Varolan arazi kullanımı haritasındaki askeri alanlar,	1:25,000	İBB	1994	Poligon
Varolan arazi kullanımı haritasındaki ana yollar,	1:25,000	İBB	1994	Çizgi
Varolan arazi kullanımı, 2000 (1:25,000 ölçeğinde)	1:25,000	İBB	2000	Poligon
Kentsel genişleme	1:200,000	İBB	1995	Poligon
Belediye ve Kaymakamlık	1:1,000	Çalışma ekibi	2002	Nokta
İlçelere göre diğer resmi binalar	1:5,000	Valilik	2002	Poligon
İlçelere göre eğitim tesisleri	1:5,000	Valilik	2002	Poligon
İtfaiye	1:1,000	Çalışma ekibi	2002	Nokta
İlçelere göre sağlık olanakları	1:5,000	Valilik	2002	Poligon
Dini tesisler	1:5,000	Valilik	2002	Nokta
İlçe emniyet	1:1,000	Valilik	2002	Nokta
İlçelere göre diğer güvenlik hizmetleri	1:5,000	Valilik	2002	Poligon
Resmi Bina	1:5,000	Valilik	2002	Nokta
1999 depreminden zarar gören bina	1:5,000	Valilik	2001	Poligon
Deprem Merkez Üssü	0,01derece	Kalafat	2002	Nokta
Merkez üssü veri alanı sınırı	0,01derece	Kalafat	2002	Poligon
Tarihi Deprem Merkez üssü	0,1derece	Kalafat	2002	Nokta
Sismik istasyon	1:5,000	ERD, ITU ve Kandilli	2002	Nokta
Grid veriden oluşturulmuş eşyüksekti eğrileri	1:1,000	Çalışma ekibi	1997	Çizgi
Yükseklik (grid formatında veri)	1:1,000	1:1,000 altlık harita	1997	Grid
Yükseklik (nokta veriye dönüştürülmüş)	1:1,000	1:1,000 altlık harita	1997	Nokta
Yükseklik (poligon veriye dönüştürülmüş)	1:1,000	1:1,000 altlık harita	1997	Poligon
Mahallere göre ortalama eğim	1:5,000	Çalışma ekibi	1997	dbf
Eğim (grid formatı)	1:1,000	Çalışma ekibi	1997	Grid
Eğim (poligon formatı)	1:1,000	Çalışma ekibi	1997	Poligon
Eğim (10 derece aralıklı dönüştürülmüş polygon)	1:1,000	Çalışma ekibi	1997	Poligon
Bina yol ve eğim arasında çapraz analiz	1:5,000	Çalışma ekibi	2002	Poligon

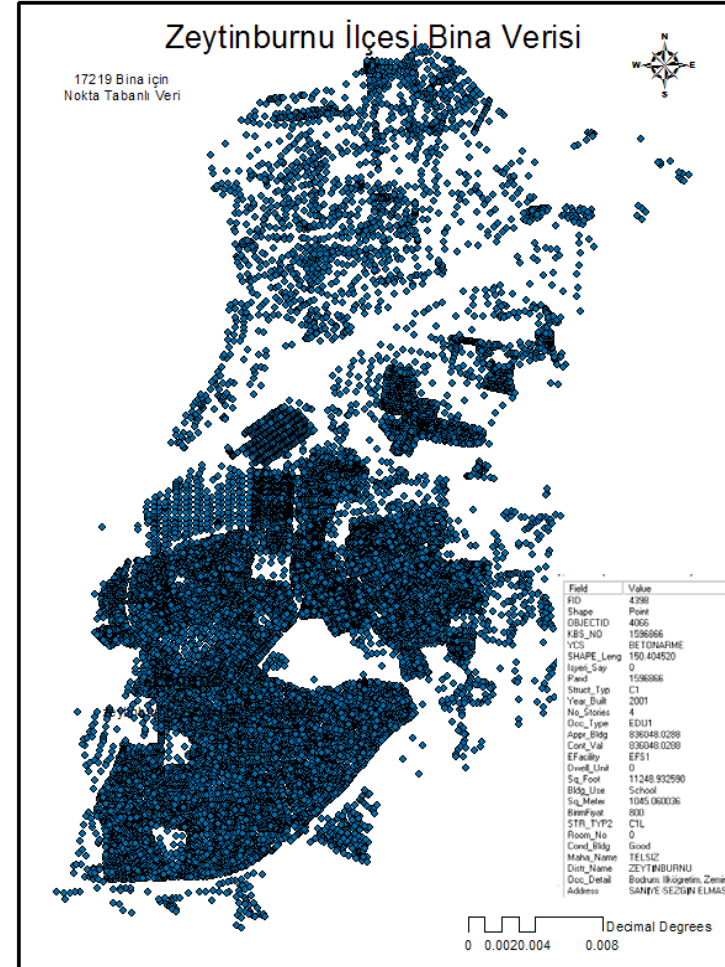
Çizelge 3.1’de gösterilen JICA (2002) çalışmasından elde edilen veriler kayıp tahmini doğruluğu için istenilen derecede yeterli bulunmamıştır. Bu nedenle ilk olarak bina yapı çeşitlerini içeren pilot çalışma alanı olarak Zeytinburnu ilçesi seçilmiştir. Pilot çalışma alanı ait bina verileri ise Zeytinburnu ilçesi için yürütülen Kentsel Dönüşüm Projesinden tedarik edilmiştir. İkinci olarak ise deprem hasar tahmini çalışmasını gerçekleştirebilmek için gerekli olan verileri ve yeterli öznitelikleri sağlayabilmek adına bugüne kadar gerçekleştirilmiş olan JICA (2002) ve KOERI (2003) çalışmaları verileri birleştirilerek İstanbul ili bina verileri için deprem hasar analizinde daha yeterli bir veri seti oluşturulmuştur.

3.1 Pilot Bölge Zeytinburnu için Bina Envanteri Oluşturulması

Şekil 3.1’de gösterilen veri, poligon yapısında Zeytinburnu ilçesi binalarını içermektedir. Bu veri İBB’nin Kentsel Dönüşüm Projesi kapsamında üretilmiştir. Zeytinburnu ilçesi kayıp analizi için geliştirilen yazılım nokta tabanlı verilerle çalıştığı için, çalışma kapsamında geliştirilen yazılımda kullanılmak üzere, bina verileri poligondan noktaya çevrilmiştir. Elde edilen veriler oluşturulan 25 kişilik arazi ekibi tarafından yerinde incelenmiş ve gerekli güncellemeler yapılmıştır. Bu kapsamda, Zeytinburnu ilçesindeki binalara ait imar ve tapu kayıtları incelenmiştir. Ayrıca tüm binalar arazide FEMA (Federal Emergency Management Agency) tarafından Amerika Birleşik Devletlerinde kullanılmakta olan HAZUS (Hazards United States) programına veri toplanması için geliştirilen Hızlı Görsel İnceleme (Rapid Visual Screening) (FEMA-154, 2002) metodu kullanılarak güncellenmiştir. Bu güncellemeler sonunda, Şekil 3.2’de görüldüğü üzere, mevcut bina verisine ait daha fazla ve güncel öznitelikler eklenebilmiştir. Son olarak bina verileri için TABİS veri formatına uyan bir veri formatı geliştirilmiş ve bina veri setleri yeniden sınıflandırılmıştır. Yapılan arazi çalışması sonucu yaklaşık 14000 binaya ait bina inşaat yılı belirlenmiştir. Aynı arazi çalışmaları sonucu 17037 olan Zeytinburnu ilçesi bina sayısı, yeni eklenen binalar ile birlikte 17219’a çıkmıştır. En son yapılan arazi çalışmalarının ardından 15857 binaya ait bina yapım yılları gerek yapı ruhsatları gerekse arazi çalışmaları sonunda elde edilmiştir. Aynı arazi çalışmasında, daha önce yapılan kentsel dönüşüm projesinden elde edilen binaların 503 tanesinin yıkıldığı yerlerine 267 yeni binanın yapıldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak Zeytinburnu ilçesinde en güncel bina sayısı 16801’dir.



Şekil 3.1 Zeytinburnu ilçesinin poligon bina verisi



Şekil 3.2 Zeytinburnu ilçesinin nokta bina verisi

3.2 İstanbul için Bina Envanteri Oluşturulması

Pilot bölge üzerinde geliştirilen çalışma ve algoritmaların ardından sistem mevcut İstanbul bina verileri üzerinde kullanılmıştır. Mevcut İstanbul bina verileri, JICA (2002) çalışması sonucu elde edilen ilçe tabanlı alansal verileri ve Boğaziçi Üniversitesi'nce Prof. Dr. Mustafa Erdik'in yürütücülüğünde gerçekleştirilen KOERI (2003) çalışmasında kullanılan 400x600 m boyutlu hücresel verilerdir. Çalışma kapsamınca, İstanbul'a ait mevcut bina verilerinin birleştirilip, noktasal tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi verisi elde edilmiştir. Bu işlem adımları aşağıda verilmektedir.

a) JICA (2002) çalışmasına ait İstanbul'daki tüm binalar için nokta bina verisi (Şekil B.23):

- Bu veri her binanın kat sayısını içermektedir.

b) a) verisi JICA (2002) çalışmasından alınan 1994 yılına ait bina kullanım türü verisiyle kesiştirilmiştir; bu işlem ile bina verisine kullanım türleri eklemiştir. Daha sonra, elde edilen veri 2000 yılının bina kullanım türü verisiyle kesiştirilmiş ve bu işlem ile bina kullanım türlerindeki 6 yıllık değişimler elde edilerek binaların yaşı hakkında fikir sahibi olma şansı elde edilmiştir.

c) Daha sonra, b) işlemi ile elde edilen veri mahalleler tabanlı kentsel gelişim verisiyle kesiştirilmiştir. Bu işlem, yapılar için bina inşa yılı aralığını vermektedir.

- Bu sayede binaların bir yapı deprem yönetmeliği seviyesine atanabilmesi sağlanmıştır.
- Yukarıda bahsedilen tüm işlemler için İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen JICA (2002) çalışmasına ait veriler kullanılmıştır.

d) Bu kısımdan sonra, c)'de elde edilen veri Prof. Dr. Mustafa Erdik'ten elde edilen KOERI (2003) çalışmasına ait 400x600m hücre boyutunda bina yapı tipi verisiyle (Şekil B.24) kesiştirilmiştir.

- Bu veri sadece aşağıda verilen yapı tiplerini içermektedir:
 - o Betonarme çerçevesiz bina
 - o Yığma bina

- o Betonarme perde duvarlı bina
- o Prefabrik bina

e) İki veri kesiştirilmeden önce:

- İki verinin referans ve koordinat sistemleri arasındaki farklılıkları düzeltilmiş,
- JICA (2002) çalışmasına ait verilerinin öznitelikleri, KOERI (2003) çalışmasından alınan verinin formatıyla eşleşebilmeleri için yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil B.25).
- KOERI (2003) verisi, yapı tiplerini kat sayısını ve inşa yıllarını matris formatında tanımlamaktadır.
 - o Yapı tipi, matrisin “i” boyutunu oluşturur.
 - o Kat sayısı, matrisin “j” boyutunu oluşturur.
 - o İnşa yılı, matrisin “k” boyutunu oluşturur.

- Daha sonra, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te verilen “FEMA-154 Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards” (FEMA-154, 2002) rehberindeki “binaların en olası yapı tipleri” ve Prof. Dr. Mustafa Erdik’in “İstanbul Metropolitan Bölgesinde Deprem Risk Analizi” adlı raporu kullanılarak verilerin kesiştirilmesi tamamlanmıştır.

f) Diğer yapı tiplerini bina envanterine eklemek için JICA (2002) çalışmasının mahalleye göre bina yapı tipi verisi kullanılmıştır (Şekil B.26). Bu veri, mahallelere dağılmış tüm mevcut yapı tiplerini içermekte ve ilgili mahalledeki toplam bina sayısı yüzdesinden elde edilmektedir.

g) Çalışma sonunda tüm İstanbul’a ait;

- yapı tipi,
- kat sayısı,
- bina kullanım türü (1994 ve 2000),
- inşaat yılı aralığı,
- bina yüksekliği

verileri bulunan 740309 bina verisi elde edilmiştir (Şekil B.27).

Table D-4 Most Likely Structural Types for Pre-1930 Buildings						
Original Occupancy	Number of Stories					
	1-2	3	4-6	7-15	15-30	30+
Residential	W URM	W URM	S5 C3 URM	S5 C3		
Commercial	W S4 S5 C1 C2 C3 URM	W S4 S5 C1 C2 C3 URM	S1 S2 S4 S5 C1 C2 C3 URM	S1 S2 S4 S5 C1 C2 C3	S1 S2 S4 S5 C1 C2 C3	
Industrial	W S1 S2 S3 S5 C1 C2 C3 URM	W S1 S2 S5 C1 C2 URM				

Note: If it is not possible to identify immediately the structural type for a pre-1930 building, the original occupancy and number of stories will provide some guidance. The building will need further inspection for precise identification.

Table D-5 Most Likely Structural Types for 1930-1945 Buildings						
Original Occupancy	Number of Stories					
	1-2	3	4-6	7-15	15-30	30+
Residential	W URM	W URM	S1 S2 S5 URM	S1 S2 S5		
Commercial	W S1 S2 S5 C1 C2 C3 RM1 RM2 URM	W S1 S2 S5 C1 C2 C3 RM1 RM2 URM	S1 S2 S5 C1 C2 C3 RM1 RM2 URM	S1 S2 S5 C1 C2 C3	S1 S2 S5 C1 C2 C3	S2 S5
Industrial	S3 C1 C2 C3 RM1 RM2 URM	S3 S5 C1 C2 C3 RM1 RM2 URM	C1 C2 C3			

Note: If it is not possible to identify immediately the structural type for a 1930-1945 building, the original occupancy and number of stories will provide some guidance. The building will need further inspection for precise identification.

Şekil 3.3 FEMA 154-Binaların En Olası Yapı Tipleri

Table D-6 Most Likely Structural Types for 1945-1960 Buildings						
Original Occupancy	Number of Stories					
	1-2	3	4-6	7-15	15-30	30+
Residential	W RM URM*	W RM URM*	S1 S2 C1 C2 RM1,2 URM*	S1 S2 C1 C2	S1 S2 C1 C2	S1 S2 C1 C2
Commercial	W S1 S2 C1 C2 RM1,2 URM*	W S1 S2 C1 C2 RM1,2 URM*	S1 S2 C1 C2 RM1 RM2 URM*	S1 S2 C1 C2	S1 S2 C1 C2	S1 S2 C1 C2
Industrial	C1 C2 PC1 RM1 RM2 URM*	S1 S2 C1 C2 RM1,2 URM*	S1 S2 C1 C2 RM1,2 URM*			

Notes: If it is not possible to identify immediately the structural type for a 1945-1960 building, the original occupancy and number of stories will provide some guidance. The building will need further inspection for precise identification.

*By this period, URM was generally not permitted in California or other high-seismicity locations, so that only in the central or eastern U.S. would buildings of this age be URM.

Table D-7 Most Likely Structural Types for Post-1960 Buildings						
Original Occupancy	Number of Stories					
	1-2	3	4-6	7-15	15-30	30+
Residential	W S1 S2 C1 C2 PC2 RM1,2	W S1 S2 C1 C2 PC2 RM1,2	W S1 S2 C1 C2 PC2 RM1,2	S1 S2 C1 C2 PC2 RM1 RM2		
Commercial	W S1 S2 C1 C2 PC1 PC2 RM1,2	W S1 S2 C1 C2 PC1 PC2 RM1,2	W S1 S2 C1 C2 PC2 RM1 RM2	S1 S2 C1 C2 PC2 RM1 RM2	S1 S2 C1 C2 PC2	S1 S2 C1 C2
Industrial	S1 S2 S3 C1 C2 PC1 PC2 RM1,2	S1 S2 C1 C2 PC1 PC2 RM1,2	S1 S2 C1 C2 PC2 RM1 RM2	S1 S2 C1 C2 PC2	C1 C2 PC2	

Note: If it is not possible to identify immediately the structural type for a post-1960 building, the original occupancy and number of stories will provide some guidance. The building will need further inspection for precise identification.

Şekil 3.4 FEMA 154-Binaların En Olası Yapı Tipleri

3.3 Veri Sınıflandırma Sisteminin Oluşturulması ve Veri İşlemesi

Çalışma kapsamında oluşturulan yazılımın çalışma metodolojisine ve veri formatına uygun olacak şekilde elde edilen veriler sınıflandırılmış ve işlenmiştir. Veri sınıflandırması kavramı, verilerin programın kullanacağı veri setlerine göre, hangi veri setinde hangi formatta hangi verilerin bulundurulacağını ve kullanılacağını açıklar. Veri sınıflandırması sonucunda veriler, Afet, Bina, Jeoloji, Topografya, Sınır, Fay Hattı, Azalım ve Eşleme olarak tanımlanmıştır. Sınıflandırma sonucunda veri setlerinin veri formatları ise sırasıyla, ASCII-raster (*.asc ya da *.txt) ve WGS84 datumunda açısıl koordinatlarla, shape file (*.shp) ve WGS84 datumunda nokta veri tipi ile, shape file (*.shp) ve poligon veri tipi ile WGS84 datumunda, ASCII-raster (*.asc ya da *.txt) ve WGS84 datumunda açısıl koordinatlarla sayısal yükseklik modeli olarak, shape file (*.shp) ve poligon veri tipi olarak WGS84 datumunda, shape file (*.shp) ve çizgi veri tipi olarak WGS84 datumunda, tablo olarak ve azalım ilişkileri ve eşitliklerinde kullanılan katsayıları içerecek şekilde ve eşleme veri seti için veri formatı ise XML formatında tanımlanmıştır. Eşleme veri seti kırılmalık eğrileri için yapılmış bir sınıflandırma dosyalarıdır.

Çizelge 3.2 Veri Sınıflandırma Sistemi

Veriseti	Veri Formatı	Dosya Uzantısı	Veri Tipi
Afet	ASCII Raster	*.asc, *.txt	ASCII
Bina	ArcGIS Shape file	*.shp	Nokta
Jeoloji	ArcGIS Shape file	*.shp	Poligon
Topografya	ASCII Raster	*.asc, *.txt	ASCII
Sınır	ArcGIS Shape file	*.shp	Poligon
Azalım	Tablo	*.csv	Tablo
Diğer	ArcGIS Shape file	*.shp	Çizgi, Nokta, Poligon
Eşleme	XML	*.xml	XML

Veri sınıflandırması geliştirilen programın verileri tanınmasında ve analizleri daha kısa sürede yapabilmesine olanak tanır. Sınıflandırma ile yazılımın kullanacağı verilerin ve vereceği çıktıların belirli formatlarda olması ve yazılımın kullanıldığı her ortamda her verinin kullanılabilmesine olanak tanır. Veri sınıflandırmasının diğer amacı, yazılımda ve analizde kullanılan verilerin ve veri setlerinin birbirleri ve yazılım ile uyumlu çalışmasını sağlamaktır. Gerek referans sistemi gerekse veri

formatı olarak verilerin analizlerde doğru sonuçlar verebilmesi veri sınıflandırmasına doğrudan bağlıdır. Eğer veri sınıflandırması doğru yapılmazsa yapılacak hasar analizinin doğru sonuç vermemesi kadar çalışmaması da mümkündür. Bu sınıflandırılan verilerin analizlerdeki performansları değerlendirilerek kontrol edilir. Bu performans değerlendirmesi, verinin analizce kabul edilip edilmemesi, analizin veri ile çalıştırılıp çalıştırılamaması ve verilerin analiz sonunda mantıklı sonuçlar verip vermemesine göre yapılır. Çalışma kapsamında veriler formatlarına, veri tiplerine, koordinat sistemlerine göre en uygun performansı verecek şekilde sınıflandırılmış ve bu sınıflandırmaya göre işlenmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen veri sınıflandırma sistemi Çizelge 3.2’de verilmektedir. Veri işleme yapılan veri sınıflandırmasına bağlı olarak oluşturulan veri sınıfları ve veri setlerine konulacak verilerin belirlenen standartlara uyması ve belirlenen çalışma bölgesini kapsamaması amacı ile yapılmıştır. Bu kapsamda, elde edilen verilerin referans sistemi, veri tipi, veri formatı belirlenen standartlara getirilmiştir. Veri setleri için geliştirilen örnek öznitelik modelleri Çizelge 3.3’te verilmektedir. Programda kullanılmak için oluşturulacak veri setlerinin bu modellere uyması yapılacak analizlerden sonuç alınabilmesi için ön şarttır. Veri işlemede en çok zaman alan kısımlardan biri afet veri setinin hazırlanmasıdır. Afet veri seti mevcut azalım ilişkilerinin kullanılarak ArcGIS programı ile hazırlanan azalım modeli ile İstanbul’a ait maksimum yer ivmesi değerlerinin elde edilmesi ile oluşturulmuştur.

Bina, Jeoloji, Sınır ve Fay hattı veri setlerinde kullanılacak veriler, WGS_1984 Datumunda Transverse Mercator Projeksiyon sistemine göre tanımlanmıştır, sadece ASCII raster formatındaki Topografya ve Afet veri setlerine ait veriler Coğrafi Koordinat sisteminde tanımlanmıştır (Şekil B.28).

Topografya veri setindeki İstanbul Sayısal Arazi Modeli ise iki veriden elde edilmiştir. İlki, JICA verileri kullanılarak önce ArcGIS raster formatına dönüştürülmüş, ardından da raster formattan ASCII formatına dönüştürülerek elde edilmiştir (Şekil B.29).

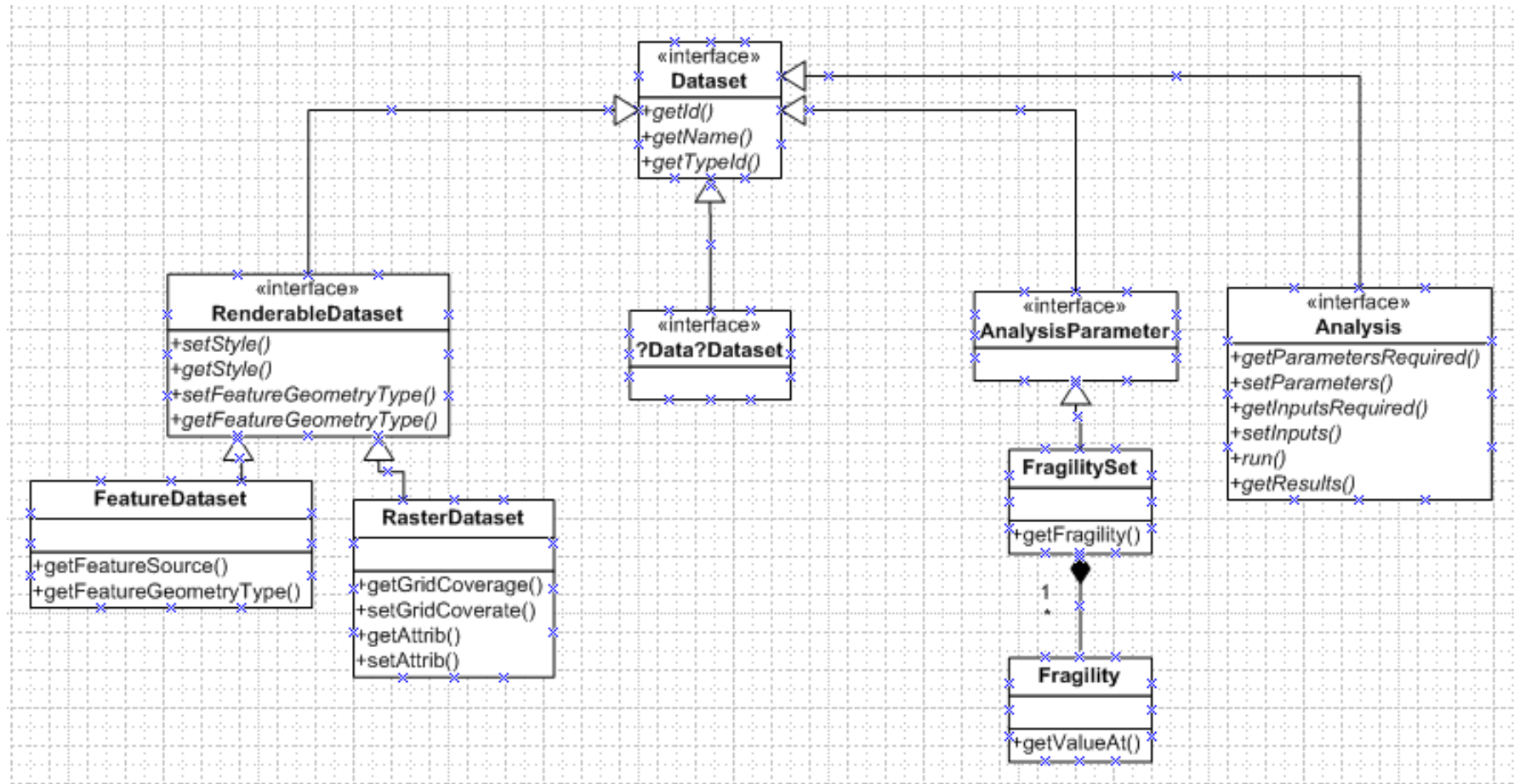
Çizelge 3.3 Kullanılacak Veri Setleri için Örnek Öznitelik Modeli

Tüm gösterilen veri modelleri ArcGIS shape file formatında olmalıdır										
Binalar için veri modeli										
ID	YAPI TİPİ	KAT ADEDİ	İNŞAAT YILI	KULLANIM TÜRÜ	KRİTİK TESİSLER	KONUT SAYISI	ALAN	BİNA DEĞERİ	BİNA İÇERİK DEĞERİ	ADRES
	Betonarme (C1)	...		Konut...	İtfaiye	...	m ²	yt1	yt1	
Jeoloji için veri modeli										
ID	JEOLOJİ	ALAN	ÇEVRE							
	Holocene									
	Pleistocene									
Zemin Sınıfı için veri modeli										
ID	ZEMİN TİPİ	ALAN	ÇEVRE							
	NEHRP..C									
Sınır için veri modeli										
İl Sınırı										
ID	İL ID	İLÇE ID								
	34									
İlçe Sınırı										
ID	İL ID	İLÇE ID	MAHALLE ID							
	34									
Mahalle Sınırı										
ID	İL ID	İLÇE ID	MAHALLE ID							
	34									
Azahım İlişkileri için veri modeli										
Azahım ilişkileri için belirlenen katsayılar tablosu										

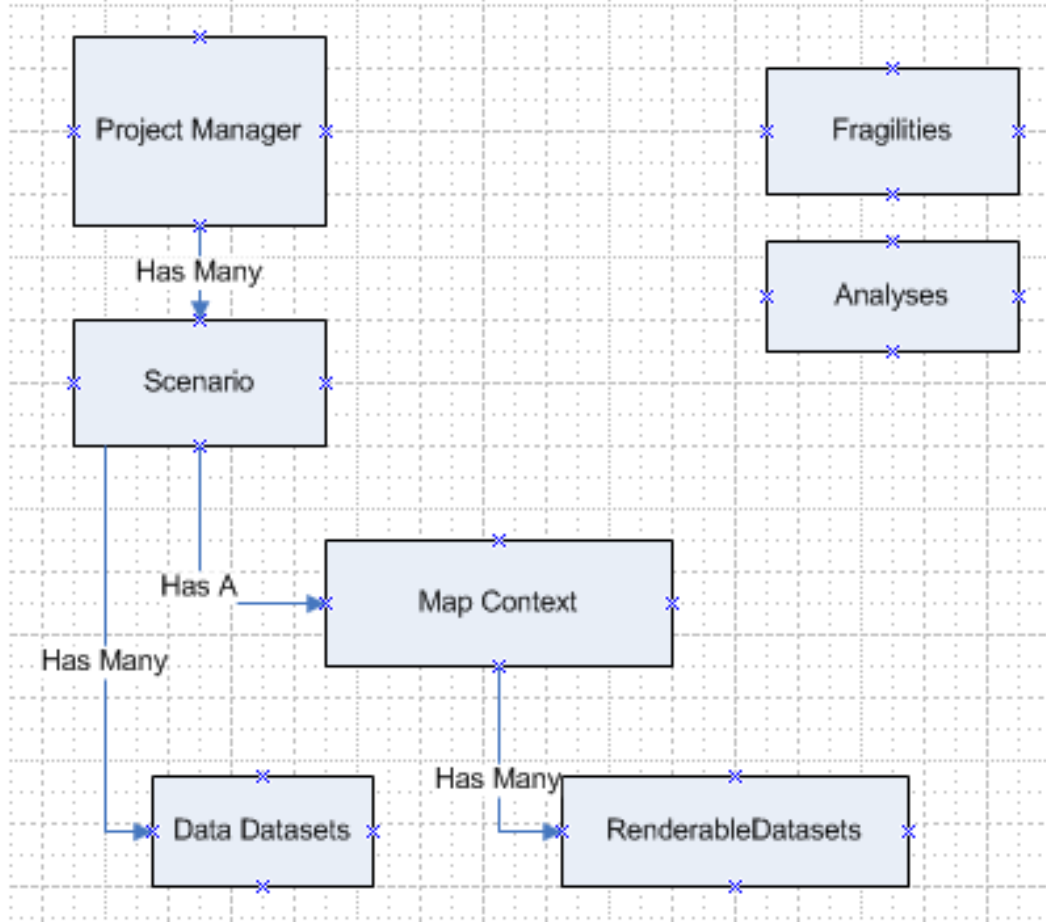
3.4 Veri Erişiminin Sağlanması

Geliştirilen yazılımdaki temel veri kavramı veri setleridir. Her veri, Veri seti ara yüzüne işlenmektedir, bu kullanılacak verilerin bir veri ismi gibi tekil bir kimliği (Id) ve verinin ne olduğunu ya da ne amaçla kullanılacağını tanımlayan bir kimliği (Id) olmasını gerektirmektedir. Tekil bir veri kimliği verinin kaynak bilgilerinin tutulmasına da yardımcı olmaktadır. Şekil 3.5'teki veri erişim modelinde bulunan Renderable Dataset (İmgelenebilir Veri seti) ara yüzü envanter olarak tanımlanan ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) uygulamasında gösterilebilen verileri kapsamaktadır. İki ana tipte imgelenebilir veri seti bulunmaktadır. Bunlardan birincisi FeatureDataset adlı vektör-bazlı verisetleri, ikincisi olan RasterDataset ise raster yani hücresel görüntü-bazlı veri setleridir. Yazılımda kullanılan her veriseti önceden tanımlanmış özniteliklere sahip verilerle beslenmelidir. Kullanılması öngörülen her tip veri için ilgili veri setinde öznitelik tanımlaması önceden yapılacak ve kullanıcıdan verisetine girilecek verilerdeki özniteliklerin bu önceden tanımlı özniteliklerle eşleştirilmesi istenecektir. Diğer bir veri seti ise analysisParameter olarak adlandırılan, analiz için gerekli parametreleri tanımlayan analiz veri setidir. Örnek olarak yapılacak bir bina hasar analizinde, analiz bir binaKırılğanlık tipinde bir analiz parametresine ihtiyacı olacağını bu veri setini kullanarak bilecektir. Analiz veri seti veriden daha çok bir işlem süreci olarak da görülebilir.

Yazılımın çalışan bir örneğinde Şekil 3.6'da gösterilen, "Project Manager" olarak adlandırılan, her kullanılan senaryo için bir Senaryo objesi bulunduran, bir yapı bulunmaktadır. Senaryo objesi, senaryoya yüklenen her işlenmemiş veri setini, Map Contex olarak adlandırılan harita bağlamı objesi ile birlikte tutar. Harita bağlamı, imgelenebilir veri setlerinin doğru bir şekilde sıralanması, gösterimi ve biçimlendirilmesi için organize edildiği bir objedir. Fragility olarak adlandırılan kırılğanlık ve Analysis olarak adlandırılan analizler ise senaryonun içinde önceden tanımlı olarak bulunmazlar. Kullanıcının seçeceği analize göre oluşturulup senaryoya yüklenirler. Analizin sonucunda oluşan veri seti senaryoya doğrudan eklenir.



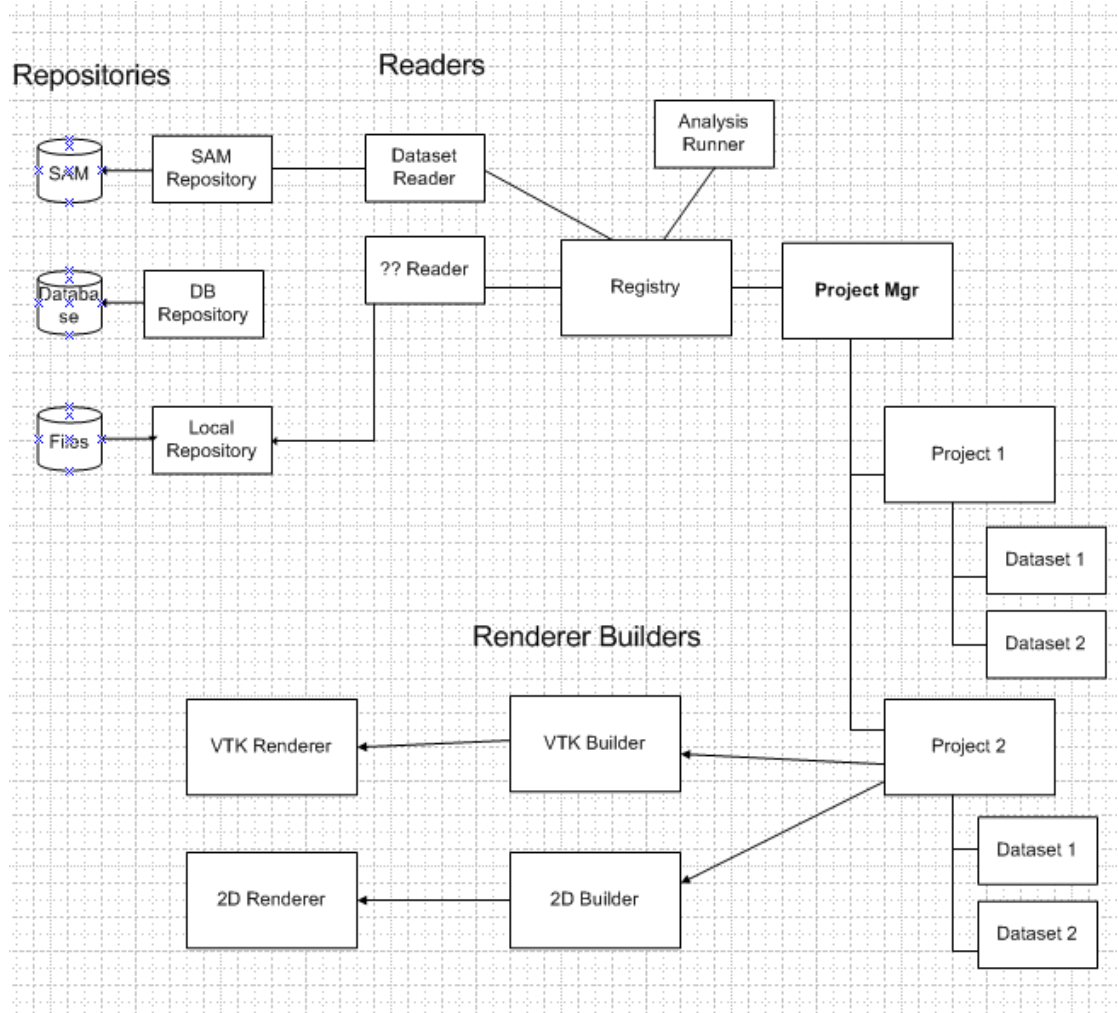
Şekil 3.5 Veri Erişimi Modeli



Şekil 3.6 Senaryo Yönetimi

Şekil 3.7’de verilen yazılımın genel yapısında bulunan proje sınıfı (class) kendisine çeşitli veri setleri tahsis edilmiş basitleştirilmiş bir senaryodur. Birden fazla proje aynı anda oluşturulabilir fakat her biri kendi imge gösteriminde ve ayrı birer senaryo gibi davranırlar. Farklı tipte veri setlerini içerebilmesi için proje sınıfı alt-sınıflara ayrılmıştır. Oluşturulacak senaryo da proje sınıfının bir alt-sınıfı olur ve sadece CBS verisi değil işlenmemiş veri ve analiz sonuçlarını da içerir. Kullanıcı bir proje sınıfına veri seti eklemek için repository olarak adlandırılan veri havuzu arayüzünü kullanacaktır. Veri havuzu arayüzü yazılım için uygun olan veri setlerini seçilen veri havuzu türüne gösterir. Veri setleri uygulamaya yüklendikten sonra uygulama önbelleğinde saklanacak ve yazılım her açıldığında tekrar yüklenmek zorunda kalmaz. Registry olarak adlandırılan kayıt objesi, uygulama önbelleği olarak çalışır. Veri setleri uygulamaya yüklendiğinde kimliklerine göre sınıflandırılır ve her seferinde aynı veri setlerinin projeye eklenmesine gerek kalmaz. Kayıt objesi, uygulamadan gelen kaynak bilgisi bazlı veri seti isteklerinin de hangi obje tarafından oluşturulabileceği ya da uygulamaya yüklenebileceğini saptayabilir. Reader olarak

adlandırılan okuyucu, veri setlerindeki kimlik (id) bilgilerini veri havuzundan alıp özel bir veri seti oluşturan bir objedir. Okuyucu objesi işlenmemiş verileri veri havuzundan alıp onları gerekli veri setlerine dönüştürür. Kayıt objesi kimliği, kendisine ait olmayan bir kimlikle ama nasıl hesaplanacağını tarifli ile istenen bir veri için daha önce hiçbir veri havuzunda bu tarife uygun olarak oluşturulmuş bir veri seti olup olmadığını kontrol eder, eğer yoksa bu isteği Analysis Runner olarak adlandırılan analiz çalıştırıcı objesine gönderir. Önemli bir okuyucu tipi olan analiz çalıştırıcı objesi, gerekli girdileri kayıt objesinden alarak istek için gerekli analizi çalıştırır ve sonuçları kayıt objesine gönderir. Bu sonuçlar kayıt objesinden isteğin geldiği objeye gönderilir.



Şekil 3.7 Yazılımın Genel İşleyişi

3.5 Veri Formatı Standartları

3.5.1 ESRI shapefile

Vektör tabanlı bir CBS formatıdır. HAZTURK’de bulunan tüm vector CBS verileri bu formattadır. ESRI Shapefile formatı üç veri tipinden oluşur: Nokta, çizgi ve polygon. Çalışma kapsamında WGS 84 datumundaki shapefile verilerini desteklemektedir. Alan adlarında ise 10 karakter sınırı vardır.

3.5.2 ESRI ArcGIS grid ASCII formatı

Raster tabanlı bir CBS formatıdır. HAZTURK içerisindeki her raster veri bu formattadır. Tez çalışmasında hazırlanan yazılım HAZTURK, WGS84 datumunda ESRI Grid ASCII formatını desteklemektedir.(World Geodetic System 1984).

3.5.3 CSV (comma separated values)

Tablo veri formatıdır. Yazılımda bulunan tüm tablo veriler bu formattadır. İlk satırda kolon adları (alan adları) bulunur. İkinci satır kolonla ilgili veri tipini içerir.

3.5.4 Kırılgenlik dosyaları (XML veya CSV)

Kırılgenlik eğrileri şu iki formattan birinden eklenebilir: XML veya CSV. XML dosyaları, kırılgenliklerin HAZTURK içerisinde gösterimi için kullanılmaktadır ve kırılgenliklerin tanımlanması için en esnek ve açık yoldur. CSV format desteği ise HAZTURK’ün eski sürümleriyle geriye dönük uyumluluğun sağlanması içindir. Yeni kırılgenlikler tanımlamak için CSV yerine XML formatını tercih edilmelidir. CSV formatı XML’e kıyasla daha az tanımlayıcı ve daha yetersizdir.

3.5.5 Eşleme dosyası formatı (XML)

Eşleme dosyaları XML formatındadır. Eşleme dosyası, kullanıcı kriterleri uyarınca belirli bir veriyi belirli bir kırılgenlik eğrisiyle eşlemektedir. Örneğin, 2 kattan yüksek bir ahşap bina için kullanılan kırılgenlik eğrisini tanımlar.

3.6 Bina Envanteri Öznitelikleri

Oluşturulan yazılım kapsamında kullanılan bina verisine dair öznitelikler bu bölümde açıklanmıştır.

3.6.1 Par_Id – Parsel tanımı

Binanın bulunduğu parseli tanımlamaktadır. Her bir parsel birden fazla bina içerebiliyor olduğundan, bu değerler birden fazla bina için kullanılabilirler.

3.6.2 Str_type – Genel yapı tipi

Binalara ait yapı türlerini kodlayarak tanımlar. Binalar Çizelge 3.4’te verilen yapı tipi kodlarından birine sahip olabilirler. Bu yapı tipi kodları HAZUS el kitabına göre sınıflandırılmışlardır.

Çizelge 3.4 Bina Yapı Tipleri

Bina Yapı Kodu	Bina Yapı Tipi
W1	Ahşap hafif çerçeve
W2	Ticari ve endüstriyel ahşap yapı
S1	Moment aktaran çelik çerçeve
S2	Çaprazlı çelik çerçeve
S3	Hafif çelik çerçeve
S4	Yerinde dökme betonarme perdeli çelik çerçeve
S5	Donatısız dolgu duvarlı çelik çerçeve
C1	Moment aktaran betonarme çerçeve
C2	Betonarme perde duvar
C3	Donatısız dolgu duvarlı betonarme çerçeve
PC1	Sahada üretilen prekast betonarme duvar
PC2	Betonarme perde duvarlı prekast betonarme çerçeve
RM1	Ahşap veya metal döşemeli donatılı taşıyıcı dolgu duvar
RM2	Prekast betonarme döşemeli donatılı taşıyıcı dolgu duvar
URM	Donatısız taşıyıcı dolgu(yığma) duvar
MH	Mobil ev

3.6.3 Year_built – Binanın yapım yılı

Zeytinburnu ilçesi için vergi tahakkuk veritabanından İstanbul ili için JICA (2002) verilerinden elde edilmiştir. Binanın yapım yılını vermektedir buna göre hangi yapı yönetmeliğine göre yapıldığı belirlenir.

3.6.4 Occup_detail – Binanın detaylı ve özel kullanımı

Vergi tahakkuk veritabanından elde edilmiştir. Bu alan binanın detaylı ve özel kullanım bilgisini içermektedir.

3.6.5 Occ_type – HAZUS bina kullanım türü

HAZTURK uygulamalarının geçerliliğini sağlamak amacıyla, HAZUS şartlarıyla örtüşen bina kullanım kategorileri belirlenmiştir.

3.6.6 Tot_appr – Yapı ve içeriğinin tahmin edilen toplam değeri

Yapının ve içinde bulunan eşya, makine, donanım ve benzeri varlıkların tahmini değerlerinin toplamıdır.

3.6.7 Bldg_val – Yapının tahmin edilen değeri

Tahmin edilen ve öngörülen yapı değerlerini içerir. İstanbul Umum Emlak Komisyoncuları Odasından elde edilen emlak asgari metrekare birim değerleri ilçe, mahalle ve sokak bazında elde edilip, bina taban alanları ile çarpılarak elde edilmiştir.

3.6.8 Cont_val – Bina içeriğinin tahmin edilen değeri

Yapının içinde bulunan eşya, makine, donanım ve benzeri varlıkların tahmini değerleridir. İçerik değerleri tahmin edilmiş değerler üzerinden aşağıda Çizelge 3.5'te verilen kullanıma yönelik katsayılar kullanılarak elde edilmiştir:

Çizelge 3.5 Kullanım türüne bağlı bina içerik değerleri tahmin hesabı oranları (HAZUS, 2004)

Kullanım Türü	Biçilen Değerin Yüzdesi	Kullanım Türü	Biçilen Değerin Yüzdesi
Konut	%50	Sanayi	%150
Ofis	%100	Hafif Sanayi	%150
Sağlık	%150	Eğitim	%100
Otopark	%50	Devlet	%150

3.6.9 No_du – Bina içindeki konut sayısı

Vergi tahakkuk veritabanından elde edilmiş, her binadaki ikamet birimlerinin sayısını tanımlar.

3.6.10 Sq_feet – Yapının taban alanı

Yapının taban alanını metrekare cinsinden tanımlar.

3.6.11 Efacility – Binanın temel hizmet kullanım durumu

Sırasıyla okul, hastane, çok katlı hastane, itfaiye istasyonu, karakol ve herhangi bir hizmetin binada bulunup bulunmadığını gösteren EFS1, EFHL, EFHM, EFFE, EFPS ve FALSE değerlerini içermektedir. Ayrıntılı bilgi Çizelge 3.6’da verilmektedir.

Çizelge 3.6 Kritik Tesis Sınıflandırması (HAZUS, 2004)

Kodu	Kullanım Türü	Açıklama
EFHS	Küçük Hastane	50 yataktan az kapasiteli
EFHM	Orta Büyüklükte Hastane	50 ila 150 yatak kapasiteli
EFHL	Büyük Hastane	150 yataktan fazla kapasiteli
EFMC	Tıbbi Klinik	Sağlık ocağı, laboratuvar, kan merkezi vb.
EFFS	İtfaiye	
EFPD	Polis Merkezi	
EFEO	Acil Durum Merkezi	
EFS1	Okul	İlk ve orta dereceli okullar
EFS2	Üniversite/Yüksek Okul	
FALSE	Kritik Tesis İçermeyen Binalar	

3.6.12 No_stories – Bina kat adedi

Binanın toplam kat adedi tanımlanmıştır. Sayısal değer olan integer ile tanımlanır ve kullanılır.

3.6.13 Str_type2 – HAZUS yapı tipi kategorisi

HAZTURK uygulamalarının geçerliliğini sağlamak amacıyla, HAZUS şartlarıyla örtüşen yapı tipi kategorileri belirlenmiştir. 10 genel yapı tipiyle (STR_TYPE) 21 HAZUS’a özel yapı tipi (STR_TYPE2) arasındaki farklar genel yapı tiplerinin kat sayısına göre alt sınıflara bölünmesiyle ortaya çıkmaktadır (Genel olarak, 1-3 kat alçak; 4-7 kat orta yükseklikte; 8+ kat yüksek). HAZUS tipi yapı sınıfları Çizelge 3.7’de verilmektedir.

Çizelge 3.7 HAZUS Bina Yapı Türleri

Bina Yapı Kodu	Bina Yapı Tipi	Height	
		Kod	Kat
W1	Ahşap hafif çerçeve Ticari ve endüstriyel ahşap yapı		1-2
W2			Tümü
S1L	Moment aktaran çelik çerçeve	Alçak	1-3
S1M		Orta	4-7
S1H		Yüksek	8+
S2L	Çaprazlı çelik çerçeve	Alçak	1-3
S2M		Orta	4-7
S2H		Yüksek	8+
S3	Hafif çelik çerçeve Yerinde dökme betonarme perdeli çelik çerçeve		Tümü
S4L		Alçak	1-3
S4M		Orta	4-7
S4H		Yüksek	8+
S5L	Donatısız dolgu duvarlı çelik çerçeve	Alçak	1-3
S5M		Orta	4-7
S5H		Yüksek	8+
C1L	Moment aktaran betonarme çerçeve	Alçak	1-3
C1M		Orta	4-7
C1H		Yüksek	8+
C2L	Betonarme perde duvar	Alçak	1-3
C2M		Orta	4-7
C2H		Yüksek	8+
C3L	Donatısız dolgu duvarlı betonarme çerçeve	Alçak	1-3
C3M		Orta	4-7
C3H		Yüksek	8+
PC1	Sahada üretilen prekast betonarme duvar		Tümü
PC2L	Betonarme perde duvarlı prekast betonarme çerçeve	Alçak	1-3
PC2M		Orta	4-7
PC2H		Yüksek	8+
RM1L	Ahşap veya metal döşemeli donatılı taşıyıcı dolgu duvar	Alçak	1-3
RM2M		Orta	4+
RM2L	Prekast betonarme döşemeli donatılı taşıyıcı dolgu duvar	Alçak	1-3
RM2M		Orta	4-7
RM2H		Yüksek	8+
URML	Donatısız taşıyıcı dolgu(yığma) duvar	Alçak	1-2
URMM		Orta	3+
MH	Mobil ev		Tümü

3.6.14 Occ_broad – Yapının genel kullanım sınıfı

Binanın kullanım türünü detaylı olarak tanımlar. Eğer bina kullanım türü SANAYİ ise detaylı kullanım türü OTOMOTİV SANAYİ ya da ELEKTRİK SANAYİ gibi detaylandırılır. Bina kullanımı, vergi tahakkuk veritabanında bulunan arazi kullanım

tablolarına göre 10 kategoriye ayrılmıştır. Çizelge 3.8 genel kullanım sınıflarını vermektedir.

Çizelge 3.8 Bina Genel Kullanım Türleri

Bina Genel Kullanım Türleri	
Sağlık	Diğer
Ağır Sanayi	Otopark
Hafif Sanayi	Perakende Satış
Toplu Konut	Tek Ailelik Konut
Ticari Ofis	Toptan Satış

3.7 Köprü ve Viyadük Envanteri Öznitelikleri

Köprü ve viyadüklere ilişkin veriler, köprü sınıfı, açıklık sayısı, uzunluk, genişlik, yapım yılı ve yapı tipi özniteliklerini içermektedir. Bu veri setine ait öznitelikler, HAZTURK yazılımı içerisinde fayda/maliyet analizi, yapısal hasar analizi, fonksiyonellik analizi, tamir maliyeti analizi ve güçlendirme maliyet tahmini analizinde kullanılır. Bu verisetine ait öznitelik detayları Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Köprü ve Viyadük Verisi Öznitelik Detayları

Köprü Sınıfı	Köprü Sınıfının Girildiği Alandır		
	SSC (Tek Açıklıklı Betonarme Köprü)	MCS (Çok Açıklıklı Aralıksız Çelik Köprü)	(HAZUS, 2004)
Açıklık Sayısı	Bir Köprünün Ayakları Arasındaki Yatay Aralık Sayısının Girildiği Alandır		
	1	2	5
Köprü Uzunluğu	Metre cinsinden köprü uzunluğunun girildiği alandır		
Köprü Genişliği	Metre cinsinden köprü genişliğinin girildiği alandır		
Yapım Yılı (Yaşı)	Körünün yapım yılının girildiği alandır		
Yapı Türü	Köprünün yapıldığı yapı türünün girildiği alandır		
	Betonarme	Çelik	Ahşap

3.8 Gömülü Boru Hatları Envanteri Öznitelikleri

Gömülü boru hatları (doğalgaz, su ve kanalizasyon) veri setine ait öznitelikler, HAZTURK yazılımı içerisinde gömülü boru hattı hasar analizi ve içme suyu tesisatı

hasar analizinde kullanılır. Bu veri setine ait öznitelik detayları Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10 Gömülü Boru Hatları (Doğalgaz, Su, Kanalizasyon Hatları için) Verisi Öznitelik Detayları

Boru Türü (Materyali)	Borunun yapıldığı materyalin yazıldığı alandır		
	Dökme Demir	Çelik Silindirli Beton	PVC, ...
Kaynak (Birleştirme) Türü	Boruların birleştirme (kaynak) türlerinin girildiği alandır		
	Vidalı Kaynak	Lastik Conta	Ark Kaynak
Boru Çapı	Metre cinsinden boru çapının yazıldığı alandır		
Zemin Türü	Gömülü boru hattının bulunduğu zemin türünün yazıldığı alandır		
	Aşındırıcı (Korozyon yapan) Zemin	Aşındırıcı Olmayan Zemin	

3.9 Yeraltı Suyu Derinliği Envanteri Öznitelikleri

Çalışma bölgesinde yer altı su derinliklerini gösteren verilerdir. Yeraltı suyu derinliği haritası yeraltı suyu derinliği, alan ve çevre özniteliklerini içerir. Bu veri setine ait öznitelikler, HAZTURK yazılımı içerisinde sıvılaşma analizinde kullanılır. Yeraltı suyu derinliği özniteliği için m. cinsinden yeraltı suyu derinliği double veri tipinde yazılır.

3.10 Sıvılaşma Tehlikesi Envanteri Öznitelikleri

Çalışma bölgesine ait sıvılaşma tehlikesini belirten haritalardır. Bu haritalar hem HAZTURK analizi ile elde edilebilir hem de dışarıdan oluşturulmuş raster ya da shape dosyası formatındaki haritalar kullanılabilir. Sıvılaşma tehlikesi haritası, sıvılaşma hassasiyeti, NEHRP (1997) zemin sınıfı, alan ve çevre özniteliklerini içermektedir. Sıvılaşma hassasiyeti özniteliği HAZTURK standartlarına göre belirlenmiş altı adet değere sahiptir (Çizelge 3.11).

Bu obje türüne ait öznitelikler, HAZTURK yazılımı içerisinde deprem senaryo analizinde ve sıvılaşma analizinde kullanılır. Sıvılaşma hassasiyeti özniteliği için HAZTURK standartlarına göre belirlenmiş kodlardan uygun olanı integer veri tipinde yazılır.

Çizelge 3.11 Sıvılaşma Tehlikesi Veri Öznitelik Detayları

Kodu	Sıvılaşma Hassasiyeti
101	Çok Yüksek
102	Yüksek
103	Orta
104	Düşük
105	Çok Düşük
106	Arazide değerlendirilmesi gerekmektedir

3.11 Jeoloji ve Mühendislik Jeolojisi Envanter Öznitelikleri

Çalışma bölgesindeki tabakalı kayaçların yaşlarının tanımlandığı veri setidir. Jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritası, yaş, alan ve çevre özniteliklerini içermektedir. Yaş özniteliği TABİS standartlarına göre belirlenmiş 74 adet değere göre atanır. Bu veri setine ait öznitelikler, HAZTURK yazılımı içerisinde deprem senaryo analizi ve sıvılaşma analizinde kullanılır.

3.12 NEHRP’e göre Zemin Sınıfı Envanter Öznitelikleri

National Earthquake Hazard Reduction Programı (NEHRP, 1997) sınıflandırma sistemine uygun olarak üretilmiş çalışma bölgesine ait zemin sınıfı haritasıdır. NEHRP’e göre zemin sınıflama haritası, NEHRP zemin sınıfı, alan ve çevre özniteliklerini içerir. Veri setine ait öznitelik detayları Çizelge 2.7’de verilmiştir. Bu öznitelikler, HAZTURK yazılımı içerisinde deprem senaryo analizinde kullanılır.

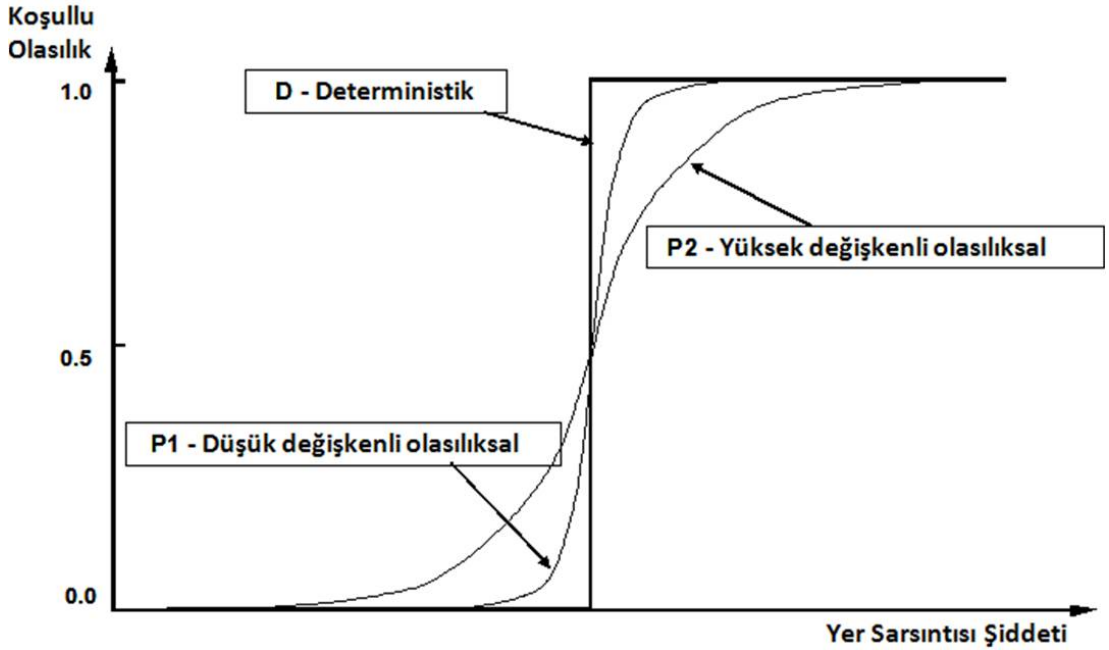
3.13 Sayısal Yükseklik Modeli ve Eğim Verisi Öznitelikleri

Sayısal yükseklik modeli çalışma bölgesindeki topografyayı üç boyutlu olarak tanımlayan arazi modelidir. Eğim haritası üretiminde kullanılır. Eğim veri seti ise çalışma bölgesindeki eğimi derece birimine göre veren ve deprem risk haritası üretiminde kullanılan topografik haritalardır.

4. TÜRKİYE İÇİN KIRILGANLIK EĞRİLERİ

Yapılarda deprem nedeniyle oluşabilecek hasarların tahmin edilebilmesi için ilgili yapının deprem nedeniyle oluşacak etkiye verebileceği tepkinin modellenmesi gerekmektedir. Kırılgnlık ya da hasar görebilirlik olarak adlandırılan bu fonksiyonlar, sarsıntı şiddeti, sistem talebi ve aynı sistemin tepki sınırını aşmasının şartlı olasılıkları arasındaki ilişkiler olarak tanımlanırlar.

Kırılgnlık fonksiyonları genel kullanım olarak Şekil 4.1’de görüldüğü şekilde grafik olarak ifade edilirler. Dikey çizgi deterministik tepkili bir sistemi temsil ederken, diğeri iki eğri tepkide değişik rastgeleliklere sahip diğr sistemleri temsil etmektedir. Literatürde farklı gösterimler de mevcuttur (ör. Wen ve diğ., 2003).



Şekil 4.1 Hasar Görebilirlik fonksiyonlarının genel gösterimi

Kullanışlı hasar görebilirlik fonksiyonlarının üretilmesi, kayıp analizinde önemli anlam ifade eden limit durumlarının tanımlanmasını gerektirir. Limit durumlarının seçimi ve nicel tanımları sistem hasar görebilirliğinin tanımlanmasında anahtar rol üstlenmektedir. Limit durumlarının tanımlanmasının ardından, limit durum olasılığı şu şekilde verilir:

$$P[LS] = \sum P[LS|D=d] P[D=d] \quad (4.1)$$

Eşitlik 5.1’de D , sisteme yüklenen talebin tanımlandığı rastgele değişkendir. $P[LS|D = d]$, $D = d$ koşulu sağlandığındaki koşullu limit durum olasılığıdır ve D ’nin olası tüm değerleri üzerinden toplam değer hesaplanır. $P[D = d]$ olasılığı afeti tanımlamaktadır. “ d ” ise kontrol veya arayüz değişkenidir.

$P[LS|D = d] = V(x)$ koşullu olasılığı, hasar görebilirliğin ölçüsüdür (Wen ve diğ., 2003). Bunun yanında, Eşitlik 5.1 çift olasılıksal yaklaşımı (sistem dayanımı veya limit durumlar ve sistem talepleriyle eşleştirilmiştir), ayrık hasar görebilirlik analizini temsil eder. Zeminden bağımsız oluşturulan ilişkiler hesapların basitleştirilmesi ve çok düşük olasılıklı olayların tanımlanmasını gerektirmemesi gibi bir takım çekici özellikler taşırlar (Wen ve diğ., 2003).

Mevcut ayrık hasar görebilirlik eğrileri deneysel, yargıya dayalı, analitik ve hibrit olarak dörde ayrılırlar. Hibrit eğriler oluşturulmaları sırasında hasar verisinin nasıl kullanıldığına bağlı olarak deprem sonrası ölçümler, uzman görüşleri, analitik simülasyonlar veya bunların kombinasyonlarını parametre olarak kullanırlar. Her veri kaynağı kendine has avantaj ve dezavantajlara sahiptir.

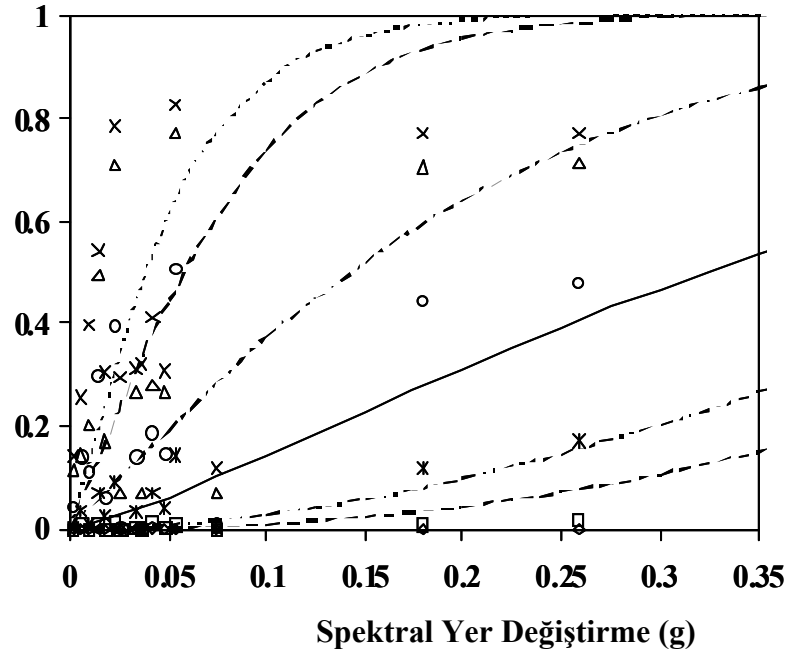
4.1 Gözlemsel Hasar Verisi

Sadece yıkıcı depremlere dair temsili ve kapsamlı hasar verilerinin toplanıp depolanması yoluyla yeterli doğruluğa sahip kayıp tahminlerinde bulunulabilir. Bu hedef, maalesef deprem mühendisliğinin kapsamı dışında ele alınmaktadır. Yerleşim bölgelerini etkileyen yıkıcı depremler, üzücü olmalarına rağmen, sarsıntı şiddeti ve hasar limit durum erişimi arasındaki istatistiksel temsilin geliştirilmesi adına fırsatlar sunmaktadırlar. Toplanan veriler kullanışlı veya kullanışsız olabilir. Hasarla ilgili mevcut saha verilerinin bir kısmının incelenerek, kırılma fonksiyonlarının geliştirilmesine yardımcı veya engel olabilecek parametrelerin tartışılması faydalı olacaktır. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, Rossetto ve Elnashai (2002) tarafından 29 hasar raporundan 339.872 betonarme binaya ilişkin gözlemsel veriler sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Rossetto and Elnashai (2002) tarafından düzenlenen veri kümesi

Yapı Tipi		Çerçeve	Dolgu Duvarlı Çerçeve	Perdeli	Tanımsız	Toplam
Toplam Veri Kümesi Sayısı		43	8	1	47	99
Toplam Bina Sayısı		296513	2720	322	40317	339872
Yüksekliğe Göre Sınıflanmış Veri Kümeleri	Alçak (< 3 kat)	36	8	0	10	54
	Orta (4-7 kat)	13	2	1	43	59
	Yüksek (>8 kat)	6	2	0	8	16
Yapı Yönetmeliğine Göre Sınıflandırma	Yönetmelik Öncesi	33	4	0	28	65
	Eski Yönetmelik	10	3	1	21	35
	Yeni Yönetmelik	0	1	0	2	3

Veriler, ortak bir hasar ölçeği [Homojenize Betonarme (HRC)] kullanılarak yeniden yorumlanmış ve örnek sayısına göre ağırlıklandırılmış, daha sonra da grafiğe aktarılarak dikkatlice incelenmiştir. Şekil 4.2'deki grafik, toplanan verinin ve her aralık için orta zemin hareket parametresinin çizgisel olmayan regresyonu sonucu elde edilmiştir. Saha verisinin toplanması ve kullanımı için uygun olan gözlemler bu inceleme sonucu ortaya çıkarlar.



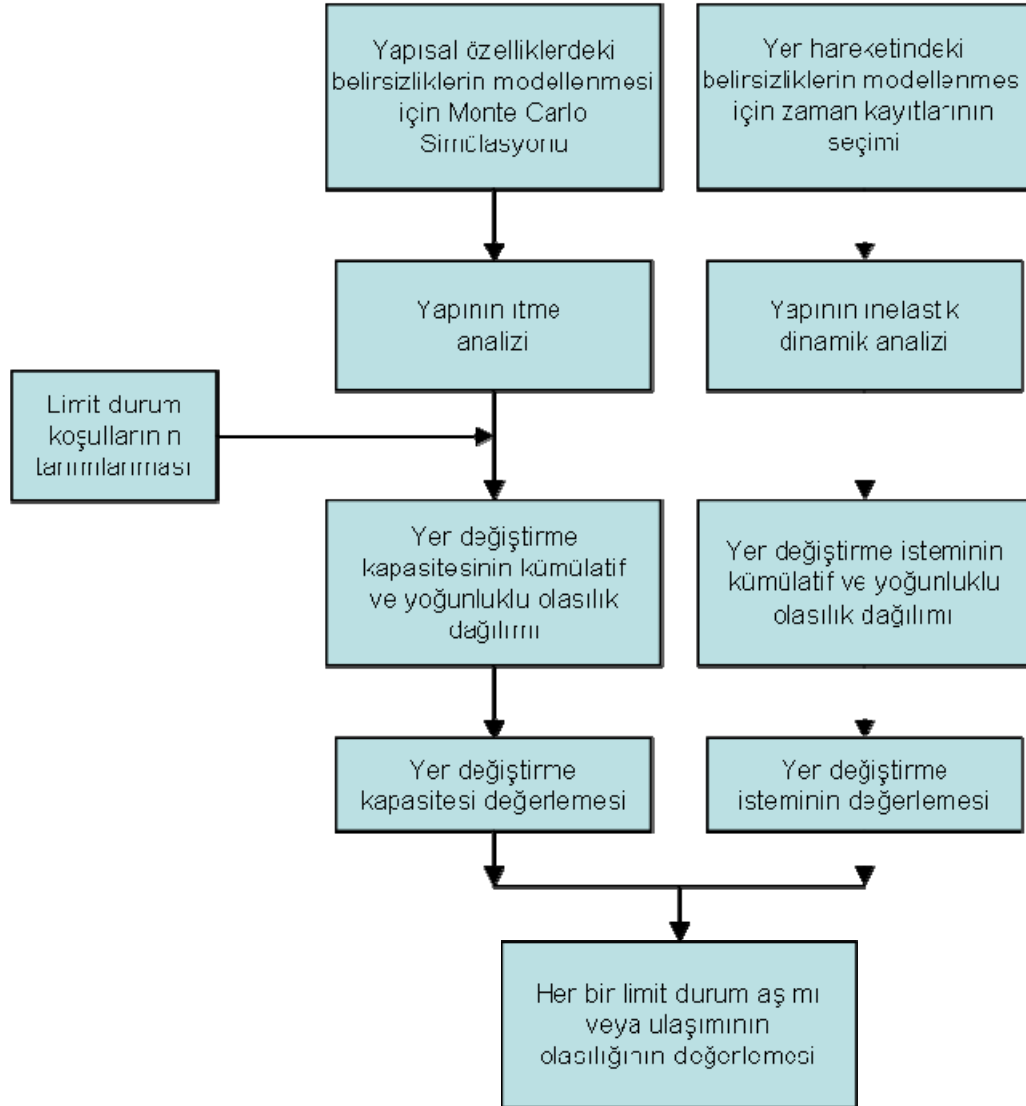
Şekil 4.2 Hasar veri kümesini oluşturan gözlemsel noktaların grafik görünümü

Öncelikle, saha verisinin toplanması büyük özenle kontrol edilip yönetilmelidir; inceleme ekipleri sahadan ayrıldıkları anda veri kalitesi belirlenmiş olur. Bunun ardından veri kalitesini yükseltmenin herhangi bir yolu yoktur ve belirsizliği yüksek veriyle yürütülen kırılabilirlik analizleri belirsizlik seviyesini mutlaka daha da yükseltecektir. Ayrıca düşük hasar değerleriyle ilintili verilerin sayısının yüksek hasar verilerinden sayıca çok fazla olacağı da açıktır. Kırılabilirlik eğrileri, gözlem verilerine oturmuş olsalar bile pek çok değişik şekle çevrilebilirler. Toplanan verilerin normal ve log-normal fonksiyonlara, ya da herhangi bir başka enterpolasyon metoduna oturtulmaları çok düşük korelasyon değerleriyle sonuçlanmıştır (Elnashai, 2007). Wen ve diğ., (2003), “Bu tür bir sismik risk analiz aracının geliştirilebilmesi için ampirik gözlemlerin analitik bir şekilde simüle edilmiş hasar istatistikleriyle desteklenmesi gerekmektedir.” sonucuna varmıştır. Dünya çapında hasar verilerinin iyileştirilebilmesi için hasar verisinin toplanması sırasında kullanılan inceleme formlarının standardizasyonu, veriyi toplamakla yükümlü sorumlu mühendislerin yüksek seviyede eğitim almış olmaları önem taşımaktadır. Uydu görüntüleri ve hibrid metodlar gibi ileri düzey envanter belirlemeye yarayan metodolojilerin tanımlanmaları ve kullanılmaları da yine hasar verisinin iyileştirilmesi konusunda önem taşıyan unsurlardır. Bu veri, analitik kırılabilirlik fonksiyonlarının kalibrasyonunda tek uygun unsur durumundadır. Kalibre edilmiş formüller de tutarlı bir güvenilirlik seviyesini korudukları sürece sistemin farklı formları için hasarı tanımlayan tek uygulanabilir unsur durumundadırlar (Elnashai, 2007).

4.2 Analitik Hasar Verisi

Gelişmiş analiz, kontrol edilebilir hasar verisi oluşturmak için esnek ve çok yönlü araçlar sunar. Literatürde çokça kullanılan (ör. Mosalam ve diğ., 1997; Wen ve diğ., 2003) ayrık hasar görülebilirlik (kırılabilirlik) kavramına başvurarak Şekil 4.3’te görülen prosedürler uygulanabilir. Verilen temanın pek çok varyasyonu mevcuttur fakat pek çok yaklaşım kapasite karakteristikleri arasında rastgele çeşitlilik olduğunu kabul ederek sistem kapasitesini bir takım limitler dâhilinde tahmin eder. Talep, beklenen afeti temsil edebilecek deprem kayıtlarının artan sarsıntı şiddetinde hesaplanır. Ortada seçim yapmak için çok sayıda seçenek bulunmakta ve kritik kararlar vermek gerekmektedir. Bu seçeneklerin etkilerini tahmin etmeye yönelik çalışmalar ve meydana gelen kırılabilirlik eğrileriyle ilgili kabul edilen kararlar şimdiye kadar

mevcut değillerdi. Bununla birlikte, tüm yapısal formlar üzerinde yeterli çalışma mevcut değildir ve mevcut olan çalışmalar da farklı varsayımlara dayandıkları için birbirlerinden tamamen farklı sonuçlar vermektedirler (Elnashai, 2007).



Şekil 4.3 Hasar görebilirlik fonksiyonlarının analitik değerlendirilmesi için prosedür

Çizelge 4.2’de, mevcut deneysel, yargısal ve analitik kırılma oluşturma yöntemleri özetlenmiş ve birbirlerine göre göreceli doğruluk ve gerektirdikleri işlem yükleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2 Kırılabilirlik keşif metodlarının karşılaştırması (Elnashai, 2007)

Metodlar	Ampirik	Yargısal	Hibrid	Basit Analitik Model	Detaylı analiz prosedürü
Emek	Artan zaman ve hesap emeği →				
Hassaslık	Analizin doğruluğu →				
Uygulama	Bina stoğu				tek bina

4.3 Daha Önceki Çalışmalarda Kullanılan Kırılabilirlik Fonksiyonları

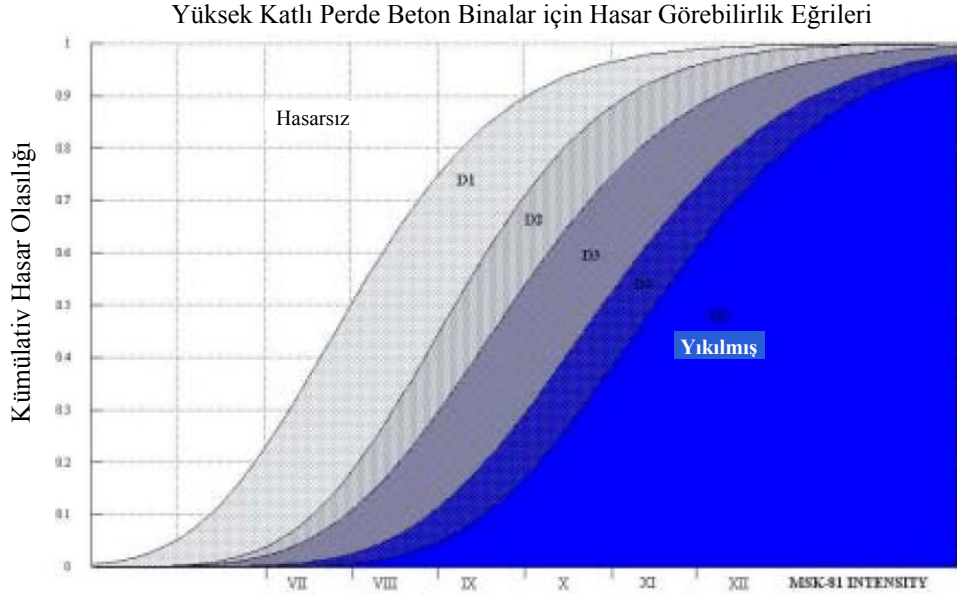
4.3.1 KOERI (2003) çalışması

Hasar tahmini için iki farklı metodun uygulandığı KOERI (2003) çalışmasında, binalar Çizelge 4.3'te gösterildiği şekilde sınıflandırılmışlardır. Kullanılan iki metottan biri spektral yer değiştirme temelli kırılabilirlik eğrileri, diğeri ise MSK (Medvedev- Sponheuer- Karnik) deprem şiddeti tabanlı hasar görülebilirlik eğrileridir.

Çizelge 4.3 Hasar Tahmini için Bina Sınıflandırması (KOERI, 2003)

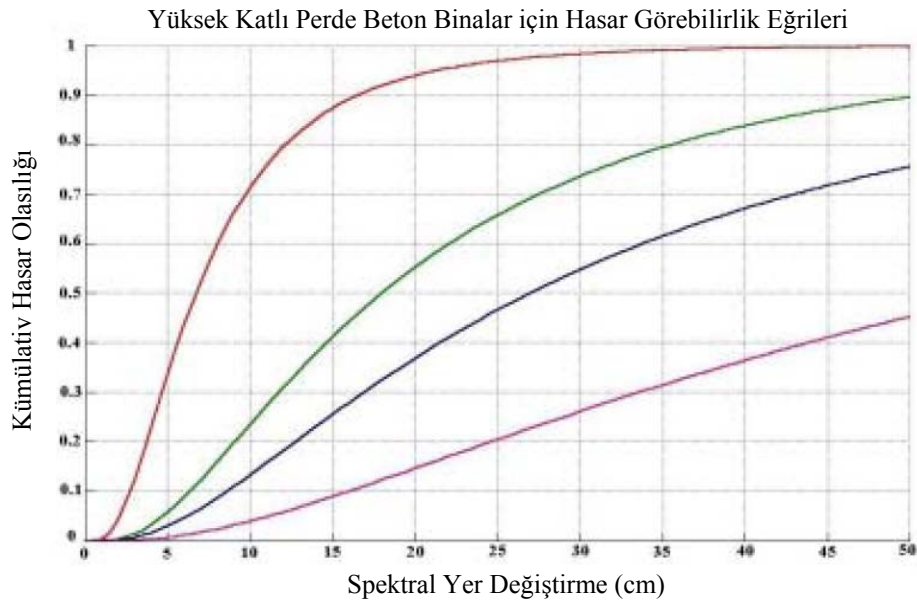
Bina Türü	Kat Sayısı	Yaş
Betonarme	1-4	<1979 >1980
	5-8	<1979 >1980
	8+	<1979 >1980
Yığma	1-4	<1979 >1980
	5-8	<1979 >1980
	8+	<1979 >1980
Perde Beton	1-4	<1979 >1980
	5-8	<1979 >1980
	8+	<1979 >1980
Prefabrik	1-4	<1979 >1980
	5-8	<1979 >1980
	8+	<1979 >1980

Deprem şiddeti tabanlı kırılabilirlik eğrileri, eski depremlerden elde edilen mevcut deneysel verilere, KOERI (2003) ekibinin daha önceki çalışma ve mühendislik yorumlarının derlenmesine göre üretilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 8+ Katlı Betonarme Binalar için Deprem Şiddeti Tabanlı Kırılabilirlik Eğrileri (KOERI, 2003)

Şekil 4.5'teki spektral yer değiştirme temelli kırılabilirlik eğrileri ise Kapasite Spektrum Metodu (Capacity Spectrum Method) (ATC-40, 1996) ile üretilmiştir. Bu, HAZUS (1999)'un 1999 yılında üretilen yazılımında deprem kayıp tahmini metodolojisinde kırılabilirlik eğrilerini oluşturmak için kullanmış olduğu yöntemdir. Spektral yer değiştirme talebinin tahmini için FEMA-356 (2000)'da sunulan deplasman katsayıları metodu kullanılmıştır. KOERI (2003) çalışmasında, HAZUS (1999)'da kullanılan tahmini değerler ya doğrudan alınıp kullanılmış ya da uygun yerel zemin koşullarını kapsayacak şekilde değiştirilmiştir.



Şekil 4.5 8+ Katlı Betonarme Binalar için Spektral Yer Değiştirme Tabanlı Kırılabilirlik Eğrileri (KOERI, 2003)

4.3.2 JICA (2002) çalışması

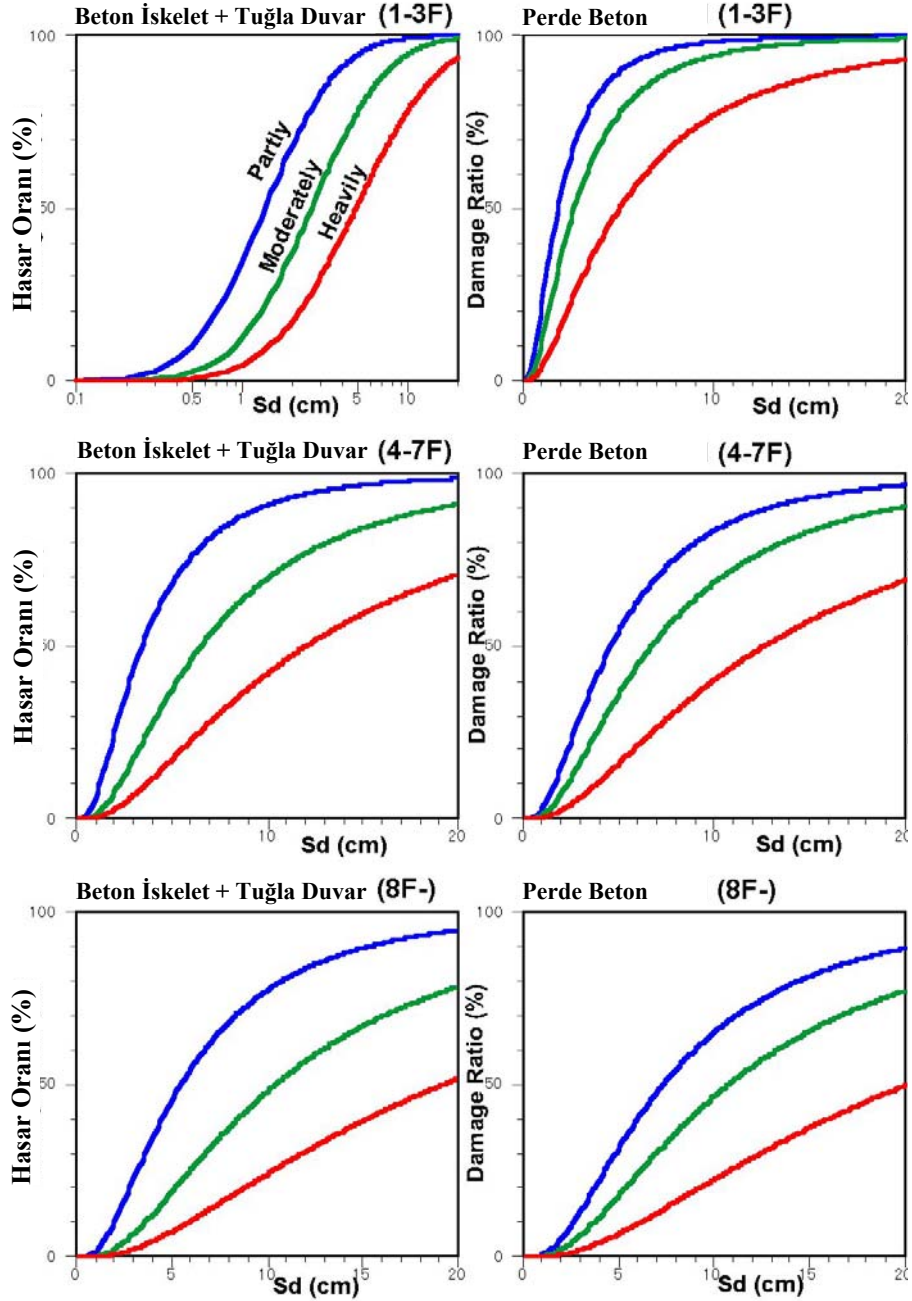
Hasar tahmini çalışmasında hasar binanın tepki yer değiştirmesi ile binada hasara yol açan yer değiştirmenin karşılaştırılması yoluyla hesaplanmıştır. Her bina, tipine göre Çizelge 4.4'deki gibi sınıflandırılmış ve kinetik olarak modellenmiştir. Bu modelden Kapasite Spektrumu oluşturulmuştur. Hasar durumu "Ağır", "Orta" ve "Az" olmak üzere 3 sınıfa ayrılmış ve her hasar durumu kat yer değiştirmesi değeri ile tanımlanmıştır. Her bir kat yer değiştirmesi değeri spektral yer değiştirmeye dönüştürülmüştür.

Çizelge 4.4 Hasar Tahmini için Bina Sınıflandırması (JICA, 2002)

Yapı Türü	Kat Sayısı	Yapım Yılı
Tuğla Duvarlı Betonarme	1-3	<1959 1960-1969 >1970
	4-7	<1959 1960-1969 >1970
	8+	<1959 1960-1969 >1970
Betonarme Perde Duvar	1-3	<1959 1960-1969 >1970
	4-7	<1959 1960-1969 >1970
	8+	<1959 1960-1969 >1970
Yığma	1-2	<1959 1960-1969 >1970
	3+	<1959 1960-1969 >1970
Ahşap Çerçeve	1-2	<1959 1960-1969 >1970
	3+	<1959 1960-1969 >1970
Prefabrik		<1959 1960-1969 >1970

JICA (2002) çalışmasında, hasar hesaplaması spektral yer değiştirmenin stokastik değişken olarak uygulandığı bir log-normal dağılım olarak verilen kırılgenlik fonksiyonu kullanarak gerçekleştirilmiştir. Kırılgenlik fonksiyonu bina tepki modeli

ile hasar oranı arsında ilişki kurmak üzere oluşturulmuştur (Şekil 4.6). Bina her bir hasar durumunu gösterdiği spektral yer değıştirmenin medyan değeri ve her bir hasar durumunu gösterdiğindeki yer değıştirmenin logaritmasının standart sapması ile belirtilir.



Şekil 4.6 1970 Sonrası Yapılmış İki Sınıf Bina için Kırılgnlık Eğrileri (JICA, 2002)

4.4 Parametrik Kırılgnlık Metodu (PFM)

Tez çalışmasında İstanbul binaları için kırılgnlık eğrilerinin üretilmesi amacıyla Parametrik Kırılgnlık Metodu (PFM) adında, yakın zamanda Jeong ve Elnashai

(2006) tarafından önerilen yeni bir kırılabilirlik ilişki sınıfı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, kayıp analizinin yürütüleceği belirli senaryo için idealize edilmiş sistemler bir dizi yer hareketleri kümesiyle analiz edilmektedir. Tepki verisi, rijitlik, dayanım ve süneklik bilgileri bilinen herhangi bir sistem için ileri aşamalarda da çıkarımlara olanak verecek şekilde depolanmaktadır. Diğer bir deyişle; rijitlik, dayanım ve süneklik miktarları bilindiği takdirde, daha ileri simülasyonlara gerek duyulmadan analitik tabanlı olasılıksal kırılabilirlik ilişkileri türetilmektedir.

Analitik olasılıksal analiz hem giriş verisi hem de tepki karakteristiklerindeki rastgelelik sonucunda ileri düzeyde işlemci gücü ve hesaplama gerektirmektedir. Jeong ve Elnashai, (2006) bu yaklaşımda, temel tepki niceliklerine (rijitlik, dayanım ve süneklik) bağlı olarak bilinen güvenilirlikte bir kırılabilirlik ilişkisi tanımlanmaktadır. Genel olarak kullanılan log-normal kırılabilirlik ilişkilerini tanımlayan katsayılardan oluşan bir tepki veritabanı oluşturacak şekilde, genelleştirilmiş tek serbestlik dereceli (SDOF) sistem için bir kapalı çözüm oluşmaktadır. Geniş kapsamda yapısal sistemler için bu üç temel nicelik tanımlandıktan sonra, daha ileri simülasyona gerek kalmadan çeşitli limit durumları için kırılabilirlik ilişkileri oluşturulabilir. Tamamen tutarlı ve sabit güvenilirlikte hasar analizi yapmaya elverişli olduğu için bölgesel kayıp analiz çalışmalarında kullanıma uygundur.

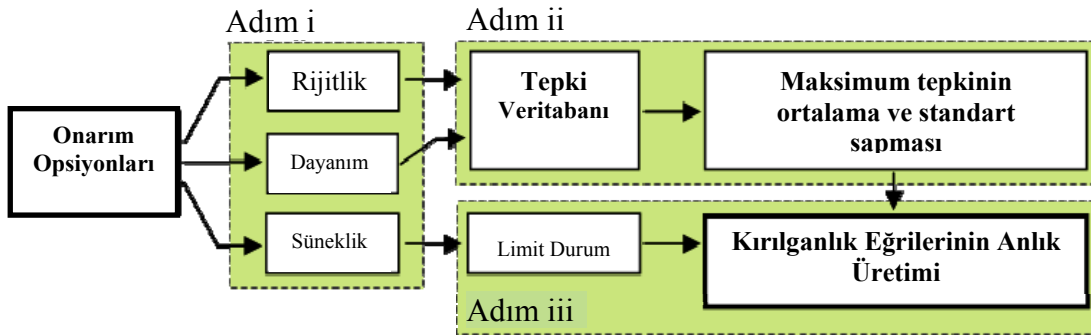
“Kırılabilirlik eğrileri simülasyonlar yardımıyla analitik olarak oluşturulabilirler. Sınırlı sayıda rastgele değişken ve mütevazı bir değişkenlik derecesiyle bile, simülasyonun gerektirdiği işlem yükü, yüz binler seviyesinde işlem miktarıyla, çok fazla olmaktadır. Yapı değiştiğinde veya modifiye edildiğinde simülasyonun tekrarı gerekmektedir. Bu yüzden bundan böyle problem, genel bir kırılabilirlik eğrisi türetecek şekilde parametrize edilecektir. Eğrilerin şekillerini etkileyecek parametreler;

- a) rijitlik (işlerlik sınır durumuyla yakından ilintili),
- b) dayanım (hasar kontrol limit durumlarıyla yakından ilintili) ve
- c) sünekliktir (hasar önleme parametreleriyle yakından ilintili).

Bu parametrelerin, geniş tepki parametrelili yapıların inelastik tepki analizi sonucu oluşan bir tepki veritabanıyla bir arada kullanımıyla, kırılabilirlik eğrileri simülasyona gerek duyulmadan üretilmektedirler. Bu özellik, kırılabilirlik eğrilerinin türetilmesi

aşamasında işgücü ve zaman açısından büyük kazançlar sağladığı için, deprem zarar azaltma çalışmalarının karar alma aşamalarında farklı yapısal konfigürasyonların karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Şekil 4.7’de de görüleceği üzere, parametrik kırılgenlik eğrileri üç adımda türetilmektedir:

- i. yapının tepki parametrelerinin belirlenmesi,
- ii. detaylı şekilde ilerleyen bölümlerde anlatılacak olan Tepki Veritabanı kullanılarak yapısal tepki tahmini ve
- iii. çeşitli limit durumlar için kırılgenlik eğrilerinin oluşturulması.



Şekil 4.7 Kırılgenlik eğrilerinin üretiminde yürütülen prosedür (Jeong ve Elnashai, 2006)

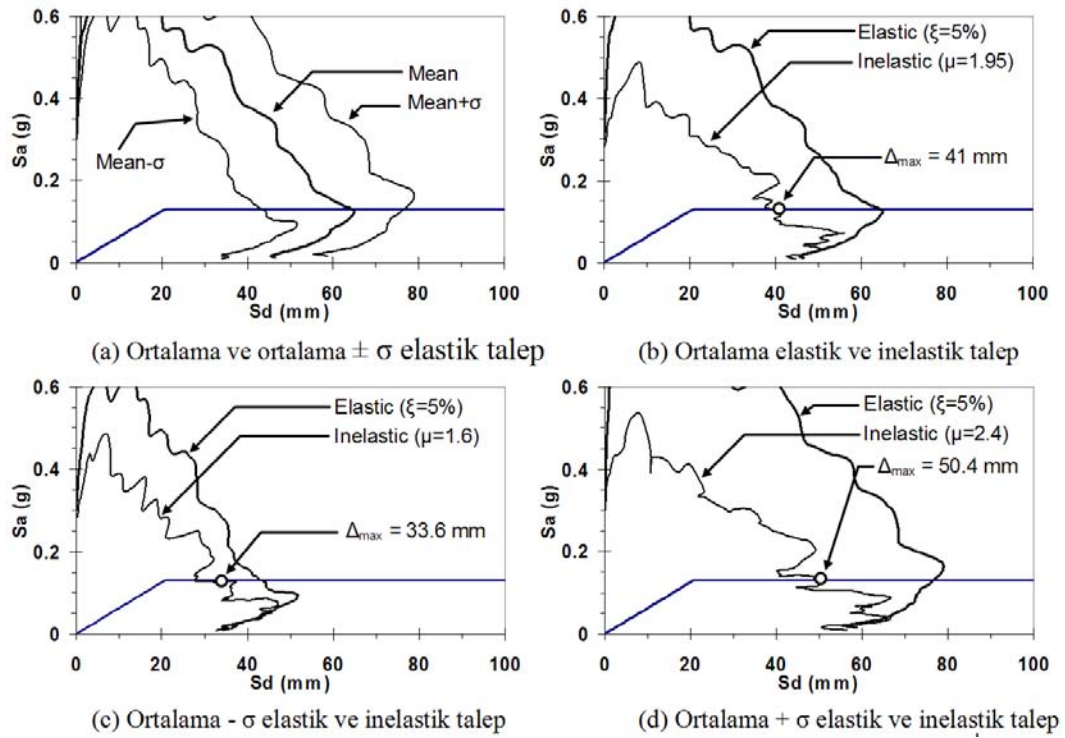
Fark edileceği üzere, tepki tahminini (Adım ii) süneklik parametresi olmadan da gerçekleştirmek mümkündür. Bunun ana sebebi, belirlenen akma noktasının rijitlik ve dayanıma bağlı olması ve nihai deformasyon kapasitesinin kapasite eğrisine ki bu eğri bu çalışmada binanın tepkisel parametrelerini belirlemektedir, herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Nihai deformasyon kapasitesi süneklik ve akma anındaki deformasyonun çarpımı olduğu için, süneklik etkisi kırılgenlik eğrilerinin türetilmesi sırasında yıkılma sınır noktasının belirlenmesinde kullanılmaktadır” (Jeong ve Elnashai, 2006).

4.4.1 Kapasite Spektrum Metodu ile Karşılaştırmalı Kontrol

“Parametrik Kırılgenlik Metoduna (PFM) dayanan kırılgenlikler, deprem mühendisliğinde en çok kullanılan lineer olmayan statik itme analizlerinden biri olan Kapasite Spektrum Metoduyla (CSM) karşılaştırılmışlardır. CSM’de maksimum yer değiştirme, kapasite eğrileri ve talep spektrasının kesişim noktalarının tespiti sonucu hesaplanmaktadır. Talep spektrası, ivme-yer değiştirme tepki spektrası (ADRS) formatında inelastik bir spektradır. İnelastik spektra tek serbestlik derecesindeki bir sistemin modifiye tepkisini inelastisite seviyesine göre temsil eder. Bu çalışmada

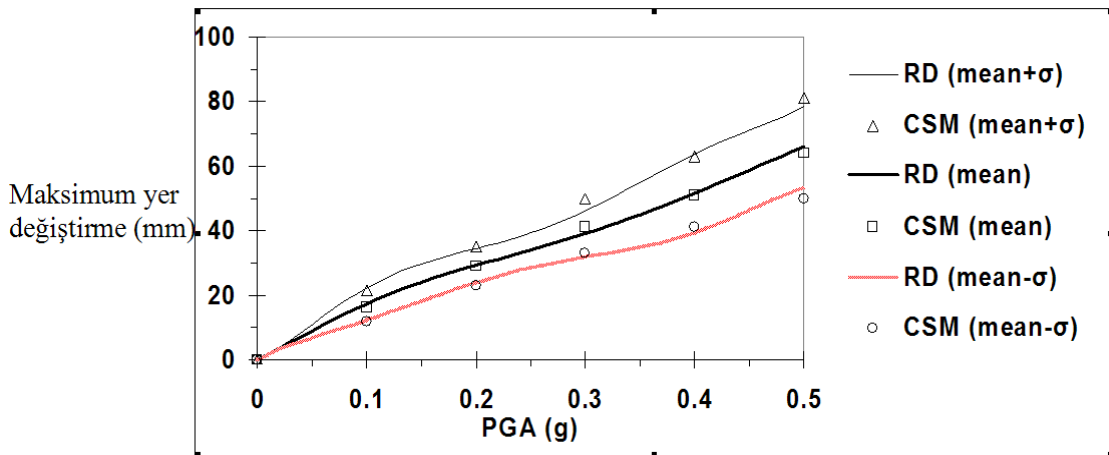
karşılaştırma için inelastik dinamik analize bağlı sabit süneklikli spektra kullanılmıştır çünkü son metot tek serbestlik derecesine sahip bir sistemin maksimum inelastik tepkisinin kesin tahminini vermektedir” (Jeong ve Elnashai, 2006).

“CSM ile maksimum yer değiştirmelerin ortalama ve standart sapmalarını elde etmek için, Shinozuka ve diğ. (2000) çalışmasında öne sürülen yaklaşım uygulanmıştır. Bu çalışmada, maksimum yer değiştirmelerin ortalama ve ortalama $\pm \sigma$ (standard sapma) değerleri CSM ile ortalama ve ortalama $\pm \sigma$ talep spektrasıyla hesaplanmıştır. Bu spektralar ADRS’de ivme ve yer değiştirmenin ortalama ve ortalama $\pm \sigma$ değerlerinin çizimiyle elde edilmiştir. Bahsi geçen prosedür, verilen bir deprem şiddeti için, eldeki deprem kayıtlarından o depremin üreteceği ivmeler ve yer değiştirmelerin ortalama ve standart sapmalarının hesaplanmasını gerektirmektedir. Şekil 4.8(a), 0,3g PGA seviyesi için %5 sönümlenme oranıyla ortalama ve ortalama $\pm \sigma$ elastik talep spektrasını göstermektedir. Maksimum inelastik yer değiştirmeler sabit süneklik spektrasının çizimiyle elde edilmektedir. Uygun süneklik değerleri, kesişim noktasının süneklik talebinin sabit süneklik spektrasında karşılık gelen süneklik değerine eşit olduğu iteratif bir metotla belirlenir. Bu metot, ATC-40 prosedürlerinin geliştirilmesi için Chopra ve Goel (1999) tarafından önerilmiştir. Örnek bir yapı için ($T=0,8$ sn ve $SR=0,13$) CSM kullanılarak maksimum yer değiştirmelerin ortalama ve ortalama $\pm \sigma$ değerlerinin hesaplanması Şekil 4.8(b), (c) ve (d)’de gösterilmiştir. Bu şekillerde, kapasite eğrisi, 0,3 PGA için ortalama (veya ortalama $\pm \sigma$) elastik ve inelastik talep spektrasıyla örtüşmektedir. İnelastik talep spektrumu, ADRS formatındaki sabit süneklik spektrasının çiziminden elde edilir ve inelastisite yüzünden modifiye edilmiş tepkileri temsil eder. Kırılganlık eğrilerinin oluşturulması için yukarıdaki prosedürün belli aralıktaki depremler için tekrarlanması gerekmektedir” (Jeong ve Elnashai, 2006).



Şekil 4.8 0,3g’de Maksimum Tepkinin Hesaplanması için Kapasite-Talep Diyagramları

“PFM ve CSM sonucunda elde edilen tepki tahminlerinin karşılaştırmaları göstermektedir ki iki metot arasındaki fark ihmal edilebilir bir derecededir. Parametrik Kırılabilirlik Metodu’yla (PFM), kırılabilirlik analizi için gereken tepki tahminleri kısa sürede ne iterasyon ne de tekrarlama yaparak elde edilebilmektedir. Elde edilen sonuçlar inelastik kompozit spektra ve kapasite spektrum değerlendirme yaklaşımı kullanıldığı zamanki kadar yüksek doğruluktadır” (Jeong ve Elnashai, 2006).



Şekil 4.9 Tepki sonuçlarının karşılaştırması (RD: Tepki Veritabanı)

PFM, tez çalışması için iki şekilde kullanılmıştır. İlk olarak, Parametrik kırılgenlıkların türetilmesi için HAZUS'ta (FEMA,1999) bulunan itme eğrileri ve limit durumları kullanılmıştır. HAZUS'taki ilişkiler bir tasarım spektrumundan türetilen tek bir talep noktası kullanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan kırılgenlıklar ise inelastik dinamik analiz talep noktalarını kullanmakta oldukları için daha üstündürler. Sonuçta elde edilen ilişkiler Sabit Kırılgenlık İlişkileri olarak tanımlanmıştır.

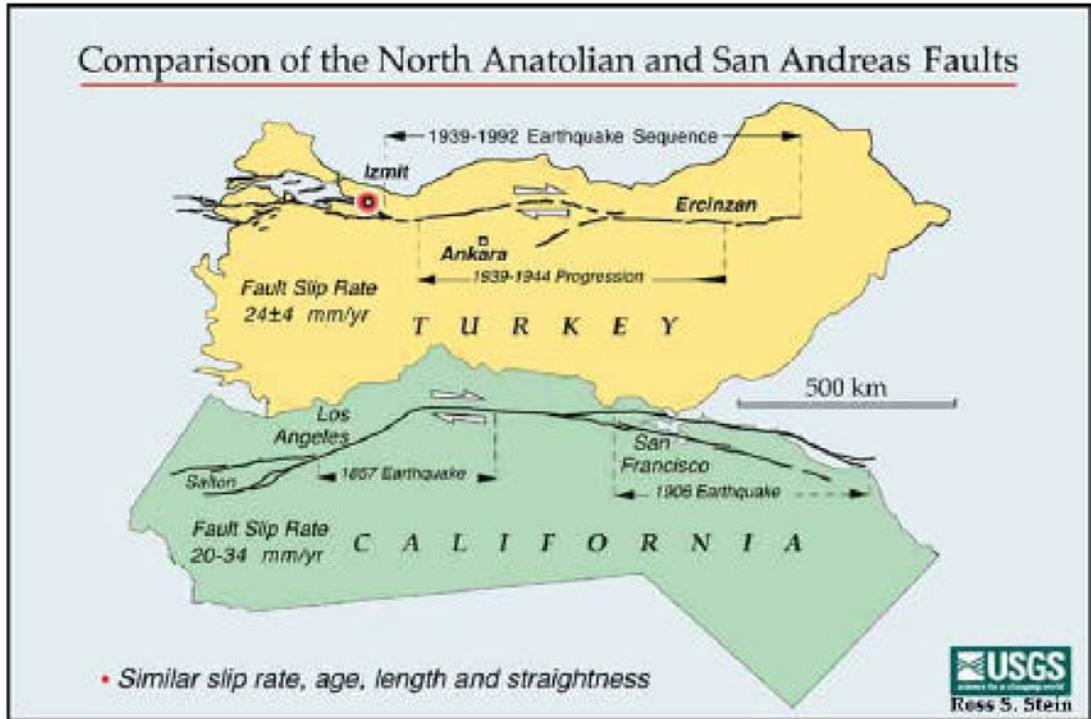
İkinci olarak, İstanbul yapıları için tipik itme analizi eğrileri, İstanbul'da bulunan 750000 binanın büyük çoğunluğunu kapsayacak özel kırılgenlıkların oluşturulması için kullanılmıştır. Bu ilişkiler de Gelişmiş Kırılgenlık İlişkileri (AFR) olarak tanımlanmaktadır.

Her iki durumda da, parametrik kırılgenlıkları çalıştırmak için seçilen Türkiye kuvvetli hareket verileri, hayali İstanbul deprem senaryosunda önerilen merkez üs uzaklıklarına yakın olacak şekilde seçilmiştir.

4.4.2 PFM veritabanı için kuvvetli yer hareketlerinin seçimi

Kırılgenlık eğrilerinin oluşturulması için kullanılan Parametrik Kırılgenlık Metodu'na gerekli olan girdilerden biri de kuvvetli yer hareketi kayıtlarıdır. Bu kayıtların güvenilir ve kırılgenlık eğrisi belirlenecek bölgenin yer hareketlerini iyi bir şekilde temsil etmesi çok önemlidir. Bu nedenle Parametrik Kırılgenlık Metodu'nda kullanılacak kuvvetli yer hareketi kayıtları günümüzde en organize ve gelişmiş kayıtları bulunduran ve bu kayıtlar hakkında en detaylı meta verileri sunan veri tabanı olan Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER Center) tarafından oluşturulan ve Next Generation Attenuation (NGA) Model olarak bilinen yeni nesil azalım ilişkilerinin oluşturulmasında kullanılan NGA kuvvetli yer hareketi veri tabanı temel alınmıştır. Bu veritabanı yabancı kaynaklı olduğundan Marmara denizinde meydana gelen güncel deprem kayıtlarını henüz bünyesine katamamıştır. Bunun nedeni bu kayıtlara ait metaveri toplama aşamasının uzun sürüyor olmasıdır. Bu nedenle, 24 Ekim 2006 tarihinde Bandırma açıklarında meydana gelen depreme ait kuvvetli yer hareketi kayıtları Türkiye Cumhuriyeti, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı, Deprem Araştırma Dairesinden elde edilmiştir. Benzer şekilde, 13 Eylül 1999 tarihinde gerçekleşen artçı depreme ait kuvvetli yer hareketi kayıtları da aynı kurumdan tedarik edilmiştir.

Türkiye'ye ait kayılar maksimum ivme değerine göre seçilmiştir. PGA değeri 0,1g'den büyük olan kayıtlar içinden seçim yapılmıştır. İkinci seçim kriteri kayıtların Joyner-Boore uzaklıklarının 60 km'den küçük olmasıdır. Bu seçim kriterleri temel alınarak toplanan kuvvetli yer hareketi kayıtları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Kayıtlara ait Şekil B.17'den Şekil B.22'ye kadar gösterilen uzaklık-deprem moment büyüklüğü, deprem moment büyüklüğü –zemin türü, zemin türü-uzaklık dağılımları San Andreas fay zone depremleri kuvvetli yer hareketi kayıtları arasında seçim yaparken temel alınmıştır. San Andreas fay zonuna ait deprem kayıtlarının seçilmesinin nedeni Kuzey Anadolu fay zone ile kaynak mekanizmasının birbirine çok benzer olmasıdır (bkz.Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Kuzey Anadolu ve San Andreas Faylarının Karşılaştırılması (Çelebi vd., 2000)

San Andreas fayından seçilen kuvvetli yer hareketi kayıtları beş deprem üzerinden toplanmıştır. Bu beş deprem; 17 Ocak 1994 Northridge, 18 Ekim 1989 Loma Prieta, 1 Ekim ve 4 Ekim 1987 Whittier Narrows ve 9 Şubat 1971 San Fernando'dur. Bu seçim için kriter Türkiye'ye ait seçim kriteri ile aynıdır. Fakat seçim esnasında uzun mesafeli kayıtlar için yüksek moment büyüklüğüne sahip depremler, kısa mesafeli kayıtlar için ise daha çok küçük moment büyüklüğündeki depremler arasından seçim yapılmıştır. San Andreas fay zone deprem kayıtları seçiminde zemin sınıfı da Türkiye ve özellikle İstanbul zemin sınıflarına uyumlu olacak şekilde seçilmiştir.

Farklı zemin sınıflarının ana Marmara fayına olan uzaklıkları hesaplanıp yakın uzaklıklarda yakın zemin sınıflarında kayıtların seçimine dikkat edilmiştir.

İlk olarak 56 kuvvetli yer hareketi kaydı yukarıda açıklanan kriterlere göre elde edilmiştir. Ardından bu deprem kayıtlarından 52 tanesi kayıtların Zaman Serileri ve Elastik Tepki Spektralarına göre tekrar seçilmiştir. Düşük Tepki spektrasına sahip olan, gerçekçi ve tutarlı olmayan zaman serilerine ait kayıtlar da seçimden çıkarılmıştır. Sonuç olarak, 17 Ağustos 1999, 12 Kasım 1999, 13 Eylül 1999 ve 24 Ekim 2006 depremlerinden 16 kuvvetli yer hareketi kaydı ile batı Amerika Birleşik Devletlerinden ise 26 kuvvetli yer hareketi kaydı parametrik kırılgenlik metodunda kullanılmak üzere seçilmiştir.

Çizelge 4.5 Parametrik Kırılgenlik Metodunda Kullanılan Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtları

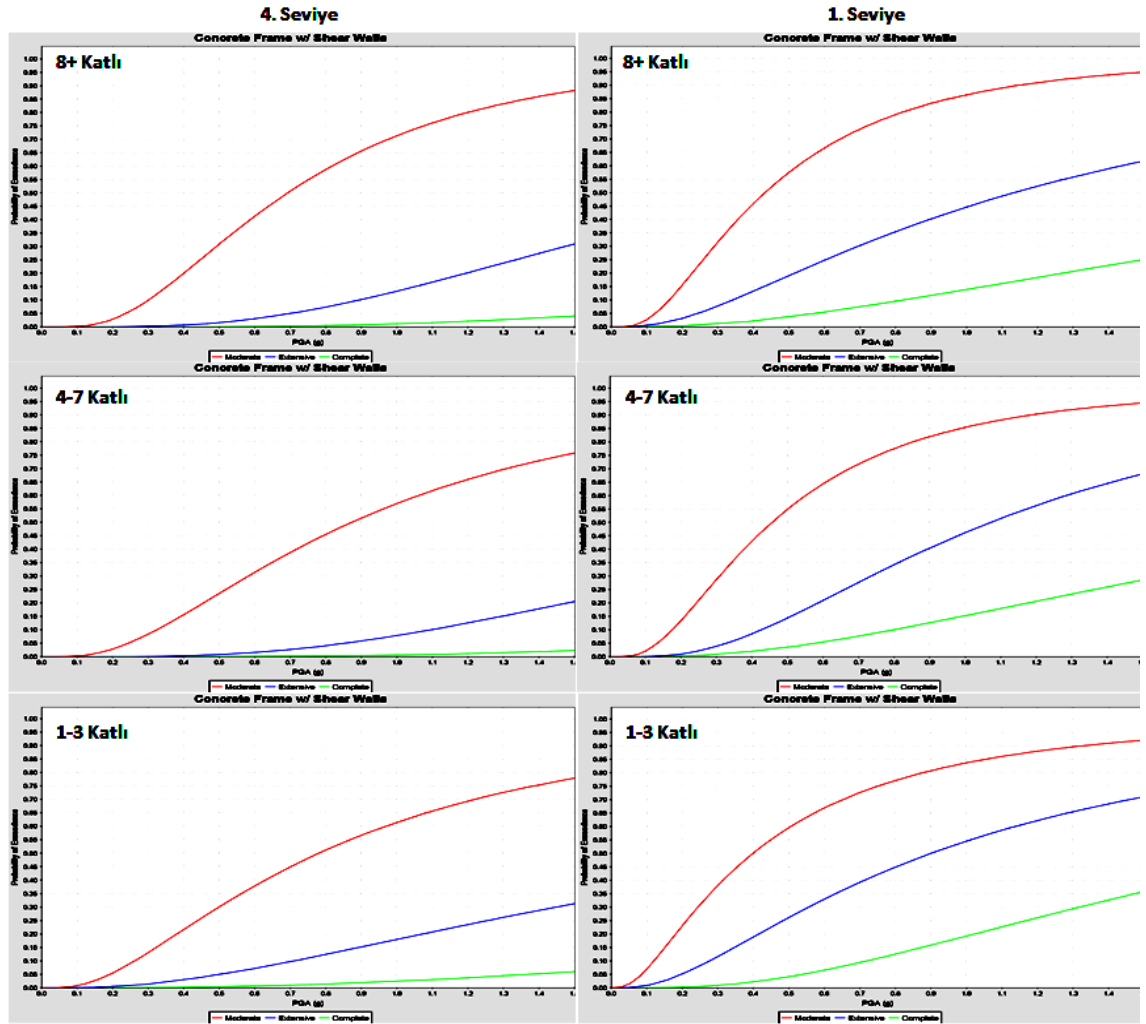
EQ	Mag.	Maks. İvme PGA (g)	EpiD (km)	Joyner-Boore Uzak. (km)	Zemin Sınıfı	Doğrultu	İstasyon Adı	Kaynak
17Aug99	7,4	0,21884	53,68	10,56	523,0	0	Arcelik	NGA
17Aug99	7,4	0,16375	99,69	56,49	274,5	90	Atakoy	NGA
17Aug99	7,4	0,35788	98,22	13,60	276,0	270	Duzce	NGA
17Aug99	7,4	0,18700	93,86	53,34	338,6	0	Fatih	NGA
17Aug99	7,4	0,13194	77,63	31,74	424,8	0	Goynuk	NGA
17Aug99	7,4	0,21954	5,31	3,62	811,0	90	Izmit	NGA
17Aug99	7,4	0,34899	19,30	1,38	297,0	330	Yarimca	NGA
12Nov99	7,2	0,82243	41,27	12,02	326,0	90	Bolu	NGA
12Nov99	7,2	0,53533	1,61	0,00	276,0	270	Duzce	NGA
12Nov99	7,2	0,25738	29,27	9,15	338,0	N	Lamont 1062	NGA
12Nov99	7,2	0,97007	24,05	3,93	424,8	N	Lamont 375	NGA
12Nov99	7,2	0,15936	27,74	8,03	659,6	N	Lamont 531	NGA
13Sep99	5,8	0,38700	16,00	N/A	360,0	N-S	Bahcecik	ERD
13Sep99	5,8	0,60700	4,00	N/A	230,0	E-W	Tepetarla	ERD
24Oct06	5,2	0,17900	28,98	12,87	303,0	E-W	BYT04	ERD
24Oct06	5,2	0,20600	12,76	9,60	205,0	E-W	BYT05	ERD
09Feb71	6,6	0,32394	25,36	19,33	450,3	21	Castaic - Old Ridge	NGA
09Feb71	6,6	0,20988	39,49	22,77	316,5	90	LA - Hollywood Lake	NGA
09Feb71	6,6	0,36580	20,04	13,99	602,1	21	Hughes #12 Lake	NGA
09Feb71	6,6	0,19226	24,19	19,45	821,7	111	Hughes #4	NGA

09Feb71	6,6	0,20212	39,17	21,50	969,1	270	Pasadena - Old Seismo	NGA
09Feb71	6,6	0,13575	45,41	35,54	529,1	270	Pearblossom Pump	NGA
09Feb71	6,6	0,21210	45,86	30,70	684,9	270	Santa Anita Dam	NGA
18Oct89	6,9	0,52852	9,78	8,65	288,6	0	Capitola	NGA
18Oct89	6,9	0,64375	7,17	0,15	462,2	0	Corralitos	NGA
18Oct89	6,9	0,35703	28,98	9,19	729,7	67	Gilroy - Gavilan	NGA
18Oct89	6,9	0,55502	31,40	12,23	349,9	0	Gilroy Array #3	NGA
18Oct89	6,9	0,32929	79,13	58,52	190,1	90	SF Intern, Airport	NGA
18Oct89	6,9	0,27457	20,13	14,18	671,8	225	San Jose - Santa	NGA
18Oct89	6,9	0,51248	27,23	7,58	370,8	0	Saratoga - Aloha Ave	NGA
18Oct89	6,9	0,45022	16,51	12,15	714,0	0	UCSC	NGA
17Jan94	6,7	0,56832	40,68	20,10	450,3	90	Castaic - Old Ridge	NGA
17Jan94	6,7	0,93382	8,48	0,00	380,1	360	LA - Sepulveda	NGA
17Jan94	6,7	0,82520	10,91	0,00	282,3	228	Rinaldi	NGA
17Jan94	6,7	0,88322	22,45	17,28	336,2	90	Receiving Santa	NGA
17Jan94	6,7	0,17861	19,19	15,46	659,6	360	Monica City Monte Nido	NGA
04Oct87	5,3	0,26441	13,04	N/A	370,8	0	Fire Station Altadena -	NGA
04Oct87	5,3	0,37413	7,33	N/A	349,4	270	Eaton LA - Obregon	NGA
04Oct87	5,3	0,21223	6,59	N/A	379,4	360	San Marino - SW	NGA
01Oct87	6,0	0,41367	6,77	1,67	550,0	270	Alhambra - Fremont	NGA
01Oct87	6,0	0,35953	10,71	4,30	370,8	90	Pasadena - CIT Lura St	NGA
01Oct87	6,0	0,30365	4,77	0,00	401,4	180	San Gabriel - E Grand	NGA

Tez çalışmasında hasar tahmini için bina sınıflandırması Çizelge 3.4'te verildiği gibi on üç bina türü için yapılmıştır. Bu şekilde yapıların kat sayıları, yapı türleri, yapıldıkları yıl geçerli olan yönetmelik kullanılmaktadır. Türkiye'de çıkartılmış dokuz adet yapı yönetmeliği incelenmiş ve bu yönetmelikler de dört ayrı seviyede sınıflandırılmışlardır. Çizelge 4.6'da bu sınıflandırma verilmektedir. Bu sınıflandırma da bina yapım yıllarının sınıflandırmasında kullanılmıştır. Bina kat sayıları ise HAZUS (2004)'ta belirtildiği gibi sınıflandırılmış ve bunlara göre bina sınıflandırılması tamamlanmıştır. Şekil 4.11'de çalışma kapsamında birinci ve dördüncü seviyede üç sınıf yükseklikteki perde beton binalar için üretilen kırılma eğrileri verilmektedir.

Çizelge 4.6 Türkiye Yürürlüğe Girmiş Deprem Yönetmelikleri

Bina Kodu	Yılı	Kod Seviyesi
İtalyan Yapı Talimatnamesi	1940	1.Seviye
Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi	1944	1.Seviye
Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği	1949	1.Seviye
Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1953	1.Seviye
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1962	1.Seviye
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1968	1.Seviye
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1975	2.Seviye
Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	1997	3.Seviye
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik	2006	4.Seviye



Şekil 4.11 Perde Beton Binalar için PFM ile elde edilen PGA talebi için Kırılgnalık Eğrileri

Çalışma kapsamında kırılmalık eğrileri Seong-Hoon Jeong tarafından geliştirilmiş olan Matlab kodu kullanılarak üretilmiştir. Kod, çalışma bölgesi olan İstanbul için elde edilen itme eğrilerine göre ve HAZUS itme eğrileri ve limit durumlarına göre yeniden düzenlenmiş ve ek olarak verilmiştir. Tez çalışması kapsamında üretilen kırılmalık eğrilerinin parametreleri ise Çizelge A.10'dan Çizelge A.13'e kadar verilmektedir. Üretilen kırılmalık eğrilerinin, bina hasar tahmini analizlerinde kullanılması için analizde yer alan binalarla eşleştirilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla Bölüm 3.5.5'te tanımlanan eşleştirme dosyaları kullanılmaktadır. Üretilen her kırılmalık eğrisi için oluşturulan deprem risk haritasındaki talebe göre XML formatlı bir eşleştirme dosyası tanımlanması gerekmektedir. Tez çalışması kapsamında gerekli eşleştirme dosyaları oluşturulmuş ve çalışmada EK.C bölümünde verilmektedir.

5. HASAR TAHMİNİ

Hasar Tahmini öncelikle geçmişte kaydedilmiş veriden elde edilen günümüz bilgisinin geleceğe ekstrapolasyonu yani dış değerlendirilmesi ile ilgilidir. Bazı matematik modelciler katılmasalar da en karmaşık felaket modeli bile temelindeki tarihsel verilerin kalitesi kadar iyidir. Eğer belirli bir tehlike için hasarların tahmini ile ilgili olarak hiç kayıtlı veri yoksa ekstrapolasyon mümkün değildir ve hasar tahmini yapılamaz.

Eğer uygun veri mevcutsa, ekstrapolasyon yapılabilir ve hasar tahmini mümkündür. Ancak eğer veri yetersiz ve kötüyse yapılacak olan hasar tahmini de yetersiz ve zayıf olacaktır. Eğer veri iyi ise, o zaman daha güvenilir bir hasar tahmini mümkündür. Bu prensibin uygulanması, mevcut bilgilerin bir fonksiyonu olarak aşağıdaki hiyerarşideki hasar tahmini metodolojilerine götürür.

- Faktörleri kararlaştırılmış maksimum kayıtlı hasar (Factored) (asgari yaklaşım)
- Kayıtlı hasar verilerinin istatistiksel analizi
- Rasgele Olmayan (Deterministic) GIS tabanlı hasar modellemesi
- Olasılıksal (Probabilistic) GIS tabanlı hasar modellemesi (azami yaklaşım)

Tüm bu metotlar olası maksimum hasarların tahmini amacıyla kullanılabilirler. Sadece sonuncu metot değerlendirme (sınıflama) için kullanılabilir (Walker, 1999).

5.1 Hasar Tahmininin Önemi

Deprem hasar tahmin metodolojisi, yerel, bölgesel ve ulusal yöneticilere, depremlerden doğabilecek risklerin azaltılmasında ve acil durum müdahale ve iyileştirme çalışmaları için hazırlıklı olunmasında kullanılacak planlama ve uyarı çalışmaları için gerekli araçları sağlar. Metodoloji ayrıca deprem hasarlarının ulusal çapta risklerinin değerlendirilmesi için temel teşkil eder. Metodoloji, deprem hasarlarının asgari veri girdisi gerektiren kaba tahminlerinden, rafine hesaplamalarına kadar değişen ihtiyaçlara sahip çeşitli kullanıcılar tarafından

kullanılabilir. Metodoloji tümleşik coğrafi bilgi sistemi teknolojisi kullanılarak uygulanabilir (HAZUS, 2004).

5.2 Hasar Tahmininin Bileşenleri

Dünyada kullanılan ve geliştirilen GIS tabanlı hasar tahmin sistemleri iki temel hasar modelini kullanarak tahmin geliştirirler. Bu iki modelden ilki ve en çok kullanılan rastgele olmayan ya da diğer bir adıyla deterministik GIS tabanlı hasar modelidir. Diğeri ise daha çok sınıflandırma ve değerlendirme amacıyla kullanılan olasılıksal GIS tabanlı hasar modelidir.

5.2.1 Deterministik (rastgele olmayan) GIS tabanlı hasar modellemesi

Deterministik model, oluşmalarına dair olasılığın kesin ve net etkenleri olamayan belirli senaryoları baz alan tehlike modellerini referans alır (Crozi ve diğ., 2005).

Bilgi devrimiyle kullanılabilir ve yararlanılabilir hale gelen başlıca yeni araçlardan biri de fiziksel zarara ve kayba neden olan tehlikelerin özelliklerini coğrafi olarak simüle edebilen coğrafi bilgi sistemleridir. Bu kayıtlı hasarların istatistiksel analizinden çok daha fazla karmaşık bir yaklaşımdır. Uygulanabilmesi için, tehlike ve onun zarar verme özellikleri, konum, sigorta değeri sigorta sınıfı gibi bilgileri içeren sigortalanmış tüm yapı, ürün ve canlılar ve tehlikeye karşı hassaslık ile ilgili fiziksel özellikleri hakkında uyaran, bilimsel, mühendislik ve finansal modelleri somutlaştırıp canlandıran karmaşık bir bilgisayar programı şeklindeki uzman bir sistem gerektirir (Walker, 1999).

5.2.2 Olasılıksal (probabilistik) GIS tabanlı hasar modellemesi

Olasılıksal model, ilgili bölgeye etki eden birçok olay ve etmen ile ilişkili tüm olasılıkları hesaba katan tehlike modellerini referans alır. Olasılıksal modeller yüzlerce ya da binlerce senaryonun simülasyonlarını baz alır (Crozi ve diğ., 2005).

Olasılıksal GIS tabanlı hasar modelleri, hasar modellemesinde çıktı olarak en iyi sunumu yapabilmek için ek bilgiler ve hesaplama yordamları içeren deterministik modellerdir. Bu çıktılar tüm yapı, ürün ve canlılar ya da riskler hakkında olabilir. Modelin çıktıları ile tekil riskler ortalama yıllık kayıplar açısından ya da kayıpların sigortalama ve finansal açıdan etkileri elde edilebilir (Walker, 1999).

5.3 İstanbul için Yapılan Hasar Tahmini Çalışmaları

Çalışma kapsamında bugüne kadar gerçekleştirilen hasar tahmin çalışmaları incelenmiş ve eksik ve yetersiz kalan kısımlar belirlenerek tez çalışması ile bunların giderilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda İstanbul ili hasar tahmini amacı ile yapılan ilk çalışma İstanbul Büyükşehir Belediyesinin desteği ile Pacifik Consultants International ve OYO Corporation adlı kurumların JICA adıyla yürüttükleri “Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması” adlı çalışmadır. İstanbul için yapılan diğer büyük kapsamlı çalışma ise Amerikan Kızılhaç (ARC) ve Türk Kızılay’ının işbirliği ile desteklenen ve Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Gözlemevi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI) Deprem Mühendisliği Bölümü tarafından tamamlanan, “İstanbul Metropolitan Bölgesi için Deprem Risk Değerlendirmesi” adlı çalışmadır.

Her iki çalışmada beklenen İstanbul depremi ile ilgili çok önemli veri ve bilgi kaynakları üretmiş ve daha sonra yapılabilecek çalışmalar için öncü olmuşlardır. Buna rağmen, yapılan iki çalışma da İstanbul’daki deprem riskini, çalışmaların yapıldığı yıllardaki risk olarak belirlemiş fakat her geçen yıl büyük bir hızla büyüyen İstanbul gibi bir metropolün gelişim hızına ayak uydurabilecek esnekliğe sahip olamamıştır. Bu durum, bahsedilen çalışmalarla belirlenen risklerin ve kayıpların artık güncelliğini yitirmiş olduğu ve bu gibi büyük kapsamlı çalışmaların yeni baştan yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bunun nedeni ise yapılan çalışmaların atıl durumda kalması ve çalışma kapsamında yaşayan bir sistem oluşturulmamasıdır.

5.3.1 JICA (2002) çalışması

JICA (2002) adlı çalışmanın amaçları, proje sonuç raporunda, “İstanbul şehri ve çevresi için sismik afet önleme/hasar azaltma planının temelini oluşturabilecek sismik mikrobölgeleme haritalarını derlemek, depreme dayanıklı şehirleşme için yapı inşaatı tavsiyelerinde bulunmak ve ilgili planlama teknikleri hakkında etkin teknik aktarımlar yürütmektir” (JICA, 2002) olarak açıklanmıştır. Hasar tahmini çalışması için kullanılan bina envanteri Çizelge 5.1’deki gibi yapı türü, kat sayısı ve yapım yılı olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5.1 Hasar Tahmini için Bina Verilerinin Sınıflandırılması (JICA, 2002)

Sınıf	Yapı	Kat Sayısı	Yapım Yılı			Toplam
			- 1959	1960 - 1969	1970 -	
1	Tuğla Duvarlı Betonarme Çerçeve	1 – 3	7,120 (1,0%)	13,757 (1,9%)	200,950 (27,7%)	221,827 (30,6%)
2		4 – 7	6,280 (0,9%)	15,449 (2,1%)	280,231 (38,7%)	301,961 (41,7%)
3		8 <	481 (0,1%)	886 (0,1%)	18,468 (2,5%)	19,835 (2,7%)
4	Ahşap Çerçeve	1 – 2	4,755 (0,7%)	697 (0,1%)	1,583 (0,2%)	7,035 (1,0%)
5		3	3,611 (0,5%)	222 (0,0%)	358 (0,0%)	4,191 (0,6%)
6	Betonarme Perde Duvar	1 – 3	1 (0,0%)	0 (0,0%)	13 (0,0%)	13 (0,0%)
7		4 – 7	0 (0,0%)	0 (0,0%)	200 (0,0%)	200 (0,0%)
8		8 <	0 (0,0%)	0 (0,0%)	564 (0,1%)	564 (0,1%)
9	Yığma	1 – 2	25,967 (3,6%)	24,881 (3,4%)	83,215 (11,5%)	134,063 (18,5%)
10		3	16,952 (2,3%)	8,208 (1,1%)	8,877 (1,2%)	34,037 (4,7%)
11	Prefabrik		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%)

JICA (2002) çalışmasında Model A, Model B, Model C ve Model D olmak üzere dört farklı deprem senaryosu ortaya konulmuştur. Oluşturulan deprem senaryoları Çizelge 5.2’de verilen fay modelleri temel alınarak üretilmiş ancak dört senaryodan sadece iki tanesi hasar tahmini analizinde kullanılmıştır. Model A en olası senaryo olarak Model C ise en kötü ihtimal olarak dikkate alınmıştır. Seçilen senaryolara göre en yüksek zemin ivmesi (PGA), en yüksek zemin hızı (PGV) ve spektral ivme (Sa) tepki değerleri, Boore ve diğ. (1997), Campbell (1997) ve Spudich ve diğ. (1999) azalım ilişkileri kullanılarak hesaplanmış ve buna göre deprem yer hareketi tabanlı deprem risk haritaları üretilmiştir.

Çizelge 5.2 Deprem Senaryoları için Kaynak Parametreleri (JICA, 2002)

	Model A	Model B	Model C	Model D
Uzunluk (km)	119	108	174	37
Moment Büyüklüğü (Mw)	7,5	7,4	7,7	6,9
İniş Açısı (degree)	90	90	90	90
Üst Kenar Derinliği (km)	0	0	0	0
Tip	Doğrultu atımlı	Doğrultu atımlı	Doğrultu atımlı	Normal fay

JICA (2002) çalışmasında zemin sınıflandırması olarak Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Deprem Tehlikesi Azaltma Programı tarafından sunulan NEHRP (1997)

(National Earthquake Hazard Reduction Program) zemin sınıflandırması kullanılmıştır. İstanbul ili için azalım değerleri raster veri formatında 500m x 500m büyüklükteki kareler ağına sahip haritalar için hesaplanmıştır. Jeolojik haritalar, jeolojik kesitler, sondaj ve kesme dalga hızı verileri her bir birim piksel için tanımlanmıştır. Binalar için hasar tahmini mahalle sınırları dâhilindeki 500x500 m büyüklükteki piksellerin bina yoğunluk dağılımı kullanılarak birleştirilmesi ile uygulanmıştır. Bunun sonucu olarak JICA (2002) çalışmasında hasar tahmini mahalle bazlı olarak gerçekleştirilebilmiştir. Bu, bir mahalledeki her binaya aynı deprem sismik hareketinin etki ettiği varsayımına yol açmaktadır.

JICA (2002) çalışma sonuçları da her mahalle için verilmiştir. Hasar tahmini çalışması sonuçları İstanbul ve Zeytinburnu ilçesi için özet olarak Çizelge 5.3'te verilmektedir. Hasar her mahallede bina sınıflandırmasına göre hesaplanmış ve buna göre İstanbul'un güneyinin kuzeyine göre daha ağır hasar görebileceği tahmin edilmiştir. Aynı şekilde şehrin batı yakasının da doğu yakasına göre daha fazla hasar göreceği tahmin edilmiştir (JICA, 2002).

Çizelge 5.3 Bina Hasar Tahmini Özeti (JICA, 2002)

		Ağır Sayı (Yüzde)	Ağır + Orta Sayı (Yüzde)	Ağır + Orta + Az Sayı (Yüzde)
Model A	İstanbul	51000 (7,1%)	114000 (16%)	252000 (35%)
	Zeytinburnu	2592 (16,6)	5296 (34%)	9525 (61,2)
Model C	İstanbul	59000 (8,2%)	128000	300000 (38%)
	Zeytinburnu	3036 (19,5)	5999 (38,5%)	10184 (65,4)

5.3.2 KOERI (2003) çalışması

KOERI (2003) çalışması İstanbul anakent alanı risk modeli geliştirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen model, JICA (2002) çalışması Model A'da sunulan gibi 7,5 moment büyüklüğünde deterministik bir senaryo ile 50 yıl içinde %10 ve %2 gerçekleşme olasılığına sahip 475 ve 2475 yıllık dönüş periyodunda iki olasılıksal (probabilistik) senaryo üzerine kurulmuştur. Model bina ve altyapı hasarları ile ölü sayısını tahmin etmek amaçlı geliştirilmiştir. Deprem senaryosu bu çalışmada en kötü ihtimal olarak adlandırılmaktadır.

KOERI (2003) çalışması hasar tahmini aşamasında 0,005 x 0,005 derecelik geo-hücreler olarak adlandırılan piksellerden oluşan bir envanter seti kullanılmıştır. Hem afet ve geoteknik hem de hasar tahmini aşamalarında kullanılan verilerin çözünürlüğü yaklaşık olarak 500 x 500 metredir. Afet ya da diğer adıyla deprem risk haritaları birkaç farklı azalım ilişkisinin ortalaması ile üretilmiştir. PGA için Boore ve diğ., (1997), Sadigh ve diğ., (1997) ve Campbell (1997) azalım ilişkileri sonuçlarının ortalaması alınmış ve Özbey (2002) azalım ilişkisi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Benzer bir yaklaşım spektral ivmeler (Sa) için de kullanılmış ve Boore ve diğ., (1997) ve Sadigh ve diğ., (1997) azalım ilişkilerinin ortalaması kullanılmıştır. Zemin sınıflarının belirlenmesi için JICA (2002) çalışmasında olduğu gibi NEHRP (1997) zemin sınıflandırma sistemi kullanılmış ve “İstanbul Zemin Sınıflandırma Haritası” olarak sunulmuştur. Sıvılaşma hassasiyeti verisi ise yüzey jeolojisi haritası ve sondaj verileri kullanılarak hasar tahmini aşamasına zemin göçmesi de eklenmiştir. KOERI (2003) çalışmasında kullanılan bina verisinde bulunan bina sayısı 28 ilçe için toplam 737653’tür. Ancak, binalarda oluşabilecek hasarlar tek tek her bina için değil JICA (2002) çalışmasında kullanılan yöntemle benzer bir şekilde oluşturulan 500 x 500 metrelik hücrelerdeki binalar için toplu olarak belirlenmiştir. Yapısal hasarları belirleyebilmek için hücre içindeki her yapı türünden toplam bina sayısı kullanılmıştır.

KOERI (2003) çalışması sonuçları özet olarak Çizelge 5.4’te verilmektedir. Sonuçlar verilerde olduğu gibi hücre tabanlı olarak elde edilmiş ve her hücre sonucu hücrenin ait olduğu mahalle ve ilçeye eklenerek toplanmıştır. Sonuçlara göre toplam mali kayıp 11.250.000.000 Amerikan Doları civarındır.

Çizelge 5.4 Bina Hasar Tahmini Özeti (KOERI, 2003)

Değerlendirme Yöntemi	Hasar	Bina Sayısı	Toplam
Deprem Şiddeti Tabanlı	Yıkılma (D4+D5)	40268	117212
	Ağır Hasar (D3)	76944	
Sd Tabanlı	Tam Hasar	34828	297320
	Büyük Hasar	67395	
	Orta Hasar	195097	

5.3.3 Küçükçoban (2004) tez çalışması

“Sismik hasar tahmini için bir bilgisayar programı geliştirilmesi” adlı tez çalışması ile İstanbul için yapılan hasar tahmini çalışmasında Küçükçoban (2004), Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde yürütülen çalışmalardan elde edilen bina hasar fonksiyonları ve kapasite eğrilerini kullanmış ve Gülkan ve Kalkan (2002) azalım ilişkisi deprem etkisinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Hasar tahmini için spektral yer değiştirme limitleri tabanlı ve hasar eğrileri tabanlı iki metodun kullanıldığı çalışmada JICA (2002) çalışmasında üretilen veriler ve bu verilerin yenilenmiş sürümleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen analiz sonuçları Çizelge 5.5’te verilmiştir. Sonuçlar ve veriler incelendiğinde bina verilerinin sadece istatistiksel olarak yenilendiği görülmektedir. Zira 2007 yılı içinde arazi üzerinde yapılan sayımda Zeytinburnu ilçesi bina sayısının 17000 civarında olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5 Bina Hasar Tahmini Özeti (Küçükçoban, 2004)

Veri	Bölge	Bina Sayısı	Az Hasarlı		Orta Hasarlı		Ağır Hasarlı	
			Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
JICA Check	Zeytinburnu	15576	0	0,00	2788	17,90	12788	82,10
	İstanbul	724561	78876	10,89	574203	79,25	71482	9,86
JICA New	Zeytinburnu	30430	0	0,00	1087	3,57	29343	96,43
	İstanbul	1195711	33073	2,77	883804	73,91	278834	23,32
İBB Yeni	Zeytinburnu	30551	5	0,02	25292	82,79	5254	17,20
	İstanbul	1313327	30931	2,36	1155351	87,97	127045	9,67

5.4 İstanbul için Gelişmiş bir Hasar Tahmin Metodolojisi

Çalışmada kullanılan yöntem Mid-America Earthquake (MAE) Center tarafından geliştirilen Sonuç Bazlı Risk Yönetimi (CRM – Consequence Based Risk Management) modelidir. CRM paradigması mantıklı olduğu kadar, büyük afetlerin sebepler, sonuçlar ve etki, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme özellikleri arasındaki dinamik disiplinler arası ilişkilerin değerlendirilmesi için ve yeni ana olay yönetimi (MIM) yaklaşımlarının geliştirildiği ve uygulandığı diğer alanlarla bağlantılı pratik bir yapı olarak açıklanabilir. Sosyal bilimler ve bilgi teknolojileri de CRM yapısının ana bileşenleridir.

Bu kapsamda geliştirilen analizler birbirleri ile bağlı ve birbirlerini etkileyerek ilerlemektedirler.

5.4.1 Senaryo deprem analizi

Bu bölüm sistemde bulunan İstanbul için uygulanabilir afet analizleri hakkında genel bir bilgi vermektedir. Sistemdeki iki ana analizden biri Sıvılaşma Potansiyeli İndisi ve tek tek azalım ilişkilerini kullanarak ya da ağırlıklı azalım ilişkisi setleri ile deterministik deprem senaryoları üreten Deprem Senaryo Analizidir.

Deprem senaryo analizi kullanıcının çeşitli azalım ilişkilerini birleştirerek ya da tek tek kullanarak deprem afet haritaları oluşturmasını sağlar. Her azalımın analiz sonucunda çıktı olarak ne verebileceği tanımlanmıştır, böylece birleştirilmiş azalımlar kullanılırken kullanıcı her azalımın ne üretebileceğini görebilir. Kullanıcılar her azalım ilişkisi için bir ağırlık tanımlayabilir, ya da öntanımlı ağırlık tablolarını kullanabilirler.

Bu analiz sonucu elde edilen çıktı dosyası raster formatında bir veri setidir. Bu veri seti orta sıvılaşma (LPI 5) ya da ana sıvılaşma (LPI 15) olasılıklarını içerir. Bu olasılıklar bina hasar analizinde hasarı sıvılaşma etkilerini de içine katacak şekilde nitelendirmek amacıyla kullanılabilir.

Afet haritasının oluşturulması için gerekli verilerden biri olan uzunlukların hesabı birçok azalım ilişkisinde sonuç ivme değeri üzerinde çok önemli bir ağırlığa sahiptir. Bu nedenle sistemde bu uzunlukların hesaplanması önemli bir yer tutmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan azalım ilişkilerinin kullandığı uzaklıklar ve tanımları Çizelge 5.6'da verilmektedir.

Çizelge 5.6 Sistemde Kullanılan Mesafe Tanımları

Uzaklık	Tanımlama
r_{epi}	Deprem üst merkezinden (episantr) noktaya olan uzaklık
r_{hypo}	Deprem iç merkezinden (hiposantr) noktaya olan uzaklık
r_{jb}	Fay kırılma düzleminin düşey projeksiyonundan noktaya olan uzaklık
r_{rup}	Fay kırılma düzleminin noktaya olan uzaklık
r_{seis}	Fay kırılma düzleminin sismojenik kısmından noktaya olan uzaklık. Campbell (1997) fay kırılma düzleminin sismojenik kısmına olan derinliği kestirmeye yarayan eşitlikler sağlamaktadır.

Ağırlıklı deprem afet verisi hesaplamak için gerekli ilk adım fay kırılma zonunun boyutunu tanımlamaktır. Bunun için gerekli minimum girdiler, depremin moment

büyükluğu, fay yönü, fay kırılma mekanizması ve iç merkez (hiposantr) derinliğidir. Wells ve Coppersmith'in (1994) yayınladığı eşitlikler kullanılarak, yaklaşık fay kırılma uzunluğu ve genişliği sırasıyla, fay izine paralel ve dik olacak şekilde eşitlik (5.1) ile ölçülür.

$$\log_{10}(D) = a + b \cdot M \quad (5.1)$$

Eşitlikte kullanılan D, km biriminde kırılma boyutu, M, moment büyüklüğü ve a ile b ise Çizelge 5.7'den alınan parametrelerdir.

Çizelge 5.7 Kırılma Boyutu Regresyon Katsayıları (Wells ve Coppersmith, 1994)

Mekanizma	a	b
Yüzeyaltı Kırılma Uzunluğu (L)		
Yanal Atımlı	-2,57	0,62
Ters	-2,42	0,58
Normal	-1,88	0,50
Tümü	-2,44	0,59
Kırılma Genişliği (W)		
Yanal Atımlı	-0,76	0,27
Ters	-1,61	0,41
Normal	-1,14	0,35
Tümü	-1,01	0,32

İkinci adım Çizelge 5.6'da bahsedilen ve sistemde kullanılan çeşitli azalım ilişkileri için gerekli birbirinden farklı uzunlukların hesaplanmasıdır. İvmenin hesaplanacağı noktaya olan uzunluğun tanımı dik koordinatlar ile belirlenecektir. Belirli bir noktaya doğru olan konum vektörünün [Doğu-Batı, Kuzey-Güney, derinlik] koordinat sistemi aşağıda verilen eşitlik ile belirlenebilir:

$$dist_{original} = \left[\begin{array}{c} (long_{site} - long_{source}) * \frac{\pi \cdot r_{earth}}{180} \\ (lat_{site} - lat_{source}) * \frac{\pi \cdot r_{earth}}{180} \\ d_h \end{array} \right] \quad (5.2)$$

Eşitlikte kullanılan long ve lat terimleri açısal birimlerde boylam ve enlemi temsil etmekte, altsimgeler ise ivmenin hesaplanacağı noktanın (site) ya da deprem

merkezinin (source) koordinatlarını temsil etmektedir. r_{earth} terimi dünyanın yarıçapını simgelemekte ve yaklaşık 6373 km olarak kullanılmaktadır, d_h km biriminde iç merkez (hiposantr) derinliği olarak gösterilmekte ve pozitif değer almaktadır. Eşitlik (5.2)'deki konum vektörü eşitlik (5.3) kullanılarak yeni bir üç boyutlu koordinat sistemine dönüştürülebilir.

$$dist_{transformed} = \begin{bmatrix} \cos(\delta) * \cos(\phi) & -\cos(\delta) * \sin(\phi) & -\sin(\delta) \\ \sin(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ \sin(\delta) * \cos(\phi) & -\sin(\delta) * \sin(\phi) & \cos(\delta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dist_{original} \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

Eşitlikteki ϕ açısı, fayın sağ el doğrultusunda daldığı, fay izinin saat akrebi yönünde, kuzeyle yapmış olduğu açı olarak tanımlanan azimut açısıdır. δ ise fay kırığı yüzeyinin yatayla yapmış olduğu dalma açısıdır. δ için geçerli değer aralığı 0° ile 90° arasındadır. Eşitlik (5.3)'te verilen dönüşüm matrisi, düzlem koordinat eksenlerini (Doğu-Batı, Kuzey-Güney) orjinal Kuzey-Güney eksenine fay izine paralel hale gelecek şekilde ve orjinal Doğu-Batı eksenini, fay eğimi ile paralel olacak şekilde ve orjinal düşey derinliği ise fay kırılma yüzeyini dik kesecek şekilde döndürür. Dönüştürülmüş koordinat sistemi eşitlik (5.4)'te temsil edilmektedir.

$$dist_{transformed} = \begin{bmatrix} eğime_paralel \\ fay_izine_paralel \\ kırılma_yüzeyine_dik \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{new} \\ y_{new} \\ z_{new} \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

Tüm bu koordinat sistemleri tanımlandıktan sonra, Çizelge 5.6'da tanımlanan uzunlukların hesaplanması gerçekleştirilmektedir.

İlk olarak Joyner-Boore uzunluğunun, r_{jb} hesaplanması tanımlanacaktır. Eğer ivme değeri hesaplanacak olan nokta fay kırılma yüzeyinin düşey projeksiyonunda bulunmakta ise, Joyner-Boore uzunluğu sıfır olarak kabul edilir. Aksi takdirde, Joyner-Boore uzunluğu fay kırığının düşey düzlemine en kısa mesafe olarak alınır. Buna göre noktanın, fay kırığının düşey düzlemi üzerindeki koordinatları eşitlik (5.5) ve (5.6) ile hesaplanır.

$$x_{proj} = x_{new} \cos(\delta) + z_{new} \sin(\delta) \quad (5.5)$$

$$y_{proj} = y_{new} \quad (5.6)$$

Eşitlik (5.5) ve (5.6) ile elde edilen nokta koordinatları kullanılarak sistemde uzunlukların hesaplanması ise aşağıda verilen algoritma ile sağlanmaktadır:

IF $abs(x_{proj}) \leq \frac{W}{2} \cos(\delta)$ AND $abs(y_{proj}) \leq \frac{L}{2}$ THEN

$$r_{jb} = 0$$

Elseif $abs(x_{proj}) > \frac{W}{2} \cos(\delta)$ AND $abs(y_{proj}) \leq \frac{L}{2}$ THEN

$$r_{jb} = abs(x_{proj}) - \frac{W}{2} \cos(\delta)$$

Elseif $abs(x_{proj}) \leq \frac{W}{2} \cos(\delta)$ AND $abs(y_{proj}) > \frac{L}{2}$ THEN

$$r_{jb} = abs(y_{proj}) - \frac{L}{2}$$

Else

$$r_{jb} = \sqrt{\left(abs(x_{proj}) - \frac{W}{2} \cos(\delta) \right)^2 + \left(abs(y_{proj}) - \frac{L}{2} \right)^2}$$

Yukarıda verilen algorithmadaki L ve W terimleri kırılma düzlemindeki fay kırığı boyutları, δ ise dalma (eğim) açısıdır.

Rupture distance, r_{rup} , olarak adlandırılan, fay kırılma düzleminde noktaya olan uzaklık ise sistemde aşağıda tanımlanan algoritma ile hesaplanmaktadır.

IF $abs(x_{new}) \leq \frac{W}{2}$ AND $abs(y_{new}) \leq \frac{L}{2}$ THEN

$$r_{rup} = abs(z_{new})$$

Elseif $abs(x_{new}) > \frac{W}{2}$ AND $abs(y_{new}) \leq \frac{L}{2}$ THEN

$$r_{rup} = \sqrt{z_{new}^2 + \left(abs(x_{new}) - \frac{W}{2} \right)^2}$$

Elseif $abs(x_{new}) \leq \frac{W}{2}$ AND $abs(y_{new}) > \frac{L}{2}$ THEN

$$r_{rup} = \sqrt{z_{new}^2 + \left(abs(y_{new}) - \frac{L}{2} \right)^2}$$

Else

$$r_{rup} = \sqrt{z_{new}^2 + \left(abs(x_{new}) - \frac{W}{2} \right)^2 + \left(abs(y_{new}) - \frac{L}{2} \right)^2}$$

Yukarıda verilen algoritmada bulunan L ve W terimleri kırılma düzlemindeki fay kırığı boyutlarıdır.

Fay kırılma düzleminin sismojenik kısmından noktaya olan uzaklık olarak tanımlanan sismojenik uzaklığın, r_{seis} , hesabı bir önceki algoritmada hesaplanan rupture distance ile aşağıdaki koşullar sağlandığı takdirde aynıdır:

$$x_{new} < x_{seis_d} \quad \text{where} \quad x_{seis_d} = \frac{d_{seis} - d_h}{\sin(\delta)} \quad (5.7)$$

Eşitlik (5.7)'de verilen x_{seis_d} terimi sismojenik zon sınırına doğru olan dönüştürülmüş x doğrultusunda ölçülen uzaklıktır. Bu değer dünya yüzeyine doğru ölçülen bir doğrultu üzerinde olduğu için negatiftir. Eşitlikteki d_{seis} sismojenik zona olan derinliği, d_h depremin odak derinliğini, δ ise fayın eğim (dalma) açısını temsil etmektedir. Eğer yukarıda verilen koşul sağlanırsa, sismojenik uzaklık aşağıda verilen algoritma ile hesaplanır:

$$\text{IF} \quad x_{new} < x_{seis_d} \quad \text{AND} \quad abs(y_{new}) \leq \frac{L}{2} \quad \text{THEN}$$

$$r_{seis} = \sqrt{z_{new}^2 + (x_{new} - x_{seis_d})^2}$$

$$\text{Elseif} \quad x_{new} < x_{seis_d} \quad \text{AND} \quad abs(y_{new}) > \frac{L}{2} \quad \text{THEN}$$

$$r_{rup} = \sqrt{z_{new}^2 + (x_{new} - x_{seis_d})^2 + \left(abs(y_{new}) - \frac{L}{2} \right)^2}$$

Algoritmadaki L terimi kırılma düzlemindeki fay kırığı uzunluğunu temsil etmektedir.

5.4.2 Bina hasar analizi

Bu analiz belirli bir afete dayalı olarak binalarda meydana gelecek hasarı hesaplar. Analizi gerçekleştirmek için binalara özel tanımlanmış kırılabilirlik eğrilerine, kırılabilirlik eğrileri ile her bir binanın eşleştirmesini bina türü, kat sayısı ve bina yapım yılına göre yapan bina kırılabilirlik eşlemesine, hasar durumları ile yeniden yapma değerleri arasında sayısal korelasyon sağlayan hasar oranlarına, analizde kullanılacak kırılabilirlik eğrilerini seçmeye yarayan kırılabilirlik anahtarına, her bina için kırılabilirlik eğrisi tarafından ihtiyaç duyulan ivme periyodunun en yakın değerini interpolasyon ile bulmaya yarayan hasar metoduna ve raster formatında afet haritasına ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu gereksinimler, kullanıcı tercihinine göre sistem tarafından oluşturulan veri setleridir.

Acil kullanım, can güvenliği ve göçük önleme, sapma limitleri, ilk akma, plastik deformasyon başlangıcı ve güç azalımı gibi limit durumları tarafından tanımlanan teker hasar limitlerinin aşılma olasılığı için hesaplanır. Çoğu aşılma olasılığı eşitlik (5.8)'de verilen kümülâtif bir log-normal dağılımın değerlendirilmesi ile saptanır.

$$P(LS|S_a) = \Phi\left(\frac{\ln(S_a) - \lambda}{\beta}\right) \quad (5.8)$$

Eşitlikteki λ ve β her bir kırılabilirlik eğrisi için özel olarak belirlenmiştir. S_a ise daha önce anlatılan afet analizi ile belirlenmiştir. Hem S_a hem β g yer ivmesi birimindedir. Çalışma kapsamında alternatif kırılabilirlik fonksiyonları da bulunmaktadır. Bunlardan bir seti kırılabilirlik eğrisi yerine kırılabilirlik yüzeyi formunda oluşturulmuş fonksiyonlardır. Bu fonksiyonlar, bina yüksekliklerine göre sınıflandırılmışlardır. Bu durumdaki aşılma olasılıkları aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır:

$$P(LS|S_a) = \Phi\left(\frac{\ln(S_a) - (\alpha_{11} + \alpha_{12}T)}{(\alpha_{13} + \alpha_{14}T)}\right) \quad 0.87 \leq T(sn.) \quad (5.9)$$

$$P(LS|S_a) = \Phi\left(\frac{\ln(S_a) - (\alpha_{11} + \alpha_{12}0.87)}{(\alpha_{13} + \alpha_{14}0.87)} + (0.87 - T)\frac{\ln(S_a) - \alpha_{21}}{\alpha_{22}}\right) \quad (5.10)$$

Eşitlikteki α terimi kırılabilirlik yüzeyini tanımlar ve çalışma kapsamında oluşturulan kırılabilirlik veri setinde bulunmaktadır.

Çalışmada oluşturulan kırılabilirlik veri setine HAZUS kırılabilirlik eğrileri de eklenmiştir. Ancak, her ne kadar HAZUS kırılabilirlik parametreleri inelastik tepki

parametreleri için kalibre edilmiş de olsalar, HAZUS kırılmalık eğrileri değerlendirilirken, bina tepkisindeki inelastiklik dikkate alınmadan, elastik spektral ivmeden elastik spektral yer değiştiririnin türetilmesi ile oluşturulan kuvvetli yer hareketleri verisi kullanılmıştır.

Hasar durumlarının ekonomik kayıp ile ilişkilendirilebilmesi için, kırılmalık eğrileri için hangi limit durumların kullanıldığına bakılmadan sonuçlar Az, Orta, Ağır ve Tam hasar olasılıkları olarak sınıflandırılmışlardır. Şekil 5.1’de her eğri eşitlik (5.8) kullanılarak elde edilmiştir. Ayrık hasar durumları olasılıkları ise bitişik eğriler arasındaki farkların alınması ile elde edilmiştir. (Eşitlik 5.11, Eşitlik 5.12, Eşitlik 5.13, Eşitlik 5.14)

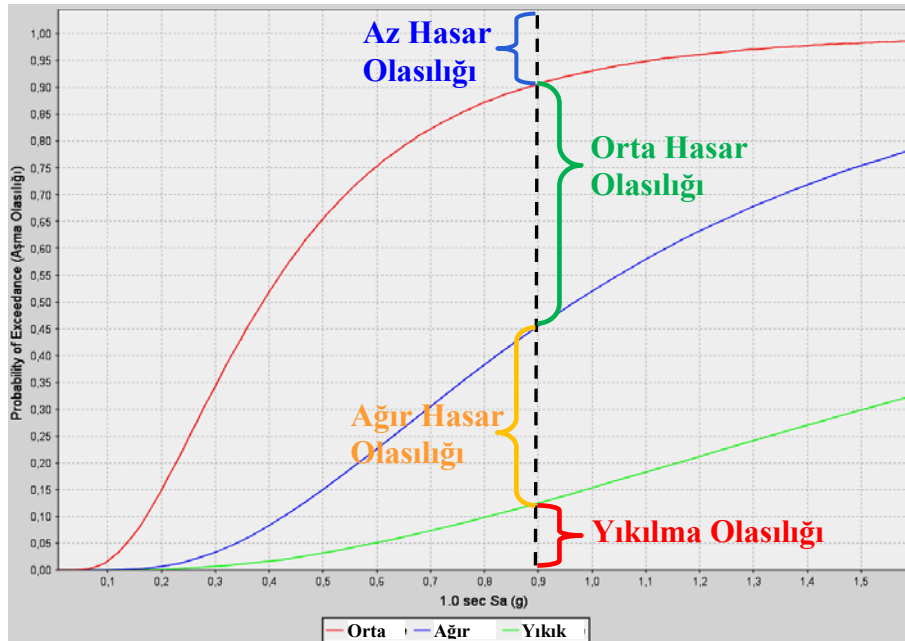
$$P(DS = C) = P(DS > H) \quad (5.11)$$

$$P(DS = H) = P(DS > M) - P(DS > H) \quad (5.12)$$

$$P(DS = M) = P(DS > I) - P(DS > M) \quad (5.13)$$

$$P(DS = I) = 1 - P(DS > I) \quad (5.14)$$

Eşitliklerdeki C, H, M ve I sırasıyla, Yıkık, Ağır Hasar, Orta Hasar ve Az Hasarı temsil etmektedir.



Şekil 5.1 Kırılmalık Eğrilerinin Kullanımı

Hasar durumları olasılıkları belirlendikten sonra, deprem senaryosuna göre kaybedilmesi beklenen bina değeri oranı ve hasar faktörlerinin varyansını temsil

eden bir ortalama hasar faktörü, hasar oranları veri seti ve ayırık hasar durumları kullanılarak saptanır. Hasar oranları veri seti Çizelge 5.8'deki veriyi binalar için varsayılan değer olarak tutar.

Çizelge 5.8 Hasar Oranları Veri Seti (Steelman ve diğ., 2006)

MAE Center Hasar Durumları	Beta Dağılım Aralığı (%)	Hasar Faktörü Ortalaması $\mu_{D DS_i}$ (%)	Hasar Faktörü Standart Sapması $\sigma_{D DS_i}$ (%)
Az Hasar (I)	[0, 1]	0,5	0,333
Orta Hasar (M)	[1, 30]	15,5	9,67
Ağır Hasar (H)	[30, 80]	55	16,7
Yıkık (C)	[80, 100]	90	6,67

Bu kapsamda tahmin edilen bina hasarlarındaki belirsizlik ve standart sapma aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır:

$$\mu_D = \sum_{i=1}^4 \left[P(DS_i) \cdot \mu_{D|DS_i} \right] \quad (5.15)$$

$$\sigma_D^2 = \sum_{i=1}^4 \left[P(DS_i) \cdot (\sigma_{D|DS_i}^2 + \mu_{D|DS_i}^2) \right] - \mu_D^2 \quad (5.16)$$

5.4.3 Veri seti özneteliği alanlarına göre hasar analizi

Bu analiz hasar bölümündekinden farklı olarak tek tek binalara atanmış kırılganlık eğrileri yerine belirli bir gruba atanmış kırılganlık eğrilerini uygulayan çok az değişik bir kullanıcı arayüzü kavramı kullanır. Örneğin, kullanıcı ilgili çalışma bölgesindeki tüm itfaiye istasyonları için en az orta seviye kod düzeyine ulaşacak şekilde bir güçlendirme belirtebilir. Eğer, belirli bir yapı orta seviye kod düzeyinde bir kırılganlık eğrisine sahip değilse aksi istenmediği takdirde, yazılım bina için ilk tanımlı kırılganlık eğrisini kullanacaktır. Daha detaylı bilgi ve teori için hasar bölümüne bakınız.

5.4.4 Ekonomik kayıp analizi

Bu analiz daha önce gerçekleştirilmiş bina hasarı analizi gibi analizlerin sonuçları temel alınarak binalar için ekonomik kayıpları hesaplar.

Bu bölümde anlatılan algoritmalar direkt ekonomik kaybı bina stoku ve içeriklerinin tamir ve yenilenmesine göre hesaplar.

Hasar analizleri zaten her bileşen için beklenen hasar oranlarını içermektedir. Bu yüzden, analiz sadece kayıp için eşitlik (5.17)'yi hesaplar.

$$Kayıp_i = M_i \left(\alpha_i^{SD} \mu_{g_i^{SD}} + \alpha_i^{NA} \mu_{g_i^{NA}} + \alpha_i^{ND} \mu_{g_i^{ND}} + \alpha_i^{CL} \mu_{g_i^{CL}} \right) \quad (5.17)$$

Eşitlikteki M_i belirli bir i (bu değer bina içeriği içermez) ögesinin toplam yenileme maliyetini temsil eder. μ terimleri her bileşenin hasar analizi sonuçlarından elde edilir. α_i değerleri ise Kullanım Hasar Çarpanları veri setinden belirli her envanter ögesinin ve üstsimgelerle gösterilen bileşenlerin kullanım türleri sınıflandırmasına göre elde edilir. Bölge için toplam beklenen kayıp, $Kayıp_i$ değerlerinin toplamı ile elde edilir. Benzer şekilde, direkt ekonomik kaybın varyansı eşitlik (5.18) ile hesaplanır.

$$\sigma_{Kayıp}^2 = \sum_{i=1}^N \left(\left(M_i^{SD} \right)^2 \sigma_{g_i^{SD}}^2 + \left(M_i^{NA} \right)^2 \sigma_{g_i^{NA}}^2 + \left(M_i^{ND} \right)^2 \sigma_{g_i^{ND}}^2 + \left(M_i^{CL} \right)^2 \sigma_{g_i^{CL}}^2 + \right) \quad (5.18)$$

Bu eşitlikte M_i terimleri, varyans hesaplaması nedeniyle toplam yenilenme değeri α_i ile faktörize edildiğinin belirtilmesi için üstsimgelerle gösterilmiştir.

5.4.5 Tamir maliyeti analizi

Tamir maliyet analizi bina hasar analizinde hesaplanan ortalama hasara dayalı olarak binanın yaklaşık tamir maliyetini hesaplar. Analiz Çizelge 5.9'daki gibi her yapı türü için tamir maliyetinin metrekare birim fiyatını gösteren bir tabloya ihtiyaç duyar.

Çizelge 5.9 Yapı Türlerine Göre Tamir Maliyetleri

Yapı Türü	YTL/m ²
C1	794,54
C2	776,26
PC1	674,15
PC2	900,60
S1	777,83
S3	780,37
RM	700,00
URM	952,38
W1	712,41
W2	712,41
BİLİNMEYEN	920,69

Tamir maliyetinin bulunması için eşitlik (5.19) kullanılmaktadır.

$$Tamir = A * C_r * \mu_d \quad (5.19)$$

Eşitlikte A bina alanı, C_r Çizelge 5.9’da verilen maliyet çarpanı ve μ_d bina ortalama hasarıdır. Sonuç dosyası tüm orijinal bina özniteliklerini koruyan ve buna ek olarak yapıya ait yaklaşık tamir masrafının bulunduğu bir kolona sahip olan bir shapefile’dir.

5.4.6 Güçlendirme maliyet kestirim analizi

Güçlendirme maliyet kestirim analizi çeşitli güçlendirmelerin maliyetlerinin yaklaşık değerini güncel olan bina koduna göre belirler. Kullanılabilen bina kodları, 1. Seviye (pre code), 2. Seviye (low code), 3. Seviye (moderate code) ve 4. Seviye (high code) olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar Türkiye’de yayınlanan bina kodlarının ve binaların yapım yıllarına göre belirlenmiştir. Eğer bir bina low code olarak inşa edilmişse (1975 ve 1997 yılları arasında inşa edilen binaların 1975 yılında yayınlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’e göre inşa edildikleri varsayılarak low code olarak tanımlanmıştır.) pre code kolonundaki maliyet değeri 0 olacaktır. Kullanıcı, Çizelge 5.10’da verilen her yapı türü için güçlendirme maliyeti tablosunu ya da kendi gireceği aynı formatta olacak güçlendirme maliyet tablosunu kullanarak bu analizi çalıştırabilir.

Çizelge 5.10 Yapı Türlerine Göre Güçlendirme Maliyetleri

Yapı Türü	PreCodeBirimM aliyeti (YTL)	LowCodeBirimM aliyeti (YTL)	ModerateCodeBirimM aliyeti (YTL)	HighCodeBirimM aliyeti (YTL)
C1	0	12	36	72
C2	0	12	36	72
PC1	0	12	36	72
PC2	0	12	36	72
S1	0	12	36	72
S3	0	12	36	72
RM	0	8	24	48
URM	0	8	24	48
W1	0	8	24	48
W2	0	8	24	48

Çizelge 5.10 kullanılarak her güçlendirmenin maliyeti eşitlik (5.20) ile hesaplanmaktadır.

$$Güçlendirme = C * A \quad (5.20)$$

Eşitlikte C, Çizelge 5.10’dan elde edilen güçlendirme için maliyet çarpanı ve A ise binanın alanını temsil etmektedir. Bu analiz çıktı olarak orijinal bina özniteliklerine

ek olarak her güçlendirme için maliyetleri içeren 4 farklı kolon içeren bir shapefile dosyası oluşturur. Kod seviyeleri ve ilgili kodlar Çizelge 4.6’da verilmektedir.

5.4.7 Güçlendirme fayda/maliyet oranı

Bu analiz iki tamir maliyeti veri setini ve bir güçlendirme maliyeti veri setini kullanarak güçlendirmenin sağlayacağı fayda oranını hesaplar. Örneğin, ilk maliyet güçlendirme yapılmamış binaların tamir maliyeti olsun. Son maliyet ise güçlendirme yapılmış binaları da içeren bir veri setinin tamir maliyeti olsun. (bir veri setinde sadece kullanıcının istediği bazı binalara güçlendirme uygulaması yapıp diğer binalar orijinal hallerinde bırakılabilir.) Güçlendirme maliyeti ise kullanıcı tarafından seçilen çeşitli güçlendirmelerin yapıldığı binaları ve bu güçlendirmelerin maliyetleri olsun. Güçlendirme fayda/maliyet oranı eşitlik (5.21) ile hesaplanır.

$$Fayda = (Maliyet_{ilk} - Maliyet_{son}) / Maliyet_{güçlendirme} \quad (5.21)$$

Eşitlikte $Maliyet_{ilk}$ güçlendirmesiz binaların tamir maliyetini, $Maliyet_{son}$ güçlendirme yapıldıktan sonraki binaların tamir maliyetini ve $Maliyet_{güçlendirme}$ ise güçlendirme maliyetini temsil etmektedir. Analizin çıktısı orijinal bina özniteliklerine ek olarak bir kolonda her bina için hesaplanan fayda/maliyet oranını bulunduran bir shapefile dosyasıdır.

5.4.8 Maliyet fayda analizi

Bu analiz güçlendirme öncesi ve sonrası ekonomik kayıp ya da karar destek veri setlerini kullanmaktadır. İleride açıklanan ekonomik kayıp analizi, yapısal ve yapısal olmayan içerik hasarını kestirir. Kullanıcılar bina veri setlerinin halihazırda var olduğu halleri için hasar analizi yapabilir ve bu hasarın sebep olduğu ekonomik kaybı elde edebilirler ve aynı analizi aynı bina veri setinin güçlendirilmiş hali ile tekrarlayabilirler. Kullanıcılar eşitliğin $Maliyet_{ilk}$ ve $Maliyet_{son}$ terimlerinde hangi kolonların kullanılabileceğini seçebilirler. $Maliyet_{güçlendirme}$ köprü fayda maliyet analizinde olduğu gibi, yapıyı güçlendirme maliyetini temsil eder. Eşitlik için bölüm 5.4.7’ye bakınız. Bu analiz (güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası olmak üzere ileride açıklanacak olan Eş Maliyet Analizin (ECA) iki çıktısını da kullanarak yapılabilir.

5.4.9 Mali etki analizi

Mali etki analizi, maruz kalınacak emlak vergi kaybından dolayı oluşacak mali etkiyi belirlemek için ekonomik kayıp hesaplamasında hesaplanan yapısal hasar kaybını kullanır. Eşitlik (5.22) direkt ekonomik hasarı mali etki'ye çevirir.

$$PTL_k = DED_k * TR_j \quad (5.22)$$

Eşitlikte bulunan PTL terimi k binası için emlak vergi kaybını, k binası için DED direkt ekonomik hasarı ve TR_j ise j afet bölgesi için emlak vergisi oranı oranını vermektedir. Bu analiz için son adım Poligon olarak kümele bölümünde tanımlanan Poligona Kümele adlı analizin yerel afet bölgeleri gibi bazı bölgesel afetlerdeki emlak vergisi kaybını hesaplamak amacıyla kullanımındır. Bu analiz sonucu oluşan çıktı orijinal bina özniteliklerine ek olarak her bina için oluşacak emlak vergisi kaybını veren bir kolonu da bulunduran bir shapefile'dır.

5.4.10 Karar destek analizi

Sistemde bulunan karar destek algoritmaları Eşdeğer Maliyet Analizi (ECA) ve Çok Öznitelikli Hizmet Analizi'dir (MAUA). Bu analizler, önceki analizlerde elde edilen sonuçları (bina hasarı, yapısal olmayan bina hasarı ve güçlendirme maliyet bilgisi) kullanırlar ve bu sonuçlara kullanıcıların daha detaylı güçlendirme kararları vermesine yarayan, Mali Kayıp, Ölüm, Yaralanma ve Fonksiyon Kaybı gibi ek öznitelikleri hesaplarlar. Örneğin, bir kullanıcı içinde iki bina olan bir bina veri setine sahip ise, kullanıcı binaların orijinal inşaat hallerine göre hesaplanan yapısal ve yapısal olmayan hasarlarla, kayıpların çeşitli güçlendirme seçenekleri ile nasıl ve ne kadar azaltılabileceğini görebilir.

Eşdeğer Maliyet Analizi yapısal ve yapısal olmayan hasarları kullanarak kullanıcının karar destek için seçtiği ek öznitelikleri hesaplar. Parasal olmayan öznitelikler maliyetlerinin güçlendirme planlarında karşılaştırılabilmeleri için parasal değerlere çevrilirler. Bu analizin çıktıları, kullanıcı tarafından tanımlanmış çeşitli planların fayda maliyet oranını elde etmek için daha önce açıklanan Fayda Maliyet Analizinde kullanılabilir. Bu analiz ile sistemdeki diğer analizler arasındaki fark sonuçları simule etmek için Monte Carlo simülasyonunun kullanılıyor olmasıdır. Kullanıcı seçime bağlı olarak, her simülasyon için hesaplanan değerleri bir Monte Carlo tablosunda çıktı olarak alabilir. Her bina için son öznitelik değerleri, gerçekleştirilen

tüm simülasyonların ortalamasıdır. Analizin çıktısı, tüm orijinal bina özniteliklerine ek olarak kullanıcı tarafından seçilen her karar destek özniteliğinin ortalamasını veren kolonları içeren bir shapefile'dır. Bu öznitelikler daha bilgili kararlar vermek için kullanıcının ilgisine göre çeşitli şekillerde kümelendirilebilirler (örneğin afet bölgesine göre kümeleme, mahalleye göre kümeleme, vb.).

Çok Öznitelikli Hizmet Analizi daha önce açıklanan Eşdeğer Maliyet Analizi ile parasal olmayan değerlerin parasal değerlere çevrilmesi kısmı dışında aynıdır. Değişkenler kendi birimlerinde bırakılırlar ve hizmet fonksiyonları tüm plandaki her öznitelik için hizmet değerini hesaplarlar. Bu analizin ilk çıktısı tüm orijinal bina özniteliklerine ek olarak her karar destek özniteliğinin ortalamasını içeren kolonları bulunduran bir shapefile dosyasıdır. Eşdeğer Maliyet Analizinde olduğu gibi, her bina için her simülasyonun sonucunu gösteren bir Monte Carlo tablosu üretilebilir. Analizin bir diğer çıktısı ise her güçlendirme planı için yarar değeri içeren bir tablodur. Bu işlem, her binanın her özniteliği için sonuçlarının toplanması ve her öznitelik için bir yarar değerinin atanmasıdır.

5.4.11 Poligon olarak kümeleme

Bu analiz kullanıcıların nokta bazlı verilerinin kümelenecek poligon olarak gösterimine yarar. Örnek olarak, bina ortalama hasarını mahalleler için kümelenecek çalışma bölgesindeki mahallelere ait bina ortalama hasarı elde edilir. Kümeleme işlemi tamamlandıktan sonra kullanıcı poligonlar için, ortalama, orta ve toplama gibi istatistiki işlemleri gerçekleştirebilir.

5.5 Sistem Tasarım Özellikleri

Yazılım java programlama dili kullanılarak Eclipse RCP v.3.2.2 ara yüzünde tasarlanmıştır. Sistemin dış bağımlı olduğu uygulamalar GIS, görselleştirme ve raporlama araçlarıdır. Tüm dış bağımlılıklar EK.C'de MAEviz eklentileri bölümü içerisinde belirtilmiştir. Sistemin çalışabilmesi için bağımlı olduğu araçlar ya hâlihazırda bir eklenti halinde ya da sistem tarafından kullanılabilirlik üzere eklentiye çevrilmiş durumdadır.

5.5.1 GeoTools v.2.2 – açık kaynak kodlu java GIS araçları

GeoTools, mekânsal verinin manipülasyonu için standart uyumlu modeller sunan açık kaynak kodlu bir Java kod kütüphanesidir. GeoAPI ve GeoWidgets projeleriyle olan yakın işbirliği sonucunda OGC (Open Geospatial Consortium) şartları geliştirildikçe GeoTools kütüphanesine de eklenmektedir. GeoTools'un özellikleri çalışma kapsamında sunulan özellikler listesinde belirtilmiştir:

- Vektör veri depolama (shapefile için)
- GridCoverageExchange (GRID ASCII formatı için)
- Nitelik ve geometri
- Stil
- Filtreleme
- 2D Tarama
- Koordinat Sistemi

(<http://javadoc.geotools.fr/2.2/>)

5.5.2 VTK v.5.0.3 – görselleştirme kütüphanesi

VTK (Visualization Toolkit), C++ dilinde yazılmış bir açık kaynak kodlu 3 boyutlu grafik, görüntü işleme ve görselleştirme kütüphanesi olup Tcl/Tk, Java ve Python arayüzlerine de sahiptir. VTK, skalar, vektörel, tensörel, dokusal ve hacimsel olmak üzere pek çok görselleştirme algoritmasını ve örtülü modelleme, poligon indirgeme, Delaunay üçgenleri gibi ileri modelleme yöntemlerini de desteklemektedir. VTK için profesyonel destek Kitware Inc. tarafından sağlanmaktadır. VTK kullanıcıları için çalışma platformlarıyla ilgili yardım ve pek çok soruya cevap sağlayan aktif bir e-posta listesi bulunmaktadır. VTK, hemen hemen tüm Unix tabanlı platformda, Windows 98/ME/NT/2000/XP sürümlerinde ve Mac OSX Jaguar ve sonrasında yüklenmiş ve test edilmiştir (<http://www.vtk.org>).

5.5.3 Jasper reports v.1.2.3 – rapor kütüphanesi

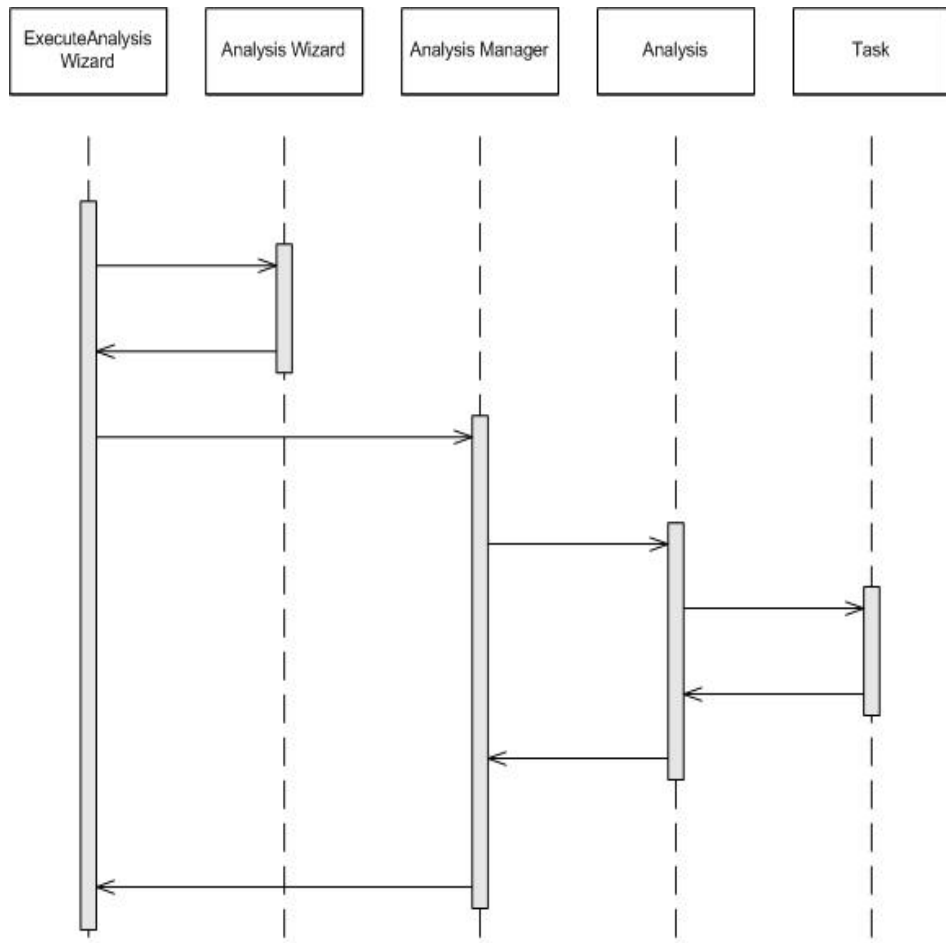
JasperReports zengin içerikleri ekrana, yazıcıya ve PDF, HTML, XLS, CSV veya XML formatlarına aktarabilen kuvvetli bir açık kaynak kodlu Java raporlama aracıdır. Çalışma kapsamında kullanılan özellikleri:

- Özel veri raporlarının gösterimi için Temel Raporlar Kütüphanesi.
- SWT Jasper Viewer – SWT uygulamaları için bir okuyucu bileşeni.

(<http://jasperforge.org/sf/projects/jasperreports>)

5.5.4 NCSA GIS uygulaması

NCSA GIS uygulaması temel CBS yazılım platformunun üzerinde bulunan eklentilerdir ve yazılımı oluşturmaktadırlar. Bu eklentiler ncsa.gis.feature içerisinde bir araya getirilmişlerdir (Şekil 5.2). Tüm özellikler ve bağımlılıklar MAEviz eklentileri başlıklı olarak Ek.C’de verilmektedir.



Şekil 5.2 GIS Uygulama Şeması (Steelman ve diğ., 2006)

6. UYGULAMA

Çalışma kapsamında seçilen çalışma bölgesi olan Zeytinburnu ilçesinde, daha önce yine İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından desteklenen ve sonuçları kabul gören Japan International Cooperation Agency (JICA)'nin yürüttüğü çalışmada sunulan ve Bölüm 2.5.1'de açıklanan en olası ve en kötü duruma ait 2 değişik senaryo kullanılmıştır. Bu senaryolara göre program kullanımı ve analiz sonuçları bu bölümde verilmektedir. Bu bölümün sonunda tüm İstanbul için yapılan bina hasar analizi sonuçları da verilmektedir.

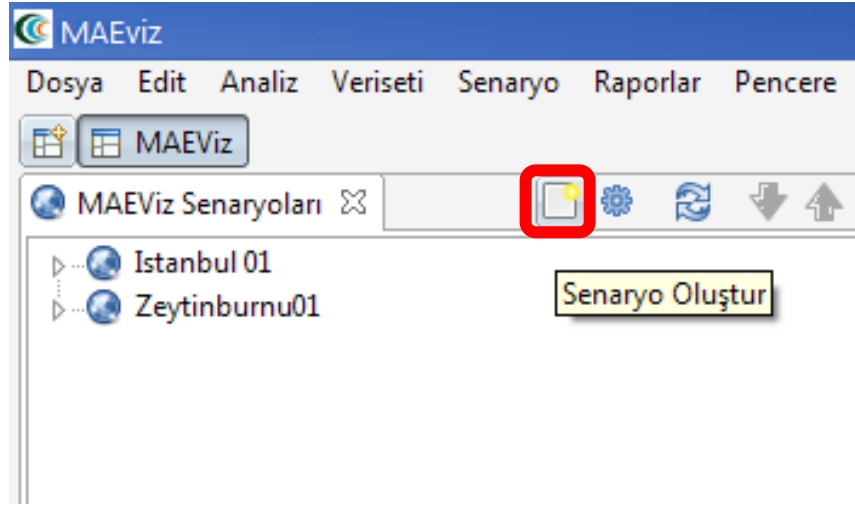
6.1 Senaryo Tanımlaması

Tez çalışması kapsamında oluşturulan HAZTURK programını kullanarak deprem senaryo analizi gerçekleştirilmesi sekiz ön tanımlı ve ayarlanabilir azalım ilişkisi ayrı ayrı ya da yine öntanımlı ağırlıklar kullanılarak birlikte gerçekleştirilebilir. Çalışma kapsamında geliştirilen yazılımda Çizelge 6.1'de verilen tüm azalım ilişkileri mevcut bulunmakta ve kullanıcının seçimine bağlı olarak kullanılabilir. Bu bölümde verilen analiz sonuçları Berkeley Üniversitesi, Pacific Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER Center) tarafından 2006 yılında aralarında Türkiye'de gerçekleşen son depremlerin de bulunduğu kuvvetli yer hareketleri veritabanı kullanılarak yürütülen Yeni Jenerasyon Azalım Modelleri (NGA Models) projesi kapsamında Dr. David M. Boore ve Dr. Kennet Atkinson tarafından geliştirilen, Boore and Atkinson, (2006) NGA Azalım ilişkileri kullanılarak üretilmiştir. Bu azalım ilişkisi ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 2.3.1'de verilmiştir. Analizlerde kullanılan ve Çizelge 2,8'de verilen deprem kaynak mekanizmaları Sato et al., (2004) çalışması baz alınarak belirlenmiştir. Bu konuda daha detaylı bilgi için ilgili yayınların incelenmesi önerilir.

Senaryo tanımlaması sırasında Şekil 6.1'de gösterilen programın senaryo penceresi olarak adlandırılan pencerenin üzerindeki “Senaryo Oluştur” tuşuna basılarak yeni senaryo oluşturulması işlemine geçilir.

Çizelge 6.1 HAZTURK Programında İstanbul için kullanılabilen ön tanımlı azalım ilişkileri

#	Azalım İlişkisi
1	Boore et al., 1997
2	Sadigh et al., 1997
3	Kalkan and Gülkan, 2004
4	Özbey et al., 2004
5	Ulusay et al.,2004
6	Boore and Atkinson, 2006
7	Chiou and Youngs, 2006
8	Campbell and Bozorgnia, 2006



Şekil 6.1 Senaryo Penceresi ve Yeni Senaryo Oluşturulması

Şekil 6.2’de gösterilen senaryo sihirbazı penceresinde gerekli yerler doldurulduktan sonra bir sonraki aşamaya geçilir. Bu aşamada mantıklı isim tercihleri yapılması ve aynı isimde birden fazla senaryo oluşturulmaması önemlidir. İkinci olarak çıkan ve Şekil 6.3’te gösterilen pencereden senaryoya ait çalışma bölgesi seçilir. Bu seçimde tüm İstanbul ili için bir çalışma yapılacaksa sadece İstanbul seçilip ilçe seçimi boş bırakılmalıdır. Eğer bir ilçeye ait bir senaryo oluşturulacaksa istenen ilçe de seçilip “Add” tuşu kullanılarak senaryoya eklenmelidir.

Senaryo Tipini Seçin
Lütfen bu senaryo için bir isim ve tanımlama giriniz...

İsim: Zeytinburnu 02

Yazar, Kurum, ya da diğer Tanımlamalar
Himmet Karaman
İstanbul Teknik Üniversitesi

Seçenekler
☒ Tamamlama Esnasında Göster

< Back Next > Finish Cancel

Şekil 6.2 Senaryo için Gerekli Bilgilerin Girilmesi

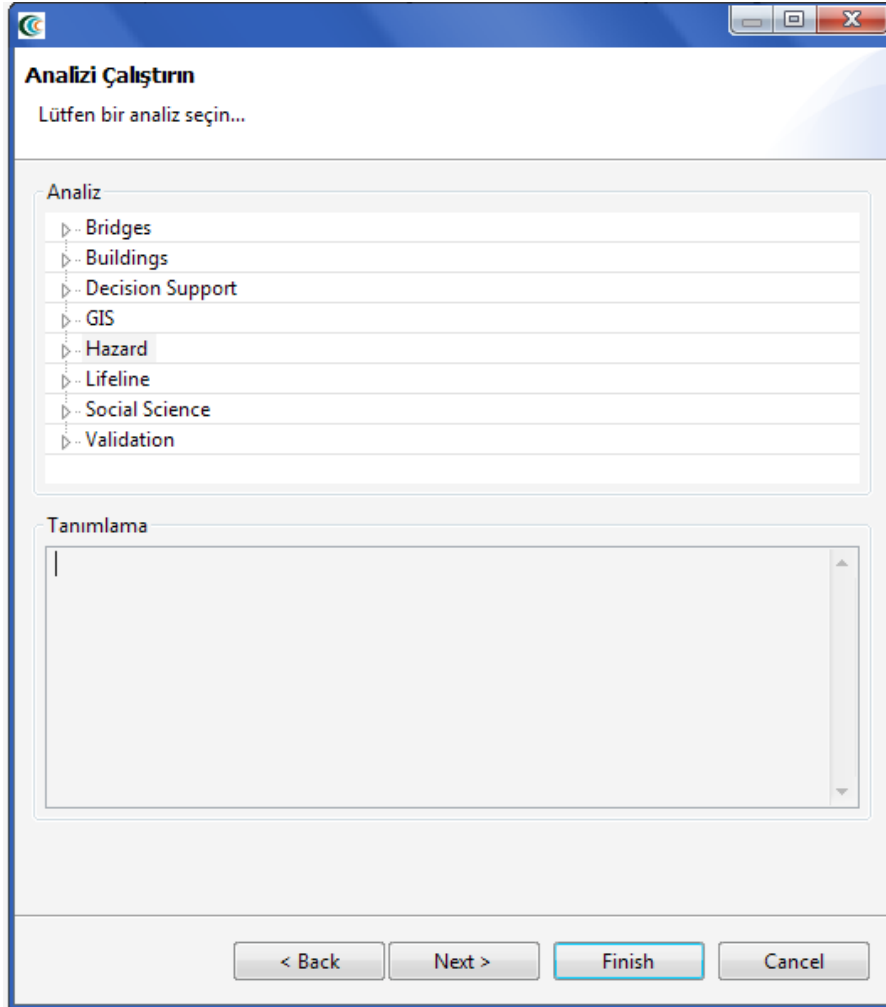
Bir İlgili Bölge Seçiniz
Lütfen bu senaryo ile ilgili bir bölge seçiniz...

Browse Region
Region Selector
Ülke: Turkey
Alt-bölgeler
City: Istanbul
District: ZEYTINBURNU District, Istanbul
Add Remove
Regions Selected
ZEYTINBURNU
Region Preview
Map showing the outline of Turkey with the Zeytinburnu region highlighted in red.

< Back Next > Finish Cancel

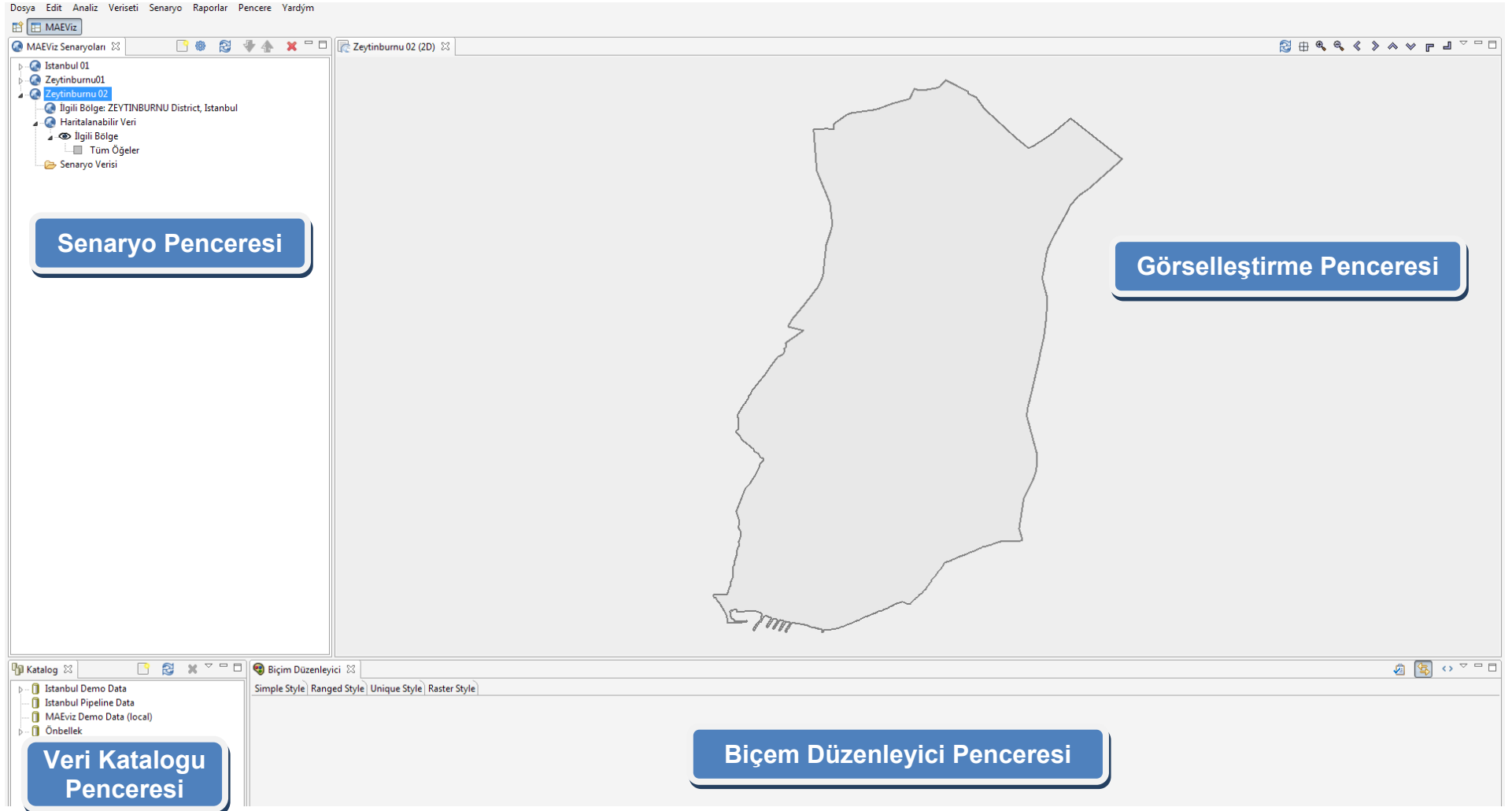
Şekil 6.3 Çalışma Bölgesinin Seçilmesi

Bu kısımdan sonra senaryo oluşturulması tamamlanmış durumdadır ister “Finish” tuşu ile senaryo oluşturma işlemi bitirilebilir, istenirse de önceden tanımlı veri havuzlarında gerekli veriler olduğu taktirde senaryoda kullanılacak diğer veri ve analizleri üretmek için “Next tuşu ile Şekil 6.4’te gösterilen “Analiz Çalıştırma” penceresine geçilebilir. Tamamıyla yeni oluşturulacak bir senaryo için ilk seçeneğin kullanılması önerilir.



Şekil 6.4 Analiz Seçme ve Çalıştırma Penceresi

Senaryo oluşturulduktan sonra ortaya Şekil 6.5’te gösterilene benzer bir görüntü çıkacaktır. Bu programın ana çalışma ortamıdır. Bu çerçevede oluşturulan senaryoya göre ilgili çalışma bölgesinin idari sınırlarının gözüktüğü bir görüntü ile birlikte ana pencereler bulunmaktadır. Bu ana pencereler; “Senaryo Penceresi”, “Görselleştirme Penceresi”, “Veri Katalogu Penceresi” ve “Biçem Düzenleyici” olarak adlandırılmışlardır. Tüm bu pencerelerin yerleri kullanıcının tercihiyle değiştirilebilir ya da ana pencereden ayrı bir pencere gibi kullanılabilir.

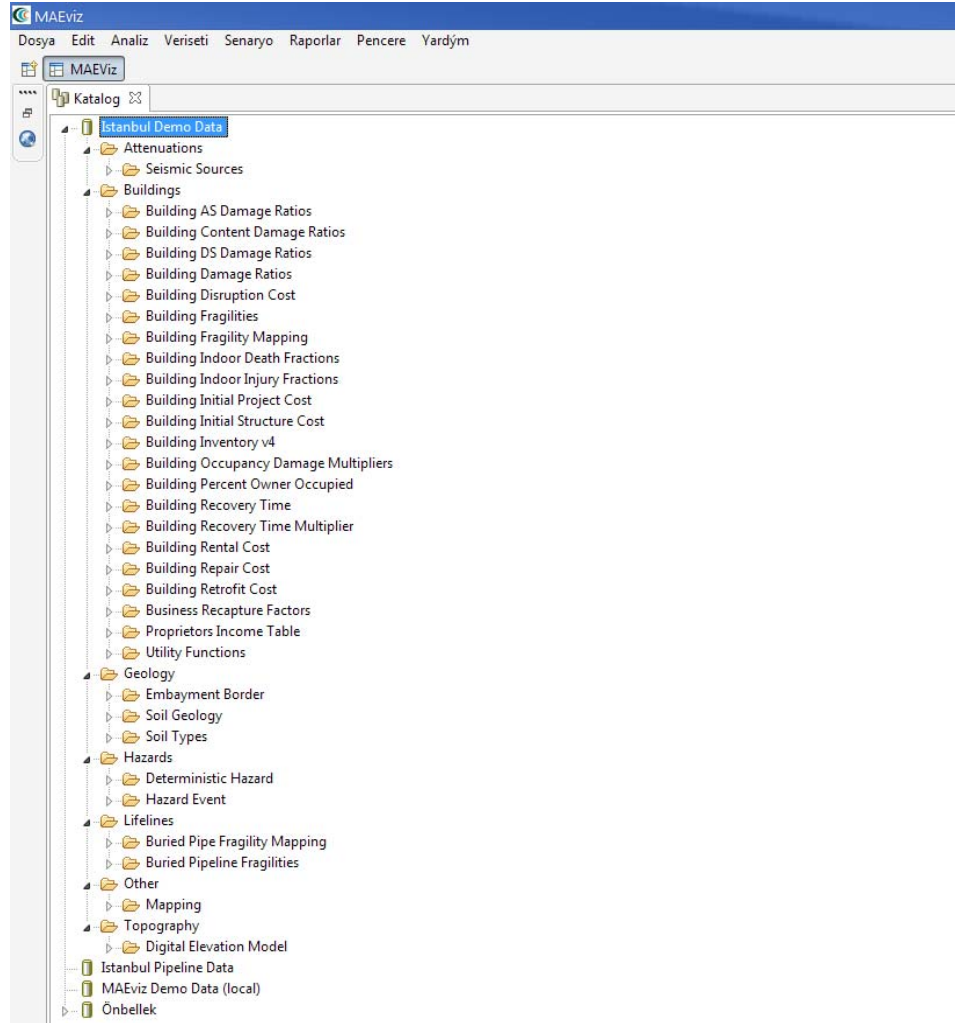


Şekil 6.5 HAZTURK Programı Ana Çalışma Ortamı

6.2 Kullanılan Veriler

Çalışma kapsamında istenilen sonuçları elde edebilmek için kullanılması gerekli veri setleri oluşturulan yeni senaryoya yüklenmelidir. Bu yükleme işlemi için gerekli veri setleri eğer yazılımın varsayılan kurulumu içerisinde mevcut değilse veri setleri önce veri katalogu penceresinde bulunan veri havuzlarından birine ya da oluşturulacak yerel veya uzaktaki online bir veri havuzuna yüklenmelidir. Çalışma kapsamında yapılan analizler için gerekli veri setleri veri havuzunda yüklüdür. Bu nedenle bu çalışmada sadece veri havuzundan senaryoya veri setlerinin yüklenmesine değinilmiştir.

Şekil 6.6’da verilen “Veri Katalogu penceresi” “Veri Havuzu” olarak adlandırılan yerel ya da uzaktaki online veritabanlarını göstermektedir. Her bir Veri Havuzu ise veri setlerinin sınıflandırılması ile oluşturulmuş veritabanlarıdır.



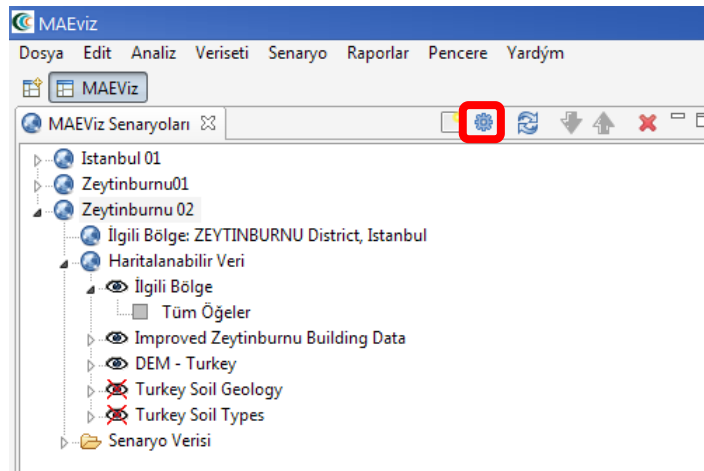
Şekil 6.6 HAZTURK Veri Katalogu

Yapılacak analizler ve oluşturulacak senaryo için gerekli olan veri setleri ve bulundukları veri havuzları Çizelge 6.2’de verilmiştir. Bu tabloya göre gereken veri setleri ister sürükleyip bırak yöntemi ile “Görselleştirme Penceresine” bırakılarak, ister veri seti üzerine sağ tıklayarak “Veri setini Yükle” seçeneği ile senaryoya yüklenebilir.

Çizelge 6.2 Senaryo ve Analizlerde Kullanılan Veri Setleri ve İlgili Veri Havuzları

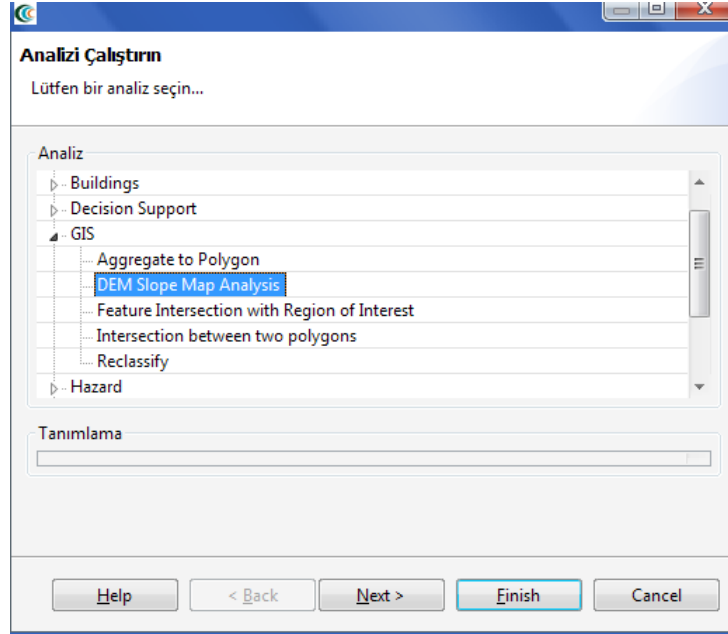
Veri Havuzu	Veri Tabanı	Veri Sınıfı	Veri Seti
İstanbul Demo Data	Geology	Soil Geology	Turkey Soil Geology
İstanbul Demo Data	Geology	Soil Types	Turkey Soil Types
İstanbul Demo Data	Topography	Digital Elevation Model	DEM – Turkey
İstanbul Demo Data	Buildings	Building Inventory v4	Improved Zeytinburnu Building Data
İstanbul Demo Data	Buildings	Building Fragilities	Istanbul Building Fragilities
İstanbul Demo Data	Buildings	Building Fragility Mapping	Istanbul Building Fragility Mapping 2
İstanbul Demo Data			

Çizelge 6.2’de belirtilen veri setlerinin senaryoya yüklenmesinin ardından “Senaryo Penceresi Şekil 6.7’de gösterilen verileri içermelidir.



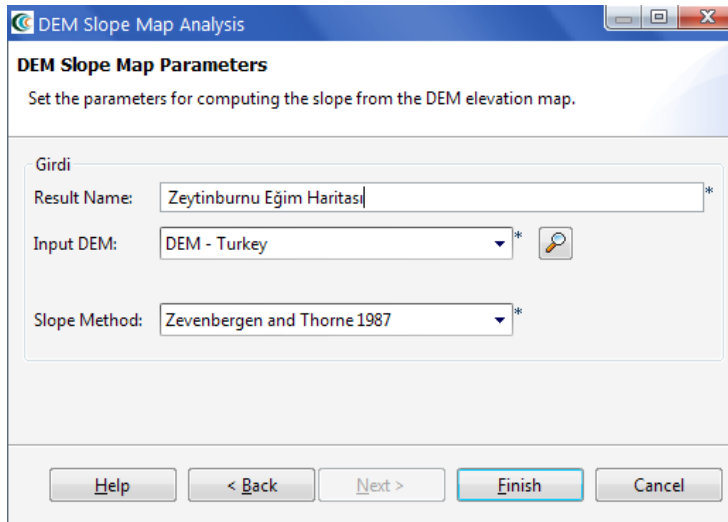
Şekil 6.7 HAZTURK Senaryo Penceresi

Yüklenen verilerle birlikte ilk analiz olarak deprem senaryosunda kullanılmak üzere eğim haritası oluşturmak için “DEM Slope Map Analysis” çalıştırılmalıdır. Bu analiz Bölüm 2.9’da açıklanan eğimin deprem yer ivmesi üzerine etkisini hesaplamakta kullanılacak olan eğim haritasını üretecektir. Şekil 6.8’de gözüktüğü gibi GIS Analizlerinin altında yer alan “DEM Slope Map Analysis” seçildikten sonra “Next” tuşu ile ileriki adıma geçilir.



Şekil 6.8 Eğim Haritası Oluşturmak için Gerekli Analiz

Sonuç ürün olacak olan eğim haritasına Şekil 6.9’daki gibi anlamlı bir isim verilip senaryoya daha önceden yüklemiş olan DEM ve gerekli eğim haritası üretme metodu seçilerek işlem tamamlanır.

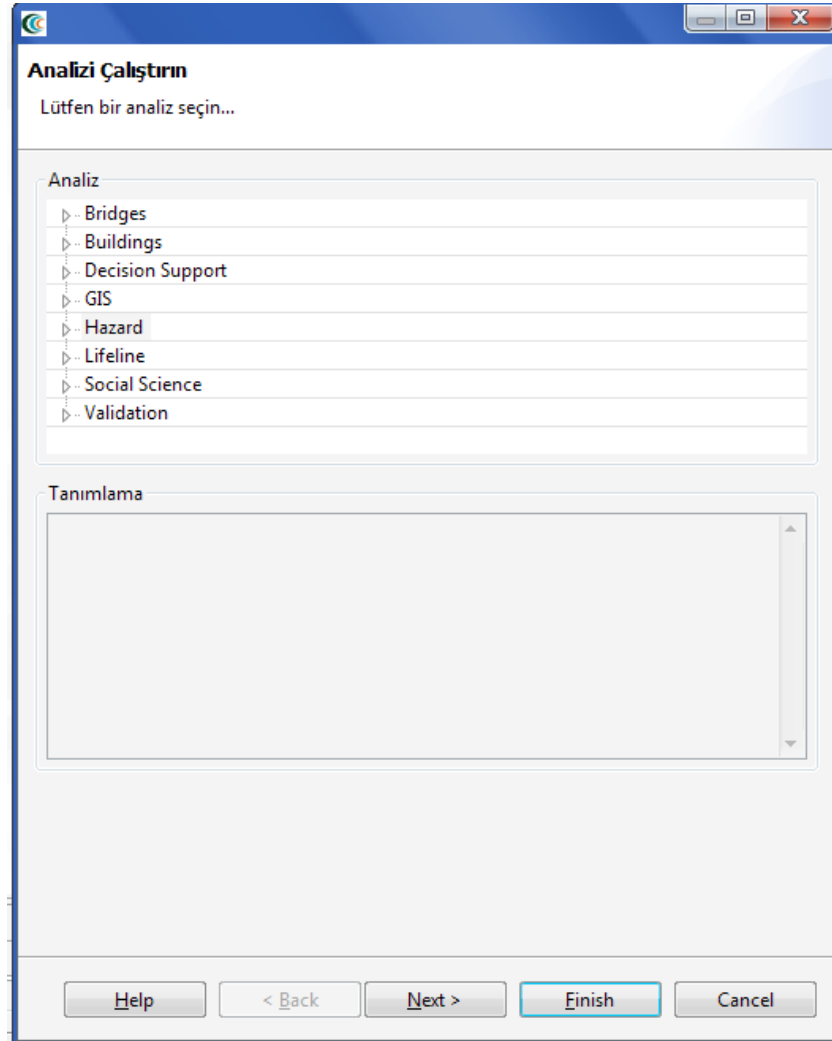


Şekil 6.9 Eğim Haritası Oluşturulması

6.3 Analizler

6.3.1 Binalara dair analizler

Bu bölümde anlatılan analizler ve çıktıları hakkında detaylı bilgi Bölüm 5.4’te verilmiştir. Bu kısımda sadece analizlerin nasıl ve hangi sırada çalıştırılacağı hakkında bilgi verilecektir. Tüm analizler gerek “Senaryo Penceresinde” bulunan ilgili senaryo adı üzerine sağ tıklandığında çıkan “Analizi Çalıştır” seçeneği seçilerek, gerekse Şekil 6.7’de kırmızı çerçeve içerisinde gösterilen “Analizi Çalıştır” tuşu kullanılarak çıkan ve Şekil 6.10’da gösterilen “Analizi Çalıştırın” penceresi üzerinden çalıştırılır. HAZTURK Programında yapılabilecek tüm analizler bu pencere içinde sınıflandırılmışlardır. Temel analiz sınıfları ve bunlara ait olan alt analiz sınıfları ise Çizelge 6.3’te verilmektedir.



Şekil 6.10 HAZTURK Temel Analiz Sınıfları

Çizelge 6.3 HAZTURK’te Kullanılabilen Temel ve Alt Analizler

Bridges	Buildings	Decision Support	GIS	Hazard	Lifeline	Social Science	Validation
Köprüler	Binalar	Karar Destek	CBS	Afet	Altyapı	Sosyal Analizler	Geçerleme
Köprü Hasarı	Bina Maliyet Fayda	Eşdeğer Maliyet Analizi	Poligon Olarak Birleştirme	Sıvılaşma Potansiyeli Indisi	Gömülü Boru Hattı Hasarı	İş Kesintisi Analizi	Kırılganlık Eşleme Analizi
Köprü Fonks.	Bina Hasarı	Çok Öznitelikli Fayda Analizi	DEM-Eğim Haritası Analizi	Deprem Senaryo Analizi	Elektrik Trafo Kaybı	Evsizlik Analizi	Kullanım Türü Eşleme Analizi
Sürekli Köprü Fonks.	Özniteliğe Göre Bina Hasarı	Statik Trafik Modeli ile Ağ Bazlı Sismik Güçlendirmeler	İlgili Bölge için Özellik Ara Kesiti		Su Deposu Hasarı	Sosyal Hasar Görebilirlik Analizi	Afet Geçerlik Analizi
Köprü Tamir Masrafı	Bina Ekonomik Kaybı		İki Poligon Arasında Ara Kesit				
Köprü Güçlendirme Fayda/Maliyet Oranı	Bina Sıvılaşma Analizi (HAZUS)		Yeniden Sınıflandırma				
Köprü Güçlendirme Maliyeti Tahmini	Bina İçerik ve Yapısal Olmayan Hasarı						
	Bina Tamir Maliyeti						

Veri setlerinin yüklenip oluşturulmasının ardından ilk analiz olan Deprem Senaryo Analizi çalıştırılır. Deprem Senaryo Analizi Şekil 6.10'da gösterilen Temel Analizlerden Hazard (Afet) başlığı altında yer almaktadır. Bu bölümde açıklanacak diğer analizlerin hangi temel analiz grubu altında olduğunu bulmak için Çizelge 6.3 kullanılmalıdır. Deprem Senaryo Analizinde “Merkez Üsse Bağlı Afet” ve “Görelî Afet” olarak adlandırılmış olan seçilebilecek iki sismik afet türü mevcuttur. Bunlardan ilki Çizelge 2,8'de verilen Sato ve diğ. (2004) ait çalışmadan alınmış kaynak mekanizması parametrelerini varsayılan değer olarak alır ancak tüm değerler kullanıcı tarafından istenildiği takdirde değiştirilebilir. İkinci seçenek ise deprem senaryosunun tüm parametrelerinin tamamı ile kullanıcı tarafından girilmesi durumudur. İlk seçenek seçilerek işleme devam edilir. Çıkan yeni pencereden İstanbul için ön tanımlı bir afet merkez üssü seçilir. Bu tanımlamalar ilgili bölgelerdeki fayların konumlarına göre yapılmış olup istenildiği takdirde kullanıcı tarafından değiştirilebilirler. Takip eden pencereden ise senaryonun gerçekleştirilmesinde kullanılacak olan azalım ilişkileri seçilmelidir. Azalım ilişkileri seçiminde dikkat edilmesi gereken nokta seçilen azalım ilişkisinin ilgili çalışma bölgesi ve bu bölgedeki kaynak parametreleri için uygun olup olmadığıdır. Proje kapsamında yapılan araştırmalar sonucu çalışma bölgesi için kullanılabilir azalım ilişkileri belirlenmiş ve Çizelge 6.1'de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında Berkeley Üniversitesi PEER Center tarafından Yeni Jenerasyon Azalım Modelleri projesi kapsamında üretilmiş olan Boore ve Atkinson (2006) Azalım ilişkisi kullanılmıştır. Bu seçim Azalım ilişkileri üretimi konusunda uzman olan Prof. Dr. Youssef Bozorgnia ve Dr. David Boore ile yapılan yazışmalar sonucunda gerçekleşmiştir (Boore, 2007), (Bozorgnia, 2007). Her bir azalım ilişkisinin vereceği sonuçlar birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar kullanılan kuvvetli yer hareketleri kayıtları, mesafe türleri, kaynak mekanizmaları ve metodolojilerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle karar vericilerin bölge için kullanılabilir tüm azalım ilişkileri ile yapılan analiz sonuçlarını karşılaştırıp buna göre karara varmaları önerilir. Boore ve Atkinson 2006 azalım ilişkisi pencereden seçildikten sonra, Varsayılan Azalım Fonksiyonları Kullanılsın mı? Kutucuğu temizlenmelidir. Bu kutucuk seçili kaldığı takdirde seçili azalım ilişkisinde seçime dayalı tüm değişkenler rastgele seçilecektir. Bu nedenle kutucuktaki işaretin kaldırılıp ileriki safhalarda kullanıcının kendisinin bu değişkenleri belirlemesi önerilir. Sonraki pencerede deprem senaryosuna ait merkez üssü parametreleri ve oluşturulacak olan raster

afet/risk haritasının sınır ve çözünürlük detayları bulunmaktadır. Bu detaylardan “Derinlik”, “Zemin Sınıfı Haritası”, ve “Grid Aralığı” değerleri Şekil 6.11’e uygun bir şekilde doldurulduktan sonra analiz sonrası oluşturulacak olan afet/risk haritasının ismi en üstteki girdiye yazılır. Zemin Sınıfı Haritası senaryoyu oluşturduktan sonra yüklenen Turkey Soil Types olarak seçilir.

Scenario Earthquake Analysis

Epicenter Parametreleri

Görelî bir olay için parametreleri tanımlayın.

Girdi

Sonuç Adı: Boore & Atkinson 2006 *

Enlem (deg): 40.9 *

Boylam (deg): 28.9 *

Magnitude: 7.5 *

Derinlik (km): 10.0 *

Zemin Sınıfı: D

Zemin Sınıfı Haritası: Turkey Soil Types *

Grid Aralığı (deg): 0.0012 *

Grid Noktaları: 1485 *

Maximum x: 28.92893014290925 *

Maximum y: 41.03252623741249 *

Minimum x: 28.889377786495025 *

Minimum y: 40.97908484227398 *

Help < Back Next > Finish Cancel

Şekil 6.11 Deprem Senaryo Analizi Merkez Üssü Parametreleri

Takip eden pencere azalım ilişkisi için girilmesi gereken kaynak parametrelerini ile çalışma bölgesine ait eğim ve jeoloji haritalarının seçim kısımlarını içerir. Çalışma bölgesindeki Marmara fayı hakkında her ne kadar kesin bir yargıya varılmamışsa da Bölüm 2.1’de de belirtildiği üzere günümüzde konunun uzmanı bilim adamlarının çoğunluğu bu fayın daha çok yanal atımlı bir fay özelliği taşıdığını konusunda görüş belirtmektedir. Bu nedenle Şekil 6.12’de de gösterildiği gibi Fay Türü olarak Strike-Slip (Yanal Atımlı), Jeoloji ve Eğim Haritası kısımlarında ise daha önce senaryoya yüklenen sırasıyla Turkey Soil Geology ve Zeytinburnu Eğim Haritası veri setleri

seçilir. Azimut Açısı kısmı fayın kırılma doğrultusunun kuzeyle yapmış olduğu açığı verdiğiinden bu kısma yaklaşık olarak 90° girilir.

Scenario Earthquake Analysis

Gelişmiş Parametreler

Seçili azalım modeli için gerekli olan gelişmiş parametreleri belirleyin.

Girdi

Fay Türü: Strike-Slip*

Jeoloji: Turkey Soil Geology

Ufuk Alçalış Açısı (Dip Angle) (deg): 90.0

Azimuth Açısı (deg): 90.0

Eğim Açısı (Rake Angle) (deg): 176.0

Coseismic Rupture Derinliği (km): 0.0

Seismogenic Derinlik (km): 3.0

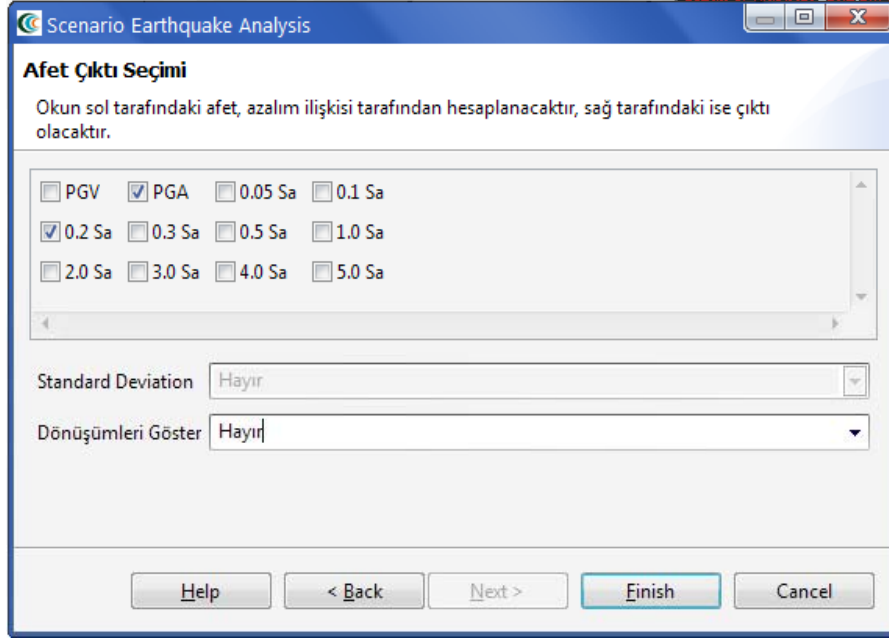
2.5 km/s Derinlikteki Kesme Dalgası (km): 2.0

Eğim Haritası: Zeytinburnu Eğim Haritası

Help < Back Next > Finish Cancel

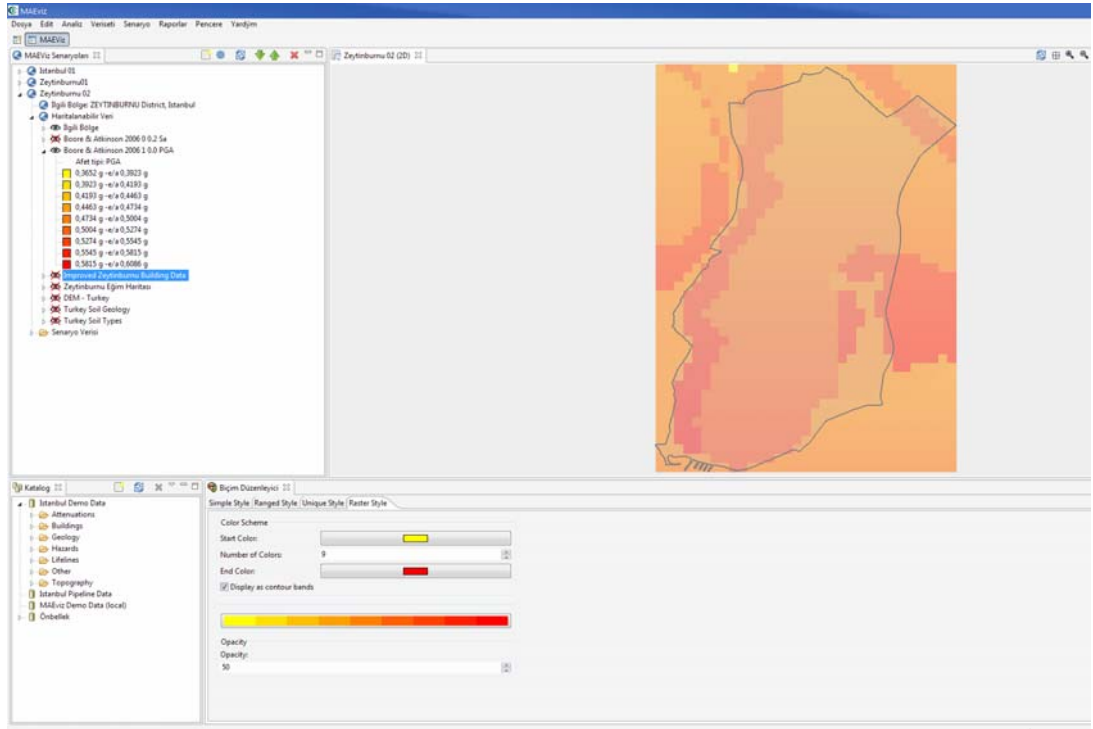
Şekil 6.12 Kaynak Mekanizmasına İlişkin Parametreler

Bu analize ait en son pencere ise Şekil 6.13'te gösterilen seçili azalım ilişkisinin verebildiği sonuç birimlerin seçildiği penceredir. Bu birimler, yer ivmesi, yer hızı, yer değiştirmesi ya da belirli periyotlardaki spektral ivme değerleridir. Bu pencerede sorulan dönüşümler ivmeden hıza ve yer değiştirmeye olan dönüşümlerdir. Bu dönüşümlerin gösterimi seçilmeyecektir.



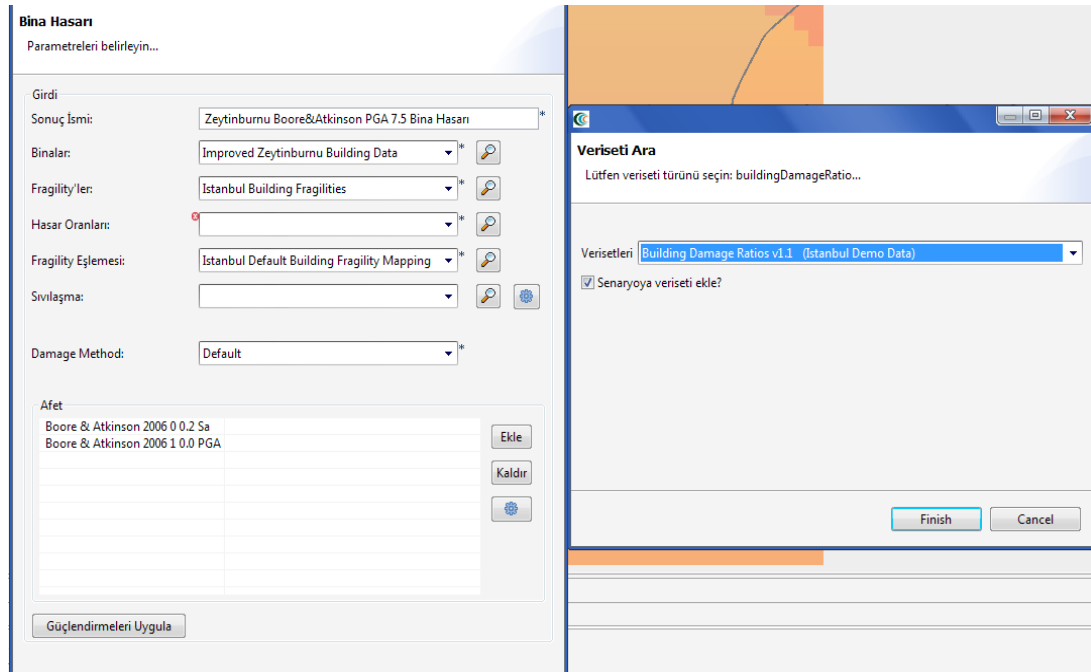
Şekil 6.13 Afet Çıktısı (Talep) Seçimi

Son seçimin de tamamlanmasının ardından analiz sonuçlandırılır. Analiz süresi çalışma bölgesinin büyüklüğüne ve çalışma bölgesi için oluşturulacak afet/risk haritasının çözünürlüğü ve sayısına bağlıdır. Analiz sonunda Şekil 6.14'teki afet haritası oluşturulacaktır.



Şekil 6.14 Boore ve Atkinson 2006 Azalım İlişkisi ile Zeytinburnu için Deprem Risk/Afet Haritası

Deprem Senaryo Analizi ile ilgili bölgede belirlenen parametreler çerçevesinde oluşacak bir deprem simule edilmiş oldu. Bu analizi, depreminin binalar üzerindeki etkisini gösteren Bina Hasar Analizi takip eder. Şekil 6.10'daki Analizler penceresinden Bina Hasar Analizi seçilir. Şekil 6.15'te çıkan pencerede oluşturulacak yeni veri seti için anlamlı bir isim girildikten sonra girilmiş olan değişkenlerin doğru olup olmadığı kontrol edilir. Eksik kalan değişkenler ilgili veri havuzu aranarak senaryoya bu pencere üzerinden eklenir. Pencerede eksik olan kısım binaların kullanım ve yapı türlerine göre alacakları hasarları oranlayan “Hasar Oranları” kısmıdır. Bu kısım ilgili bölümün yanındaki büyüteç tuşu seçilerek veri katalogları arasında aratılır. Çıkan sonuçlar arasından senaryo ve çalışma bölgesi ile ilgili olan seçilir ve “Senaryoya veri seti ekle” seçeneği seçilir. Bu sayede, seçilen veri seti oluşturulan senaryoya eklenmiş olur. JICA çalışmasından elde edilen sivilaşma haritasında çalışma bölgesi için veri bulunmadığı için penceredeki seçime bağlı olan sivilaşma haritası kısmı boş bırakılmıştır. “Damage Method” olarak sorulan kısım binalar üzerinde hasarı nasıl uygulayacağı ile ilgilidir. Bu kısımda varsayılan metot, HAZUS ve NEHRP metodolojileri mevcuttur. İlgili metodolojinin seçimi kullanıcıya bırakılmıştır.

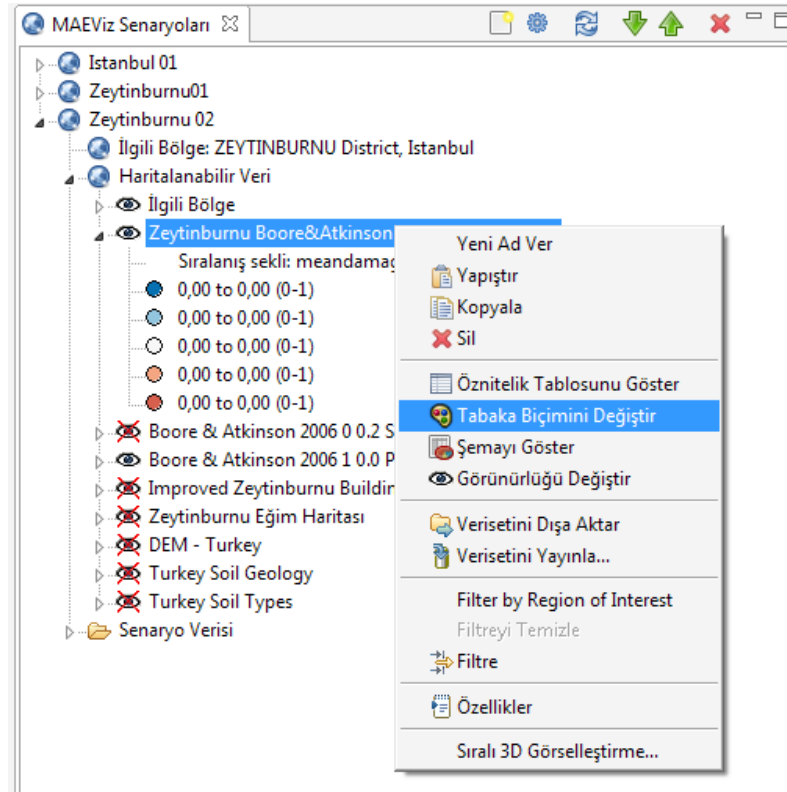


Şekil 6.15 Bina Hasar Analizi

Şekil 6.15'te bulunan Güçlendirmeleri uygula kısmı senaryoda yüklü olan bina envanterinde yapılacak olan güçlendirmeleri belirler. Yapılan analiz ilk bina hasar

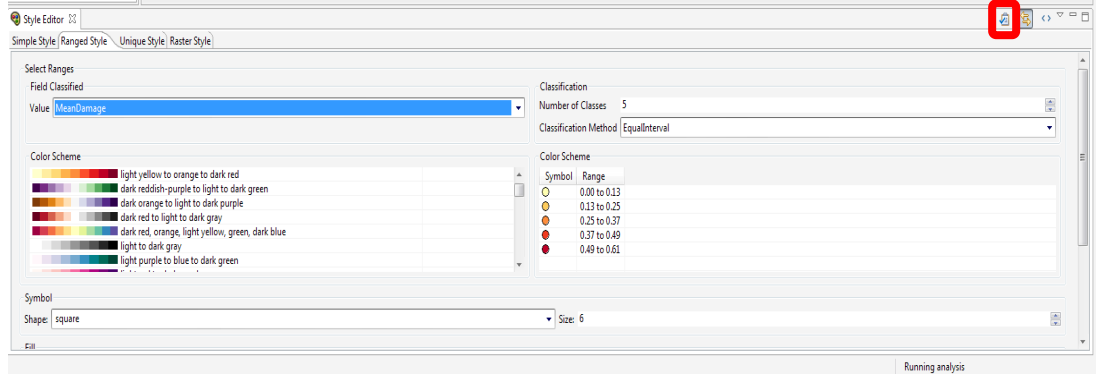
analizi olduğu için binaların olduğu hallerindeki durumun görülmesi amacıyla bu kısım daha sonraya bırakılacaktır. Tüm bu seçimlerden sonra analiz sonuçlandırılır ve hasarlı bina verilerini bulunduran yeni bir veri seti oluşturulur. Oluşturulan veri setinde hangi hasarın nasıl görselleştirileceği belirlenmediği için veri seti görselleştirme penceresinde gözükmez.

Bir veri setinin görselleştirilebilmesi için veri setine ait biçim düzenlemesi yapılmalı ve uygulanmalıdır. Bu işleme Şekil 6.16’da gösterildiği gibi ilgili veri setine sağ tıklanıp “Tabaka Biçimini Değiştir” seçilerek başlanır.



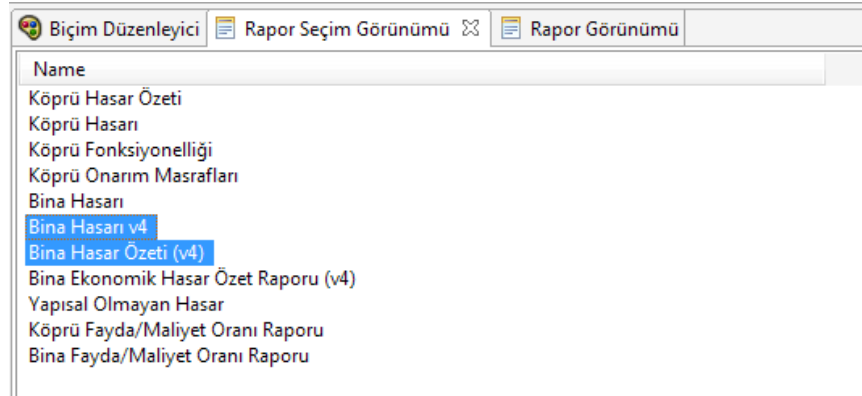
Şekil 6.16 Veri Seti Tabaka Biçimini Değiştirme

Ardından, Şekil 6.17’de verilen Biçim Düzenleyici Penceresinde seçili veri seti tabakasına ait tabaka sitili değişiklikleri yapılır. Yapılması gereken, “Sınıflandırılan Alan” kısmındaki değeri arzu edilen hasar öznitelik değeri olarak seçmektir. Bu çalışmada bu değer Mean Damage (Ortalama Hasar) değeri seçilerek binalardaki ortalama hasarın gösterimi sağlanacaktır. Bu düzenlemenin ilgili veri setine ve dolayısıyla görselleştirme penceresine yansması için “Biçim Düzenleyici Penceresi”nin sağ üstünde bulunan Şekil 6.17’de kırmızı çerçeve ile gösterilen uygula ikonuna basılır.



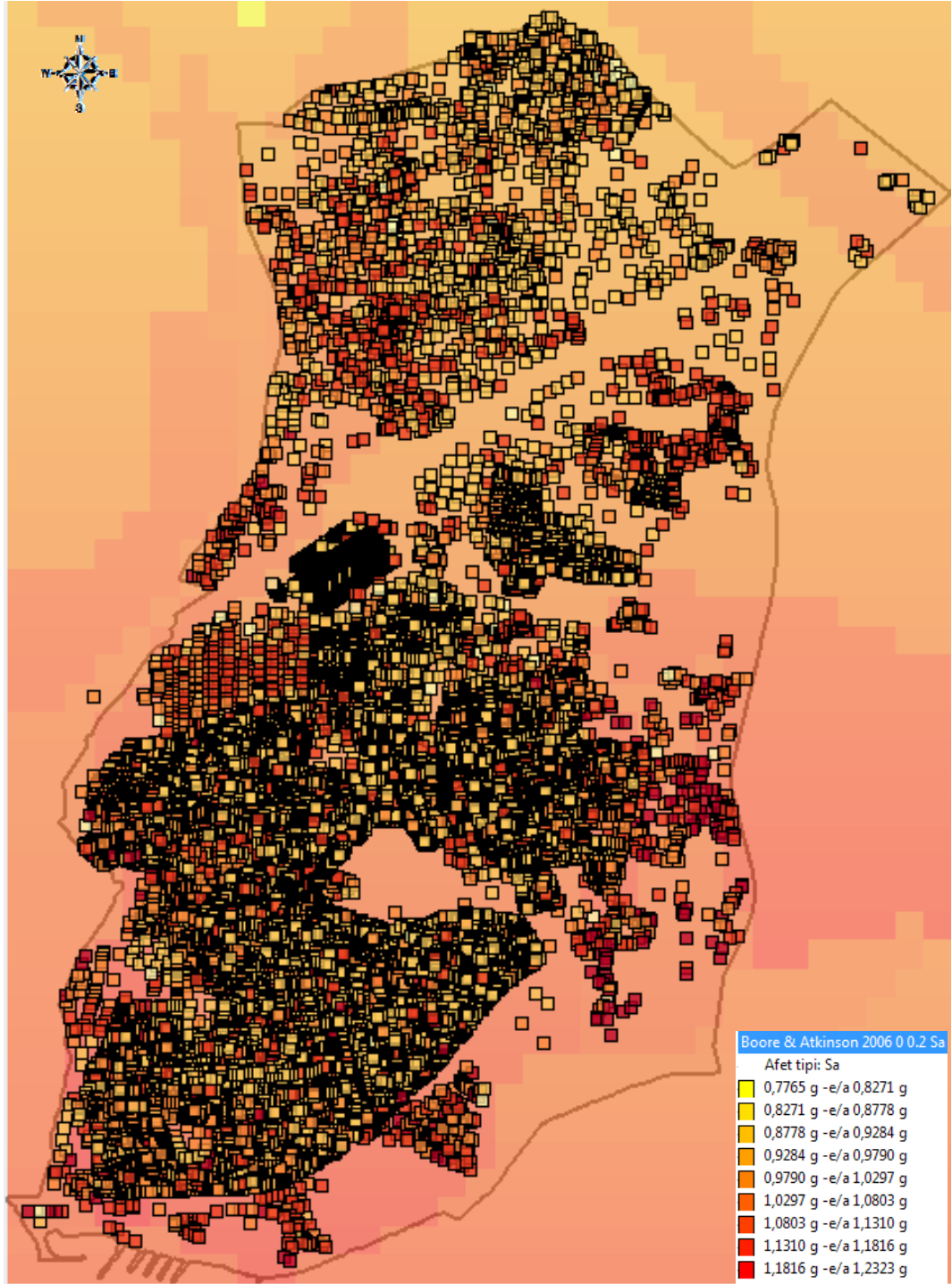
Şekil 6.17 Tabaka Biçimindeki Değişiklikler ve Uygulanması

Bina hasarlarına ait elde edilen tahmin sonuçlarına ilişkin rapor elde etmek için yapılması gereken, Şekil 6.16’da gösterilen Senaryo Penceresindeki ilgili senaryoya sağ tıklanarak raporlar seçeneğinin seçilmesidir. Bu seçimin ardından Biçim Düzenleyici penceresinin üstünde açılan ve Şekil 6.18’de gösterilen “Rapor Seçim Görünümü” penceresinden çalışma bölgesindeki her bir binanın tek tek sonuçları isteniyorsa, “Bina Hasarı v4”, çalışma bölgesindeki binaların yapı türlerine göre hasarları isteniyorsa, “Bina Hasar Özeti (v4)” çift tıklanarak seçilir.



Şekil 6.18 Rapor Seçim Görünümü

Tüm bu düzenlemelerden sonra ortaya çıkan hasarlı bina verisi Şekil 6.19’da verildiği gibi ortalama yapısal hasar değerlerine göre renklendirilmiş tematik bir harita görünümünde olacaktır. Bu görünüm üç boyutlu bar grafik olarak da düzenlenebilir. Bu sayede, belirlenen hasar oranı rengine göre hasar alma olasılığı yüksek binaları tespit edilebilmesi kolaylaşır. Ancak, bu gösterim az yoğunluklu bölgelerde tercih edilmelidir.



Şekil 6.19 Zeytinburnu Bina Verisinin Belirlenen Deprem Senaryosuna Göre Hasar Durumu

Seçim ardından aynı pencere konumunda farklı bir sekmede “Rapor Görünümü” penceresinde seçilen rapor oluşturulur. Oluşturulan her raporun ilk sayfası kullanılan veri ve analizleri diğer sayfaları ise ait olduğu analiz sonuçlarını bildirir. Şekil 6.20 ve Şekil 6.21’de Bina Hasar Özeti Raporu örneği yer almaktadır. Detaylı Bina Hasar Raporu ve diğer analizlere ait raporlar ek olarak verilmektedir.

Sıradaki analiz “Bina Ekonomik Kayıp Analizi”dir. Bu analiz Çizelge 6.3’e göre seçildikten sonra Şekil 6.22’de gösterilen ilk belirecek pencerede analiz sonucu oluşturulacak veri setinin adı anlamlı bir isim olarak girilmelidir. Takip eden Yapısal Hasar kısmına daha önce oluşturulan Bina Hasarı veri seti seçilir. Proje kapsamında elde edilen veri setleri içinde binaların içerik değerleri ve yapısal olmayan donatıları bulunmadığı için boş bırakılacaktır. Bu pencerede doldurulması gereken diğer kısım ise “Kullanım Türü Hasar Çarpanları”dır. Ön tanımlı olarak sistem içinde bulunan bu değerler, yapıların kullanım türüne göre o yapılarda oluşabilecek ekonomik kayıpları belirlemede kullanılır. Örneğin, bir yapı ağır sanayi olarak kullanılmakta ise bu binadaki ekonomik kayıp aynı yapısal özelliklerdeki depo olarak kullanılan bir binadan daha fazla olacaktır. Bahsedilen çarpanlar Çizelge 6.4’te verilmektedir.

Çizelge 6.4 Kullanım Türü Hasar Çarpanları

Kullanım Türü	SD Çarpanı	AS Çarpanı	DS Çarpanı	İçerik Çarpanı
RES1	23,4	26,6	50	50
RES2	24,4	37,8	37,8	50
RES3	13,8	43,7	42,5	50
RES4	13,6	43,2	43,2	50
RES5	18,8	41,2	40	50
RES6	18,4	40,8	40,8	50
COM1	29,4	43,1	27,5	100
COM2	32,4	41,1	26,5	100
COM3	16,2	50	33,8	100
COM4	19,2	47,9	32,9	100
COM5	13,8	51,7	34,5	100
COM6	14	51,3	34,7	150
COM7	14,4	51,2	34,4	150
COM8	10	54,4	35,6	100
COM9	12,2	52,7	35,1	100
COM10	60,9	21,7	17,4	50
IND1	15,7	72,5	11,8	150
IND2	15,7	72,5	11,8	150
IND3	15,7	72,5	11,8	150
IND4	15,7	72,5	11,8	150
IND5	15,7	72,5	11,8	150
IND6	15,7	72,5	11,8	100
AGR1	46,2	46,1	7,7	100
REL1	19,8	47,6	32,6	100
GOV1	17,9	49,3	32,8	100
GOV2	15,3	50,5	34,2	150
EDU1	18,9	32,4	48,7	100
EDU2	11	29	60	150

Bina Hasar Özeti (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman Istanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
Zeytinburnu Egim Haritası
DEM - Turkey
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Turkey Soil Types
Building Damage Ratios v1.1
İlgili Bölge

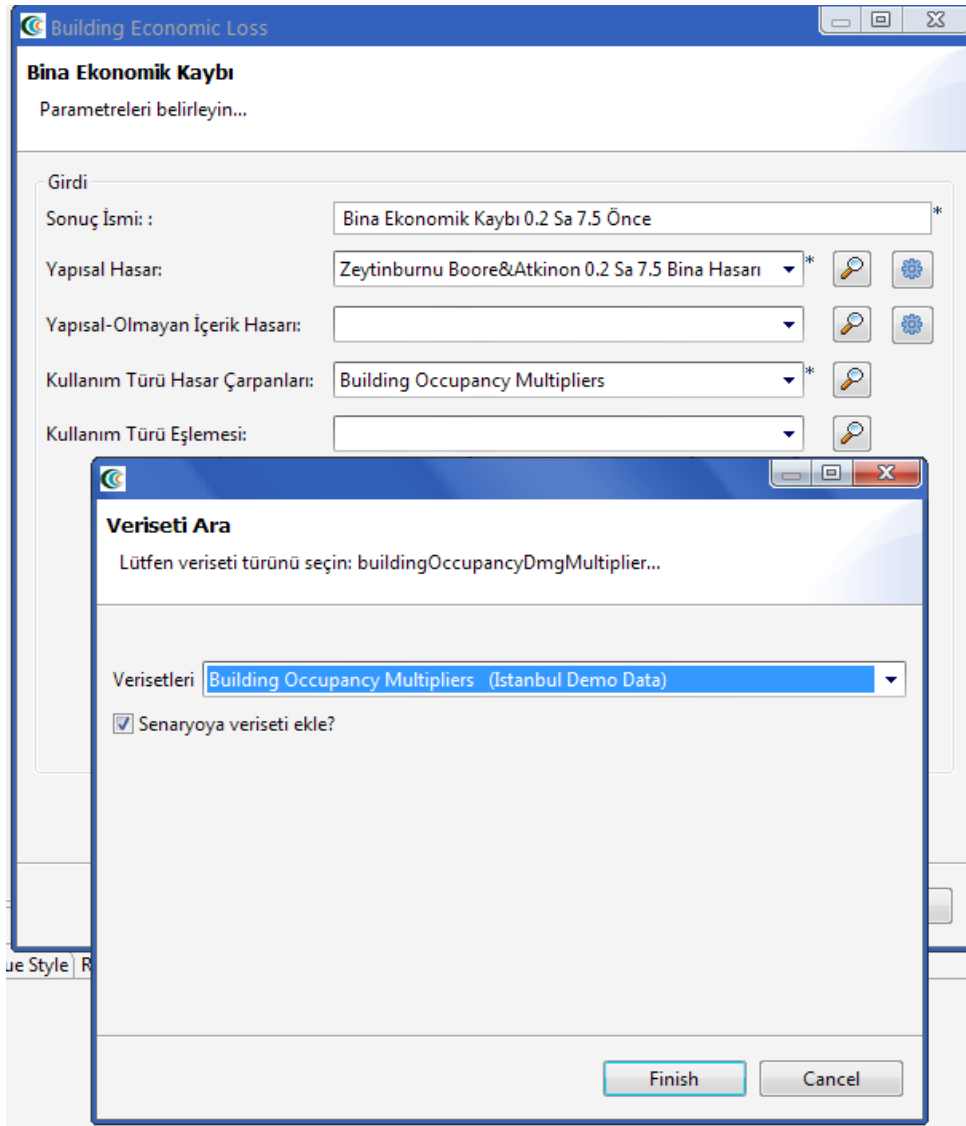
Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
C1	7355	75,25 %	30,40 %	7,46 %	24,75 %	44,85 %	22,94 %	7,46 %	26,41 %
C2	6860	66,04 %	20,24 %	5,02 %	33,96 %	45,81 %	15,22 %	5,02 %	20,16 %
PC1	88	69,03 %	38,55 %	12,24 %	30,97 %	30,48 %	26,31 %	12,24 %	30,36 %

Şekil 6.20 Bina Hasar Özeti Raporu 1. Sayfa

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
PC2	209	72,93 %	36,92 %	6,88 %	27,07 %	36,01 %	30,04 %	6,88 %	28,43 %
RM	150	73,80 %	38,41 %	8,93 %	26,20 %	35,39 %	29,48 %	8,93 %	29,87 %
S1	2	71,44 %	35,52 %	11,10 %	28,56 %	35,92 %	24,42 %	11,10 %	29,13 %
S3	21	88,06 %	56,07 %	17,69 %	11,94 %	31,99 %	38,38 %	17,69 %	42,05 %
UNKNOWN	29	0,00 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,50 %
URM	2476	83,71 %	54,92 %	26,06 %	16,29 %	28,79 %	28,86 %	26,06 %	43,87 %
W	29	0,00 %	0,00 %	0,00 %	100,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,50 %
All Types	17219	60,03 %	31,10 %	9,54 %	39,97 %	28,92 %	21,56 %	9,54 %	25,13 %
All Types - Min		0,00 %	0,00 %	0,00 %	4,21 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,50 %
All Types - Max		95,79 %	78,91 %	43,47 %	100,00 %	53,58 %	40,38 %	43,47 %	61,25 %

Şekil 6.21 Bina Hasar Özeti Raporu 2. Sayfa

Bina Ekonomik Kayıp analizi sonucunu özet rapor olarak da tablosal veri olarak da incelemek mümkündür. Buna göre daha önce de açıklandığı gibi Şekil 6.18’de gösterilen “Rapor Seçim Görünümü”nden “Bina Ekonomik Hasar Özet Raporu (v4)” seçilerek Şekil 6.23 ve Şekil 6.24’te gösterilen rapor oluşturulur. Analiz sonuçlarını öznitelik tablosunda görmek ve incelemek için Şekil 6.16’da da gösterildiği gibi analiz sonucunda oluşturulan veri seti sağ tıklanıp “Öznitelik Tablosunu Göster” kısmı seçilir. Bu seçimle birlikte Şekil 6.25’de gösterilen veri seti öznitelik tablosu “Biçem Düzenleme Penceresi”nde ayrı bir sekme olarak görüntülenir.



Şekil 6.22 Bina Ekonomik Kaybı Analizi

Bina Ekonomik Hasar Özet Raporu (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman Istanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Istanbul Building Fragility Mapping 2
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritasi
Turkey Soil Types
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Bina Ekonomik Kaybi 0.2 Sa 7.5 Önce
Building Occupancy Multipliers
Building Damage Ratios v1.1

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
C1	YTL 97.214.244	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 97.214.244
C2	YTL 42.481.953	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 42.481.953

Şekil 6.23 Bina Ekonomik Kayıp Özet Raporu 1. Sayfa

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
PC1	YTL 444.003	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 444.003
PC2	YTL 2.094.554	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.094.554
RM	YTL 3.854.184	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 3.854.184
S1	YTL 40.676	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 40.676
S3	YTL 950.970	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 950.970
UNKNOWN	YTL 9.485	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 9.485
URM	YTL 25.047.207	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 25.047.207
W	YTL 2.153	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.153
All Types - Avg	YTL 17.213.943	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 17.213.943
All Types - Min	YTL 2.153	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.153
All Types - Max	YTL 97.214.244	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 97.214.244
All Types - Sum	YTL 172.139.430	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 172.139.430

Şekil 6.24 Bina Ekonomik Kayıp Özet Raporu 2. Sayfa

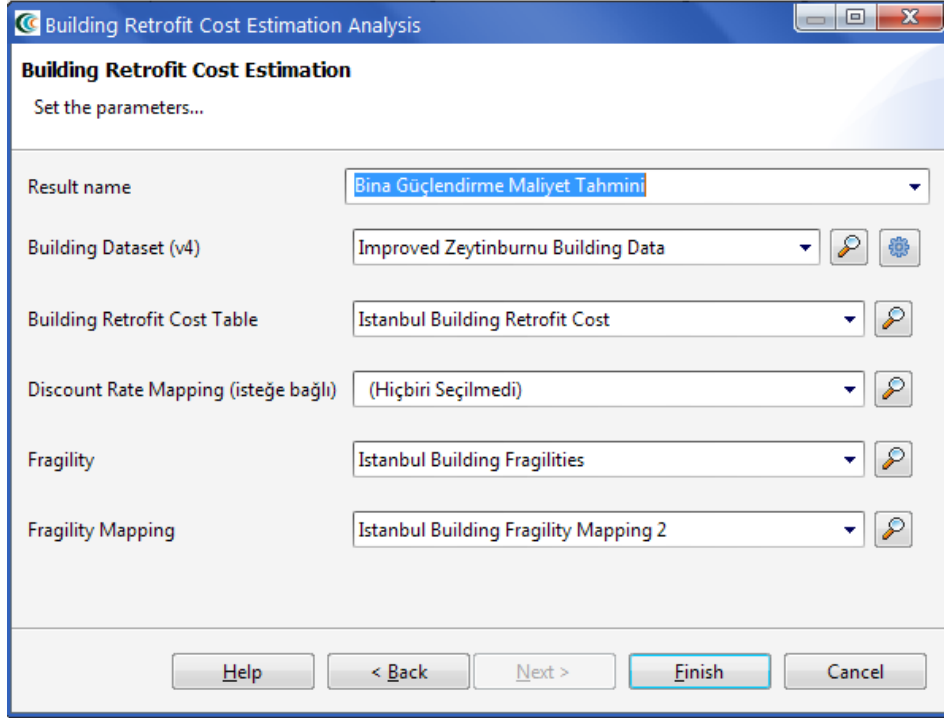
Biçim Düzenleyici Tablo: Bina Ekonomik Kaybı 0.2 Sa 7.5 Önce

Heavy	Complete	MeanDamage	MDamageDev	Old Code	New Code	Cost	HazardType	HazardVal	FeatureId	StrLoss (\$)	StrLossDev (\$)	TotLoss (\$)	TotLossDev (\$)
0.22	0.03	0.21	0.24	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.78	zeytinburnu_SONbi...	\$730	\$863	\$730	\$863
0.35	0.20	0.42	0.32	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.69	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.36	0.24	0.46	0.32	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.79	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.28	0.32	0.48	0.35	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.78	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.28	0.31	0.47	0.35	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.75	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.30	0.33	0.50	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	1.12	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.29	0.23	0.42	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.76	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.30	0.27	0.45	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.91	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.17	0.05	0.22	0.24	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.77	zeytinburnu_SONbi...	\$2.382	\$2.617	\$2.382	\$2.617
0.20	0.07	0.23	0.27	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.66	zeytinburnu_SONbi...	\$57.214	\$66.312	\$57.214	\$66.312
0.24	0.10	0.30	0.29	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	1.06	zeytinburnu_SONbi...	\$8.439	\$8.315	\$8.439	\$8.315
0.24	0.10	0.29	0.29	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.73	zeytinburnu_SONbi...	\$1.089	\$1.085	\$1.089	\$1.085
0.25	0.08	0.29	0.27	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	1.06	zeytinburnu_SONbi...	\$4.590	\$4.300	\$4.590	\$4.300
0.34	0.20	0.42	0.32	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.89	zeytinburnu_SONbi...	\$6.952	\$5.326	\$6.952	\$5.326
0.25	0.10	0.30	0.29	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.77	zeytinburnu_SONbi...	\$2.927	\$2.840	\$2.927	\$2.840
0.29	0.23	0.42	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.76	zeytinburnu_SONbi...	\$11.508	\$9.362	\$11.508	\$9.362
0.31	0.06	0.28	0.27	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.86	zeytinburnu_SONbi...	\$0	\$0	\$0	\$0
0.17	0.05	0.22	0.24	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.75	zeytinburnu_SONbi...	\$4.895	\$5.448	\$4.895	\$5.448
0.29	0.25	0.44	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$709	\$554	\$709	\$554
0.19	0.07	0.24	0.27	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$1.578	\$1.763	\$1.578	\$1.763
0.19	0.05	0.24	0.25	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$1.207	\$1.276	\$1.207	\$1.276
0.25	0.06	0.25	0.27	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$595	\$624	\$595	\$624
0.11	0.03	0.16	0.21	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$727	\$943	\$727	\$943
0.11	0.03	0.16	0.21	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$1.089	\$1.412	\$1.089	\$1.412
0.11	0.03	0.16	0.21	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$1.417	\$1.837	\$1.417	\$1.837
0.25	0.11	0.30	0.29	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$2.600	\$2.506	\$2.600	\$2.506
0.19	0.07	0.24	0.27	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.83	zeytinburnu_SONbi...	\$1.379	\$1.540	\$1.379	\$1.540
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$3.195	\$3.348	\$3.195	\$3.348
0.28	0.37	0.52	0.35	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$3.470	\$2.324	\$3.470	\$2.324
0.30	0.28	0.46	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.526	\$1.126	\$1.526	\$1.126
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.075	\$1.127	\$1.075	\$1.127
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$841	\$1.030	\$841	\$1.030
0.29	0.13	0.34	0.30	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.479	\$1.296	\$1.479	\$1.296
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.300	\$1.593	\$1.300	\$1.593
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$2.070	\$2.169	\$2.070	\$2.169
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$2.284	\$2.394	\$2.284	\$2.394
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.136	\$1.392	\$1.136	\$1.392
0.29	0.13	0.34	0.30	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.719	\$1.506	\$1.719	\$1.506
0.29	0.13	0.34	0.30	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.685	\$1.477	\$1.685	\$1.477
0.30	0.28	0.46	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$903	\$666	\$903	\$666
0.28	0.37	0.52	0.35	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.295	\$868	\$1.295	\$868
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.205	\$1.477	\$1.205	\$1.477
0.22	0.07	0.26	0.26	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$635	\$632	\$635	\$632
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$3.161	\$3.313	\$3.161	\$3.313
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.880	\$1.971	\$1.880	\$1.971
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.859	\$2.278	\$1.859	\$2.278
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$728	\$763	\$728	\$763
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.126	\$1.380	\$1.126	\$1.380
0.30	0.28	0.46	0.34	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.214	\$895	\$1.214	\$895
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$5.550	\$6.799	\$5.550	\$6.799
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$5.617	\$5.887	\$5.617	\$5.887
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$4.761	\$4.990	\$4.761	\$4.990
0.36	0.23	0.45	0.32	Pre-Code	Pre-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$13.549	\$9.661	\$13.549	\$9.661
0.14	0.04	0.18	0.22	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$1.541	\$1.888	\$1.541	\$1.888
0.22	0.09	0.27	0.28	Low-Code	Low-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$4.154	\$4.354	\$4.154	\$4.354
0.27	0.07	0.28	0.28	Moderate-Code	Moderate-Code	0.00	Sa	0.94	zeytinburnu_SONbi...	\$3.984	\$3.936	\$3.984	\$3.936

Basit görev yürütüyor

Şekil 6.25 Bina Ekonomik Hasarının Öznitelik Tablosunda Gösterimi

Sıradaki diğer analiz ise, “Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini”dir. Analiz seçildikten sonra açılan pencere Şekil 6.26’da gösterildiği şekilde doldurulduktan ve analiz sonunda oluşturulacak yeni veri seti için anlamlı bir isim verildikten sonra analiz tamamlanır. İleriki aşamalarda yapılacak olan güçlendirmeler bu analize göre yapılandırılacaktır.



Şekil 6.26 Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini Analizi

Bu analizlerin ardından, mevcut bina envanterinin kullanıcı tarafından tanımlanan bir deprem senaryosunda nasıl bir hasar göreceği olasılıksal olarak belirlenebilir. Karar destek amaçlı olarak çalışma bölgesinde hangi binaların ne düzeyde güçlendirilmesi gerektiğinin ya da güçlendirmenin hani binalar için yarar sağlamayacağını da belirlenebilmesi gereklidir. Bu amaçla daha ileri düzey bir analiz olan “Özniteliğe Göre Bina Hasarı” analizi bu karşılaştırmaların yapılması için gerekli güçlendirme seçeneklerini veri seti öznitelikleri ve kullanıcı seçimine bağlı olarak sunar. Özniteliğe göre bina hasarı analizi, Şekil 6.10’da verilen Analiz Çalıştırma penceresinden Çizelge 6.3’e göre bulunarak çalıştırılır. Şekil 6.27’den de görülebilen ilk pencerede, analiz sonucu oluşacak veri seti için anlamlı bir isim ve gerekli diğer girdiler sağlanarak Şekil 6.28’de gösterilen veri seti öznitelğine göre güçlendirme penceresine geçilir. Bu kısımda güçlendirmeler yapı türüne göre yapılacak ve tüm güçlendirmelerde anahtar olarak 2. Seviye (Low), yani Çizelge 4.6’da verilen 1975 ile 1997 arası kullanılan yapım yönetmeliği dikkate alınacaktır.

Şekil 6.27 Öznitelğe Göre Bina Hasar Analizi

Şekil 6.28’de verilen seçeneklere göre yapılan güçlendirmeler 1. Seviye güçlendirme olarak adlandırılacak ve mevcut bina envanteri bu seçilen güçlendirmelere ait kırılma eğrileri kullanılarak hasar analizine sokulacaklardır. Güçlendirmelerde eğer bir yapı zaten 1975 ya da daha sonraki yönetmeliklere göre yapıldıysa o yapının bağlı olduğu mevcut yönetmeliği dikkate alınacak ve o yapı için ekstra bir güçlendirme ücreti belirlenmeyecektir. Analiz sonunda oluşan veri setinde hangi yapının güçlendirildiği ile eski ve yeni yönetmelikleri bulunur. Bu güçlendirme işlemi Moderate (1999 sonrası yapılan yapılar) ve High (2006 sonrası yapılan yapılar) olmak üzere iki kere daha tekrarlandıktan sonra hangi güçlendirme ile ne kadar zarar azaltımı yapılabileceği ve bu güçlendirmelerin ne kadara mal olacağı belirlenir. Üç seviye analizin de tamamlanmasının ardından her analiz sonucu oluşan hasarlı bina veri seti için bir rapor hazırlanabilir. Hazırlanacak raporlar ile özet olarak hangi tür binaların daha çok güçlendirmeye gereksinim duyduğu ve bunu gerçekleştirebilmek için gerekli güçlendirme maliyetleri belirlenebilir.

Building Damage by Field

Fragility Key Selection

Select a fragility key for each row.

Girdi

Seç ▼

Field 1	Key	Cost
C1	Low	41.631.749,52 YTL
URM	Low	5.381.462,93 YTL
PC2	Low	1.243.448,41 YTL
C2	Low	11.448.138,58 YTL
PC1	Low	436.284,24 YTL
RM	Low	849.424,65 YTL
W1	Low	81.465,28 YTL
S1	Low	749.438,59 YTL
S3	Non-Retrofit	0,00 YTL
W2	Non-Retrofit	0,00 YTL
C3	Low	0,00 YTL

Alan 1 Struct_Typ ▼

61.821.412,19 YTL

Help < Back Next > Finish Cancel

Şekil 6.28 Özniteliğe Göre Bina Hasar Analizinde Güçlendirme Seçenekleri

Raporlar için Şekil 6.18’den “Bina Hasar Özeti (v4)” seçilip Şekil 6.29’da da gösterilen pencereden ilgili seviyeye ait bina hasar veri seti seçilip rapor hazırlanır.

Verisetini Seç

Rapor hazırlanacak verisetini seçiniz

Raporlanacak veri Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasarı 1. Seviye ▼

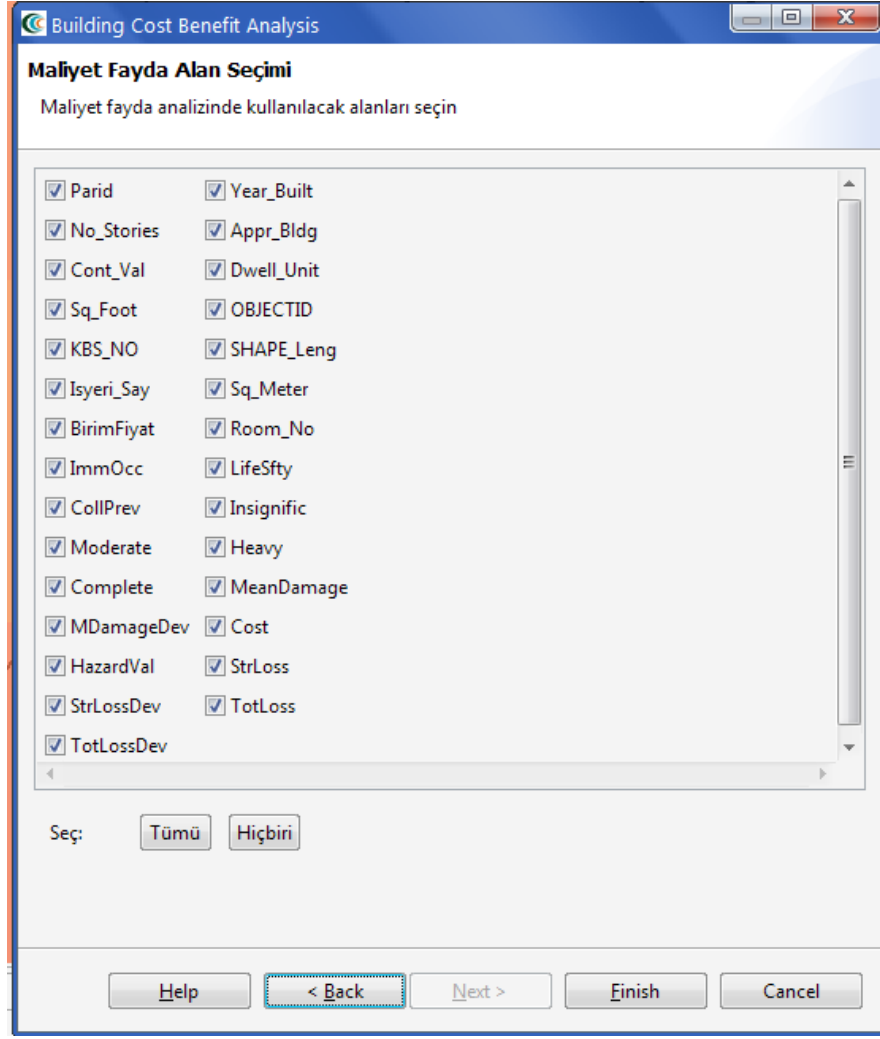
Finish Cancel

Şekil 6.29 Hasarlı Bina Veri Setine Göre Bina Hasar Özeti Raporunun Hazırlanması

Her seviye güçlendirme uygulanan binalar için de bina ekonomik kayıpları daha önce açıklandığı şekilde ayrı ayrı hesaplanır. Böylece her seviye güçlendirme için maliyet fayda analizi yapılabilir. Şekil 6.30’da gösterilen “Bina Maliyet Fayda” Analizi çalışma bölgesindeki binalarda yapılacak güçlendirmelerin ekonomik getirilerini hesaplar. Yapılacak güçlendirmenin yarar sağlaması için Fayda/Maliyet oranının bir (1)’den büyük olması gerekir. Yapılan bina hasar analizi, bina güçlendirme analizi, güçlendirilmiş bina hasar analizi ve bu analizlere ait ekonomik kayıp analizlerinin sonuçları program çıktıları şeklinde EK.A’da, Çizelge A.14’ten Çizelge A.33’e kadar verilmektedir.

Şekil 6.30 Bina Fayda Maliyet Analizi Penceresi

Şekil 6.31’de de gösterilen bir sonraki pencereden bina fayda maliyet oranını hesaplarken kullanılacak ve analiz sonrası oluşturulacak veri setinde bulunacak öznitelik değerleri seçilir. Unutulmamalıdır ki analizlerde kullanılan ve oluşturulan veri setleri ne kadar fazla öznitelik alanı taşırsa sistem çalışma hızı o kadar düşer.



Şekil 6.31 Veri Setlerinde Kullanılacak ve Oluşturulacak Özniteliklerin Seçimi

Bu analiz ilk bina ekonomik kaybı ile her güçlendirme seviyesi sonrası ekonomik kaybı arasında birer kez tekrarlanır. Bu sayede her seviye güçlendirme için maliyet/fayda oranı elde edilir. Güçlendirme seviyeleri sadece özniteliklere göre değil, tek tek her bina için istenen seviyede de uygulanabilir. Bu uygulamalar sonrasında yapılacak maliyet/fayda analizi de aynı şekilde kullanılabilir.

Bir diğer analiz ise Bina Tamir Maliyeti analizidir. Bu analiz, kullanıcı tarafından tanımlanan deprem senaryosuna göre hasarlı olarak tahmin edilen binaların deprem sonrası tamir maliyetlerini tahmin etmek için kullanılır. Analizi çalıştırmak için Şekil 6.10'da bulunan analiz çalıştırma penceresinden Çizelge 6.3'teki temel analizlerdeki konumuna göre Bina Tamir Maliyeti analizi seçilir. Seçimin ardından gelen ve Şekil 6.32'de gösterilen pencerede tamir maliyeti hesaplanacak olan hasarlı bina veri seti seçilir ve tamir maliyeti tahmininin ardından oluşturulacak veri seti için bir ad verildikten sonra analiz tamamlanır.

Şekil 6.32 Bina Tamir Maliyeti Analizi

Son olarak “Mali Etki Analizi” açıklanmıştır. Bu analiz ile çalışma bölgesinde meydana gelmesi olası depremde ne kadar bir vergi kaybı meydana geleceğini tahmin eder. Analizin güvenilir sonuç verebilmesi için varsa standart vergi oranı yoksa vergi oranlarını gösteren bir harita kullanılması önerilir. Gerekli veri ve bilgiler Şekil 6.33’te gösterilen analiz penceresinden girilerek analiz tamamlanır.

Şekil 6.33 Mali Etki Analizi

6.3.2 Gömülü altyapı envanterine dair analizler

Bu analizde gömülü boru hatlarında depremi takiben meydana gelebilecek hasar tahmin edilmektedir. Hasar tahmini altyapı boru hatları için geliştirilmiş olan kırılma eğrileri, Peak Ground Velocity (Maksimum Zemin Hızı) birimiyle afet ya da risk haritası, boru materyali, boru birleşim tipi, boru çapı ve parça uzunluğu ile mevcut zemin türü bilinerek yapılabilir.

İşlem girdilerin kullanılarak kilometre başına tamir oranının hesaplanması ile sonuçlanır. Her parça için verilen tamir oranı (*RR*) parça uzunluğu ile çarpılarak gerekli tahmine ulaşılır. Çizelge 6.5 üç ayrı analizden elde edilen ve gömülü boru hatları çeşitlerine göre değişen kırılma eğrilerini vermektedir.

Çizelge 6.5 Gömülü Boru Hatları için Kırılma Eğrileri

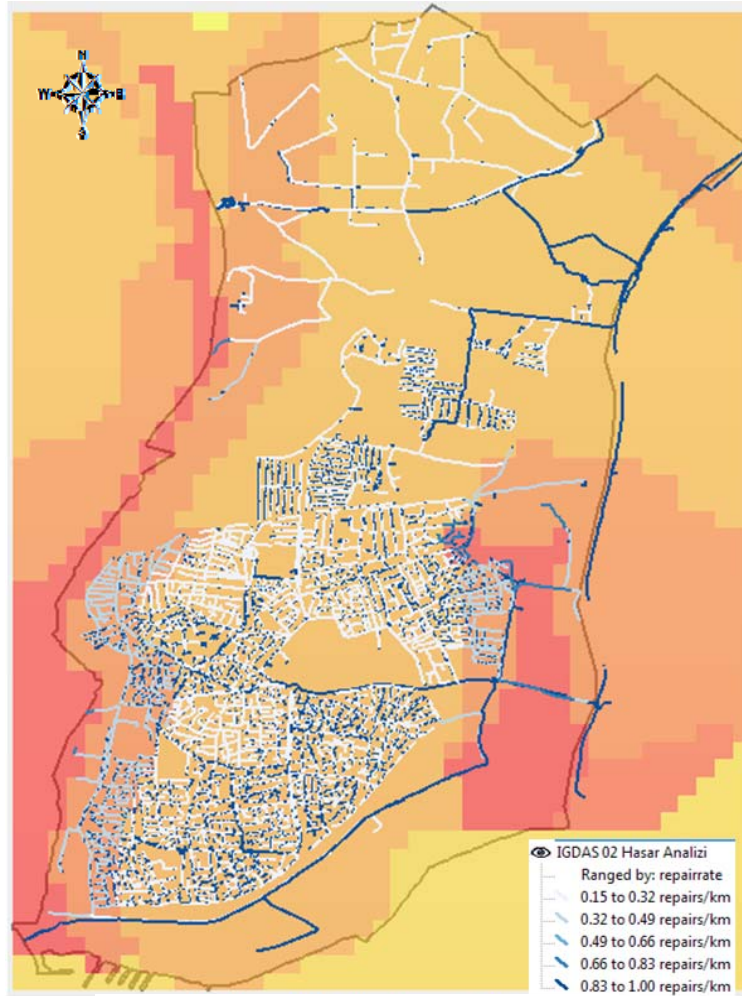
Materyal	Araştırmacı	Temel Kırılma Eğrisi	Boyutsuz Katsayısı (K)	Kaynak Depremler	Gerekli Eşleme Verisi	NOT
Dökme Demir Boru Eğrilebilir Demir Boru Asbest Çimento Boru Asbest Çimento Boru	O'Rourke, T and Jeon (1999)	$RR=0,050*(PGV/D^{1,138})^{0,865}$ $RR=0,004*(PGV/D^{0,468})^{1,378}$ $\log(RR) = -4,59*\log(D)+8,96$ $\log(RR) = 2,26*\log(PGV) - 11,01$	N/A	Northridge Depremi (1994)	Boru Materyali, Çap Boru Materyali, Çap Boru Materyali, Çap Boru Materyali	RR: Tamir / Km PGV: cm / s D: cm PGV: cm / s
Gömülü Boru Hattı	O'Rourke, M and Ayala (1993)	$RR=K \times 0,00003 (PGV)^{2,65}$	1,0 – Dökme Demir, Asbest, Çimento, Beton 0,3 - Çelik, Eğrilebilir Demir, PVC	Amerika'da n 4 Meksika'da n 2 olmak üzere, 11 deprem verisi	Boru Materyali Boru Materyali	RR: Tamir / Km PGV: cm / s
Gömülü Boru Hattı	Eidinger (2001)	$RR=K*0,00187*PGV$	Bileşime Bağlı, Birleştirme Tipi, Zemin Durumu ve Çap	18 depremden 81 veri noktası	Boru Materyali, çap, birleştirme tipi, zemin türü	PGV: in / s RR: Tamir / 1000 ft

Verilen kırılma eğrileri için gerekli olan eşleme verisi ve Eidinger (2001)'in metodunda boru hasarını belirlemek için gerekli olan *K* katsayıları ise Çizelge 6.6'da verilmektedir.

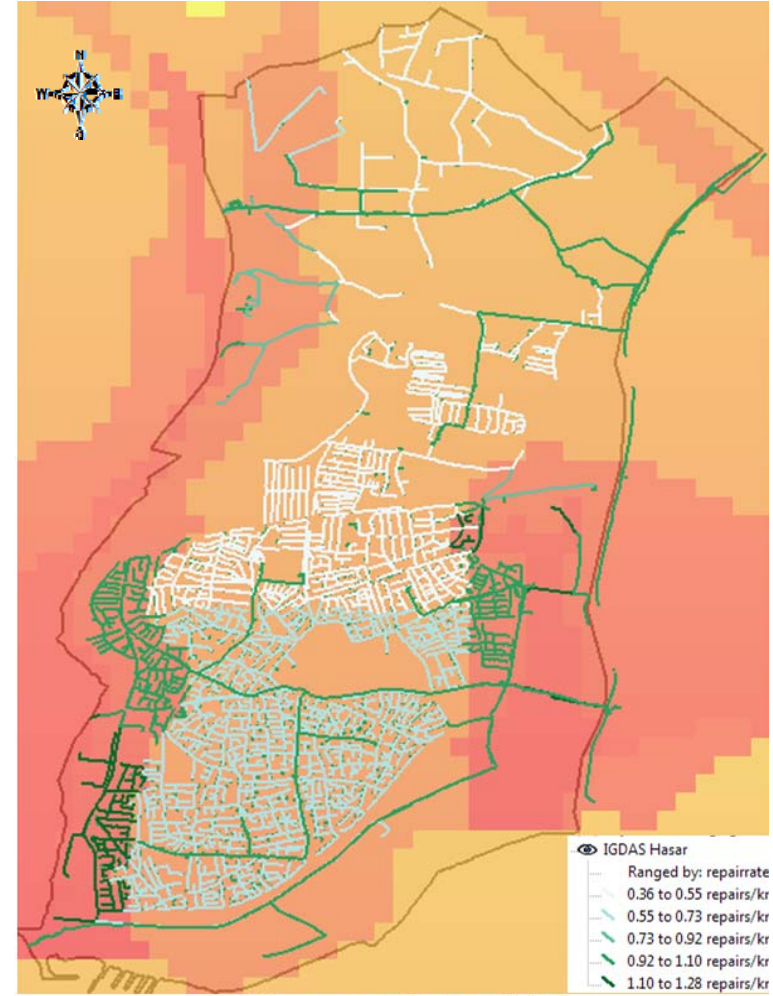
Çizelge 6.6 Eidinger (2001)'den Alınan Borular için K Katsayıları

Boru Materyali	Birleştirme Tipi	Zemin	Çap	K
Dökme Demir	Çimento	Tüm	Küçük	1,0
Dökme Demir	Çimento	Aşındırıcı	Küçük	1,4
Dökme Demir	Çimento	Çürütmez	Küçük	0,7
Dökme Demir	Lastik Conta	Tüm	Küçük	0,8
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Tüm	Küçük	0,6
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Aşındırıcı	Küçük	0,9
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Çürütmez	Küçük	0,3
Kaynaklı Çelik	Ark Kaynak	Tüm	Büyük	0,2
Kaynaklı Çelik	Lastik Conta	Tüm	Küçük	0,7
Kaynaklı Çelik	Dişli (Vidalı)	Tüm	Küçük	1,3
Kaynaklı Çelik	Perçinli	Tüm	Küçük	1,3
Asbest Çimento	Lastik Conta	Tüm	Küçük	0,5
Asbest Çimento	Çimento	Tüm	Küçük	1,0
Çelik Silindirli Beton	Ark Kaynak	Tüm	Büyük	0,7
Çelik Silindirli Beton	Lastik Conta	Tüm	Büyük	1,0
Çelik Silindirli Beton	Lastik Conta	Tüm	Büyük	0,8
PVC	Lastik Conta	Tüm	Küçük	0,5
Eğilebilir Demir	Lastik Conta	Tüm	Küçük	0,5

Bu analize göre Zeytinburnu ilçesi için doğalgaz boru hatları analizine ait görüntü Şekil 6.34'te verilmektedir. Bu analiz iki ayrı deprem senaryosu için yapılmış olup bu senaryolar kırılacak fayın azimut açısının 90 derece ya da 130 derece olması durumuna göre gerçekleştirilmiştir.



(a) Fayın 90° azimut açısı ile kırılması



(b) Fayın 130° azimut açısı ile kırılması

Şekil 6.34 Zeytinburnu Doğalgaz Boru Hattı Hasarları

6.4 Analiz Sonuçları

Verilen analiz sonuçlarının anlam taşıyabilmesi için karşılaştırılmaları gereklidir. Bu karşılaştırmayı yapmak için ise yapılan her seviye güçlendirmenin maliyetinin bilinmesi gerekir. Bu kapsamda Şekil 6.35'ten Şekil 6.37'ye kadar birinci, ikinci ve üçüncü seviye güçlendirmelerin maliyetlerinin verildiği pencereler sıralanmıştır.

Field 1	Key	Cost
C1	Low	41.631.749,52 YTL
URM	Low	5.381.462,93 YTL
PC2	Low	1.243.448,41 YTL
C2	Low	11.448.138,58 YTL
PC1	Low	436.284,24 YTL
RM	Low	849.424,65 YTL
W1	Low	81.465,28 YTL
S1	Low	749.438,59 YTL
S3	Low	49.681,08 YTL
W2	Non-Retrofit	0,00 YTL
C3	Low	0,00 YTL

Alan 1 Struct_Typ

61.871.093,28 YTL

Help < Back Next > Finish Cancel

Şekil 6.35 1. Seviye Güçlendirme Maliyeti

Bu maliyetlere göre güçlendirmelerin uygulanabilir olup olmadığına karar verilebilir. Çizelge 6.7'de güçlendirme maliyetleri ve güçlendirme sonrası ekonomik kayıplardaki azalmalar karşılaştırılmıştır.

Çizelge 6.7 Çalışma Kapsamında Uygulanan Güçlendirmelerin Maliyet ve Faydaları

	Güçlendirme Maliyeti	Güçlendirme Sonrası Ekonomik Kazanç	Kar/Zarar
1. Seviye	61871093,28 YTL	4632804,00 YTL	-57238289,28 YTL
2. Seviye	462595856,43 YTL	23893978,00 YTL	-438701878,43 YTL
3. Seviye	2429880368,11 YTL	68968135,00 YTL	-2360912233,11 YTL

Building Damage by Field

Fragility Key Selection
Select a fragility key for each row.

Girdi
Seç ▼

Field 1	Key	Cost
C1	Moderate ▼	255.928.112,24 YTL
URM	Low ▼	5.381.462,93 YTL
PC2	Moderate ▼	5.034.159,63 YTL
C2	Moderate ▼	188.166.328,53 YTL
PC1	Moderate ▼	1.308.852,71 YTL
RM	Moderate ▼	3.185.377,87 YTL
W1	Moderate ▼	244.395,83 YTL
S1	Moderate ▼	3.155.404,95 YTL
S3	Moderate ▼	149.043,25 YTL
W2	Moderate ▼	42.718,49 YTL
C3	Low ▼	0,00 YTL

Alan 1 Struct_Typ ▼

462.595.856,43 YTL

Help < Back Next > Finish Cancel

Şekil 6.36 2. Seviye Güçlendirme Maliyeti

Building Damage by Field

Fragility Key Selection
Select a fragility key for each row.

Girdi
Seç ▼

Field 1	Key	Cost
C1	High ▼	1.410.193.210,90 YTL
URM	Low ▼	5.381.462,93 YTL
PC2	High ▼	119.751.671,96 YTL
C2	High ▼	803.050.948,13 YTL
PC1	High ▼	30.395.086,56 YTL
RM	High ▼	38.566.662,47 YTL
W1	High ▼	5.607.057,86 YTL
S1	High ▼	8.966.681,86 YTL
S3	High ▼	7.209.771,95 YTL
W2	High ▼	757.813,50 YTL
C3	Low ▼	0,00 YTL

Alan 1 Struct_Typ ▼

2.429.880.368,11 YTL

Help < Back Next > Finish Cancel

Şekil 6.37 3. Seviye Güçlendirme Maliyeti

6.4.1 Zeytinburnu’nda yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırmalar

Zeytinburnu ilçesi için yapılan ilk çalışma 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi için The Pacific Consultants International and OYO Corporation tarafından Japan International Cooperation Agency (JICA, 2002) adıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan deprem senaryoları hakkında detaylı bilgi Bölüm 2.5.1’de verilmiştir. Bu deprem senaryolarından Model A ve Model C’ye bağlı Zeytinburnu ilçesi ve İstanbul ili için analiz sonuçları Çizelge 6.8’de verilmektedir.

Çizelge 6.8 Model A ve C için Zeytinburnu ve İstanbul Bina Hasar Sonuçları (JICA, 2002)

Model	İlçe Adı	Toplam Bina Sayısı	Ağır Hasarlı		Ağır + Orta Hasarlı		Ağır + Orta + Kısım Hasarlı	
			sayı	%	sayı	%	sayı	%
A	Zeytinburnu	15573	2592	16,6	5296	34,0	9525	61,2
C	Zeytinburnu	15573	3036	19,5	5999	38,5	10184	65,4
A	İstanbul	724623	51447	7,1	113535	15,7	252370	34,8
C	İstanbul	724623	59176	8,2	128047	17,7	272953	37,7

İstanbul ili tamamına yönelik bir diğer deprem risk değerlendirme çalışması ise Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen “Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area” adlı çalışmadır. (KOERI, 2003) Bu çalışmaya ait sonuçlar Çizelge 6.9’da verilmiştir.

Çizelge 6.9 İstanbul Hasarlı Bina Sayıları (KOERI, 2003)

Yaklaşım	Toplam Bina Sayısı	Çöken + Ağır Hasarlı		Ağır Hasara Dayanıklı			
		sayı	%	Sayı	%		
Deprem Şiddeti Tabanlı	737653	40268	5,5	67395	9,1	---	---
Spektral Yer Değiştirme	737653	59176	8,0	128047	17,4	195097	26,5

Binalar için hasar sonucu veren diğer bir çalışma ise yine İstanbul Büyükşehir Belediyesi için Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından gerçekleştirilen İstanbul

Deprem Master Planı'dır. (İDMP, 2003) Bu senaryo JICA (2002) çalışmasının Model A adlı en olasılıklı senaryosunu kullanmış ve Çizelge 6.10'da verilen sonuçları elde etmiştir.

Çizelge 6.10 Zeytinburnu ve İstanbul için Ağır Hasarlı Bina Oranı (İDMP, 2003)

	Zeytinburnu	İstanbul	İstanbul'a Oranı
Toplam Bina Sayısı	15573	700942	2,22%
Ağır Hasarlı Bina Sayısı	2060	40185	5,13%
Ağır Hasarlı Bina Oranı	13,22%	5,73%	

Zeytinburnu ilçesini de kapsayan bir diğer çalışma ise Küçükçoban (2004)'ın yapmış olduğu çalışmadır. Bu çalışma JICA (2002) çalışması verileri ve İ.B.B.'den elde edilen verilerin istatistikî olarak güncellenmesi üzerine yapılmıştır. Bu çalışmada deprem senaryosu JICA (2002) çalışmasında önerilen Model A olarak seçilmiş ve Çizelge 6.11'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.11 Zeytinburnu ve İstanbul için Hasarlı Bina Sayıları (Küçükçoban, 2004)

Veri	Bölge	Bina Sayısı	Az Hasarlı		Orta Hasarlı		Ağır Hasarlı	
			Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
JICA Check	Zeytinburnu	15576	0	0,00	2788	17,90	12788	82,10
	İstanbul	724561	78876	10,89	574203	79,25	71482	9,86
JICA New	Zeytinburnu	30430	0	0,00	1087	3,57	29343	96,43
	İstanbul	1195711	33073	2,77	883804	73,91	278834	23,32
İBB Yeni	Zeytinburnu	30551	5	0,02	25292	82,79	5254	17,20
	İstanbul	1313327	30931	2,36	1155351	87,97	127045	9,67

Zeytinburnu ilçesi için son deprem sonrası bina hasarı tahmini çalışması ise Yakut ve diğ., (2006) tarafından yapılmıştır. Bu çalışma, Türkiye'deki az ve orta katlı betonarme yapılar için spektral yer değiştirme kullanılarak elde edilen hasar indisi yardımıyla sismik performans değerlendirmesi yöntemi sunmaktadır. Çalışmada bir ila yedi katlı toplam 3036 bina için moment büyüklüğü 7,5 olan bir senaryo deprem kullanılmıştır. Çalışma sonuçları Çizelge 6.12'de verilmektedir.

Çizelge 6.12 Zeytinburnu’nda ki Binaların Kestirilen Sismik Güvenlikleri (Yakut ve diğ., 2006)

Bina kat adetleri	Yüksek risk grubu		Orta risk grubu		Düşük risk grubu		Toplam Bina Sayısı
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
≤3	10	10	18	18	71	72	99
4	180	54	81	24	71	21	332
5	713	77	170	18	46	5	929
6	808	70	262	23	77	7	1147
7	387	73	119	23	23	4	529
Toplam	2098	69	650	21	288	10	3036

Griffiths ve diğ. (2007)’nin Zeytinburnu için yaptığı çalışma ise Düzce ve Zeytinburnu’ndaki binaların zarar görülebilirlik indislerinin karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Bu çalışmada iki bölgedeki sismik benzerliklere dayanılarak olası bir depremde İstanbul’un güney kısmındaki binaların %40’lık bir kısmının yıkılacağı ya da ağır hasar alacağı tahmin edilmiştir.

Yapılan tüm çalışmalarda kullanılan yöntemler ve algoritmaların farklılıklarına dayanan farklılıklar bulunmaktadır. Bu gibi çalışmalarda önemli olan yöntem ve senaryoların değişmesi durumunda hızlıca analizi tekrarlayabilmektir. Geliştirilen HAZTURK programında benzer senaryolarla Zeytinburnu ilçesi için elde edilen sonuçlar ise Çizelge 6.13’te verilmektedir.

Çizelge 6.13 Zeytinburnu İlçesi için HAZTURK Programı Bina Hasar Analizi Sonuçları

Yapı Tipi	Bina Sayısı	Mw=7,5 (%)					Mw=7,7 (%)				
		Az Hasarlı	Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	Yıkık	Ortalama Hasar	Az Hasarlı	Orta Hasarlı	Ağır Hasarlı	Yıkık	Ortalama Hasar
C1	7355	44,12	40,91	12,19	2,78	15,77	13,90	41,07	31,55	13,48	35,92
C2	6860	53,35	37,55	7,10	2,00	11,79	21,14	46,09	23,60	9,17	28,48
C3	6	34,62	32,92	25,36	7,10	25,61	10,16	22,38	31,62	35,85	53,17
PC1	75	36,63	37,53	20,89	4,95	21,94	12,35	32,39	34,89	20,36	42,60
PC2	222	43,85	34,88	19,12	2,15	18,08	17,69	33,62	36,19	12,49	36,45
RM	150	46,51	33,62	17,68	2,19	17,14	19,18	34,24	33,84	12,74	35,48
S1	10	53,11	33,39	10,64	2,86	36,78	17,29	35,56	32,15	15,00	36,78
S3	13	26,45	39,29	28,70	5,56	48,20	7,29	27,93	41,35	23,43	48,20
URM	2499	29,24	33,03	24,19	13,53	52,59	10,04	24,19	29,72	36,06	52,59
W1	21	47,12	40,37	9,64	3,87	31,52	18,62	44,87	23,97	12,55	31,52
W2	8	66,60	28,09	4,90	0,41	20,31	34,19	44,19	17,63	4,00	20,31
Tümü	17219	43,78	35,60	16,40	4,22	18,55	16,53	35,14	30,59	17,74	38,32

6.4.2 İstanbul için hasar analizi sonuçları

Tez çalışması kapsamında geliştirilen program kullanıcıya deprem senaryosu, hasar ve kayıp analizleri, güçlendirme alternatifleri ve karar destek analizlerinde geniş kapsamlı seçenekler sunmakta ve değişik yaklaşımlarda değerlendirmeler için sonuçlar üretebilmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada verilen sonuçlar yine verilen yaklaşımların ortalaması olarak dikkate alınmalı ve programın mutlak sonuçları olarak görülmemelidir. İstanbul için bina hasar analizi sonuçları özeti Çizelge 6.14’te verilmiştir.

Çizelge 6.14 İstanbul İli için HAZTURK Programı Bina Hasar Analizi Sonuçları

Mw=7,5 (%)						
Yapı Tipi	Bina Sayısı	Az Hasarlı %	Orta Hasarlı %	Ağır Hasarlı %	Yıkık %	Ortalama Hasar %
C1	503860	20,21	36,09	28,57	15,13	35,02
C2	84630	26,67	42,00	21,77	9,57	27,22
PC2	700	19,30	32,57	32,92	15,21	36,94
RM	12066	23,28	40,82	26,74	9,17	29,40
S1	13	18,90	31,30	31,93	17,87	38,59
URM	141039	15,92	25,24	28,18	30,65	47,08
W1	35	24,88	39,75	24,12	11,26	29,68
Tümü	742343	21,31	35,39	27,75	15,55	34,85
Min		1,64	9,43	3,24	0,70	7,74
Max		63,80	52,06	43,99	60,99	71,46

Buna göre İstanbul için oluşturulan bina verileri için elde edilen afet haritaları Şekil B.1 ile Şekil B.11 arasında verilmektedir. Bina verileri için hasar analizi sonuçları özeti Çizelge 6.15 ve Çizelge 6.16’da verilmekte bu sonuçların GIS ortamında gösterimi ise Şekil 6.38’da sunulmaktadır.

Building Damage Summary (v4)



Scenario: Istanbul 01

Himmet Karaman Istanbul Technical University

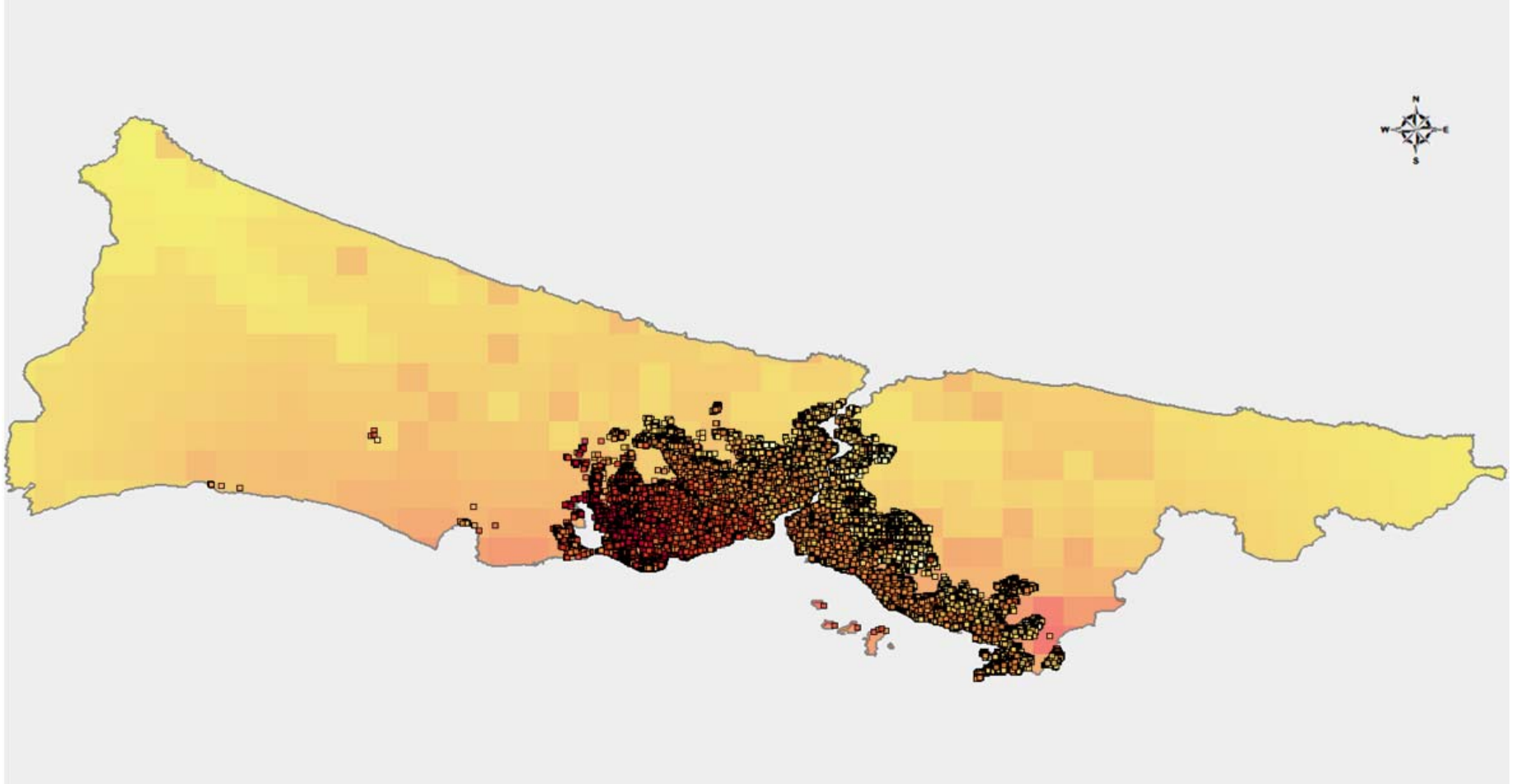
Location: Istanbul

Using data: Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Istanbul Default Building Fragility Mapping
0.2 sec Sa Building Fragility Mapping
Son Istanbul Bina Verisi
sil02fragMappimng
Building Damage1 Retrofit Cost
Boore & Atkinson 20061 0.0 PGA
Boore & Atkinson 20060 0.0 PGV
Boore & Atkinson 20062 0.2 Sa
Building Damage1
Turkey Soil Types
Istanbul Building Retrofit Cost
Building Damage Ratios v1.1
Region of Interest

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
C1	503860	79.79 %	43.70 %	15.13 %	20.21 %	36.09 %	28.57 %	15.13 %	35.02 %
C2	84630	73.33 %	31.33 %	9.57 %	26.67 %	42.00 %	21.77 %	9.57 %	27.22 %
PC2	700	80.70 %	48.12 %	15.21 %	19.30 %	32.57 %	32.92 %	15.21 %	36.94 %

Çizelge 6.16 İstanbul İli Bina Hasar Özeti Raporu Sayfa-2

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
RM	12066	76.72 %	35.90 %	9.17 %	23.28 %	40.82 %	26.74 %	9.17 %	29.40 %
S1	13	81.10 %	49.80 %	17.87 %	18.90 %	31.30 %	31.93 %	17.87 %	38.59 %
URM	141039	84.08 %	58.84 %	30.65 %	15.92 %	25.24 %	28.18 %	30.65 %	47.08 %
W1	35	75.12 %	35.37 %	11.26 %	24.88 %	39.75 %	24.12 %	11.26 %	29.68 %
All Types	742343	78.69 %	43.30 %	15.55 %	21.31 %	35.39 %	27.75 %	15.55 %	34.85 %
All Types - Min		36.20 %	3.95 %	0.70 %	1.64 %	9.43 %	3.24 %	0.70 %	7.74 %
All Types - Max		98.36 %	88.62 %	60.99 %	63.80 %	52.06 %	43.99 %	60.99 %	71.46 %



Şekil 6.38 İstanbul İli Deprem Senaryosu Bina Hasarı Dağılımı

Çalışma kapsamında, Boore ve Atkinson (2006) Yeni Nesil Azalım Modeli, Boore ve diğ. (1997), Kalkan ve Gulkan (2004) ve Özbey ve diğ. (2004) azalım ilişkileri İstanbul için en olası deprem senaryosunu simüle etmek amacıyla kullanılmış ve hem azalım ilişkileri hem de deprem senaryoları arasındaki farkları karşılaştırma fırsatı bulunmuştur. Buna göre, ilk karşılaştırma yapılan tez çalışması ile önceki çalışmalar arasında JICA (2002) çalışması Model A senaryosuna göre gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.17).

Çizelge 6.17 Farklı Çalışmalar ve Azalım İlişkileri için Mw7,5 Deprem Senaryosu Sonuçları

HAZTURK Mw 7,5	Az Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar	Yıkım	Ortalama
Boore ve Atkinson (2006)	43,78	35,60	16,40	4,22	18,55
Ozbey ve diğ., (2004)	43,69	35,02	16,63	4,66	18,99
Boore ve diğ., (1997)	36,12	36,99	20,14	6,75	23,06
Kalkan ve Gulkan, (2004)	30,91	37,69	22,74	8,66	26,29
JICA (2002) Mw 7,5	H+M+P	H+M	H	N/A	N/A
	61,2	34,0	16,6		
KOERI (2002) Mw 7,5	N/A	Orta Hasar	Ağır Hasar	Yıkım	N/A
Spektral Yer Değiştirme		26,5	9,1	4,7	
Deprem Şiddetine Göre			10,43	5,5	
Yakut ve diğ., (2006)	Az Risk	Orta Risk	Yüksek Risk	N/A	N/A
	10	21	69		
EDMI (2003)	N/A	N/A	Ağır Hasarlı Bina Oranı		
			13,22		
Küçükçoban (2004)	Az Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar		
JICA-Check	0,00	17,90	82,10		
JICA-New	0,00	3,57	96,43		
IBB-New	0,02	82,79	17,20		

İkinci karşılaştırma JICA (2002) çalışmasında önerilen iki farklı deprem senaryosu Model A ve Model C uygulanarak tez çalışmasında elde edilen sonuçlar için yapılmış ve Çizelge 6.18’de verilmiştir.

Çizelge 6.18 Mw7,5 ve Mw7,7 Olan Deprem Senaryolarının Sonuçlarının Karşılaştırması

HAZTURK Mw 7,5	Az Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar	Yıkım	Ortalama
Boore ve Atkinson (2006)	43,78	35,60	16,40	4,22	18,55
Boore ve diğ., (1997)	36,12	36,99	20,14	6,75	23,06
HAZTURK Mw 7,7	Az Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar	Yıkım	Ortalama
Boore ve Atkinson (2006)	20,32	36,68	28,45	14,55	34,53
Boore ve diğ., (1997)	35,83	37,05	20,28	6,84	23,23

Çizelge 6.19’da sonuçları verilen üçüncü karşılaştırmada ise JICA (2002) çalışmasında Model C ile önerilen Mw 7,7 olan deprem senaryosunun farklı azalım ilişkilerine göre değişen sonuçları için yapılmıştır.

Çizelge 6.19 Farklı Çalışma ve Azalım İlişkilerinin Mw7,7 Deprem Senaryosuna Göre Karşılaştırması

HAZTURK Mw 7,7	Az Hasar	Orta Hasar	Ağır Hasar	Yıkık	Ortalama
Boore ve Atkinson (2006)	20,32	36,68	28,45	14,55	34,53
Boore ve diğ., (1997)	35,83	37,05	20,28	6,84	23,23
JICA (2002) Mw 7,7	H+M+P	H+M	Ağır Hasar		
Boore ve diğ., (1997)	65,4	38,5	19,5	N/A	N/A

Çizelge 6.13 ve Çizelge 6.14’te verilen bina hasar tahmini sonuçlarına göre, donatısız taşıyıcı dolgu duvarlı yığma (URM) yapılar hem Zeytinburnu ilçesinde hem de İstanbul ili genelinde, Zeytinburnu için %13,53 ve İstanbul için %30,65 yıkık bina oranı ile depreme karşı en dayanıksız yapılar olarak belirlenmiştir. İkinci en dayanıksız yapı türü ise donatısız dolgu duvarlı betonarme çerçeveli yapılar (C3) olarak görülmektedir. Yine sonuçlardan gözlenene göre 1 ila 3 kat arasındaki yapılar deprem karşısında diğer yapılara göre daha fazla hasar görebilirliğe sahip olduğu fark edilmektedir. Genel olarak 1976’dan önce inşa edilen yapıların % 40 ortalama hasar ile 1999’dan sonra inşa edilenlere göre (% 25 ortalama hasar oranı) daha dayanıksız olduğu ortaya çıkmıştır. Buna göre 1999 depremlerinden sonra inşaat kalitesinde bir artış ya da inşaat sektöründe bir bilinçlenme olduğu sonuçları çıkartılabilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında, Türkiye ve İstanbul için var olan ve kullanılabilir veri ve modellerin analizi, test ve değerlendirmeleri, yazılımın geliştirme işlemini ve bu kapsamda Türkçe menü ve program sihirbazlarının oluşturulması tamamlanmıştır. Türkçe'leştirme için hazırlanan kod Ek.C'de verilmektedir. Yazılım java programlama dili kullanılarak Eclipse ara yüzü ile geliştirilmiştir. Çalışma alanı olarak Zeytinburnu ilçesi seçilmiş ve çalışma kapsamında yapılacak analiz için bu ilçeye ait bina verisi İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilmiştir. Programın geliştirilmesinin ardından tüm İstanbul bina verileri için de analiz yürütülmüştür. Bu analizde kullanılan veriler ise, JICA (2002) çalışmasından İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü vasıtasıyla ve KOERI (2003) çalışmasından Prof. Dr. Mustafa Erdik vasıtasıyla elde edilmiştir. Analizin yapılacağı yazılım için gerekli veri sınıflandırma sistemi veri setleri olarak oluşturulmuş ve veri setlerine erişim oluşturulan veri havuzları vasıtası ile sağlanmıştır. Kayıp tahmini ve hasar analizinin yazılım aracılığıyla yapılabilmesi için eldeki veri ve modellere uygun bir metodoloji geliştirilmiş ve bu geliştirilen metodoloji logic-tree olarak adlandırılan ve duruma göre seçenekleri belirleyip uygun olan seçeneği takip ederek kayıp tahmini ve hasar analizini sonuçlandırılması olarak açıklanabilen yaklaşım kullanılmaktadır. Ek olarak, verilerin veri setleri olarak dönüştürülmesi ve uygun bir veri sınıflandırması hazırlanarak veri havuzlarında toplanması sonuçlanmıştır. Böylece, bundan sonra sisteme eklenecek her verinin bu oluşturulan standartlara uygun halde sisteme girilebilmesi sağlanmıştır.

Hasar tahmin yazılımlarının doğruluğu veri kalitesi ve doğruluğuna bağlıdır. Deprem hasar analizi sonuçları bilimsel çalışmalara dayalı olan tahminlerdir. Bu yüzden, hasar tahmin sonuçları gerçek sonuçlar gibi algılanmamalı ve sadece hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirme amaçlı kullanılmalıdır.

Çalışmanın amacı, İstanbul için deprem nedeniyle olası mevcut ve güncellenen riskleri ortaya koymak ve karar vericilere riski ortadan kaldırmak ya da azaltmak için

geliştirecekleri zarar azaltma stratejilerinde yardımcı olabilecek, güncellenen veri ve yöntemlere göre kendini yenileyebilen yani yaşayan bir sistem geliştirmektir.

Veri setlerindeki ve metodolojilerdeki farklılıklara rağmen tez çalışması kapsamında Zeytinburnu ve İstanbul için yapılan deprem hasar tahmini, daha önce yapılmış olan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılabilecek değerlerde sonuçlar elde edilmiştir. KOERI (2003) çalışmasının yıkık bina oranları ile tez çalışmasında elde edilen yıkık bina oranları birbirine çok yakın çıkmıştır. Yıkık bina oranlarının bulunmadığı JICA (2002) çalışmasıyla yapılan karşılaştırmalarda, aynı azalım ilişkileri kullanıldığında aynı deprem senaryoları için sunulan tez çalışması sonuçları ve JICA (2002) çalışması sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu da göstermektedir ki tez çalışmasının amacı olan güvenilir bir hasar tahmin sistemi, yaşayan ve ölçeklenebilir bir sistem olarak geliştirilebilmiştir.

KAYNAKLAR

- AFPS**, 1995. The 1995 French Seismic Code. *Guidelines for Seismic Microzonation Studies*, October.
- Aki K**, 1988. Local site effects on strong ground motion. In: Van Thun JL, editors. Earthquake engineering and soil dynamics – recent advances in ground-motion evaluation. ASCE Geotechnical Special Publication, no. 20, 1988, p. 103-
- Ambraseys, N.N.**, 2002. Seismic Sea-waves in the Marmara Sea Region During the Last 20 Centuries, *Journal of Seismology*, v-6, pp571-578.
- Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G., Barka, A.**, 2002. Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull apart: A clue to propagation processes of the Norht Anatolian Fault, *Terra Nova*, v-14, pp80-86.
- Assimaki, D., Kausel, E., Gazetas, G.**, 2005. Soil-Dependent Topographic Effects: A Case Study from 1999 Athens Earthquake, *Earthquake Spectra*, Vol. 21, No.4, pp.929-966.
- Athanasopoulos, G.A., Pelekis, P.C., Leonidou, E.A.**, 1999. Effects of surface topography on seismic ground response in Egion (Greece) 15 June 1995 earthquake, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 18, pp135-149.
- Bard, P.Y.**, 1982. Diffracted waves and displacement field over two-dimensional elevated topographies, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society.*, Vol. 71, pp-731-760.
- Bibbee, A., Gonenc, R., Jacobs, S., Konvitz, J., and Price, R.**, 2000. Economic Effects of the 1999 Turkish Earthquakes: An Interim Report, Organisation for Economic Co-operation and Development, Economics Department Working Papers No. 247, June 26, 2000, Paris.
- Boore, D.M.**, 1972. A Note on the Effect of Simple Topography on Seismic SH Waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 62, No.1, pp.275-284.
- Boore, D.M., Joyner, W.B., Fumal, T.E.**, 1997. Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work, *Seismological Research Letters*, v-68, pp128-153.
- Boore, D.M. and Atkinson G.M.**, 2006. Provisional Empirical Ground-Motion Model for the Average Horizontal Component of PGA, PGV and SA at Spectral Periods of 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1, 2, 3, 4 and 5 Seconds, NGA Report Version 1.70 October.
- Boore, D.M.**, 2007. Kişisel Görüşme, Nisan, 2007
- Bozorgnia, Y.**, 2007. Kişisel Görüşme, Şubat, 2007

- BÜ, İTÜ, ODTÜ, YTÜ**, 2003. Earthquake Master Plan for Istanbul, IMM Planning and Construction Directorate Geotechnical and Earthquake Investigation Department, July.
- Campbell, K.W. and Bozorgnia, Y.**, 2006. Ground Motion Model for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and SA at Selected Spectral Periods Ranging from 0.01-10.0 Seconds, NGA Report Version 1.1 December.
- Celebi, M.**, 1987. Topographical and Geological Amplifications Determined from Strong-Motion and Aftershock Records of the 3 March 1985 Chile Earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. **77**, pp-1147-1167.
- Celebi, M.**, 1991. Topographical and Geological Amplification: Case Studies and Engineering Implications, *Structural Safety*, Vol. **10**, pp-199-217.
- Celebi, M., Toprak, S., Holzer, T.**, 2000. Strong Motion, Site Effects and Hazard Issue in Rebuilding Turkey: in Light of the 17 August, 1999 Earthquake and its Aftershocks., *International Journal for Housing Science and Its Applications*, ISSN 0146-6518, Special Issue: Kocaeli Earthquake 1999, Vol. **24**, No. 1, 2000, pp. 21-38.
- Chiou, B.S.-J. and Youngs, R.R.**, 2006. PEER-NGA Empirical Ground Motion Model for the Average Horizontal Component of Peak Acceleration and Pseudo-Spectral Acceleration for Spectral Periods of 0.01 to 10 Seconds, Interim Report for USGS Review, July.
- Chopra, AK, Goel, RK.**, 1999. Capacity-demand-diagram methods for estimating seismic deformation of inelastic structures: SDF systems. PEER-1999/02, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, California, U.S.A.
- Crozi, M., Galetto, R., Spalla, A.**, 2005. A Web GIS for Managing Post-Earthquake Emergencies, *First International Symposium on Disaster Management Gi4DM*, Delft, March 21-23, 2005, pp-1269-1270
- Eidinger, J.** 2001. Seismic Fragility Formulations for Water Systems, sponsored by the American Lifelines Alliance, G&E Engineering Systems Inc., <<http://homepage.mac.com/eidinger>>.
- Elnashai, A.S.**, 2007. Kişisel Görüşme.
- Eurocode 8**, 2001. Design of structures for earthquake resistance. Part 5: Foundations, retaining works and geotechnical aspects. Draft No 4. Doc CEN/TC250/SC8/N288, CEN, Brussels, 2001.
- Faccioli, E.**, 1991. Seismic amplification in the presence of geological and topographic irregularities. In: *Proceedings of the second international conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics*. St Louis, Missouri, vol. **II**, 1991, p. 1779-97.
- FEMA-154 (Federal Emergency Management Agency)**, 2002. Rapid Visual Screening of the Buildings for Potential Seismic Hazards Handbook, Earthquake Hazard Reduction Series, Washington D.C.

- Gazetas, G., Kallou, P.V., and Psarropoulos, P.N.,** 2002. Topography and Soil Effects in the Ms 5.9 Parnitha (Athens) Earthquake: The Case of Adames, *Natural Hazards*, Vol. **27**, pp-133-169.
- Geli, L., Bard, P.Y., Jullien, B.,** 1988. The Effect of Topography on Earthquake Ground Motion: A Review and New Results, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. **78**: (1), p.42-63
- Griffiths, J. H. P., Irfanoglu, A., Pujol, S.,** 2007. Istanbul at the Threshold: An Evaluation of the Seismic Risk in Istanbul, *Earthquake Spectra*, v**20**(1), 63-75.
- Gülkan, P., Kalkan, E.,** 2002. Attenuation modeling of recent earthquakes in Turkey, *Journal of Seismology*, v-**6**, pp397-409, (2002).
- HAZUS, Technical Manual,** 1999. Fedderal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- HAZUS-MH, Technical Manual,** 2004. Fedderal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- JICA,** 2002. Japan International Cooperation Agency and Istanbul Metropolitan Municipality (IMM), The Study on A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey, Final Report, December.
- Jeong, S-H. and Elnashai A.S.,** 2006. New three-dimensional damage index for RC buildings with planar irregularities, *Journal of Structural Engineering*, v**132**, n9, 2006, p 1482-1490.
- Kalkan, E., Gülkan P.,** 2004. Emprical Attenuation Equations for Vertical Ground Motion in Turkey, *Earthquake Spectra*, v-**20**, pp853-822.
- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI),** 2003. Earthquake Risk Assessment for Istanbul Metropolitan Area, Bogazici University, Department of Earthquake Engineering, Final Report, May.
- Küçükçoban, S.,** 2004. Development of a Software for Seismic Damage Estimation: Case Studies, *Yüksek Lisans Tezi*, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Le Pichon, X., Sengör, A.M.C., Demirbag, E., Rangin, C., Imren, C., Armijo, R., Görür, N., Cagatay, N., de Lepinay, B.M., Meyer, B., Saatçilar, R., Tok, B.,** 2001. The Active Main Marmara Fault, *Earth and Planetary Science Letters*, v-**192**, pp595-616.
- Liao, S.S., Veneziano, D., and Whitman, R.V.,** 1988. Regression Models for Evaluating Liquefaction Probability, *Journal of Geotechnical Engineering*, vol. **114**, No. 4, April.
- Mosalam, K.M., Ayala, G., White, R.N. and Roth, C.,** 1997. Seismic fragility of LRC frames with and without masonry infill walls, *Journal of Earthquake Engineering*, vol. **1**, no.4, pp. 693-719.
- National Earthquake Hazard Reduction Project (NEHRP),** 1997. Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures 1997 Edition, Part 1: Provisions, FEMA 302, Federal Management Agency.

- National Research Council**, 1985. Liquefaction of Soils During Earthquakes, Committee on Earthquake Engineering, Commission on Engineering and Technical Systems, National Academy Press, Washington, DC.
- O'Rourke, M. J., and Ayala, G.**, 1993. Pipeline Damage due to Wave Propagation, *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, Vol. **119**, No. 9, pp 1490-1498, September.
- O'Rourke, T. D., and Jeon, S-S.**, 1999. Factors Affecting the Earthquake Damage of Water Distribution Systems, TCLEE Monograph No. 16, ASCE.
- Ortiz-Aleman, C., Sanchez-Sesma, F.C., Rodriguez-Zuniga, J.L., Luzon, F.**, 1998. Computing Topographical 3D Site Effects Using a Fast IBEM/Conjugate Gradient Approach, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. **88**, pp-393-399.
- Özbey, C., Sari, A., Manuel, L., Erdik, M., Fahjan, Y.**, 2004. An empirical attenuation relationship for Northwestern Turkey ground motion using a random effects approach, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, v-**24**, pp115-125.
- Parsons, T., Barka, A., Toda, S., Stein, R.S., Dieterich, J.H.**, 2000. Influence of the 17 August 1999 Izmit Earthquake on Seismic Hazards in Istanbul, *Journal of Geophysical Research*, pp1-22.
- Parsons, T.**, 2004. Recalculated Probability of $M \geq 7$ Earthquakes Beneath the Sea of Marmara, Turkey, *Journal of Geophysical Research*, pp1-21.
- Pedersen, H., Le Brun, B., Hatzfeld, D., Campillo, M., and Bard, P.Y.**, 1994. Ground-Motion Amplitude Across Ridges, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. **84**, No.6, pp-1786-1800
- Power, M. S., Dawson, A.W., Streiff, D.W., Perman, R.G., and Haley, S. C.**, 1982. Evaluation of Liquefaction Susceptibility in the San Diego, California Urban Area. Proceedings 3rd International Conference on Microzonation, II, pp. 957-968.
- Rossetto, T. and Elnashai, A.S.**, 2003. Derivation of vulnerability functions for European-Type RC structures based on observational data, *Engineering Structures*, v-**25**, i-10, pp1241-1263.
- Sadigh, K., Chang, C.-Y., Egan, J.A., Makdisi, F., Youngs, R.R.**, 1997. Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data, *Seismological Research Letters*, v-**68**, pp180-189.
- Sari, A.**, 2003. Energy Considerations in Ground Motion Attenuation and Probabilistic Seismic Hazard Studies, *PhD Thesis*, The University of Texas Austin, TX.
- Sato, T., Kasahara, J., Taymaz, T., Ito, M., Kamimura, A., Hayakawa, T. and Tan, O.**, 2004. A study of microearthquake seismicity and focal mechanisms within the Sea of Marmara (NW Turkey) using ocean bottom seismometers (OBSs). *Tectonophysics*, **391**, 303-314.
- Seed, H. B., and Idriss, I. M.**, 1982. Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California, Monograph Series, p. 13.

- Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chung, R. M.,** 1985. Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations, *Journal of Geotechnical Engineering*, American Society of Civil Engineers, , vol. **111**, no. 12, p. 1425-1445.
- Shinozuka, M, Feng, MQ, Kim, HK, Kim, SH.,** 2000. Nonlinear static procedure for fragility curve development, *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, vol.**126**(12), pp. 1287-95.
- Steelman, J., Song J., Hajjar J.F.,** 2006. Integrated Data Flow and Risk Aggregation for Consequence-Based Risk Management of Seismic Regional Losses, Mid-America Earthquake Center, Urbana, IL., USA.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H., Gökçeoglu, C.,** 2004. An Attenuation Relation Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-acceleration Map of Turkey, *Engineering Geology*, v-**74**, pp265-291.
- Walker, G.,** 1999. Flood Loss Estimation – It Can Be Done, *AII Flood Seminar*, May 21, 1999, GRW Aon Re Australia.
- Wen, Y.K., Ellingwood, B.E. and Bracci, J.,** 2003. Vulnerability function derivation for Consequence-Based Engineering, Mid-America Earthquake Center report.
- Yakut, A., Özcebe, G., Yüçemen, M.S.,** 2006. Seismic vulnerability assessment using regional empirical data, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, v-**35**, pp1187-1202.
- Youd, T. L., and Perkins, D. M.,** 1978. Mapping of Liquefaction Induced Ground Failure Potential, *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, American Society of Civil Engineers, vol. **104**, no. 4, pp. 433-446.
- Geotools,** <<http://javadoc.geotools.fr/2.2/>>, alındığı tarih 02.07.2007.
- Jasper Reports,** <<http://jasperforge.org/sf/projects/jasperreports/>>, alındığı tarih 02.07.2007.
- Visualization Toolkit,** <<http://www.vtk.org/>>, alındığı tarih 02.07.2007.

EKLER

EK A. ÇİZELGELER

Çizelge A.1 Ortalama Yatay PGA ve %5 Sönümlenmeli PSA Azalım İlişkileri İçin Katsayılar

Kalkan & Gülkan, 2004

Period (sec)	b_1	b_2	b_3	b_5	b_v	V_A	$h(km)$	σ_{lnY}
PGA	0,393	0,576	-0,107	-0,899	-0,200	1112	6,91	0,612
0,10	1,796	0,441	-0,087	-1,023	-0,054	1112	10,07	0,658
0,11	1,627	0,498	-0,086	-1,030	-0,051	1290	10,31	0,643
0,12	1,109	0,721	-0,233	-0,939	-0,215	1452	6,91	0,650
0,13	1,474	0,500	-0,127	-1,070	-0,300	1953	10,00	0,670
0,14	0,987	0,509	-0,114	-1,026	-0,500	1717	9,00	0,620
0,15	1,530	0,511	-0,127	-1,070	-0,300	1953	10,00	0,623
0,16	1,471	0,517	-0,125	-1,052	-0,298	1954	9,59	0,634
0,17	1,500	0,530	-0,115	-1,060	-0,297	1955	9,65	0,651
0,18	1,496	0,547	-0,115	-1,060	-0,301	1957	9,40	0,646
0,19	1,468	0,575	-0,108	-1,055	-0,302	1958	9,23	0,657
0,20	1,419	0,597	-0,097	-1,050	-0,303	1959	8,96	0,671
0,22	0,989	0,628	-0,118	-0,951	-0,301	1959	6,04	0,683
0,24	0,736	0,654	-0,113	-0,892	-0,302	1960	5,16	0,680
0,26	0,604	0,696	-0,109	-0,860	-0,305	1961	4,70	0,682
0,28	0,727	0,733	-0,127	-0,891	-0,303	1963	5,74	0,674
0,30	0,799	0,751	-0,148	-0,909	-0,297	1964	6,49	0,720
0,32	0,749	0,744	-0,161	-0,897	-0,300	1954	7,18	0,714
0,34	0,798	0,741	-0,154	-0,891	-0,266	1968	8,10	0,720
0,36	0,589	0,752	-0,143	-0,867	-0,300	2100	7,90	0,650
0,38	0,490	0,763	-0,138	-0,852	-0,300	2103	8,00	0,779
0,40	0,530	0,775	-0,147	-0,855	-0,264	2104	8,32	0,772
0,42	0,353	0,784	-0,150	-0,816	-0,267	2104	7,69	0,812
0,44	0,053	0,782	-0,132	-0,756	-0,268	2103	7,00	0,790
0,46	0,049	0,780	-0,157	-0,747	-0,290	2059	7,30	0,781
0,48	-0,170	0,796	-0,153	-0,704	-0,275	2060	6,32	0,789
0,50	-0,146	0,828	-0,161	-0,710	-0,274	2064	6,22	0,762
0,55	-0,306	0,866	-0,156	-0,702	-0,292	2071	5,81	0,808
0,60	-0,383	0,881	-0,179	-0,697	-0,303	2075	6,13	0,834
0,65	-0,491	0,896	-0,182	-0,696	-0,300	2100	5,80	0,845
0,70	-0,576	0,914	-0,190	-0,681	-0,301	2102	5,70	0,840
0,75	-0,648	0,933	-0,185	-0,676	-0,300	2104	5,90	0,828
0,80	-0,713	0,968	-0,183	-0,676	-0,301	2090	5,89	0,839
0,85	-0,567	0,986	-0,214	-0,695	-0,333	1432	6,27	0,825
0,90	-0,522	1,019	-0,225	-0,708	-0,313	1431	6,69	0,826
0,95	-0,610	1,050	-0,229	-0,697	-0,303	1431	6,89	0,841
1,00	-0,662	1,070	-0,250	-0,696	-0,305	1405	6,89	0,874
1,10	-1,330	1,089	-0,255	-0,684	-0,500	2103	7,00	0,851
1,20	-1,370	1,120	-0,267	-0,690	-0,498	2103	6,64	0,841
1,30	-1,474	1,155	-0,269	-0,696	-0,496	2103	6,00	0,856
1,40	-1,665	1,170	-0,258	-0,674	-0,500	2104	5,44	0,845
1,50	-1,790	1,183	-0,262	-0,665	-0,501	2104	5,57	0,840
1,60	-1,889	1,189	-0,265	-0,662	-0,503	2102	5,50	0,834
1,70	-1,968	1,200	-0,272	-0,664	-0,502	2101	5,30	0,828
1,80	-2,037	1,210	-0,284	-0,666	-0,505	2098	5,10	0,849
1,90	-1,970	1,210	-0,295	-0,675	-0,501	1713	5,00	0,855
2,00	-2,110	1,200	-0,300	-0,663	-0,499	1794	4,86	0,878

Çizelge A.2 Ortalama Yatay PGA ve %5 Sönümlenmeli PSA Azalım İlişkileri İçin Katsayılar

Özbey ve diğ., 2004

Period	a	b	c	d	h	e	f	$\sigma \log(Y)$
0,00	3,287	0,503	-0,079	-1,1177	14,82	0,141	0,331	0,260
0,10	3,755	0,419	-0,052	-1,3361	17,22	0,173	0,255	0,274
0,15	3,922	0,463	-0,085	-1,3422	21,41	0,182	0,268	0,266
0,20	3,518	0,494	-0,094	-1,1162	14,87	0,113	0,285	0,243
0,25	3,270	0,517	-0,099	-0,9781	9,75	0,053	0,288	0,250
0,30	3,040	0,549	-0,095	-0,8762	6,54	0,062	0,320	0,262
0,35	2,951	0,579	-0,121	-0,8402	6,48	0,080	0,352	0,267
0,40	2,825	0,593	-0,112	-0,8089	6,48	0,102	0,394	0,281
0,45	2,690	0,605	-0,111	-0,7572	6,17	0,105	0,408	0,289
0,50	2,685	0,653	-0,171	-0,7302	5,58	0,051	0,385	0,293
0,55	2,581	0,685	-0,177	-0,6928	3,56	0,061	0,393	0,306
0,60	2,423	0,708	-0,177	-0,6291	3,41	0,059	0,399	0,302
0,65	2,325	0,724	-0,177	-0,6032	2,50	0,063	0,411	0,303
0,70	2,276	0,741	-0,174	-0,5932	2,12	0,055	0,407	0,300
0,75	2,247	0,750	-0,170	-0,5946	2,34	0,054	0,396	0,305
0,80	2,247	0,755	-0,166	-0,6075	3,22	0,070	0,392	0,307
0,85	2,243	0,774	-0,161	-0,6353	3,22	0,094	0,407	0,315
0,90	2,272	0,791	-0,172	-0,6630	4,21	0,102	0,416	0,324
0,95	2,246	0,807	-0,182	-0,6570	4,23	0,099	0,414	0,328
1,00	2,237	0,828	-0,207	-0,6543	4,14	0,100	0,413	0,331
1,10	2,227	0,855	-0,248	-0,6616	3,78	0,113	0,415	0,334
1,20	2,267	0,874	-0,267	-0,6910	4,49	0,103	0,397	0,330
1,30	2,353	0,901	-0,284	-0,7516	5,35	0,092	0,394	0,339
1,40	2,376	0,932	-0,296	-0,7752	6,90	0,070	0,375	0,349
1,50	2,445	0,943	-0,314	-0,8117	7,73	0,045	0,328	0,357
1,75	2,466	0,964	-0,331	-0,8671	7,85	0,038	0,298	0,364
2,00	2,490	0,973	-0,331	-0,9397	8,55	0,059	0,301	0,353
2,25	2,581	0,977	-0,326	-1,0345	11,21	0,070	0,299	0,347
2,75	2,559	0,980	-0,282	-1,1235	11,68	0,060	0,286	0,323
3,00	2,564	0,998	-0,282	-1,1473	12,04	0,044	0,273	0,324
3,50	2,549	1,011	-0,278	-1,1950	10,93	0,044	0,261	0,329
4,00	2,366	1,028	-0,244	-1,1710	10,72	0,025	0,253	0,324

Çizelge A.3 Pseudo-İvme Tepki Spektrumu İçin Yumuşatılmış Katsayılar

Boore ve diğ., 1997

Period	b _{ISS}	b _{IRV}	b _{IALL}	b ₂	b ₃	b ₅	b _v	V _A	h	σ _{ln(Y)}
0	-0,313	-0,117	-0,242	0,527	0	-0,778	-0,371	1396	5,57	0,520
0,1	1,006	1,087	1,059	0,753	-0,226	-0,934	-0,212	1112	6,27	0,479
0,11	1,072	1,164	1,13	0,732	-0,23	-0,937	-0,211	1291	6,65	0,481
0,12	1,109	1,215	1,174	0,721	-0,233	-0,939	-0,215	1452	6,91	0,485
0,13	1,128	1,246	1,2	0,711	-0,233	-0,939	-0,221	1596	7,08	0,486
0,14	1,135	1,261	1,208	0,707	-0,23	-0,938	-0,228	1718	7,18	0,489
0,15	1,128	1,264	1,204	0,702	-0,228	-0,937	-0,238	1820	7,23	0,492
0,16	1,112	1,257	1,192	0,702	-0,226	-0,935	-0,248	1910	7,24	0,495
0,17	1,09	1,242	1,173	0,702	-0,221	-0,933	-0,258	1977	7,21	0,497
0,18	1,063	1,222	1,151	0,705	-0,216	-0,93	-0,27	2037	7,16	0,499
0,19	1,032	1,198	1,122	0,709	-0,212	-0,927	-0,281	2080	7,1	0,501
0,2	0,999	1,17	1,089	0,711	-0,207	-0,924	-0,292	2118	7,02	0,502
0,22	0,925	1,104	1,019	0,721	-0,198	-0,918	-0,315	2158	6,83	0,508
0,24	0,847	1,033	0,941	0,732	-0,189	-0,912	-0,338	2178	6,62	0,511
0,26	0,764	0,958	0,861	0,744	-0,18	-0,906	-0,36	2173	6,39	0,514
0,28	0,681	0,881	0,78	0,758	-0,168	-0,899	-0,381	2158	6,17	0,518
0,3	0,598	0,803	0,7	0,769	-0,161	-0,893	-0,401	2133	5,94	0,522
0,32	0,518	0,725	0,619	0,783	-0,152	-0,888	-0,42	2104	5,72	0,525
0,34	0,439	0,648	0,54	0,794	-0,143	-0,882	-0,438	2070	5,5	0,530
0,36	0,361	0,57	0,462	0,806	-0,136	-0,877	-0,456	2032	5,3	0,532
0,38	0,286	0,495	0,385	0,82	-0,127	-0,872	-0,472	1995	5,1	0,536
0,4	0,212	0,423	0,311	0,831	-0,12	-0,867	-0,487	1954	4,91	0,538
0,42	0,14	0,352	0,239	0,84	-0,113	-0,862	-0,502	1919	4,74	0,542
0,44	0,073	0,282	0,169	0,852	-0,108	-0,858	-0,516	1884	4,57	0,545
0,46	0,005	0,217	0,102	0,863	-0,101	-0,854	-0,529	1849	4,41	0,549
0,48	-0,058	0,151	0,036	0,873	-0,097	-0,85	-0,541	1816	4,26	0,551
0,5	-0,122	0,087	-0,025	0,884	-0,09	-0,846	-0,553	1782	4,13	0,556
0,55	-0,268	-0,063	-0,176	0,907	-0,078	-0,837	-0,579	1710	3,82	0,562
0,6	-0,401	-0,203	-0,314	0,928	-0,069	-0,83	-0,602	1644	3,57	0,569
0,65	-0,523	-0,331	-0,44	0,946	-0,06	-0,823	-0,622	1592	3,36	0,575
0,7	-0,634	-0,452	-0,555	0,962	-0,053	-0,818	-0,639	1545	3,2	0,582
0,75	-0,737	-0,562	-0,661	0,979	-0,046	-0,813	-0,653	1507	3,07	0,587
0,8	-0,829	-0,666	-0,76	0,992	-0,041	-0,809	-0,666	1476	2,98	0,593
0,85	-0,915	-0,761	-0,851	1,006	-0,037	-0,805	-0,676	1452	2,92	0,598
0,9	-0,993	-0,848	-0,933	1,018	-0,035	-0,802	-0,685	1432	2,89	0,604
0,95	-1,066	-0,932	-1,01	1,027	-0,032	-0,8	-0,692	1416	2,88	0,609
1	-1,133	-1,009	-1,08	1,036	-0,032	-0,798	-0,698	1406	2,9	0,613
1,1	-1,249	-1,145	-1,208	1,052	-0,03	-0,795	-0,706	1396	2,99	0,622
1,2	-1,345	-1,265	-1,315	1,064	-0,032	-0,794	-0,71	1400	3,14	0,629
1,3	-1,428	-1,37	-1,407	1,073	-0,035	-0,793	-0,711	1416	3,36	0,637
1,4	-1,495	-1,46	-1,483	1,08	-0,039	-0,794	-0,709	1442	3,62	0,643
1,5	-1,552	-1,538	-1,55	1,085	-0,044	-0,796	-0,704	1479	3,92	0,649
1,6	-1,598	-1,608	-1,605	1,087	-0,051	-0,798	-0,697	1524	4,26	0,654
1,7	-1,634	-1,668	-1,652	1,089	-0,058	-0,801	-0,689	1581	4,62	0,660
1,8	-1,663	-1,718	-1,689	1,087	-0,067	-0,804	-0,679	1644	5,01	0,664
1,9	-1,685	-1,763	-1,72	1,087	-0,074	-0,808	-0,667	1714	5,42	0,669
2	-1,699	-1,801	-1,743	1,085	-0,085	-0,812	-0,655	1795	5,85	0,672

Çizelge A.4 Kaya Ortamı İçin Katsayılar ($M_w > 6,5$)

Sadigh ve diğ., 1997							
Period	c₁	c₂	c₃	c₄	c₅	c₆	c₇
0	-1,274	1,1	0	-2,1	-0,48451	0,524	0
0,07	-0,54	1,1	0,006	-2,128	-0,48451	0,524	-0,082
0,1	-0,375	1,1	0,006	-2,148	-0,48451	0,524	-0,041
0,2	-0,497	1,1	-0,004	-2,08	-0,48451	0,524	0
0,3	-0,707	1,1	-0,017	-2,028	-0,48451	0,524	0
0,4	-0,948	1,1	-0,028	-1,99	-0,48451	0,524	0
0,5	-1,238	1,1	-0,04	-1,945	-0,48451	0,524	0
0,75	-1,858	1,1	-0,05	-1,865	-0,48451	0,524	0
1	-2,355	1,1	-0,055	-1,8	-0,48451	0,524	0
1,5	-3,057	1,1	-0,065	-1,725	-0,48451	0,524	0
2	-3,595	1,1	-0,07	-1,67	-0,48451	0,524	0
3	-4,35	1,1	-0,08	-1,61	-0,48451	0,524	0
4	-4,88	1,1	-0,1	-1,57	-0,48451	0,524	0

Çizelge A.5 Yatay PGA Azalım İlişkisi İçin Katsayılar

Ulusay et al., 2004 (PGA)					
Period	Site Condition	S_A	S_B	R_e	Distance to
0	Rock Sites	0	0	M_w	Moment Magnitude
0	Soil Sites	1	0		
0	Soft Soil Sites	0	1		

Çizelge A.6 Periyoda Bağlı Yerel Büyütme Katsayıları (Boore ve Atkinson, 2006)

periyot	b_{lin}	b_1	b_2
PGV	-0,600	-0,500	-0,06
PGA	-0,360	-0,640	-0,14
0,010	-0,360	-0,640	-0,14
0,020	-0,340	-0,630	-0,12
0,030	-0,330	-0,620	-0,11
0,050	-0,290	-0,640	-0,11
0,075	-0,230	-0,640	-0,11
0,100	-0,250	-0,600	-0,13
0,150	-0,280	-0,530	-0,18
0,200	-0,310	-0,520	-0,19
0,250	-0,390	-0,520	-0,16
0,300	-0,440	-0,520	-0,14
0,400	-0,500	-0,510	-0,10
0,500	-0,600	-0,500	-0,06
0,750	-0,690	-0,470	0,00
1,000	-0,700	-0,440	0,00
1,500	-0,720	-0,400	0,00
2,000	-0,730	-0,380	0,00
3,000	-0,740	-0,340	0,00
4,000	-0,750	-0,310	0,00
5,000	-0,750	-0,291	0,00
7,500	-0,692	-0,247	0,00
10,000	-0,650	-0,215	0,00

Çizelge A.7 Boore ve Atkinson, 2006 NGA Yer Hareketi Modeli İçin Katsayılar

periyot	e01	e02	e03	e04	e05	e06	e07	e08	mh	c01	c02	c03	c04	mref	rref	h
0,000	-0,96402	-0,96402	-0,96402	-0,96402	0,29795	-0,20341	0,00000	0	7,00	-0,55000	0,00000	-0,01151	0	6	5	3,00
-1,000	5,00121	5,04727	4,63188	5,08210	0,18322	-0,12736	0,00000	0	8,50	-0,87370	0,10060	-0,00334	0	4,5	1	2,54
0,000	-0,53804	-0,50350	-0,75472	-0,50970	0,28805	-0,10164	0,00000	0	6,75	-0,66050	0,11970	-0,01151	0	4,5	1	1,35
0,010	-0,52883	-0,49429	-0,74551	-0,49966	0,28897	-0,10019	0,00000	0	6,75	-0,66220	0,12000	-0,01151	0	4,5	1	1,35
0,020	-0,52192	-0,48508	-0,73906	-0,48895	0,25144	-0,11006	0,00000	0	6,75	-0,66600	0,12280	-0,01151	0	4,5	1	1,35
0,030	-0,45285	-0,41831	-0,66722	-0,42229	0,17976	-0,12858	0,00000	0	6,75	-0,69010	0,12830	-0,01151	0	4,5	1	1,35
0,050	-0,28476	-0,25022	-0,48462	-0,26092	0,06369	-0,15752	0,00000	0	6,75	-0,71700	0,13170	-0,01151	0	4,5	1	1,35
0,075	0,00767	0,04912	-0,20578	0,02706	0,01170	-0,17051	0,00000	0	6,75	-0,72050	0,12370	-0,01151	0	4,5	1	1,55
0,100	0,20109	0,23102	0,03058	0,22193	0,04697	-0,15948	0,00000	0	6,75	-0,70810	0,11170	-0,01151	0	4,5	1	1,68
0,150	0,46128	0,48661	0,30185	0,49328	0,17990	-0,14539	0,00000	0	6,75	-0,69610	0,09884	-0,01113	0	4,5	1	1,86
0,200	0,57180	0,59253	0,40860	0,61472	0,52729	-0,12964	0,00102	0	6,75	-0,58300	0,04273	-0,00952	0	4,5	1	1,98
0,250	0,51884	0,53496	0,33880	0,57747	0,60880	-0,13843	0,08607	0	6,75	-0,57260	0,02977	-0,00837	0	4,5	1	2,07
0,300	0,43825	0,44516	0,25356	0,51990	0,64472	-0,15694	0,10601	0	6,75	-0,55430	0,01955	-0,00750	0	4,5	1	2,14
0,400	0,39220	0,40602	0,21398	0,46080	0,78610	-0,07843	0,02262	0	6,75	-0,64430	0,04394	-0,00626	0	4,5	1	2,24
0,500	0,18957	0,19878	0,00967	0,26337	0,76837	-0,09054	0,00000	0	6,75	-0,69140	0,06080	-0,00540	0	4,5	1	2,32
0,750	-0,21338	-0,19496	-0,49176	-0,10813	0,75179	-0,14053	0,10302	0	6,75	-0,74080	0,07518	-0,00409	0	4,5	1	2,46
1,000	-0,46896	-0,43443	-0,78465	-0,39330	0,67880	-0,18257	0,05393	0	6,75	-0,81830	0,10270	-0,00334	0	4,5	1	2,54
1,500	-0,86271	-0,79593	-1,20902	-0,88085	0,70689	-0,25950	0,19082	0	6,75	-0,83030	0,09793	-0,00255	0	4,5	1	2,66
2,000	-1,22652	-1,15514	-1,57697	-1,27669	0,77989	-0,29657	0,29888	0	6,75	-0,82850	0,09432	-0,00217	0	4,5	1	2,73
3,000	-1,82979	-1,74690	-2,22584	-1,91814	0,77966	-0,45384	0,67466	0	6,75	-0,78440	0,07282	-0,00191	0	4,5	1	2,83
4,000	-2,24656	-2,15906	-2,58228	-2,38168	1,24961	-0,35874	0,79508	0	6,75	-0,68540	0,03758	-0,00191	0	4,5	1	2,89
5,000	-1,28408	-1,21270	-1,50904	-1,41093	0,14271	-0,39006	0,00000	0	8,50	-0,50960	-0,02391	-0,00191	0	4,5	1	2,93
7,500	-1,43145	-1,31632	-1,81022	-1,59217	0,52407	-0,37578	0,00000	0	8,50	-0,37240	-0,06568	-0,00191	0	4,5	1	3,00
10,000	-2,15446	-2,16137	0,00000	-2,14635	0,40387	-0,48492	0,00000	0	8,50	-0,09824	-0,13800	-0,00191	0	4,5	1	3,04

Çizelge A.7'nin Devamı

period	h	blin	vref	b1	b2	v1	v2	a1	pga_low	a2	sig1	sig2u	sigtu	sig2m	sigtm
0,000	3,00														
-1,000	2,54	-0,600	760	-0,500	-0,06	180	300	0,03	0,06	0,09	0,500	0,286	0,576	0,256	0,560
0,000	1,35	-0,360	760	-0,640	-0,14	180	300	0,03	0,06	0,09	0,502	0,265	0,566	0,260	0,564
0,010	1,35	-0,360	760	-0,640	-0,14	180	300	0,03	0,06	0,09	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566
0,020	1,35	-0,340	760	-0,630	-0,12	180	300	0,03	0,06	0,09	0,502	0,267	0,569	0,262	0,566
0,030	1,35	-0,330	760	-0,620	-0,11	180	300	0,03	0,06	0,09	0,507	0,276	0,578	0,274	0,576
0,050	1,35	-0,290	760	-0,640	-0,11	180	300	0,03	0,06	0,09	0,516	0,286	0,589	0,286	0,589
0,075	1,55	-0,230	760	-0,640	-0,11	180	300	0,03	0,06	0,09	0,513	0,322	0,606	0,320	0,606
0,100	1,68	-0,250	760	-0,600	-0,13	180	300	0,03	0,06	0,09	0,520	0,313	0,608	0,318	0,608
0,150	1,86	-0,280	760	-0,530	-0,18	180	300	0,03	0,06	0,09	0,518	0,288	0,592	0,290	0,594
0,200	1,98	-0,310	760	-0,520	-0,19	180	300	0,03	0,06	0,09	0,523	0,283	0,596	0,288	0,596
0,250	2,07	-0,390	760	-0,520	-0,16	180	300	0,03	0,06	0,09	0,527	0,267	0,592	0,267	0,592
0,300	2,14	-0,440	760	-0,520	-0,14	180	300	0,03	0,06	0,09	0,546	0,272	0,608	0,269	0,608
0,400	2,24	-0,500	760	-0,510	-0,10	180	300	0,03	0,06	0,09	0,541	0,267	0,603	0,267	0,603
0,500	2,32	-0,600	760	-0,500	-0,06	180	300	0,03	0,06	0,09	0,555	0,265	0,615	0,265	0,615
0,750	2,46	-0,690	760	-0,470	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,571	0,311	0,649	0,299	0,645
1,000	2,54	-0,700	760	-0,440	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,573	0,318	0,654	0,302	0,647
1,500	2,66	-0,720	760	-0,400	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,566	0,382	0,684	0,373	0,679
2,000	2,73	-0,730	760	-0,380	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,580	0,398	0,702	0,389	0,700
3,000	2,83	-0,740	760	-0,340	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,566	0,410	0,700	0,401	0,695
4,000	2,89	-0,750	760	-0,310	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,583	0,394	0,702	0,385	0,698
5,000	2,93	-0,750	760	-0,291	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,601	0,414	0,730	0,437	0,744
7,500	3,00	-0,692	760	-0,247	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,626	0,465	0,781	0,477	0,787
10,000	3,04	-0,650	760	-0,215	0,00	180	300	0,03	0,06	0,09	0,645	0,355	0,735	0,477	0,801

Çizelge A.8 Campbell ve Bozorgnia, 2006 NGA Yer Hareketi Modeli İçin Katsayılar

T (s)	c ₀	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	c ₇	c ₈	c ₉	c ₁₀	c ₁₁	c ₁₂	k ₁	k ₂	k ₃
0,010	-1,715	0,500	-0,530	-0,262	-2,118	0,170	5,60	0,280	-0,120	0,490	1,058	0,040	0,610	865	-1,186	1,839
0,020	-1,680	0,500	-0,530	-0,262	-2,123	0,170	5,60	0,280	-0,120	0,490	1,102	0,040	0,610	865	-1,219	1,840
0,030	-1,552	0,500	-0,530	-0,262	-2,145	0,170	5,60	0,280	-0,120	0,490	1,174	0,040	0,610	908	-1,273	1,841
0,050	-1,209	0,500	-0,530	-0,267	-2,199	0,170	5,74	0,280	-0,120	0,490	1,272	0,040	0,610	1054	-1,346	1,843
0,075	-0,657	0,500	-0,530	-0,302	-2,277	0,170	7,09	0,280	-0,120	0,490	1,438	0,040	0,610	1086	-1,471	1,845
0,10	-0,314	0,500	-0,530	-0,324	-2,318	0,170	8,05	0,280	-0,099	0,490	1,604	0,040	0,610	1032	-1,624	1,847
0,15	-0,133	0,500	-0,530	-0,339	-2,309	0,170	8,79	0,280	-0,048	0,490	1,928	0,040	0,610	878	-1,931	1,852
0,20	-0,486	0,500	-0,446	-0,398	-2,220	0,170	7,60	0,280	-0,012	0,490	2,194	0,040	0,610	748	-2,188	1,856
0,25	-0,890	0,500	-0,362	-0,458	-2,146	0,170	6,58	0,280	0,000	0,490	2,351	0,040	0,610	654	-2,381	1,861
0,30	-1,171	0,500	-0,294	-0,511	-2,095	0,170	6,04	0,280	0,000	0,490	2,460	0,040	0,610	587	-2,518	1,865
0,40	-1,466	0,500	-0,186	-0,592	-2,066	0,170	5,30	0,280	0,000	0,490	2,587	0,040	0,610	503	-2,657	1,874
0,50	-2,569	0,656	-0,304	-0,536	-2,041	0,170	4,73	0,280	0,000	0,490	2,544	0,040	0,883	457	-2,669	1,883
0,75	-4,844	0,972	-0,578	-0,406	-2,000	0,170	4,00	0,280	0,000	0,490	2,133	0,077	1,000	410	-2,401	1,906
1,0	-6,406	1,196	-0,772	-0,314	-2,000	0,170	4,00	0,255	0,000	0,490	1,571	0,150	1,000	400	-1,955	1,929
1,5	-8,692	1,513	-1,046	-0,185	-2,000	0,170	4,00	0,161	0,000	0,490	0,406	0,253	1,000	400	-1,025	1,974
2,0	-9,701	1,600	-0,978	-0,236	-2,000	0,170	4,00	0,094	0,000	0,371	-0,456	0,300	1,000	400	-0,299	2,019
3,0	-10,556	1,600	-0,638	-0,491	-2,000	0,170	4,00	0,000	0,000	0,154	-0,820	0,300	1,000	400	0,000	2,110
4,0	-11,212	1,600	-0,316	-0,770	-2,000	0,170	4,00	0,000	0,000	0,000	-0,820	0,300	1,000	400	0,000	2,200
5,0	-11,684	1,600	-0,070	-0,986	-2,000	0,170	4,00	0,000	0,000	0,000	-0,820	0,300	1,000	400	0,000	2,291
7,5	-12,505	1,600	-0,070	-0,656	-2,000	0,170	4,00	0,000	0,000	0,000	-0,820	0,300	1,000	400	0,000	2,517
10,0	-13,087	1,600	-0,070	-0,422	-2,000	0,170	4,00	0,000	0,000	0,000	-0,820	0,300	1,000	400	0,000	2,744
PGA	-1,715	0,500	-0,530	-0,262	-2,118	0,170	5,60	0,280	-0,120	0,490	1,058	0,040	0,610	865	-1,186	1,839
PGV	0,954	0,696	-0,309	-0,019	-2,016	0,170	4,00	0,245	0,000	0,358	1,694	0,092	1,000	400	-1,955	1,929
PGD	-5,270	1,600	-0,070	0,000	-2,000	0,170	4,00	0,000	0,000	0,000	-0,820	0,300	1,000	400	0,000	2,744

Çizelge A.9 Chiou ve Youngs, 2006 NGA Ortalama Yatay Bileşen İçin Empirik Yer Hareketi Modelinin Katsayıları

T(sec)	c ₁	c _{1a}	c _{1b}	c ₂	c ₃	c _n	c _M	c ₄	c _{4a}	c _{RB}	c ₅	c ₆	c _{HM}	c ₇	c ₉	c _{γ1}	c _{γ2}	c _{γ3}	Φ ₁	Φ ₂	Φ ₃	Φ ₄	τ	σ
0,010	-1,2686	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	2,996	4,184	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0512	1,0480	-0,008040	-0,007850	4,00	-0,482300	-0,192800	-0,005911	0,100359	0,3024	0,4720
0,020	-1,2474	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,292	4,188	-2,10	-0,50	50	6,1580	0,4893	3,0	0,0512	1,0830	-0,008113	-0,007921	4,00	-0,472300	-0,189500	-0,005864	0,103066	0,3034	0,4736
0,022	-1,2308	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,352	4,183	-2,10	-0,50	50	6,1580	0,4893	3,0	0,0512	1,0990	-0,008155	-0,007962	4,00	-0,469100	-0,190900	-0,005817	0,104269	0,3089	0,4747
0,025	-1,2064	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,429	4,173	-2,10	-0,50	50	6,1590	0,4893	3,0	0,0512	1,1250	-0,008230	-0,008035	4,00	-0,463900	-0,194100	-0,005730	0,106074	0,3151	0,4769
0,029	-1,1716	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,501	4,159	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0512	1,1570	-0,008351	-0,008154	4,00	-0,456600	-0,200600	-0,005578	0,109583	0,3235	0,4815
0,030	-1,1622	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,514	4,156	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0511	1,1650	-0,008387	-0,008189	4,00	-0,454800	-0,202600	-0,005533	0,110415	0,3257	0,4822
0,032	-1,1432	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,533	4,148	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0511	1,1770	-0,008454	-0,008255	4,00	-0,451300	-0,207100	-0,005451	0,112089	0,3303	0,4835
0,035	-1,1136	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,551	4,138	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0510	1,1940	-0,008564	-0,008362	4,00	-0,446300	-0,214400	-0,005316	0,114716	0,3339	0,4865
0,036	-1,1032	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,555	4,135	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0509	1,1990	-0,008599	-0,008396	4,00	-0,444700	-0,216900	-0,005274	0,115598	0,3346	0,4879
0,040	-1,0598	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,563	4,123	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0508	1,2150	-0,008754	-0,008547	4,00	-0,438500	-0,227500	-0,005087	0,120311	0,3384	0,4925
0,042	-1,0341	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,563	4,117	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0507	1,2210	-0,008833	-0,008624	4,00	-0,435700	-0,232900	-0,005002	0,122617	0,3432	0,4945
0,044	-1,0080	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,561	4,112	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0506	1,2270	-0,008906	-0,008696	4,00	-0,433100	-0,238300	-0,004917	0,125023	0,3468	0,4957
0,045	-0,9961	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,559	4,110	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0506	1,2290	-0,008945	-0,008734	4,00	-0,431800	-0,241000	-0,004873	0,126226	0,3476	0,4962
0,046	-0,9845	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,557	4,108	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0505	1,2320	-0,008984	-0,008771	4,00	-0,430600	-0,243700	-0,004834	0,127429	0,3493	0,4968
0,048	-0,9606	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,553	4,104	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0505	1,2350	-0,009050	-0,008836	4,00	-0,428400	-0,249100	-0,004758	0,129935	0,3551	0,4985
0,050	-0,9363	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,547	4,101	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0504	1,2380	-0,009121	-0,008906	4,00	-0,426300	-0,254400	-0,004682	0,132442	0,3634	0,4989
0,055	-0,8686	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,531	4,094	-2,10	-0,50	50	6,1600	0,4893	3,0	0,0502	1,2440	-0,009288	-0,009068	4,00	-0,422200	-0,267100	-0,004517	0,138858	0,3856	0,4998
0,060	-0,8090	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,513	4,089	-2,10	-0,50	50	6,1570	0,4893	3,0	0,0500	1,2480	-0,009433	-0,009210	4,00	-0,419500	-0,278900	-0,004374	0,145375	0,3913	0,5029
0,065	-0,7487	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,493	4,087	-2,10	-0,50	50	6,1510	0,4893	3,0	0,0499	1,2490	-0,009561	-0,009335	4,00	-0,418300	-0,289500	-0,004266	0,151892	0,4036	0,5027
0,067	-0,7296	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,484	4,086	-2,10	-0,50	50	6,1490	0,4892	3,0	0,0498	1,2500	-0,009603	-0,009376	4,00	-0,418200	-0,293400	-0,004228	0,153998	0,4092	0,5012
0,070	-0,7065	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,471	4,086	-2,10	-0,50	50	6,1450	0,4890	3,0	0,0497	1,2500	-0,009656	-0,009428	4,00	-0,418500	-0,298700	-0,004182	0,158309	0,4065	0,5036
0,075	-0,6661	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,448	4,086	-2,10	-0,50	50	6,1370	0,4886	3,0	0,0495	1,2490	-0,009733	-0,009503	4,00	-0,419900	-0,306600	-0,004120	0,164525	0,4101	0,5043
0,080	-0,6329	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,423	4,087	-2,10	-0,50	50	6,1280	0,4882	3,0	0,0494	1,2480	-0,009782	-0,009550	4,00	-0,422600	-0,313200	-0,004079	0,170540	0,4120	0,5068

0,085	-0,5993	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,397	4,090	-2,10	-0,50	50	6,1180	0,4878	3,0	0,0492	1,2450	-0,009808	-0,009577	4,00	-0,426300	-0,318700	-0,004058	0,176355	0,4131	0,5091
0,090	-0,5678	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,369	4,094	-2,10	-0,50	50	6,1070	0,4872	3,0	0,0491	1,2430	-0,009809	-0,009577	4,00	-0,431000	-0,323100	-0,004050	0,181769	0,4200	0,5092
0,095	-0,5408	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,341	4,099	-2,10	-0,50	50	6,0940	0,4867	3,0	0,0490	1,2390	-0,009788	-0,009557	4,00	-0,436300	-0,326600	-0,004058	0,186983	0,4243	0,5084
0,100	-0,5207	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,312	4,103	-2,10	-0,50	50	6,0820	0,4861	3,0	0,0488	1,2350	-0,009753	-0,009522	4,00	-0,442100	-0,329300	-0,004075	0,191795	0,4230	0,5104
0,110	-0,4899	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,255	4,114	-2,10	-0,50	50	6,0550	0,4849	3,0	0,0486	1,2260	-0,009627	-0,009400	4,00	-0,454800	-0,332800	-0,004136	0,200518	0,4126	0,5125
0,120	-0,4535	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,199	4,128	-2,10	-0,50	50	6,0280	0,4835	3,0	0,0484	1,2150	-0,009460	-0,009236	4,00	-0,467900	-0,334300	-0,004228	0,207736	0,4243	0,5148
0,130	-0,4365	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,145	4,142	-2,10	-0,50	50	6,0000	0,4822	3,0	0,0482	1,2040	-0,009269	-0,009050	4,00	-0,481100	-0,334300	-0,004348	0,213752	0,4088	0,5150
0,133	-0,4350	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,129	4,146	-2,10	-0,50	50	5,9920	0,4818	3,0	0,0482	1,2010	-0,009205	-0,008988	4,00	-0,485000	-0,334100	-0,004383	0,215456	0,4055	0,5141
0,140	-0,4487	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,093	4,156	-2,10	-0,50	50	5,9720	0,4810	3,0	0,0481	1,1930	-0,009054	-0,008840	4,00	-0,493900	-0,333300	-0,004476	0,218464	0,4012	0,5109
0,150	-0,4658	0,1000	-0,2554	1,060	3,450	3,044	4,172	-2,10	-0,50	50	5,9460	0,4797	3,0	0,0479	1,1820	-0,008832	-0,008623	4,00	-0,506100	-0,331400	-0,004617	0,222073	0,3929	0,5096
0,160	-0,4782	0,1000	-0,2543	1,060	3,450	2,997	4,187	-2,10	-0,50	50	5,9200	0,4784	3,0	0,0477	1,1700	-0,008610	-0,008406	4,00	-0,517600	-0,328800	-0,004762	0,224580	0,3778	0,5111
0,170	-0,4933	0,1000	-0,2527	1,060	3,450	2,952	4,202	-2,10	-0,50	50	5,8960	0,4772	3,0	0,0476	1,1590	-0,008398	-0,008199	4,00	-0,528300	-0,325700	-0,004903	0,226284	0,3652	0,5117
0,180	-0,5191	0,1000	-0,2511	1,060	3,450	2,910	4,217	-2,10	-0,50	50	5,8730	0,4760	3,0	0,0474	1,1470	-0,008183	-0,007989	4,00	-0,538500	-0,322400	-0,005047	0,227086	0,3526	0,5168
0,190	-0,5455	0,1000	-0,2495	1,060	3,450	2,870	4,232	-2,10	-0,50	50	5,8510	0,4749	3,0	0,0473	1,1360	-0,007976	-0,007787	4,00	-0,547900	-0,318600	-0,005185	0,227187	0,3380	0,5182
0,200	-0,5698	0,1000	-0,2478	1,060	3,450	2,831	4,248	-2,10	-0,50	50	5,8300	0,4739	3,0	0,0471	1,1240	-0,007776	-0,007592	4,00	-0,556800	-0,314700	-0,005316	0,226685	0,3234	0,5154
0,220	-0,6372	0,1000	-0,2442	1,060	3,450	2,760	4,276	-2,10	-0,50	50	5,7930	0,4721	3,0	0,0468	1,1020	-0,007397	-0,007222	4,00	-0,573100	-0,306000	-0,005572	0,224279	0,3189	0,5110
0,240	-0,7017	0,1000	-0,2405	1,060	3,450	2,692	4,304	-2,10	-0,50	50	5,7580	0,4707	3,0	0,0466	1,0810	-0,007044	-0,006878	4,00	-0,587700	-0,296700	-0,005799	0,220469	0,3087	0,5123
0,250	-0,7267	0,1000	-0,2385	1,060	3,450	2,658	4,318	-2,10	-0,50	50	5,7420	0,4700	3,0	0,0464	1,0700	-0,006877	-0,006714	4,00	-0,594400	-0,291900	-0,005905	0,218013	0,3075	0,5129
0,260	-0,7519	0,1000	-0,2366	1,060	3,450	2,626	4,332	-2,10	-0,50	50	5,7260	0,4694	3,0	0,0463	1,0590	-0,006715	-0,006556	4,00	-0,600800	-0,286800	-0,006006	0,215557	0,3018	0,5159
0,280	-0,8115	0,1000	-0,2327	1,060	3,450	2,564	4,358	-2,10	-0,50	50	5,6950	0,4682	3,0	0,0460	1,0390	-0,006408	-0,006257	4,00	-0,612800	-0,276500	-0,006195	0,209942	0,2871	0,5256
0,290	-0,8394	0,1000	-0,2308	1,060	3,450	2,533	4,371	-2,10	-0,50	50	5,6800	0,4676	3,0	0,0459	1,0290	-0,006263	-0,006115	4,00	-0,618500	-0,271300	-0,006289	0,207035	0,2876	0,5303
0,300	-0,8667	0,1000	-0,2288	1,060	3,450	2,505	4,384	-2,10	-0,50	50	5,6650	0,4671	3,0	0,0458	1,0190	-0,006123	-0,005979	4,00	-0,623800	-0,266000	-0,006371	0,204027	0,2902	0,5343
0,320	-0,9306	0,1000	-0,2250	1,060	3,450	2,449	4,409	-2,10	-0,50	50	5,6360	0,4660	3,0	0,0455	1,0000	-0,005859	-0,005720	4,00	-0,633900	-0,255400	-0,006532	0,197811	0,2836	0,5426
0,340	-0,9978	0,1000	-0,2211	1,060	3,450	2,397	4,432	-2,10	-0,50	50	5,6080	0,4649	3,0	0,0453	0,9813	-0,005614	-0,005481	4,00	-0,643200	-0,244900	-0,006678	0,191494	0,2879	0,5429
0,350	-1,0268	0,1000	-0,2192	1,060	3,450	2,372	4,444	-2,10	-0,50	50	5,5950	0,4644	3,0	0,0452	0,9722	-0,005497	-0,005368	4,00	-0,647600	-0,239600	-0,006745	0,188386	0,2931	0,5428
0,360	-1,0589	0,1000	-0,2173	1,060	3,450	2,348	4,456	-2,10	-0,50	50	5,5810	0,4639	3,0	0,0450	0,9632	-0,005386	-0,005259	4,00	-0,651800	-0,234400	-0,006812	0,185278	0,2959	0,5408

0,380	-1,1152	0,0994	-0,2135	1,060	3,450	2,303	4,477	-2,10	-0,50	50	5,5550	0,4629	3,0	0,0448	0,9458	-0,005175	-0,005053	4,00	-0,659900	-0,224000	-0,006943	0,179163	0,3009	0,5370
0,400	-1,1649	0,0987	-0,2098	1,060	3,450	2,261	4,498	-2,10	-0,50	50	5,5310	0,4619	3,0	0,0445	0,9288	-0,004980	-0,004862	4,00	-0,667500	-0,213900	-0,007055	0,173147	0,3088	0,5373
0,420	-1,2189	0,0978	-0,2061	1,060	3,450	2,222	4,517	-2,10	-0,50	50	5,5070	0,4609	3,0	0,0442	0,9123	-0,004799	-0,004686	4,00	-0,674600	-0,203900	-0,007162	0,167332	0,3175	0,5390
0,450	-1,2996	0,0960	-0,2007	1,060	3,450	2,167	4,545	-2,10	-0,50	50	5,4730	0,4597	3,0	0,0437	0,8885	-0,004552	-0,004445	4,00	-0,684500	-0,189600	-0,007314	0,159011	0,3215	0,5397
0,460	-1,3257	0,0951	-0,1990	1,060	3,450	2,150	4,554	-2,10	-0,50	50	5,4630	0,4593	3,0	0,0436	0,8809	-0,004477	-0,004371	4,00	-0,687600	-0,185000	-0,007365	0,156304	0,3173	0,5398
0,480	-1,3752	0,0931	-0,1955	1,060	3,450	2,118	4,571	-2,10	-0,50	50	5,4440	0,4586	3,0	0,0432	0,8658	-0,004332	-0,004230	4,00	-0,693700	-0,176100	-0,007447	0,151090	0,3063	0,5419
0,500	-1,4201	0,0906	-0,1920	1,060	3,450	2,087	4,588	-2,10	-0,50	50	5,4250	0,4578	3,0	0,0429	0,8513	-0,004199	-0,004100	4,00	-0,699500	-0,167600	-0,007529	0,146177	0,3038	0,5461
0,550	-1,5247	0,0828	-0,1839	1,060	3,450	2,017	4,627	-2,10	-0,50	50	5,3820	0,4564	3,0	0,0421	0,8167	-0,003903	-0,003811	4,00	-0,712800	-0,148000	-0,007712	0,134547	0,3095	0,5511
0,600	-1,6343	0,0744	-0,1768	1,060	3,450	1,957	4,663	-2,10	-0,50	50	5,3440	0,4553	3,0	0,0412	0,7846	-0,003652	-0,003565	4,00	-0,724800	-0,131100	-0,007868	0,124221	0,3170	0,5614
0,650	-1,7303	0,0652	-0,1705	1,060	3,450	1,904	4,696	-2,10	-0,50	50	5,3110	0,4544	3,0	0,0404	0,7542	-0,003435	-0,003354	4,00	-0,735700	-0,116400	-0,008003	0,114997	0,3205	0,5638
0,667	-1,7640	0,0617	-0,1686	1,060	3,450	1,887	4,707	-2,10	-0,50	50	5,3010	0,4541	3,0	0,0401	0,7443	-0,003368	-0,003288	4,00	-0,739300	-0,112000	-0,008043	0,112190	0,3224	0,5652
0,700	-1,8214	0,0547	-0,1651	1,060	3,450	1,855	4,728	-2,10	-0,50	50	5,2820	0,4536	3,0	0,0395	0,7256	-0,003246	-0,003169	4,00	-0,745800	-0,103900	-0,008115	0,106776	0,3203	0,5661
0,750	-1,8933	0,0435	-0,1603	1,060	3,450	1,812	4,757	-2,10	-0,50	50	5,2560	0,4530	3,0	0,0387	0,6982	-0,003078	-0,003005	4,00	-0,755100	-0,093100	-0,008213	0,099377	0,3029	0,5641
0,800	-1,9712	0,0323	-0,1562	1,060	3,450	1,773	4,785	-2,10	-0,50	50	5,2330	0,4525	3,0	0,0379	0,6721	-0,002929	-0,002860	4,00	-0,763700	-0,083770	-0,008304	0,092739	0,3086	0,5621
0,850	-2,0411	0,0214	-0,1525	1,060	3,450	1,737	4,811	-2,10	-0,50	50	5,2110	0,4521	3,0	0,0372	0,6471	-0,002795	-0,002729	4,00	-0,771800	-0,075640	-0,008379	0,086744	0,2934	0,5605
0,900	-2,1069	0,0112	-0,1491	1,060	3,450	1,704	4,836	-2,10	-0,50	50	5,1920	0,4517	3,0	0,0364	0,6229	-0,002674	-0,002611	4,00	-0,779300	-0,068540	-0,008438	0,081330	0,2999	0,5578
0,950	-2,1716	0,0018	-0,1461	1,060	3,450	1,675	4,860	-2,10	-0,50	50	5,1730	0,4513	3,0	0,0357	0,5996	-0,002564	-0,002504	4,00	-0,786400	-0,062260	-0,008497	0,076427	0,3106	0,5540
1,000	-2,2326	-0,0068	-0,1433	1,060	3,450	1,648	4,882	-2,10	-0,50	50	5,1550	0,4511	3,0	0,0350	0,5771	-0,002464	-0,002406	4,00	-0,793100	-0,056690	-0,008548	0,071956	0,3165	0,5477
1,100	-2,3433	-0,0210	-0,1384	1,060	3,450	1,605	4,925	-2,10	-0,50	50	5,1230	0,4508	3,0	0,0336	0,5346	-0,002287	-0,002233	4,00	-0,805400	-0,047240	-0,008626	0,064146	0,3421	0,5442
1,200	-2,4313	-0,0328	-0,1342	1,060	3,450	1,572	4,964	-2,10	-0,50	50	5,0960	0,4506	3,0	0,0322	0,4951	-0,002138	-0,002087	4,00	-0,816500	-0,039500	-0,008695	0,057579	0,3510	0,5381
1,300	-2,5399	-0,0432	-0,1306	1,060	3,450	1,546	5,001	-2,10	-0,50	50	5,0720	0,4505	3,0	0,0308	0,4584	-0,002010	-0,001962	4,00	-0,826500	-0,033080	-0,008747	0,051984	0,3494	0,5383
1,400	-2,6311	-0,0525	-0,1274	1,060	3,450	1,526	5,037	-2,10	-0,50	50	5,0520	0,4505	3,0	0,0294	0,4244	-0,001898	-0,001854	4,00	-0,835900	-0,027680	-0,008791	0,047192	0,3469	0,5374
1,500	-2,7212	-0,0602	-0,1247	1,060	3,450	1,511	5,070	-2,10	-0,50	50	5,0370	0,4504	3,0	0,0280	0,3930	-0,001802	-0,001759	4,00	-0,844400	-0,023140	-0,008818	0,043041	0,3513	0,5379
1,600	-2,8125	-0,0661	-0,1221	1,060	3,450	1,498	5,102	-2,10	-0,50	50	5,0240	0,4504	3,0	0,0266	0,3639	-0,001717	-0,001677	4,00	-0,852300	-0,019290	-0,008835	0,039412	0,3591	0,5440
1,700	-2,8974	-0,0707	-0,1199	1,060	3,450	1,489	5,133	-2,10	-0,50	50	5,0160	0,4503	3,0	0,0253	0,3369	-0,001643	-0,001604	4,00	-0,859500	-0,016030	-0,008862	0,036234	0,3655	0,5447
1,800	-2,9774	-0,0746	-0,1177	1,060	3,450	1,481	5,162	-2,10	-0,50	50	5,0100	0,4503	3,0	0,0240	0,3120	-0,001578	-0,001540	4,00	-0,866400	-0,013270	-0,008871	0,033426	0,3735	0,5440

1,900	-3,0531	-0,0784	-0,1158	1,060	3,450	1,474	5,191	-2,10	-0,50	50	5,0060	0,4503	3,0	0,0226	0,2889	-0,001519	-0,001483	4,00	-0,872700	-0,010920	-0,008880	0,030940	0,3810	0,5413
2,000	-3,1249	-0,0821	-0,1140	1,060	3,450	1,470	5,217	-2,10	-0,50	50	5,0030	0,4503	3,0	0,0214	0,2675	-0,001467	-0,001433	4,00	-0,878600	-0,008925	-0,008880	0,028714	0,3818	0,5439
2,200	-3,2583	-0,0886	-0,1107	1,060	3,450	1,463	5,269	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4502	3,0	0,0188	0,2294	-0,001381	-0,001348	4,00	-0,889100	-0,005808	-0,008888	0,024924	0,3764	0,5460
2,400	-3,3802	-0,0932	-0,1080	1,060	3,450	1,458	5,317	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4502	3,0	0,0165	0,1965	-0,001311	-0,001280	4,00	-0,898100	-0,003580	-0,008888	0,021826	0,3889	0,5442
2,500	-3,4373	-0,0948	-0,1067	1,060	3,450	1,456	5,339	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4502	3,0	0,0154	0,1818	-0,001281	-0,001251	4,00	-0,902100	-0,002728	-0,008888	0,020553	0,3896	0,5431
2,800	-3,5960	-0,0982	-0,1036	1,060	3,450	1,455	5,401	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4501	3,0	0,0124	0,1431	-0,001209	-0,001181	4,00	-0,912200	-0,000930	-0,008888	0,017114	0,4099	0,5321
3,000	-3,6926	-0,0999	-0,1019	1,060	3,450	1,456	5,439	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4501	3,0	0,0106	0,1210	-0,001172	-0,001145	4,00	-0,917300	-0,000190	-0,008888	0,015300	0,4045	0,5397
3,200	-3,7829	-0,1000	-0,1006	1,060	3,450	1,457	5,474	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4501	3,0	0,0090	0,1016	-0,001142	-0,001115	4,00	-0,921500	0,000000	-0,008888	0,013745	0,4127	0,5480
3,500	-3,9084	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,459	5,523	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4501	3,0	0,0069	0,0769	-0,001106	-0,001080	4,00	-0,925900	0,000000	-0,008880	0,011821	0,4162	0,5532
3,800	-4,0235	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,463	5,569	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0052	0,0569	-0,001079	-0,001054	4,00	-0,928200	0,000000	-0,008880	0,010226	0,4215	0,5547
4,000	-4,0953	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,465	5,598	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0041	0,0459	-0,001065	-0,001040	4,00	-0,928600	0,000000	-0,008880	0,009334	0,4287	0,5563
4,200	-4,1636	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,468	5,625	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0033	0,0364	-0,001052	-0,001027	4,00	-0,928100	0,000000	-0,008880	0,008552	0,4648	0,5521
4,800	-4,3506	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,475	5,703	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0014	0,0154	-0,001024	-0,001000	4,00	-0,922200	0,000000	-0,008880	0,006677	0,4466	0,5782
5,000	-4,4077	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,478	5,728	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0010	0,0104	-0,001016	-0,000992	4,00	-0,918800	0,000000	-0,008880	0,006176	0,4405	0,5837
5,500	-4,5412	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,483	5,786	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0002	0,0012	-0,000999	-0,000976	4,00	-0,907500	0,000000	-0,008880	0,005133	0,4379	0,5894
6,000	-4,6630	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,488	5,840	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000987	-0,000964	4,00	-0,892900	0,000000	-0,008880	0,004311	0,4245	0,5997
6,500	-4,7750	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,492	5,892	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000977	-0,000954	4,00	-0,875800	0,000000	-0,008880	0,003659	0,4414	0,6110
7,000	-4,8788	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,496	5,942	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000968	-0,000945	4,00	-0,856900	0,000000	-0,008880	0,003128	0,4585	0,6038
7,500	-4,9754	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,498	5,989	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000961	-0,000938	4,00	-0,837000	0,000000	-0,008880	0,002697	0,4888	0,6048
8,000	-5,0657	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,499	6,034	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000955	-0,000933	4,00	-0,816500	0,000000	-0,008880	0,002346	0,5105	0,6156
8,500	-5,1506	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,500	6,077	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000950	-0,000927	4,00	-0,795900	0,000000	-0,008880	0,002045	0,3588	0,6110
9,000	-5,2306	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,501	6,117	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000945	-0,000923	4,00	-0,775700	0,000000	-0,008880	0,001795	0,3597	0,6264
9,500	-5,3063	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,501	6,156	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000941	-0,000919	4,00	-0,756000	0,000000	-0,008880	0,001584	0,3528	0,6357
10,000	-5,3820	-0,1000	-0,1000	1,060	3,450	1,502	6,193	-2,10	-0,50	50	5,0000	0,4500	3,0	0,0000	0,0000	-0,000937	-0,000914	4,00	-0,737200	0,000000	-0,008880	0,001404	0,2934	0,6445

Çizelge A.10 4, Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılabilirlik Eğrileri Parametreleri

Istanbul Scenario, High-Code Seismic Design Level

Building types	PGA (g)								Sa, T ₁ =0.2 sec. (g)								Sa, T ₁ =1.0 sec. (g)							
	Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β
W1	-1.547	0.814	-0.423	0.824	0.803	0.865	1.735	0.987	-2.143	1.145	-0.562	1.159	1.163	1.216	2.475	1.388	-3.785	1.593	-1.584	1.613	0.816	1.693	2.641	1.932
W2	-1.124	0.817	-0.012	0.806	1.202	0.907	2.126	0.837	-1.544	1.139	0.006	1.125	1.701	1.266	2.989	1.167	-2.914	1.46	-0.927	1.442	1.244	1.622	2.895	1.496
S1L	-0.845	0.804	-0.152	0.764	0.769	0.693	1.755	0.723	-1.155	1.133	-0.178	1.077	1.121	0.978	2.511	1.02	-2.422	1.289	-1.311	1.224	0.166	1.111	1.746	1.16
S1M	-1.055	0.653	-0.359	0.663	0.562	0.673	1.547	0.743	-1.453	0.929	-0.462	0.944	0.848	0.958	2.25	1.058	-2.707	0.853	-1.796	0.867	-0.593	0.88	0.694	0.972
S1H	-0.875	0.643	-0.179	0.643	0.741	0.653	1.726	0.673	-1.198	0.855	-0.271	0.855	0.954	0.869	2.265	0.896	-2.472	0.8	-1.606	0.8	-0.461	0.812	0.765	0.837
S2L	-0.895	0.814	-0.199	0.894	0.905	0.944	1.89	0.834	-1.225	1.128	-0.259	1.24	1.271	1.309	2.637	1.156	-2.504	1.425	-1.285	1.566	0.649	1.654	2.375	1.461
S2M	-1.143	0.684	-0.436	0.684	0.685	0.694	1.686	0.806	-1.57	0.951	-0.586	0.951	0.973	0.965	2.366	1.121	-2.836	0.93	-1.873	0.93	-0.348	0.944	1.014	1.097
S2H	-0.978	0.63	-0.285	0.63	0.814	0.64	1.794	0.71	-1.334	0.838	-0.412	0.838	1.049	0.852	2.354	0.945	-2.601	0.793	-1.728	0.793	-0.346	0.806	0.889	0.894
S3	-1.591	0.814	-0.895	0.824	0.209	0.914	1.284	0.904	-2.19	1.128	-1.225	1.142	0.305	1.268	1.797	1.254	-3.724	1.425	-2.504	1.443	-0.571	1.601	1.313	1.584
S4L	-1.003	0.887	-0.307	0.887	0.786	0.977	1.854	0.867	-1.375	1.23	-0.41	1.23	1.106	1.354	2.586	1.202	-2.708	1.646	-1.415	1.646	0.614	1.813	2.595	1.609
S4M	-1.037	0.771	-0.343	0.721	0.757	0.701	1.83	0.892	-1.431	1.111	-0.431	1.039	1.154	1.01	2.699	1.284	-2.711	1.143	-1.683	1.069	-0.052	1.039	1.536	1.321
S4H	-1.138	0.648	-0.438	0.668	0.674	0.698	1.757	0.779	-1.556	0.883	-0.602	0.911	0.915	0.952	2.392	1.063	-2.797	0.804	-1.93	0.829	-0.549	0.866	0.795	0.967
S5L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S5M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S5H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1L	-1.08	0.811	-0.386	0.841	0.714	0.861	1.695	0.811	-1.481	1.123	-0.52	1.164	1.002	1.192	2.362	1.123	-2.826	1.412	-1.618	1.465	0.298	1.5	2.008	1.412
C1M	-1.177	0.689	-0.475	0.679	0.638	0.689	1.631	0.82	-1.616	0.954	-0.643	0.94	0.897	0.954	2.273	1.136	-2.892	0.959	-1.914	0.945	-0.364	0.959	1.02	1.143
C1H	-1.228	0.672	-0.522	0.652	0.597	0.683	1.596	0.795	-1.675	0.908	-0.721	0.88	0.789	0.921	2.138	1.073	-2.915	0.843	-2.029	0.817	-0.626	0.856	0.626	0.996
C2L	-1.176	0.82	-0.248	0.851	0.865	0.942	1.858	0.932	-1.619	1.149	-0.319	1.191	1.239	1.319	2.63	1.305	-3.049	1.582	-1.259	1.641	0.887	1.817	2.803	1.797
C2M	-1.055	0.742	-0.136	0.772	0.966	0.682	1.949	0.772	-1.459	1.08	-0.122	1.124	1.481	0.992	2.912	1.124	-2.757	1.179	-1.297	1.226	0.453	1.083	2.015	1.226
C2H	-1.285	0.682	-0.367	0.652	0.735	0.662	1.719	0.752	-1.781	0.972	-0.473	0.929	1.098	0.943	2.5	1.072	-3.006	0.89	-1.808	0.851	-0.371	0.864	0.913	0.981
C3L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC1	-1.469	0.773	-0.764	0.875	0.353	0.895	1.442	1.007	-2.033	1.088	-1.041	1.231	0.531	1.259	2.063	1.417	-3.632	1.513	-2.252	1.713	-0.064	1.752	2.068	1.971
PC2L	-1.178	0.843	-0.483	0.883	0.619	0.983	1.693	0.943	-1.619	1.172	-0.652	1.228	0.881	1.367	2.375	1.311	-3.039	1.586	-1.73	1.662	0.344	1.85	2.365	1.775
PC2M	-1.063	0.762	-0.377	0.801	0.71	0.692	1.768	0.811	-1.469	1.103	-0.476	1.16	1.098	1.003	2.631	1.175	-2.766	1.198	-1.687	1.261	0.023	1.089	1.688	1.276
PC2H	-1.284	0.642	-0.588	0.663	0.514	0.683	1.588	0.813	-1.779	0.915	-0.788	0.944	0.782	0.972	2.312	1.158	-3.005	0.838	-2.097	0.865	-0.659	0.891	0.743	1.061
RM1L	-1.176	0.852	-0.473	0.873	0.642	0.933	1.728	1.025	-1.62	1.195	-0.633	1.224	0.93	1.309	2.454	1.437	-3.053	1.653	-1.689	1.693	0.474	1.811	2.58	1.988
RM1M	-1.054	0.714	-0.357	0.815	0.749	0.765	1.825	0.755	-1.458	1.041	-0.442	1.187	1.168	1.114	2.737	1.099	-2.755	1.137	-1.645	1.297	0.114	1.217	1.828	1.201
RM2L	-1.176	0.812	-0.473	0.822	0.642	0.923	1.728	0.994	-1.62	1.138	-0.633	1.153	0.93	1.295	2.454	1.395	-3.053	1.575	-1.689	1.594	0.474	1.791	2.58	1.929
RM2M	-1.054	0.714	-0.357	0.795	0.749	0.704	1.825	0.734	-1.458	1.041	-0.442	1.158	1.168	1.026	2.737	1.07	-2.755	1.137	-1.645	1.265	0.114	1.121	1.828	1.169
RM2H	-1.285	0.662	-0.589	0.652	0.512	0.662	1.586	0.722	-1.782	0.945	-0.79	0.93	0.781	0.945	2.313	1.03	-3.006	0.864	-2.098	0.851	-0.661	0.864	0.741	0.943
URML	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URNM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MH	-1.959	0.877	-1.291	0.964	-0.233	0.992	0.799	0.886	-2.689	1.206	-1.77	1.325	-0.314	1.365	1.104	1.219	-4.16	1.367	-3.12	1.502	-1.47	1.547	0.138	1.382

Çizelge A.11 3. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılabilirlik Eğrileri Parametreleri

Istanbul Scenario, Moderate-Code Seismic Design Level

Building types	PGA (g)								Sa, T ₁ =0.2 sec. (g)								Sa, T ₁ =1.0 sec. (g)							
	Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β
W1	-1.544	0.847	-0.62	0.867	0.517	0.898	1.42	1.049	-2.132	1.182	-0.842	1.211	0.745	1.253	2.006	1.464	-3.746	1.616	-1.983	1.655	0.187	1.712	1.909	2.001
W2	-1.145	0.859	-0.265	0.917	0.825	0.917	1.69	0.888	-1.569	1.182	-0.359	1.262	1.141	1.262	2.33	1.222	-2.919	1.426	-1.458	1.522	0.352	1.522	1.786	1.474
S1L	-0.922	0.737	-0.42	0.691	0.335	0.682	1.198	0.811	-1.264	1.049	-0.55	0.984	0.524	0.97	1.752	1.154	-2.543	1.143	-1.766	1.071	-0.596	1.057	0.742	1.257
S1M	-1.041	0.663	-0.482	0.693	0.35	0.703	1.306	0.887	-1.435	0.949	-0.634	0.993	0.558	1.008	1.927	1.27	-2.69	0.87	-1.955	0.91	-0.862	0.924	0.393	1.165
S1H	-0.86	0.651	-0.302	0.651	0.53	0.722	1.483	0.845	-1.178	0.87	-0.433	0.87	0.679	0.965	1.953	1.128	-2.453	0.814	-1.756	0.814	-0.717	0.903	0.474	1.055
S2L	-0.957	0.866	-0.445	0.857	0.478	0.866	1.358	0.866	-1.31	1.193	-0.606	1.18	0.665	1.193	1.876	1.193	-2.603	1.407	-1.773	1.392	-0.273	1.407	1.156	1.407
S2M	-1.123	0.72	-0.558	0.709	0.46	0.709	1.431	0.915	-1.544	1.004	-0.755	0.99	0.666	0.99	2.021	1.277	-2.808	0.976	-2.041	0.962	-0.66	0.962	0.656	1.241
S2H	-0.973	0.664	-0.42	0.644	0.576	0.694	1.526	0.805	-1.329	0.886	-0.59	0.859	0.738	0.926	2.007	1.074	-2.595	0.838	-1.897	0.813	-0.641	0.876	0.559	1.016
S3	-1.603	0.82	-1.086	0.857	-0.168	0.904	0.796	0.829	-2.199	1.128	-1.488	1.18	-0.224	1.244	1.103	1.141	-3.652	1.331	-2.813	1.392	-1.321	1.467	0.244	1.346
S4L	-1.069	0.878	-0.56	0.915	0.346	0.942	1.29	0.842	-1.463	1.204	-0.765	1.254	0.477	1.292	1.772	1.154	-2.796	1.478	-1.939	1.54	-0.414	1.586	1.176	1.417
S4M	-1.078	0.71	-0.556	0.682	0.382	0.682	1.359	0.89	-1.49	1.025	-0.737	0.984	0.617	0.984	2.028	1.285	-2.764	1.025	-2.01	0.984	-0.657	0.984	0.755	1.285
S4H	-1.125	0.673	-0.564	0.684	0.447	0.714	1.5	0.918	-1.541	0.927	-0.769	0.941	0.622	0.983	2.072	1.264	-2.786	0.846	-2.08	0.859	-0.81	0.898	0.514	1.154
S5L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S5M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S5H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1L	-1.136	0.82	-0.629	0.829	0.284	0.829	1.154	0.82	-1.556	1.129	-0.858	1.142	0.398	1.142	1.597	1.129	-2.891	1.324	-2.073	1.339	-0.599	1.339	0.806	1.324
C1M	-1.188	0.687	-0.648	0.687	0.323	0.687	1.25	0.873	-1.634	0.958	-0.881	0.958	0.474	0.958	1.767	1.218	-2.907	0.957	-2.155	0.957	-0.8	0.957	0.491	1.217
C1H	-1.202	0.688	-0.63	0.688	0.404	0.792	1.389	0.949	-1.64	0.93	-0.866	0.93	0.531	1.071	1.861	1.282	-2.883	0.864	-2.164	0.864	-0.866	0.995	0.371	1.191
C2L	-1.196	0.879	-0.474	0.937	0.501	0.995	1.42	0.841	-1.637	1.202	-0.65	1.281	0.683	1.36	1.94	1.149	-3.034	1.543	-1.767	1.645	-0.056	1.746	1.558	1.475
C2M	-1.096	0.767	-0.39	0.729	0.567	0.691	1.468	0.861	-1.517	1.112	-0.493	1.057	0.894	1.002	2.2	1.249	-2.811	1.181	-1.723	1.123	-0.25	1.064	1.137	1.327
C2H	-1.279	0.668	-0.526	0.688	0.496	0.708	1.46	0.88	-1.775	0.956	-0.698	0.985	0.765	1.014	2.144	1.26	-3	0.874	-2.015	0.9	-0.677	0.927	0.583	1.152
C3L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C3H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PC1	-1.469	0.877	-0.923	0.907	0.049	0.956	1.069	1.025	-2.015	1.207	-1.263	1.248	0.075	1.316	1.478	1.411	-3.541	1.583	-2.556	1.636	-0.802	1.725	1.038	1.85
PC2L	-1.218	0.895	-0.704	0.932	0.22	0.96	1.181	0.82	-1.668	1.225	-0.964	1.277	0.302	1.315	1.618	1.123	-3.055	1.525	-2.179	1.589	-0.603	1.636	1.035	1.398
PC2M	-1.117	0.759	-0.608	0.732	0.311	0.694	1.267	0.861	-1.549	1.101	-0.81	1.061	0.522	1.007	1.909	1.249	-2.839	1.156	-2.064	1.114	-0.666	1.057	0.789	1.311
PC2H	-1.274	0.694	-0.712	0.704	0.298	0.785	1.351	0.908	-1.769	0.996	-0.963	1.01	0.487	1.127	1.999	1.303	-2.994	0.909	-2.258	0.922	-0.933	1.029	0.447	1.19
RM1L	-1.193	0.934	-0.656	0.963	0.309	1.022	1.312	0.915	-1.633	1.279	-0.898	1.319	0.424	1.399	1.798	1.253	-3.032	1.654	-2.082	1.706	-0.373	1.809	1.404	1.62
RM1M	-1.09	0.772	-0.565	0.782	0.38	0.763	1.364	0.848	-1.509	1.119	-0.748	1.133	0.623	1.106	2.049	1.23	-2.802	1.193	-1.992	1.208	-0.531	1.178	0.989	1.311
RM2L	-1.193	0.885	-0.656	0.934	0.309	0.992	1.312	0.905	-1.633	1.213	-0.898	1.279	0.424	1.359	1.798	1.239	-3.032	1.568	-2.082	1.654	-0.373	1.758	1.404	1.602
RM2M	-1.09	0.772	-0.565	0.763	0.38	0.715	1.364	0.839	-1.509	1.119	-0.748	1.106	0.623	1.037	2.049	1.216	-2.802	1.193	-1.992	1.178	-0.531	1.105	0.989	1.296
RM2H	-1.28	0.677	-0.724	0.697	0.276	0.707	1.319	0.868	-1.776	0.968	-0.981	0.996	0.45	1.011	1.94	1.242	-3.001	0.885	-2.274	0.911	-0.965	0.925	0.398	1.136
URML	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
URMM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MH	-1.959	0.877	-1.291	0.964	-0.233	0.992	0.799	0.886	-2.689	1.206	-1.77	1.325	-0.314	1.365	1.104	1.219	-4.16	1.367	-3.12	1.502	-1.47	1.547	0.138	1.382

Çizelge A.12 2. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılgenlik Eğrileri Parametreleri

Istanbul Scenario, Low-Code Seismic Design Level

Building types	PGA (g)								Sa, T ₁ =0.2 sec. (g)								Sa, T ₁ =1.0 sec. (g)							
	Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β
W1	-1.545	0.917	-0.642	0.966	0.47	1.006	1.352	0.976	-2.12	1.262	-0.876	1.33	0.653	1.384	1.868	1.343	-3.678	1.654	-2.049	1.743	-0.043	1.814	1.549	1.761
W2	-1.232	0.845	-0.438	0.784	0.545	0.775	1.325	0.862	-1.695	1.177	-0.589	1.092	0.781	1.08	1.867	1.201	-3.032	1.327	-1.785	1.231	-0.24	1.217	0.984	1.354
S1L	-1.013	0.673	-0.607	0.682	0.048	0.682	0.837	0.839	-1.397	0.973	-0.809	0.985	0.137	0.985	1.277	1.213	-2.676	0.998	-2.073	1.011	-1.101	1.011	0.069	1.245
S1M	-1.05	0.673	-0.59	0.772	0.155	0.842	1.049	0.97	-1.446	0.955	-0.792	1.096	0.265	1.194	1.533	1.377	-2.703	0.888	-2.095	1.019	-1.112	1.11	0.067	1.28
S1H	-0.828	0.686	-0.344	0.727	0.436	0.79	1.375	0.956	-1.134	0.928	-0.48	0.984	0.576	1.068	1.845	1.293	-2.413	0.862	-1.805	0.914	-0.824	0.992	0.355	1.201
S2L	-1.068	0.821	-0.665	0.761	0.117	0.735	0.901	0.838	-1.468	1.154	-0.902	1.069	0.198	1.033	1.299	1.178	-2.769	1.27	-2.145	1.177	-0.935	1.137	0.277	1.296
S2M	-1.132	0.696	-0.665	0.725	0.246	0.845	1.157	0.974	-1.555	0.968	-0.904	1.01	0.363	1.176	1.631	1.356	-2.818	0.94	-2.187	0.98	-0.957	1.141	0.274	1.316
S2H	-0.959	0.672	-0.482	0.682	0.451	0.753	1.383	0.936	-1.31	0.899	-0.672	0.913	0.577	1.008	1.825	1.253	-2.579	0.856	-1.971	0.869	-0.783	0.96	0.406	1.193
S3	-1.66	0.838	-1.253	0.846	-0.471	0.863	0.385	0.769	-2.301	1.178	-1.728	1.19	-0.63	1.214	0.574	1.082	-3.685	1.296	-3.055	1.309	-1.846	1.336	-0.521	1.19
S4L	-1.19	0.867	-0.799	0.809	-0.038	0.735	0.789	0.809	-1.639	1.217	-1.091	1.136	-0.022	1.032	1.139	1.136	-2.972	1.382	-2.35	1.29	-1.136	1.171	0.182	1.29
S4M	-1.141	0.69	-0.712	0.708	0.121	0.817	1.031	0.899	-1.587	1.012	-0.957	1.039	0.264	1.198	1.599	1.318	-2.85	0.985	-2.238	1.011	-1.049	1.167	0.251	1.283
S4H	-1.101	0.722	-0.616	0.774	0.331	0.928	1.365	1.011	-1.506	0.988	-0.843	1.059	0.453	1.271	1.869	1.384	-2.754	0.905	-2.147	0.97	-0.961	1.163	0.336	1.267
S5L	-1.404	0.925	-0.826	0.867	-0.065	0.825	0.641	0.792	-1.935	1.291	-1.129	1.21	-0.067	1.152	0.919	1.105	-3.319	1.486	-2.391	1.392	-1.169	1.325	-0.035	1.272
S5M	-1.392	0.703	-0.759	0.721	0.077	0.794	0.851	0.895	-1.392	1.032	-1.027	1.058	0.2	1.166	1.335	1.313	-3.212	1.007	-2.305	1.034	-1.106	1.138	0.002	1.282
S5H	-1.404	0.724	-0.684	0.755	0.263	0.921	1.14	1.004	-1.923	0.993	-0.936	1.035	0.362	1.262	1.565	1.376	-3.135	0.907	-2.233	0.946	-1.046	1.154	0.054	1.258
C1L	-1.234	0.809	-0.834	0.775	-0.054	0.724	0.726	0.826	-1.703	1.14	-1.139	1.092	-0.04	1.02	1.059	1.164	-3.023	1.244	-2.407	1.192	-1.208	1.113	-0.008	1.27
C1M	-1.22	0.666	-0.773	0.704	0.098	0.818	0.97	0.932	-1.682	0.935	-1.055	0.988	0.169	1.148	1.393	1.309	-2.948	0.92	-2.331	0.972	-1.127	1.13	0.077	1.288
C1H	-1.166	0.737	-0.67	0.853	0.294	0.937	1.258	1.032	-1.592	1	-0.919	1.157	0.389	1.272	1.698	1.4	-2.835	0.92	-2.216	1.064	-1.013	1.17	0.191	1.288
C2L	-1.284	0.894	-0.731	0.877	0.087	0.851	0.887	0.817	-1.764	1.236	-0.999	1.212	0.133	1.177	1.239	1.129	-3.137	1.456	-2.236	1.428	-0.904	1.386	0.398	1.33
C2M	-1.164	0.736	-0.584	0.727	0.269	0.727	1.104	0.889	-1.621	1.079	-0.77	1.066	0.48	1.066	1.703	1.303	-2.901	1.095	-2.038	1.081	-0.77	1.081	0.471	1.322
C2H	-1.267	0.69	-0.611	0.741	0.353	0.853	1.296	0.964	-1.758	0.988	-0.82	1.06	0.56	1.22	1.909	1.38	-2.988	0.91	-2.123	0.977	-0.852	1.124	0.391	1.271
C3L	-1.544	0.922	-0.958	0.905	-0.183	0.914	0.534	0.77	-2.127	1.28	-1.313	1.257	-0.236	1.268	0.759	1.069	-3.553	1.492	-2.604	1.464	-1.35	1.478	-0.191	1.245
C3M	-1.433	0.758	-0.815	0.74	0.002	0.704	0.757	0.874	-2.016	1.113	-1.109	1.087	0.091	1.034	1.2	1.283	-3.296	1.121	-2.382	1.094	-1.173	1.042	-0.056	1.292
C3H	-1.556	0.715	-0.862	0.745	0.062	0.906	0.915	0.977	-2.17	1.022	-1.178	1.065	0.141	1.295	1.36	1.396	-3.37	0.944	-2.454	0.984	-1.235	1.196	-0.109	1.289
PC1	-1.51	0.886	-1.088	0.93	-0.278	0.992	0.61	0.789	-2.071	1.219	-1.49	1.28	-0.376	1.365	0.845	1.085	-3.52	1.465	-2.822	1.538	-1.483	1.64	-0.015	1.304
PC2L	-1.318	0.9	-0.928	0.858	-0.16	0.817	0.676	0.8	-1.816	1.256	-1.272	1.198	-0.2	1.14	0.967	1.117	-3.182	1.446	-2.556	1.379	-1.322	1.312	0.021	1.285
PC2M	-1.19	0.716	-0.775	0.698	0.037	0.743	0.924	0.875	-1.661	1.054	-1.049	1.028	0.146	1.093	1.452	1.289	-2.934	1.053	-2.323	1.027	-1.13	1.092	0.175	1.287
PC2H	-1.271	0.708	-0.802	0.748	0.113	0.888	1.114	0.977	-1.761	1.009	-1.093	1.066	0.211	1.265	1.636	1.393	-2.994	0.935	-2.374	0.988	-1.167	1.172	0.154	1.29
RM1L	-1.274	0.964	-0.867	0.956	-0.067	0.956	0.805	0.799	-1.749	1.331	-1.187	1.319	-0.082	1.319	1.121	1.103	-3.124	1.578	-2.458	1.564	-1.148	1.564	0.279	1.308
RM1M	-1.156	0.785	-0.732	0.758	0.096	0.713	1.002	0.866	-1.609	1.149	-0.988	1.109	0.224	1.043	1.549	1.267	-2.89	1.171	-2.258	1.13	-1.022	1.063	0.328	1.292
RM2L	-1.274	0.912	-0.867	0.93	-0.067	0.947	0.805	0.791	-1.749	1.259	-1.187	1.283	-0.082	1.307	1.121	1.091	-3.124	1.493	-2.458	1.521	-1.148	1.55	0.279	1.294
RM2M	-1.156	0.758	-0.732	0.731	0.096	0.695	1.002	0.866	-1.609	1.109	-0.988	1.069	0.224	1.017	1.549	1.267	-2.89	1.13	-2.258	1.09	-1.022	1.036	0.328	1.292
RM2H	-1.267	0.703	-0.788	0.733	0.146	0.886	1.168	0.977	-1.758	1.006	-1.072	1.05	0.265	1.268	1.728	1.4	-2.988	0.925	-2.356	0.966	-1.127	1.167	0.219	1.287
URML	-1.743	0.923	-1.109	0.978	-0.253	1.025	0.536	1.006	-2.387	1.264	-1.518	1.34	-0.345	1.404	0.735	1.379	-3.95	1.573	-2.868	1.668	-1.409	1.748	-0.065	1.716
URMM	-1.63	0.806	-1.017	0.814	-0.206	0.77	0.545	0.806	-2.286	1.161	-1.401	1.174	-0.232	1.11	0.849	1.161	-3.604	1.209	-2.683	1.222	-1.466	1.155	-0.341	1.209
MH	-1.959	0.877	-1.291	0.964	-0.233	0.992	0.799	0.886	-2.689	1.206	-1.77	1.325	-0.314	1.365	1.104	1.219	-4.16	1.367	-3.12	1.502	-1.47	1.547	0.138	1.382

Çizelge A.13 1. Seviye Yönetmelik İçin HAZUS Kırılgnlık Eğrileri Parametreleri

Istanbul Scenario, Pre-Code Seismic Design Level

Building types	PGA (g)								Sa, T ₁ =0.2 sec. (g)								Sa, T ₁ =1.0 sec. (g)							
	Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete		Slight		Moderate		Extensive		Complete	
	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β	λ	β
W1	-1.765	0.996	-0.862	1.035	0.25	1.055	1.132	1.045	-2.422	1.37	-1.179	1.425	0.351	1.452	1.565	1.438	-4.075	1.796	-2.446	1.868	-0.439	1.903	1.152	1.885
W2	-1.424	0.906	-0.634	0.845	0.35	0.784	1.13	0.862	-1.962	1.262	-0.861	1.177	0.509	1.092	1.597	1.201	-3.333	1.423	-2.091	1.327	-0.547	1.231	0.679	1.354
S1L	-1.208	0.743	-0.805	0.717	-0.148	0.699	0.642	0.83	-1.679	1.074	-1.096	1.036	-0.146	1.01	0.995	1.2	-2.965	1.102	-2.367	1.063	-1.392	1.037	-0.22	1.232
S1M	-1.27	0.693	-0.808	0.743	-0.066	0.802	0.828	0.97	-1.758	0.984	-1.102	1.054	-0.049	1.138	1.22	1.377	-2.993	0.914	-2.382	0.98	-1.403	1.058	-0.225	1.28
S1H	-1.059	0.717	-0.575	0.738	0.205	0.883	1.142	0.966	-1.446	0.97	-0.792	0.998	0.263	1.195	1.531	1.307	-2.702	0.901	-2.095	0.927	-1.115	1.11	0.063	1.214
S2L	-1.262	0.863	-0.858	0.821	-0.072	0.752	0.71	0.838	-1.742	1.214	-1.174	1.154	-0.069	1.057	1.031	1.178	-3.07	1.336	-2.444	1.27	-1.229	1.164	-0.018	1.296
S2M	-1.353	0.725	-0.888	0.745	0.024	0.795	0.935	0.974	-1.863	1.01	-1.216	1.038	0.054	1.107	1.322	1.356	-3.118	0.98	-2.489	1.007	-1.256	1.074	-0.026	1.316
S2H	-1.185	0.712	-0.71	0.712	0.224	0.855	1.156	0.926	-1.613	0.954	-0.977	0.954	0.274	1.144	1.521	1.24	-2.867	0.908	-2.261	0.908	-1.071	1.089	0.116	1.18
S3	-1.855	0.906	-1.451	0.881	-0.665	0.915	0.195	0.761	-2.575	1.274	-2.007	1.238	-0.902	1.286	0.307	1.069	-3.987	1.402	-3.361	1.362	-2.145	1.415	-0.815	1.177
S4L	-1.372	0.917	-0.979	0.85	-0.224	0.817	0.605	0.809	-1.895	1.287	-1.344	1.194	-0.284	1.147	0.88	1.136	-3.262	1.461	-2.636	1.356	-1.433	1.303	-0.111	1.29
S4M	-1.345	0.735	-0.913	0.726	-0.082	0.853	0.828	0.908	-1.886	1.079	-1.253	1.065	-0.034	1.252	1.302	1.332	-3.142	1.05	-2.526	1.037	-1.339	1.219	-0.038	1.296
S4H	-1.331	0.753	-0.846	0.774	0.101	0.928	1.135	1.001	-1.821	1.031	-1.158	1.059	0.138	1.271	1.554	1.37	-3.043	0.944	-2.435	0.97	-1.249	1.163	0.048	1.254
S5L	-1.59	1	-1.012	0.925	-0.252	0.9	0.455	0.792	-2.195	1.396	-1.388	1.291	-0.327	1.256	0.66	1.105	-3.618	1.606	-2.69	1.486	-1.469	1.446	-0.333	1.272
S5M	-1.6	0.776	-0.962	0.758	-0.126	0.858	0.647	0.904	-2.261	1.139	-1.325	1.112	-0.099	1.259	1.036	1.326	-3.51	1.112	-2.595	1.086	-1.398	1.23	-0.29	1.295
S5H	-1.631	0.745	-0.914	0.776	0.033	0.952	0.909	0.993	-2.233	1.021	-1.25	1.064	0.047	1.305	1.248	1.361	-3.419	0.933	-2.52	0.972	-1.334	1.193	-0.236	1.245
C1L	-1.424	0.834	-1.025	0.8	-0.244	0.766	0.536	0.826	-1.971	1.176	-1.409	1.128	-0.308	1.08	0.791	1.164	-3.315	1.283	-2.702	1.231	-1.5	1.178	-0.3	1.27
C1M	-1.432	0.694	-0.985	0.732	-0.114	0.789	0.757	0.932	-1.98	0.975	-1.353	1.028	-0.129	1.108	1.095	1.309	-3.241	0.959	-2.624	1.012	-1.42	1.091	-0.216	1.288
C1H	-1.4	0.748	-0.908	0.842	0.058	0.99	1.023	1.063	-1.91	1.015	-1.242	1.143	0.069	1.343	1.379	1.443	-3.126	0.933	-2.513	1.051	-1.307	1.235	-0.102	1.327
C2L	-1.47	0.954	-0.92	0.937	-0.105	0.92	0.695	0.799	-2.021	1.319	-1.26	1.296	-0.132	1.272	0.973	1.105	-3.439	1.554	-2.544	1.526	-1.216	1.498	0.086	1.302
C2M	-1.364	0.772	-0.785	0.745	0.069	0.718	0.903	0.88	-1.914	1.132	-1.065	1.092	0.187	1.053	1.409	1.29	-3.198	1.148	-2.337	1.108	-1.067	1.068	0.173	1.308
C2H	-1.496	0.741	-0.838	0.761	0.126	0.934	1.069	0.985	-2.086	1.06	-1.144	1.089	0.235	1.336	1.585	1.409	-3.29	0.977	-2.422	1.004	-1.152	1.231	0.092	1.298
C3L	-1.737	1.007	-1.151	0.973	-0.371	0.973	0.345	0.778	-2.394	1.398	-1.58	1.351	-0.499	1.351	0.497	1.08	-3.865	1.629	-2.916	1.574	-1.656	1.574	-0.496	1.259
C3M	-1.632	0.802	-1.014	0.767	-0.197	0.802	0.558	0.856	-2.308	1.178	-1.401	1.126	-0.201	1.178	0.908	1.257	-3.59	1.187	-2.676	1.134	-1.468	1.187	-0.35	1.266
C3H	-1.781	0.735	-1.088	0.755	-0.164	0.906	0.69	0.957	-2.491	1.05	-1.501	1.079	-0.181	1.295	1.04	1.367	-3.667	0.97	-2.752	0.997	-1.533	1.196	-0.405	1.263
PC1	-1.712	1.01	-1.293	1.01	-0.478	1.037	0.413	0.868	-2.349	1.389	-1.772	1.389	-0.652	1.426	0.574	1.194	-3.854	1.67	-3.161	1.67	-1.815	1.714	-0.341	1.435
PC2L	-1.499	0.95	-1.114	0.917	-0.347	0.917	0.489	0.775	-2.068	1.326	-1.531	1.28	-0.46	1.28	0.707	1.082	-3.472	1.526	-2.854	1.473	-1.622	1.473	-0.279	1.245
PC2M	-1.388	0.769	-0.97	0.734	-0.16	0.805	0.727	0.884	-1.952	1.132	-1.337	1.08	-0.144	1.184	1.162	1.302	-3.225	1.131	-2.61	1.079	-1.419	1.183	-0.115	1.3
PC2H	-1.496	0.738	-1.027	0.748	-0.108	0.908	0.891	0.957	-2.083	1.052	-1.414	1.066	-0.105	1.293	1.319	1.364	-3.292	0.974	-2.672	0.988	-1.459	1.198	-0.14	1.264
RM1L	-1.462	1.043	-1.061	1.017	-0.261	1.017	0.61	0.817	-2.008	1.439	-1.455	1.403	-0.351	1.403	0.852	1.127	-3.431	1.706	-2.775	1.664	-1.466	1.664	-0.039	1.337
RM1M	-1.358	0.821	-0.931	0.803	-0.105	0.803	0.801	0.866	-1.903	1.201	-1.279	1.175	-0.07	1.175	1.255	1.267	-3.19	1.224	-2.555	1.197	-1.322	1.197	0.028	1.292
RM2L	-1.462	0.991	-1.061	0.956	-0.261	0.999	0.61	0.799	-2.008	1.367	-1.455	1.319	-0.351	1.379	0.852	1.103	-3.431	1.621	-2.775	1.564	-1.466	1.635	-0.039	1.308
RM2M	-1.358	0.803	-0.931	0.785	-0.105	0.785	0.801	0.866	-1.903	1.175	-1.279	1.149	-0.07	1.149	1.255	1.267	-3.19	1.197	-2.555	1.171	-1.322	1.171	0.028	1.292
RM2H	-1.497	0.764	-1.018	0.764	-0.08	0.855	0.94	0.957	-2.088	1.093	-1.401	1.093	-0.059	1.225	1.402	1.37	-3.291	1.006	-2.659	1.006	-1.424	1.126	-0.08	1.261
URML	-1.974	1.072	-1.314	1.109	-0.463	1.118	0.327	1.1	-2.703	1.468	-1.799	1.519	-0.633	1.532	0.449	1.506	-4.344	1.827	-3.218	1.891	-1.767	1.906	-0.421	1.875
URMM	-1.835	0.876	-1.213	0.859	-0.403	0.797	0.347	0.779	-2.581	1.263	-1.684	1.238	-0.517	1.149	0.564	1.123	-3.911	1.315	-2.977	1.288	-1.763	1.195	-0.638	1.169
MH	-2.184	1.07	-1.504	1.06	-0.45	0.915	0.584	0.935	-2.999	1.471	-2.063	1.458	-0.612	1.259	0.809	1.286	-4.511	1.667	-3.451	1.652	-1.807	1.427	-0.197	1.457

Bölüm 2.5.1’de tanımlanan senaryo depreme ait mevcut, 1., 2. ve 3. seviye güçlendirilmiş bina hasar ve bu verilere ait ekonomik kayıpları

Çizelge A.14 Mevcut Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-1

Bina Hasar Özeti (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTİNBURNU District, İstanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
İstanbul Building Fragility Mapping 2
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Zeytinburnu Egim Haritası
Turkey Soil Types
İstanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
İstanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Güçlendirme Masraf
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Bina Ekonomik Kaybı 0.2 Sa 7.5 Önce
Building Occupancy Multipliers
Building Damage Ratios v1.1

Çizelge A.15 Mevcut Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
C1	7355	83,41 %	40,63 %	11,46 %	16,59 %	42,78 %	29,17 %	11,46 %	33,07 %
C2	6860	75,34 %	28,64 %	7,70 %	24,66 %	46,70 %	20,94 %	7,70 %	25,81 %
C3	6	88,25 %	64,37 %	32,05 %	11,75 %	23,88 %	32,32 %	32,05 %	50,38 %
PC1	75	85,94 %	52,29 %	18,42 %	14,06 %	33,64 %	33,87 %	18,42 %	40,49 %
PC2	222	79,95 %	45,32 %	10,63 %	20,05 %	34,63 %	34,70 %	10,63 %	34,11 %
RM	150	78,86 %	44,01 %	11,37 %	21,14 %	34,85 %	32,64 %	11,37 %	33,69 %
S1	10	79,68 %	42,92 %	13,18 %	20,32 %	36,77 %	29,74 %	13,18 %	34,02 %
S3	13	91,36 %	61,52 %	20,61 %	8,64 %	29,84 %	40,91 %	20,61 %	45,72 %
URM	2499	88,41 %	62,77 %	33,04 %	11,59 %	25,64 %	29,73 %	33,04 %	50,12 %
W1	21	78,83 %	33,27 %	10,99 %	21,17 %	45,56 %	22,28 %	10,99 %	29,31 %
W2	8	63,54 %	19,89 %	3,51 %	36,46 %	43,65 %	16,38 %	3,51 %	19,11 %
All Types	17219	81,23 %	45,06 %	15,72 %	18,77 %	36,18 %	29,33 %	15,72 %	35,99 %
All Types - Min		61,09 %	16,87 %	2,81 %	4,83 %	18,12 %	13,40 %	2,81 %	17,85 %
All Types - Max		95,17 %	77,05 %	43,51 %	38,91 %	53,58 %	41,66 %	43,51 %	59,39 %

Bina Hasar Özeti (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Zeytinburnu Egim Haritasi
Turkey Soil Types
Istanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Bina Ekonomik Kaybi 0.2 Sa 7.5 Önce
Building Occupancy Multipliers
Building Damage Ratios v1.1

Çizelge A.17 1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
C1	7355	83,03 %	39,73 %	10,85 %	16,97 %	43,30 %	28,88 %	10,85 %	32,44 %
C2	6860	75,04 %	28,14 %	7,48 %	24,96 %	46,89 %	20,66 %	7,48 %	25,49 %
C3	6	86,60 %	59,84 %	26,28 %	13,40 %	26,76 %	33,56 %	26,28 %	46,33 %
PC1	75	85,55 %	51,04 %	16,60 %	14,45 %	34,51 %	34,44 %	16,60 %	39,30 %
PC2	222	79,65 %	44,56 %	9,88 %	20,35 %	35,09 %	34,69 %	9,88 %	33,51 %
RM	150	78,26 %	42,63 %	10,09 %	21,74 %	35,63 %	32,54 %	10,09 %	32,61 %
S1	10	78,59 %	40,69 %	11,95 %	21,41 %	37,90 %	28,74 %	11,95 %	32,54 %
S3	13	91,36 %	61,52 %	20,61 %	8,64 %	29,84 %	40,91 %	20,61 %	45,72 %
URM	2499	88,26 %	61,74 %	31,59 %	11,74 %	26,52 %	30,16 %	31,59 %	49,18 %
W1	21	77,73 %	31,21 %	9,55 %	22,27 %	46,52 %	21,66 %	9,55 %	27,83 %
W2	8	63,54 %	19,89 %	3,51 %	36,46 %	43,65 %	16,38 %	3,51 %	19,11 %
All Types	17219	80,69 %	43,73 %	14,40 %	19,31 %	36,97 %	29,33 %	14,40 %	34,92 %
All Types - Min		61,09 %	16,87 %	2,81 %	4,83 %	18,12 %	13,40 %	2,81 %	17,85 %
All Types - Max		95,17 %	77,05 %	40,51 %	38,91 %	53,58 %	41,66 %	40,51 %	59,39 %

Bina Hasar Özeti (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritasi
Turkey Soil Types
Istanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye Güçlendirme Masraf
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye
Bina Ekonomik Kaybi 0.2 Sa 7.5 Önce
Building Occupancy Multipliers

Çizelge A.19 2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
C1	7355	81,70 %	35,89 %	8,44 %	18,30 %	45,81 %	27,44 %	8,44 %	29,89 %
C2	6860	71,53 %	21,61 %	4,66 %	28,47 %	49,92 %	16,95 %	4,66 %	21,40 %
C3	6	86,60 %	59,84 %	26,28 %	13,40 %	26,76 %	33,56 %	26,28 %	46,33 %
PC1	75	84,93 %	48,60 %	15,25 %	15,07 %	36,33 %	33,35 %	15,25 %	37,77 %
PC2	222	78,56 %	42,29 %	8,12 %	21,44 %	36,27 %	34,16 %	8,12 %	31,83 %
RM	150	76,95 %	39,55 %	8,27 %	23,05 %	37,40 %	31,28 %	8,27 %	30,56 %
S1	10	75,21 %	33,32 %	7,75 %	24,79 %	41,89 %	25,57 %	7,75 %	27,65 %
S3	13	91,00 %	60,11 %	18,87 %	9,00 %	30,88 %	41,24 %	18,87 %	44,50 %
URM	2499	88,26 %	61,74 %	31,59 %	11,74 %	26,52 %	30,16 %	31,59 %	49,18 %
W1	21	78,04 %	30,22 %	9,61 %	21,96 %	47,82 %	20,62 %	9,61 %	27,51 %
W2	8	62,37 %	19,15 %	3,05 %	37,63 %	43,22 %	16,09 %	3,05 %	18,49 %
All Types	17219	79,56 %	41,12 %	12,90 %	20,44 %	38,44 %	28,22 %	12,90 %	33,19 %
All Types - Min		61,09 %	16,87 %	2,81 %	8,21 %	24,79 %	13,40 %	2,81 %	17,85 %
All Types - Max		91,79 %	65,34 %	35,14 %	38,91 %	53,58 %	41,66 %	35,14 %	52,13 %

Bina Hasar Özeti (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritasi
Turkey Soil Types
Istanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
3. Seviye Güçlendirme Masraf
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
3. Seviye
Bina Ekonomik Kaybi 0.2 Sa 7.5 Önce
Building Occupancy Multipliers

Çizelge A.21 3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Hasar Analizi Sonuçları Sayfa-2

Structure Type	# Buildings	Probability of Damage			Likelihood of Damage State				
		Imm. Occup.	Life Safety	Collapse Prevention	Insignific	Moderate	Heavy	Complete	Mean Dmg
C1	7355	73,80 %	20,38 %	2,38 %	26,20 %	53,41 %	18,00 %	2,38 %	20,45 %
C2	6860	58,44 %	8,50 %	0,65 %	41,56 %	49,94 %	7,85 %	0,65 %	12,85 %
C3	6	86,60 %	59,84 %	26,28 %	13,40 %	26,76 %	33,56 %	26,28 %	46,33 %
PC1	75	80,72 %	34,52 %	7,58 %	19,28 %	46,20 %	26,94 %	7,58 %	28,90 %
PC2	222	71,51 %	27,06 %	3,80 %	28,49 %	44,45 %	23,27 %	3,80 %	23,25 %
RM	150	71,54 %	25,07 %	4,62 %	28,46 %	46,47 %	20,45 %	4,62 %	22,75 %
S1	10	62,84 %	16,41 %	1,17 %	37,16 %	46,43 %	15,24 %	1,17 %	16,81 %
S3	13	87,59 %	43,43 %	8,75 %	12,41 %	44,17 %	34,68 %	8,75 %	33,85 %
URM	2499	88,26 %	61,74 %	31,59 %	11,74 %	26,52 %	30,16 %	31,59 %	49,18 %
W1	21	71,46 %	19,02 %	4,33 %	28,54 %	52,44 %	14,69 %	4,33 %	20,25 %
W2	8	51,17 %	9,48 %	0,58 %	48,83 %	41,69 %	8,90 %	0,58 %	12,12 %
All Types	17219	73,09 %	29,59 %	8,34 %	26,91 %	43,50 %	21,25 %	8,34 %	26,07 %
All Types - Min		49,67 %	5,93 %	0,40 %	9,29 %	24,79 %	5,53 %	0,40 %	10,77 %
All Types - Max		90,71 %	65,34 %	35,14 %	50,33 %	59,84 %	36,12 %	35,14 %	52,13 %

Bina Ekonomik Hasar Özet Raporu (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritası
Turkey Soil Types
Istanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masrafı
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masrafı
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masrafı
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Güçlendirme Masrafı
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye Güçlendirme Masrafı
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
3. Seviye Güçlendirme Masrafı
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar

Çizelge A.23 Mevcut Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2

Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 2.Seviye
 Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 3.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 Önce
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 0.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 1.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 2.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 3.Seviye
 Building Occupancy Multipliers
 Zeytinburnu Bina Tamir Maliyeti
 Building Damage Ratios v1.1

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
C1	YTL 102.458.003	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 102.458.003
C2	YTL 45.750.795	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 45.750.795
C3	YTL 205.928	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 205.928
PC1	YTL 431.549	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 431.549
PC2	YTL 2.499.563	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.499.563
RM	YTL 3.720.799	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 3.720.799
S1	YTL 504.807	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 504.807
S3	YTL 179.039	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 179.039
URM	YTL 24.468.193	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 24.468.193

Çizelge A.24 Mevcut Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
W2	YTL 27.008	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 27.008
All Types - Avg	YTL 16.392.351	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 16.392.351
All Types - Min	YTL 27.008	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 27.008
All Types - Max	YTL 102.458.003	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 102.458.003
All Types - Sum	YTL 180.315.861	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 180.315.861

Bina Ekonomik Hasar Özet Raporu (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTİNBURNU District, İstanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
İstanbul Building Fragility Mapping 2
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritası
Turkey Soil Types
İstanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
İstanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
3. Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar

Çizelge A.26 1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2

Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 2.Seviye
 Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 3.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 Önce
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 0.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 1.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 2.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 3.Seviye
 Building Occupancy Multipliers
 Zeytinburnu Bina Tamir Maliyeti
 Building Damage Ratios v1.1

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
C1	YTL 99.286.742	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 99.286.742
C2	YTL 44.833.977	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 44.833.977
C3	YTL 193.520	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 193.520
PC1	YTL 417.291	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 417.291
PC2	YTL 2.434.117	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.434.117
RM	YTL 3.671.861	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 3.671.861
S1	YTL 437.340	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 437.340
S3	YTL 179.039	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 179.039
URM	YTL 24.138.819	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 24.138.819
W1	YTL 63.344	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 63.344

Çizelge A.27 1. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
W2	YTL 27.008	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 27.008
All Types - Avg	YTL 15.971.187	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 15.971.187
All Types - Min	YTL 27.008	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 27.008
All Types - Max	YTL 99.286.742	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 99.286.742
All Types - Sum	YTL 175.683.057	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 175.683.057

Bina Ekonomik Hasar Özet Raporu (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, İstanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
İstanbul Building Fragility Mapping 2
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritasi
Turkey Soil Types
İstanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
İstanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0.Seviye
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2.Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
3.Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0.Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar

Çizelge A.29 2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2

Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 2.Seviye
 Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 3.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 Önce
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 0.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 1.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 2.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 3.Seviye
 Building Occupancy Multipliers
 Zeytinburnu Bina Tamir Maliyeti
 Building Damage Ratios v1.1

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
C1	YTL 87.881.387	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 87.881.387
C2	YTL 37.480.632	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 37.480.632
C3	YTL 193.520	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 193.520
PC1	YTL 399.370	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 399.370
PC2	YTL 2.245.170	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.245.170
RM	YTL 3.498.650	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 3.498.650
S1	YTL 334.261	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 334.261
S3	YTL 162.469	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 162.469
URM	YTL 24.138.819	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 24.138.819
W1	YTL 61.884	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 61.884

Çizelge A.30 2. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
W2	YTL 25.720	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 25.720
All Types - Avg	YTL 14.220.171	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 14.220.171
All Types - Min	YTL 25.720	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 25.720
All Types - Max	YTL 87.881.387	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 87.881.387
All Types - Sum	YTL 156.421.883	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 156.421.883

Bina Ekonomik Hasar Özet Raporu (v4)



Scenario: Zeytinburnu 02

Himmet Karaman İstanbul Teknik Üniversitesi

Location: ZEYTINBURNU District, Istanbul

Using data: Bina Güçlendirme Maliyet Tahmini
Istanbul Building Fragility Mapping 2
Zeytinburnu 221107 Bina verisi
Improved Zeytinburnu Building Data
Zeytinburnu Egim Haritasi
Turkey Soil Types
Istanbul Building Retrofit Cost
İlgili Bölge
Turkey Soil Geology
Istanbul Building Fragilities
Zeytinburnu Boore&Atkinson PGA 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye Güçlendirme Masraf
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
2. Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
3. Seviye Güçlendirme Masraf
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-1
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-2
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
Zeytinburnu Bina Maliyet Fayda Analizi 0-3
DEM - Turkey
Boore & Atkinson 2006 1 0.0 PGA
Boore & Atkinson 2006 0 0.2 Sa
ZB BA 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar 0. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
1. Seviye
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar

Çizelge A.32 3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-2

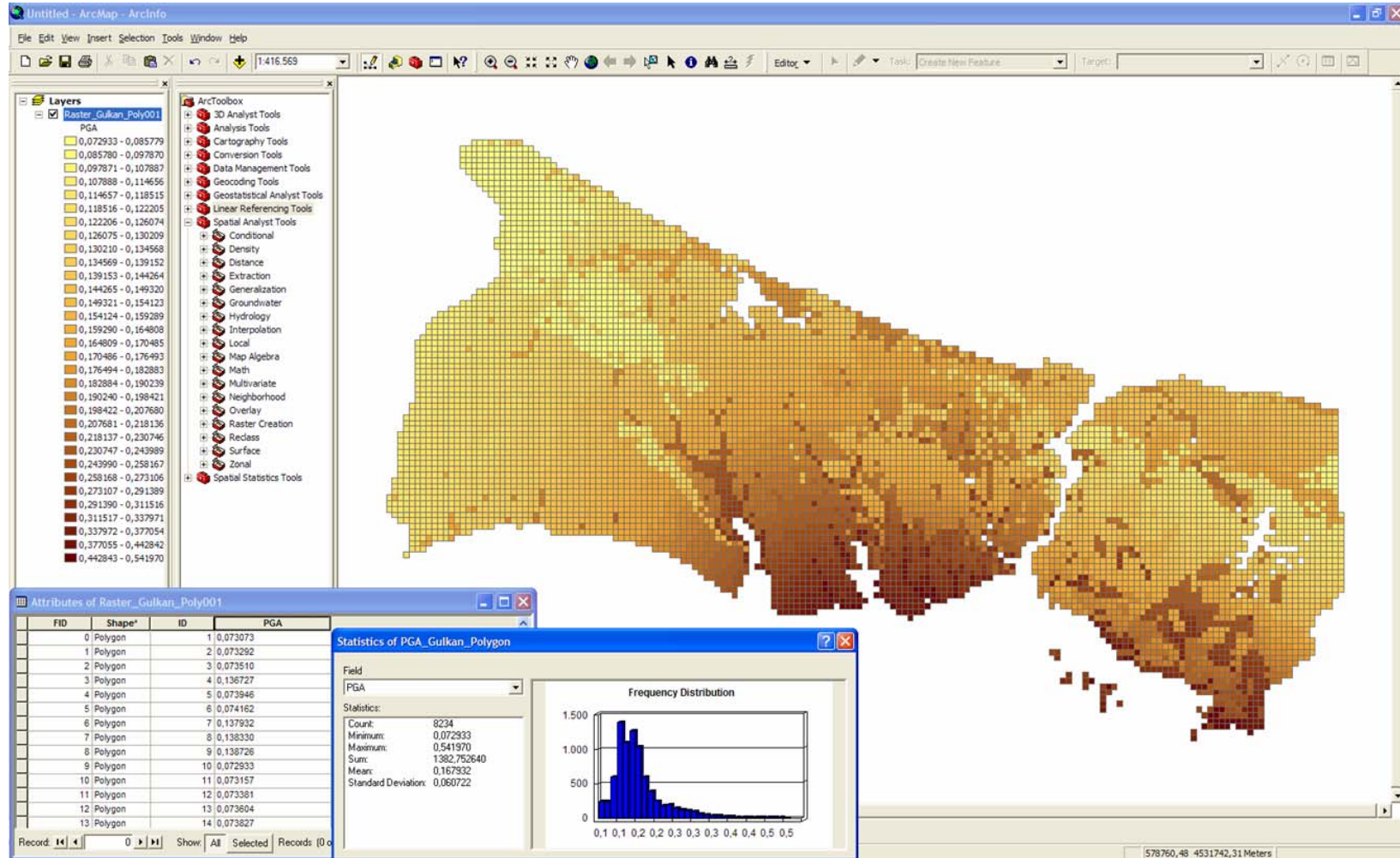
Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 2.Seviye
 Zeytinburnu Boore&Atkinson 0.2 Sa 7.5 Bina Hasar
 3.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 Önce
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 0.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 1.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 2.Seviye
 Bina Ekonomik Kayb 0.2 Sa 7.5 3.Seviye
 Building Occupancy Multipliers
 Zeytinburnu Bina Tamir Maliyeti
 Building Damage Ratios v1.1

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
C1	YTL 59.372.825	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 59.372.825
C2	YTL 22.718.002	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 22.718.002
C3	YTL 193.520	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 193.520
PC1	YTL 304.233	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 304.233
PC2	YTL 1.638.808	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 1.638.808
RM	YTL 2.603.324	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 2.603.324
S1	YTL 192.088	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 192.088
S3	YTL 123.619	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 123.619
URM	YTL 24.138.819	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 24.138.819
W1	YTL 45.575	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 45.575

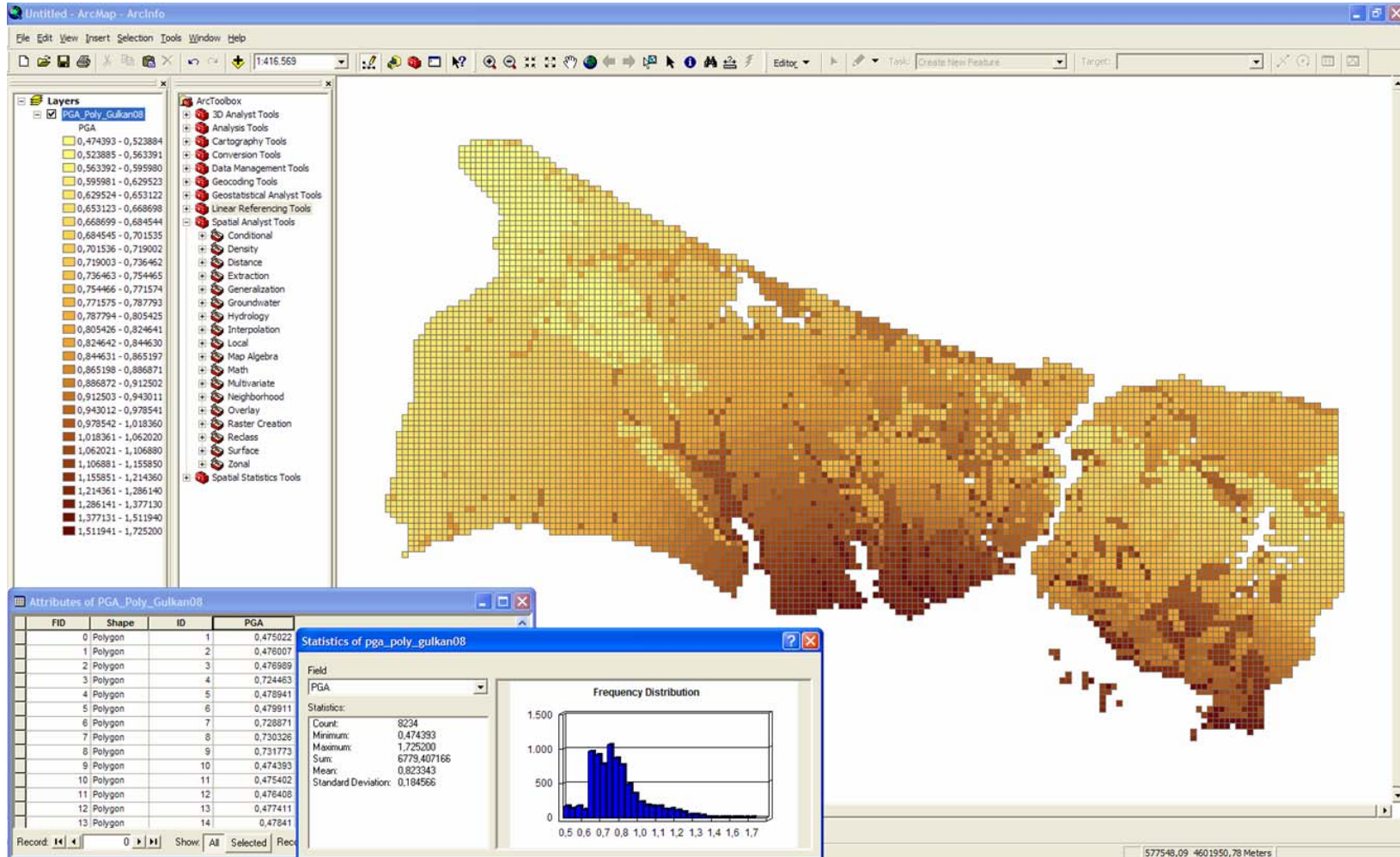
Çizelge A.33 3. Seviye Güçlendirilmiş Binaların Deprem Sonrası Ekonomik Kayıpları Sayfa-3

Structure Type	Structural Loss	Acc Sensitive NS Loss	Drift Sensitive NS Loss	Content Loss	Total Loss
W2	YTL 16.914	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 16.914
All Types - Avg	YTL 10.122.521	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 10.122.521
All Types - Min	YTL 16.914	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 16.914
All Types - Max	YTL 59.372.825	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 59.372.825
All Types - Sum	YTL 111.347.726	YTL 0	YTL 0	YTL 0	YTL 111.347.726

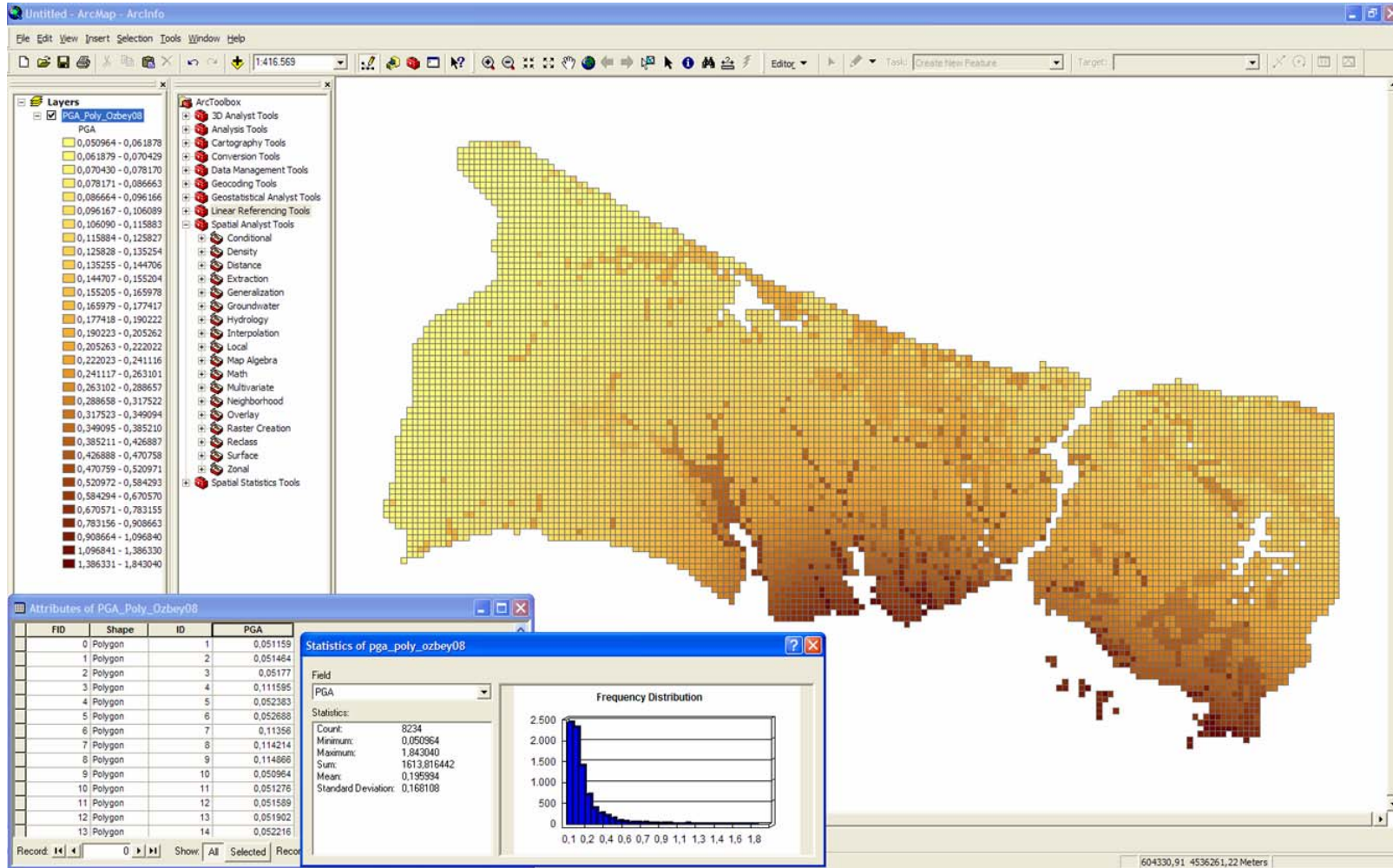
EK B. HARİTALAR



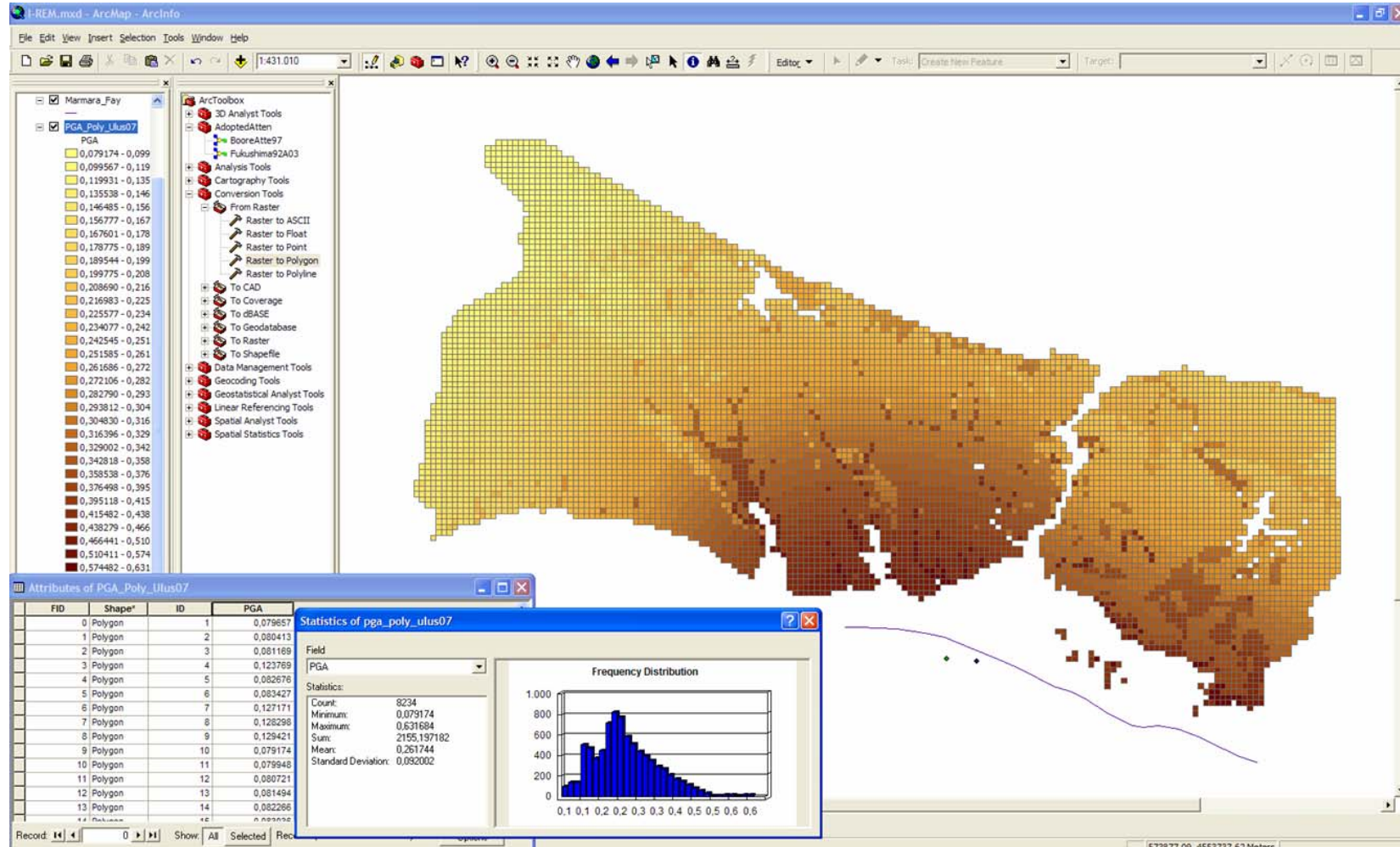
Şekil B.1 Kalkan & Gülkan (2002) Azalım İlişkisinden Elde Edilen PGA Değerleri



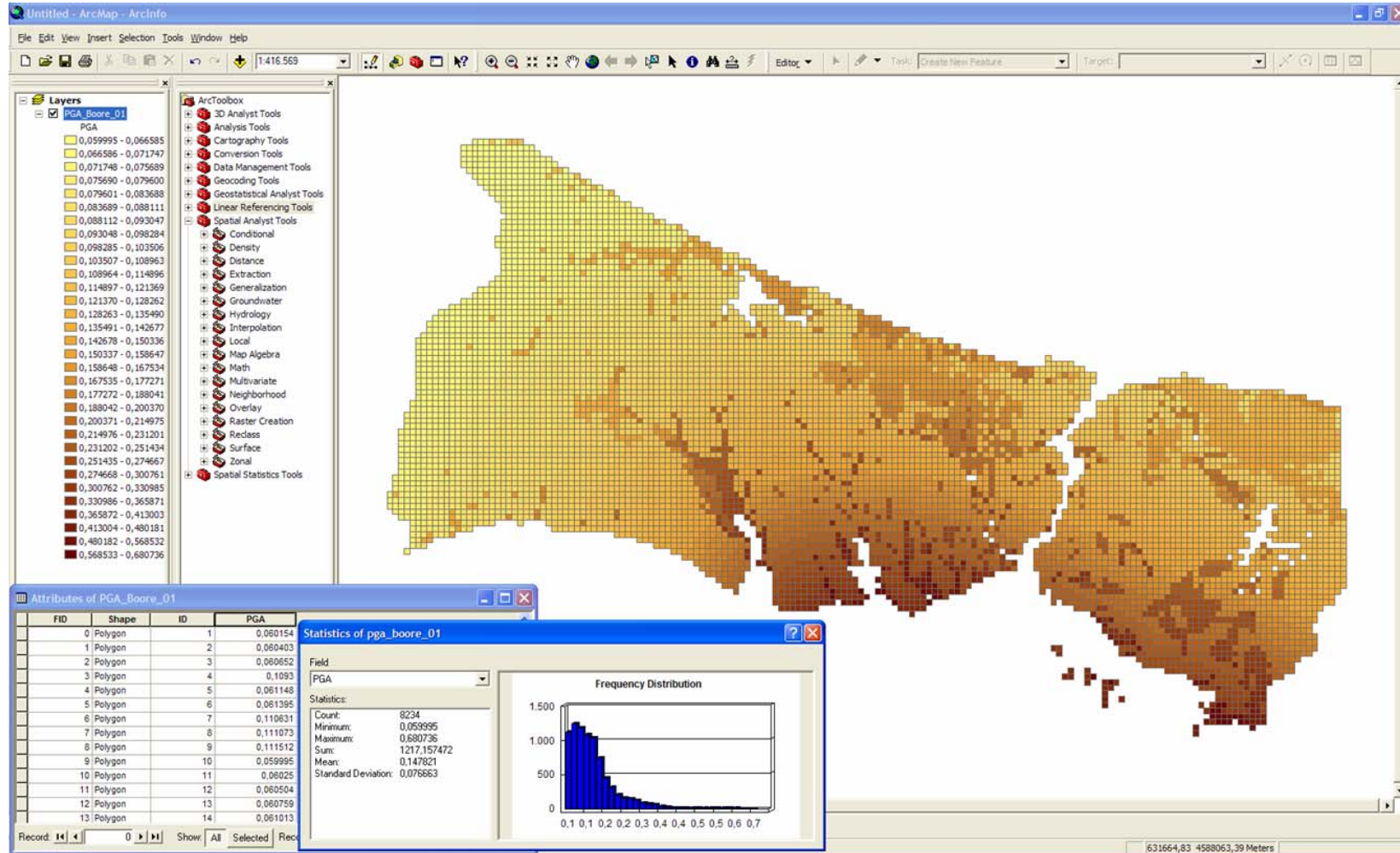
Şekil B.2 Kalkan & Gülkan (2004) Azalım İlişkisinden Elde Edilen PGA Değerleri



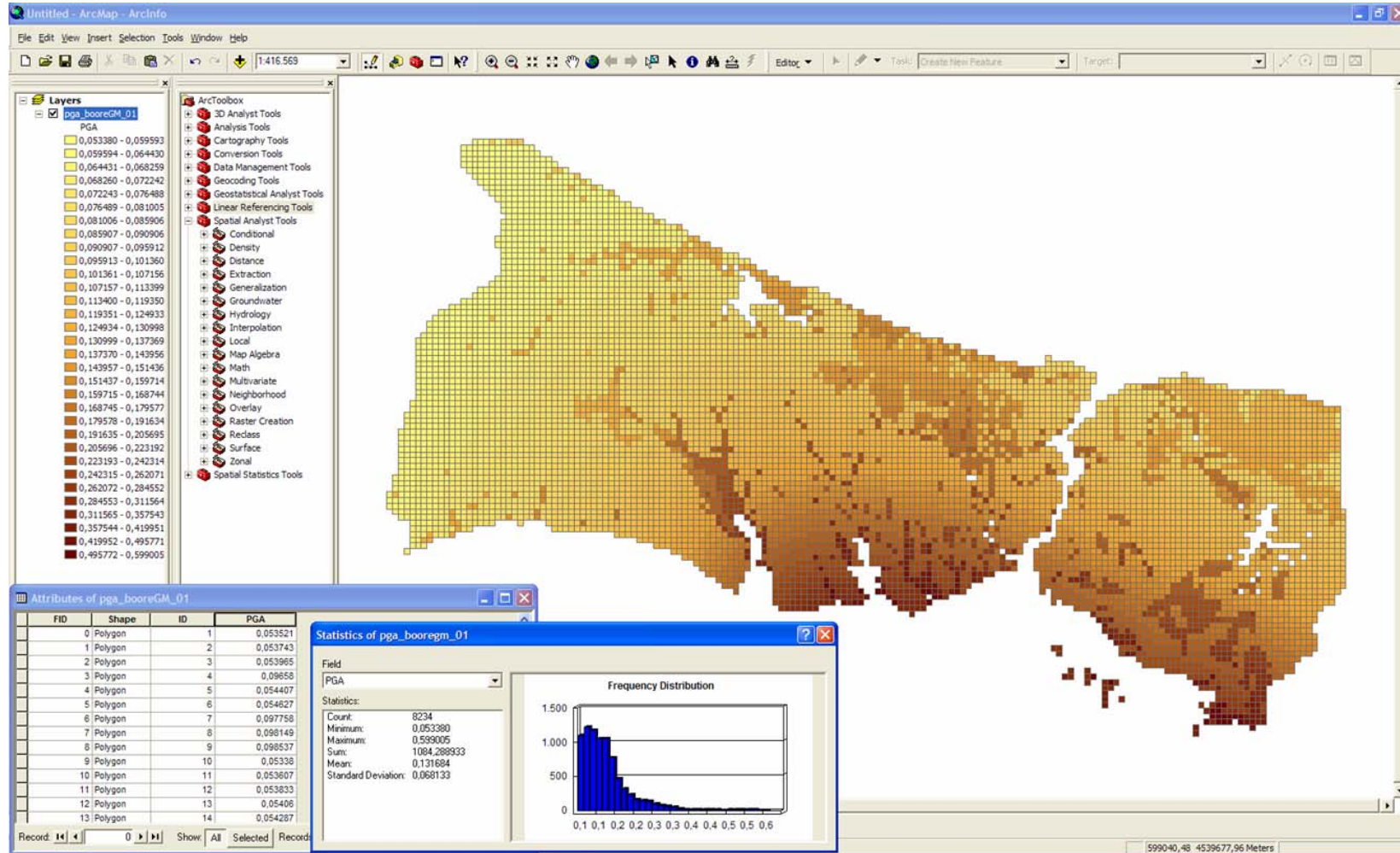
Şekil B.3 Özbey ve diğ. (2004) Azalım İlişkisinden Elde Edilen PGA Değerleri



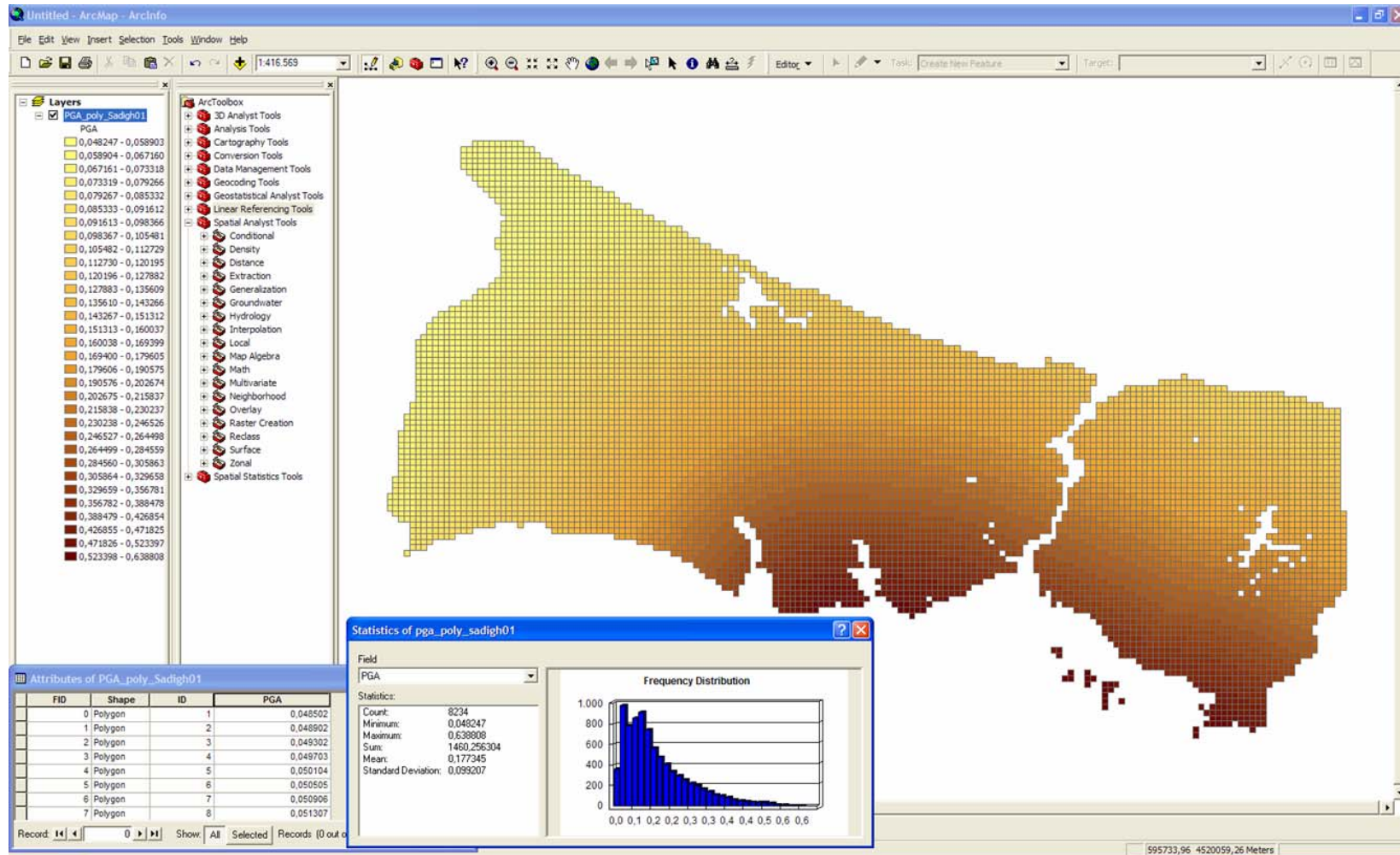
Şekil B.4 Ulusay ve diğ. (2004) Azalım İlişkisinden Elde Edilen PGA Değerleri



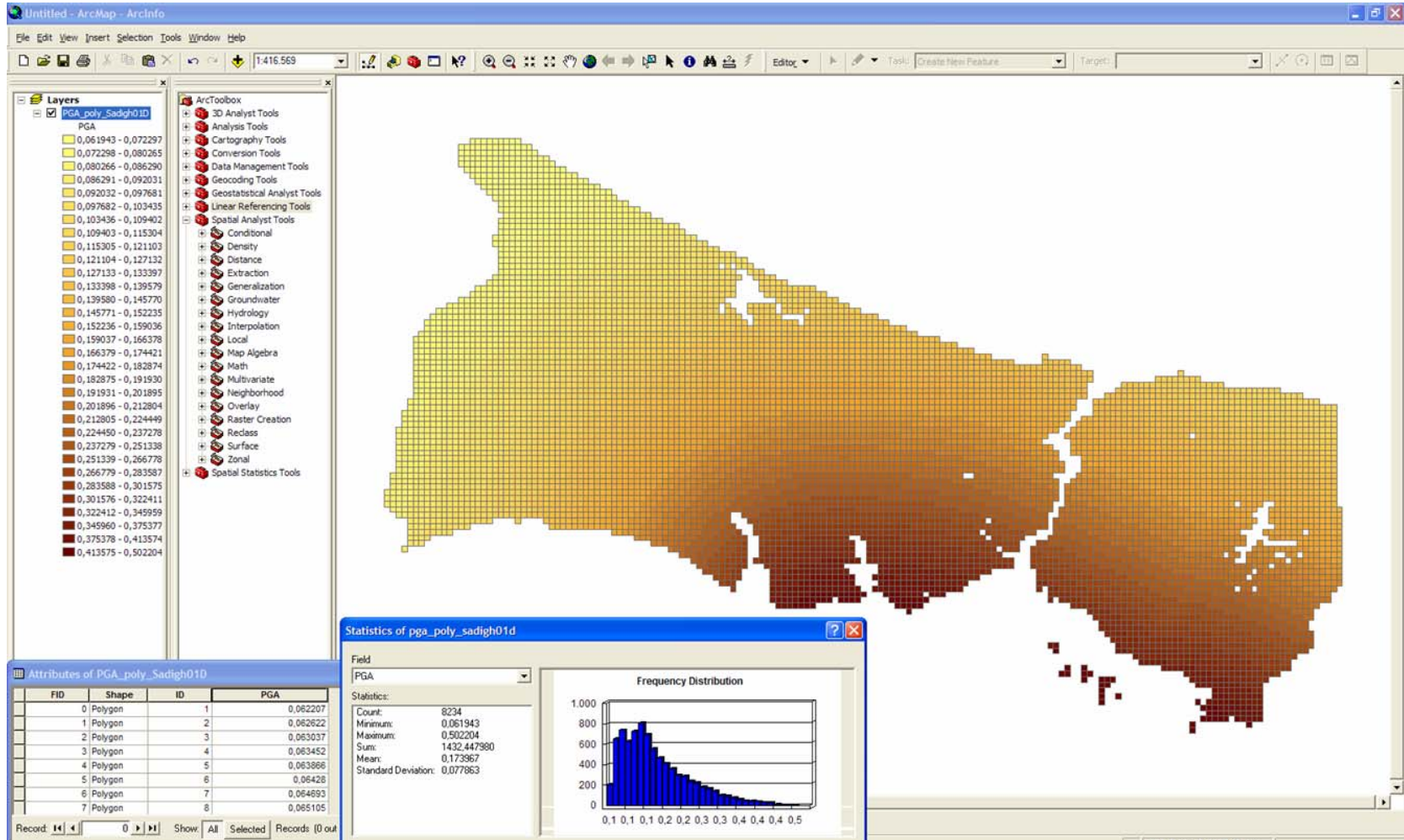
Şekil B.5 Boore ve diğ., 1997 ilişkisinin Geniş Yatay Bileşen İçin Verdiği PGA Değerleri



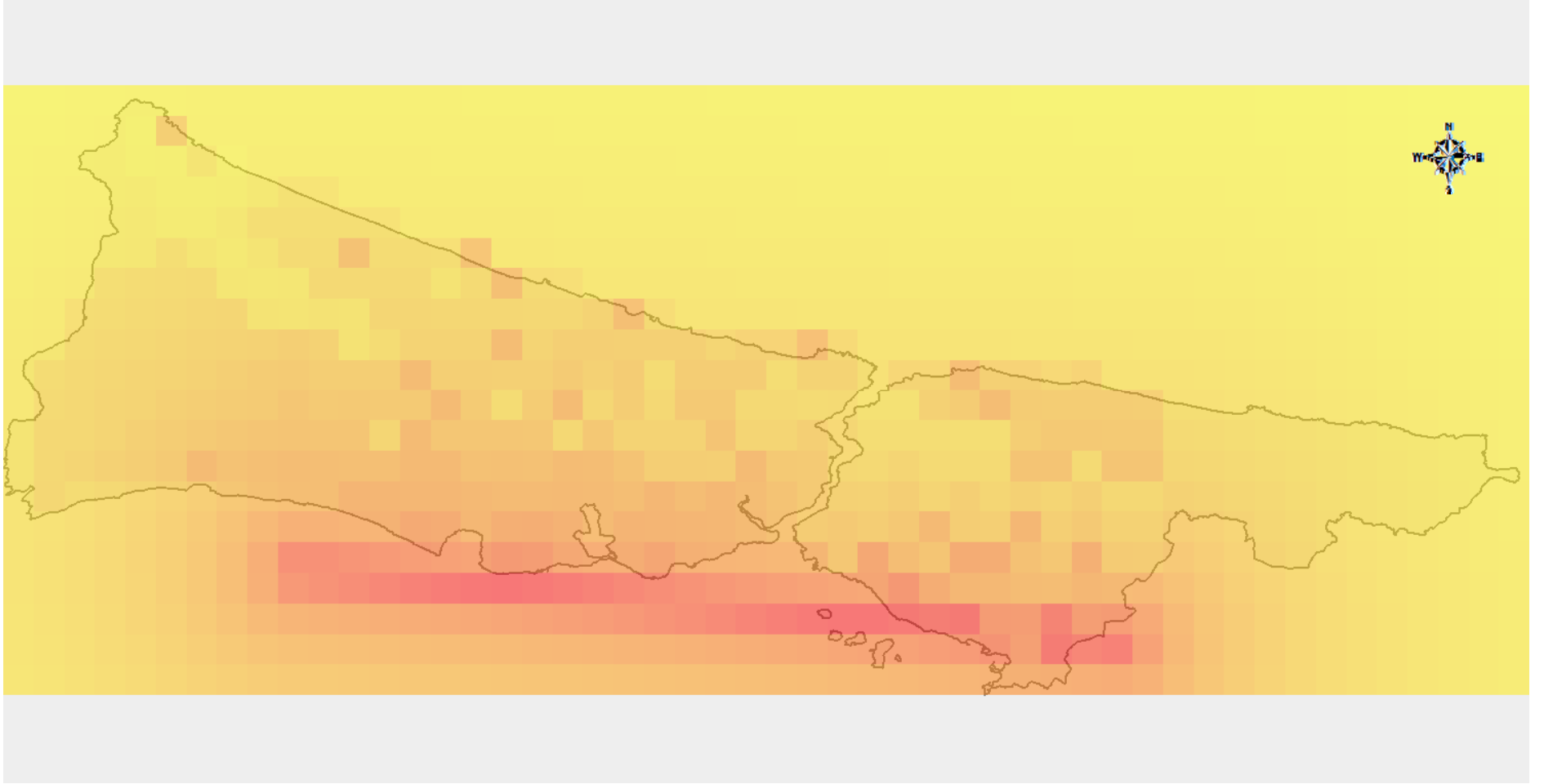
Şekil B.6 Boore ve diğ., 1997 ilişkisinin Geometrik Orta İçin Verdiği PGA Değerleri



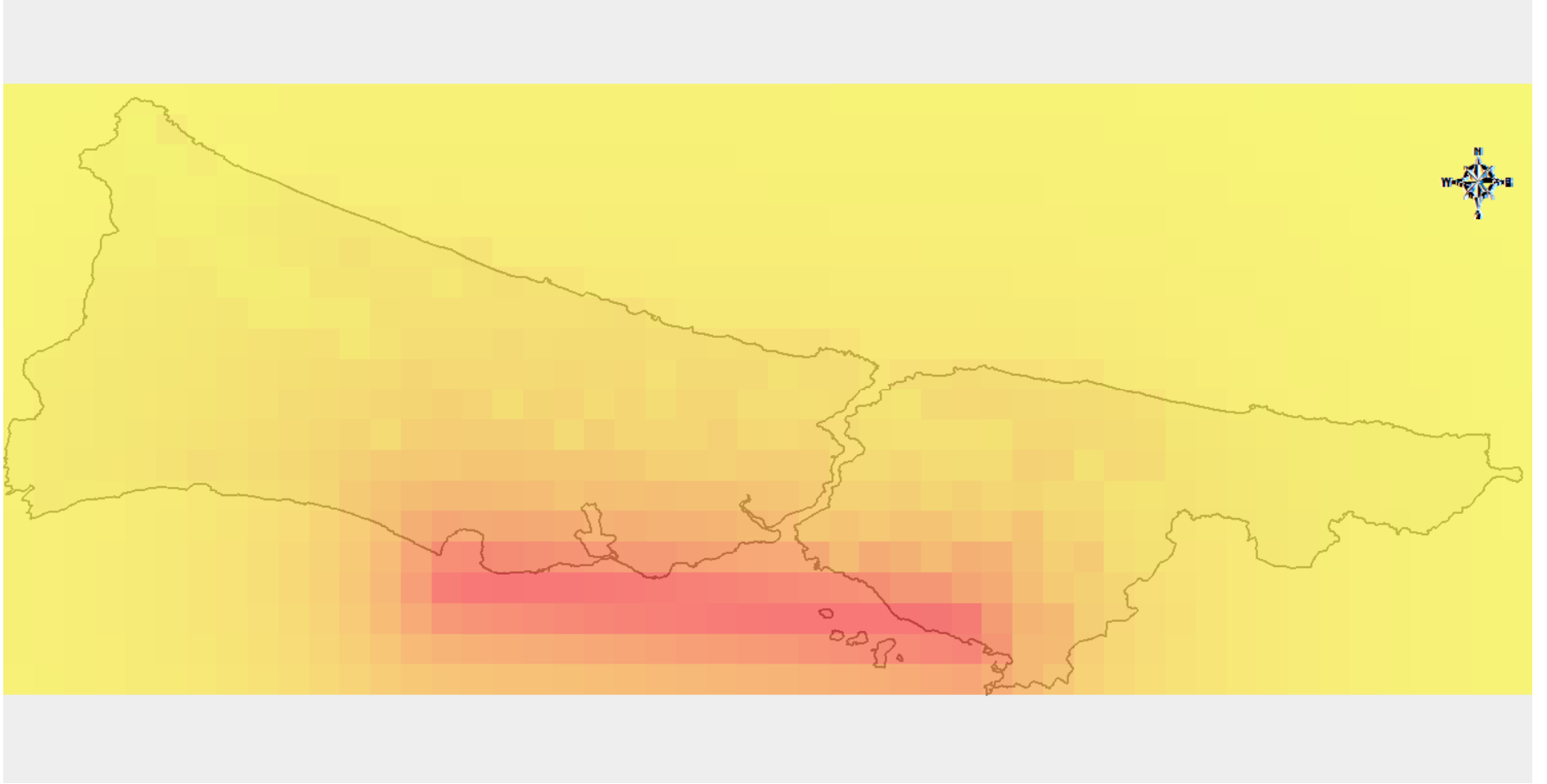
Şekil B.7 Kaya Zemin İçin PGA Değerleri (Sadıgh ve diğ., 1997)



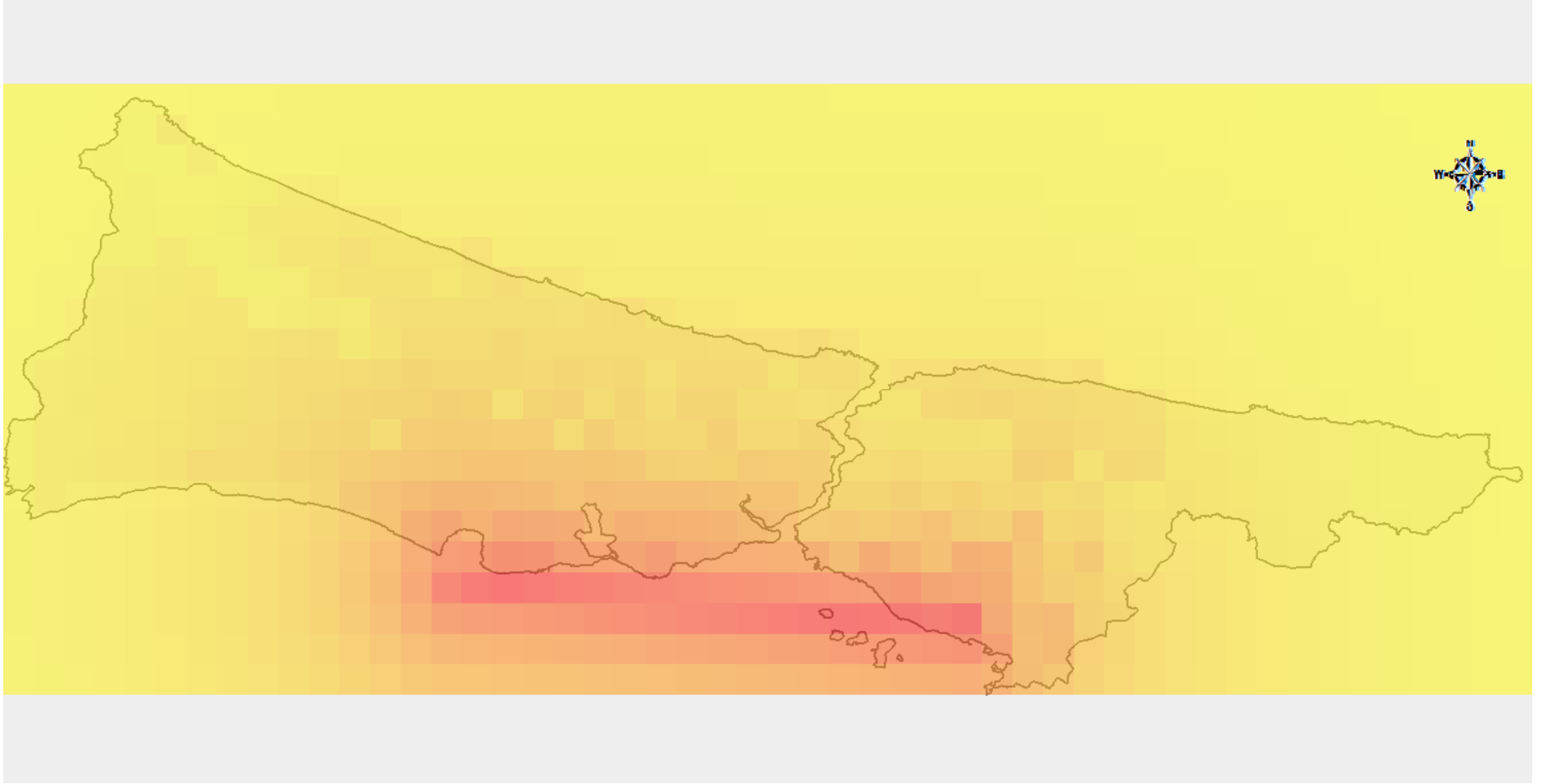
Şekil B.8 Derin Zemin İçin PGA Değerleri (Sadigh ve diğ., 1997)



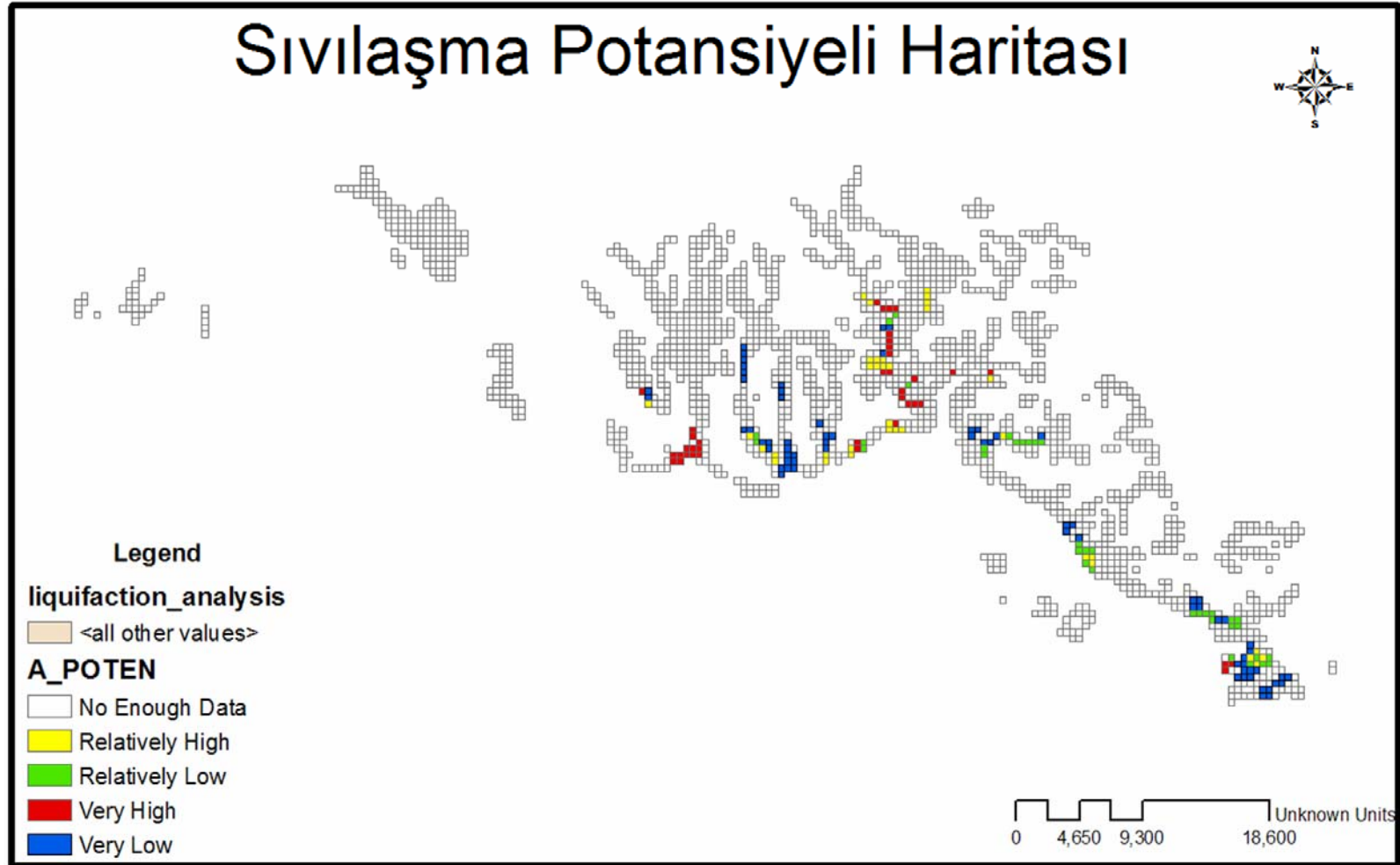
Şekil B.9 Boore ve Atkinson, 2006 Azalım İlişkisinin Verdiği PGA Değerleri



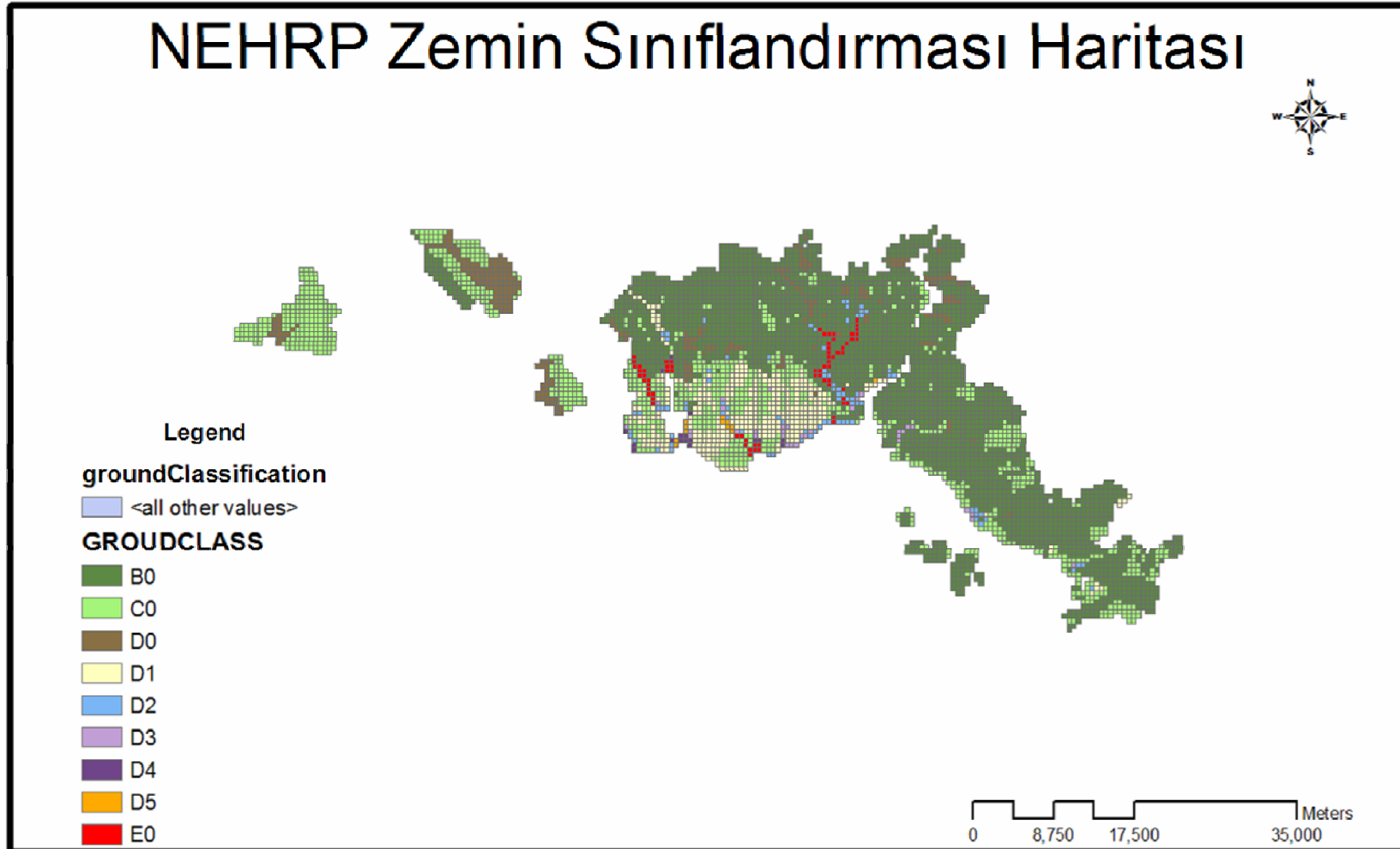
Şekil B.10 Campbell ve Bozorgnia, 2006 Azalım İlişkisinin Verdiği PGA Değerleri



Şekil B.11 Chiou ve Youngs, 2006 Azalım İlişkisinin Verdiği PGA Değerleri

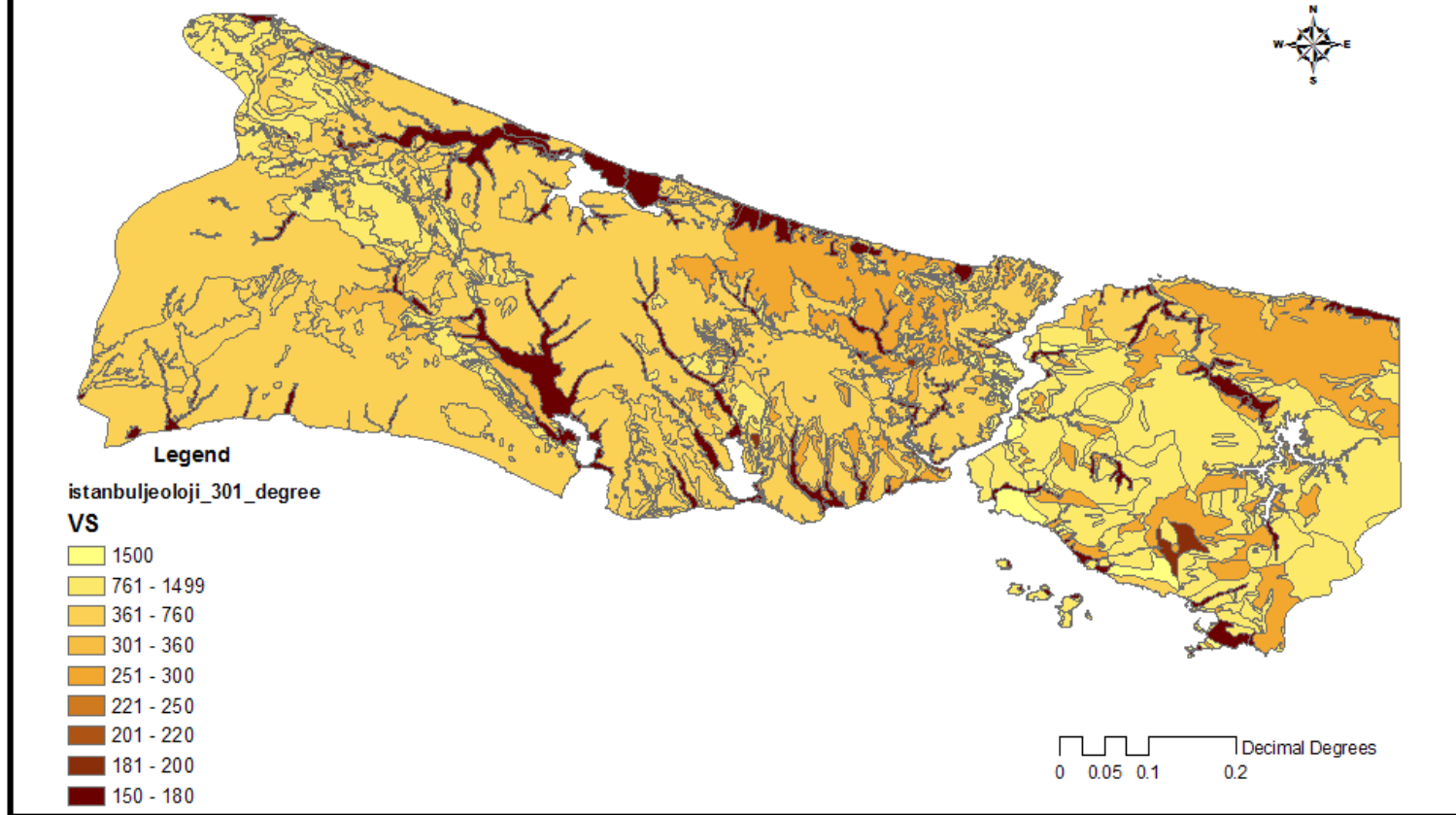


Şekil B.12 JICA (2002) Çalışması'nda Oluşturulmuş Sıvılaşma Potansiyeli Haritası

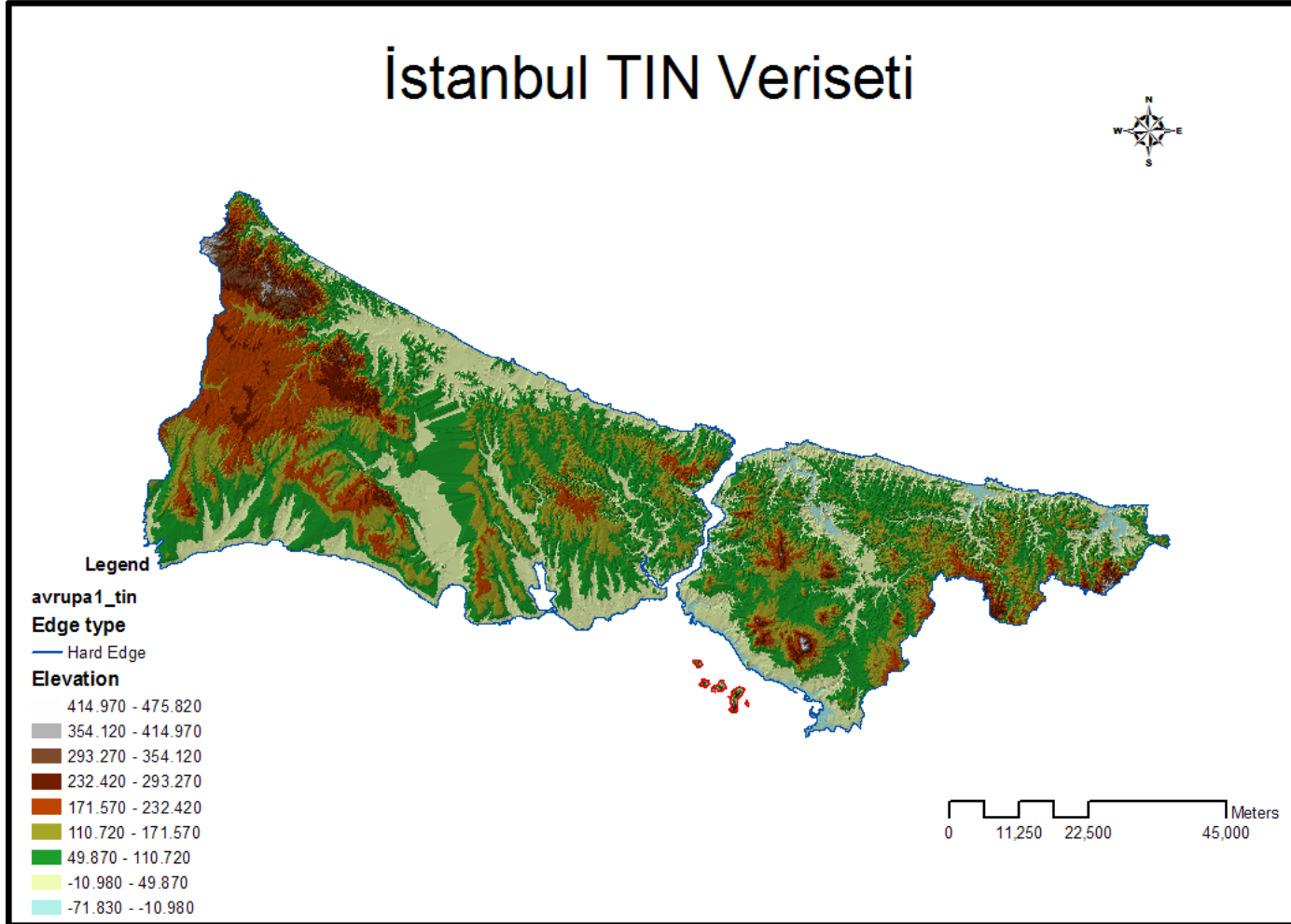


Şekil B.13 JICA (2002) Çalışması'nda Oluşturulmuş Zemin Sınıflandırma Haritası

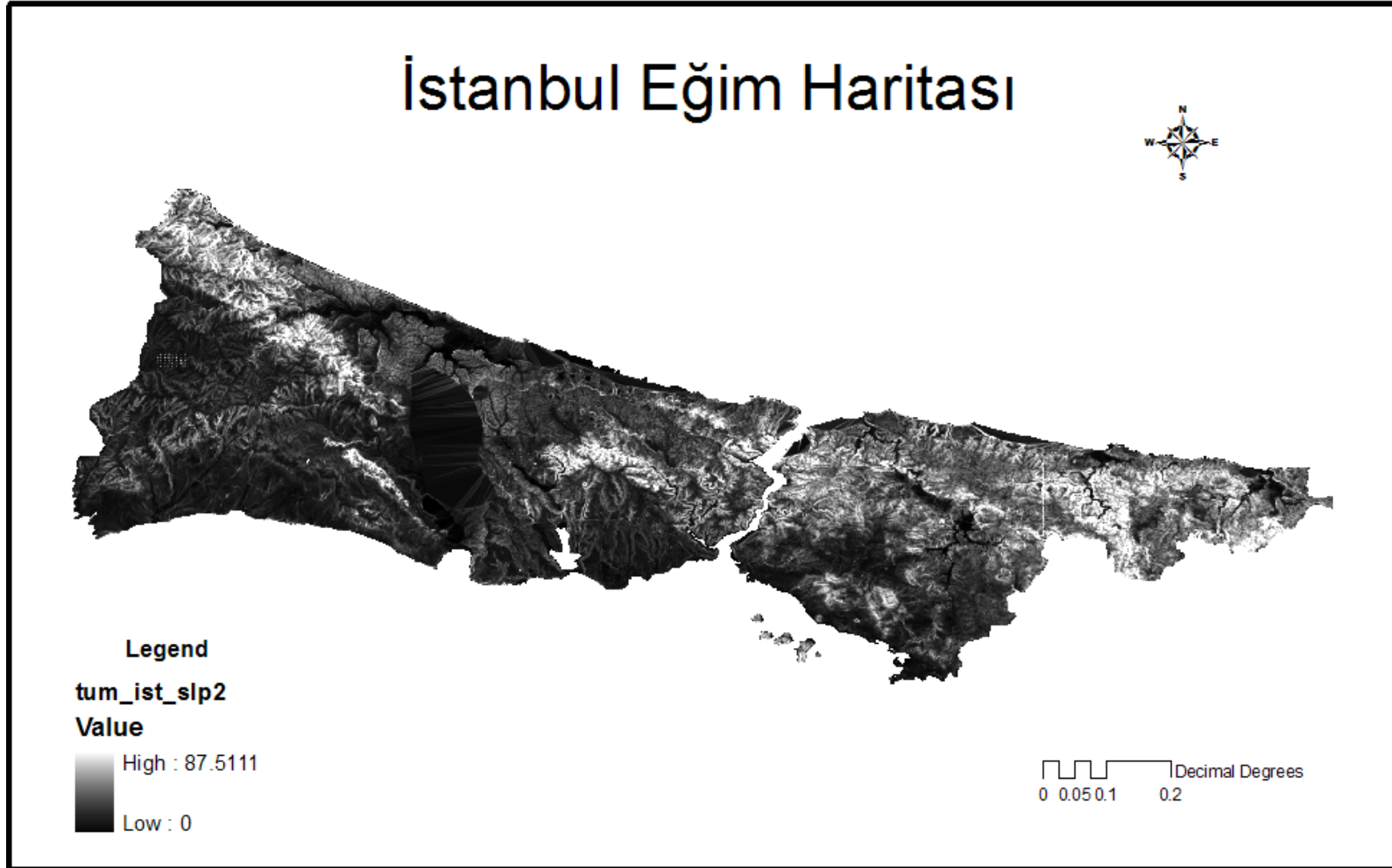
İstanbul Jeoloji ve Zemin Sınıfı Haritası



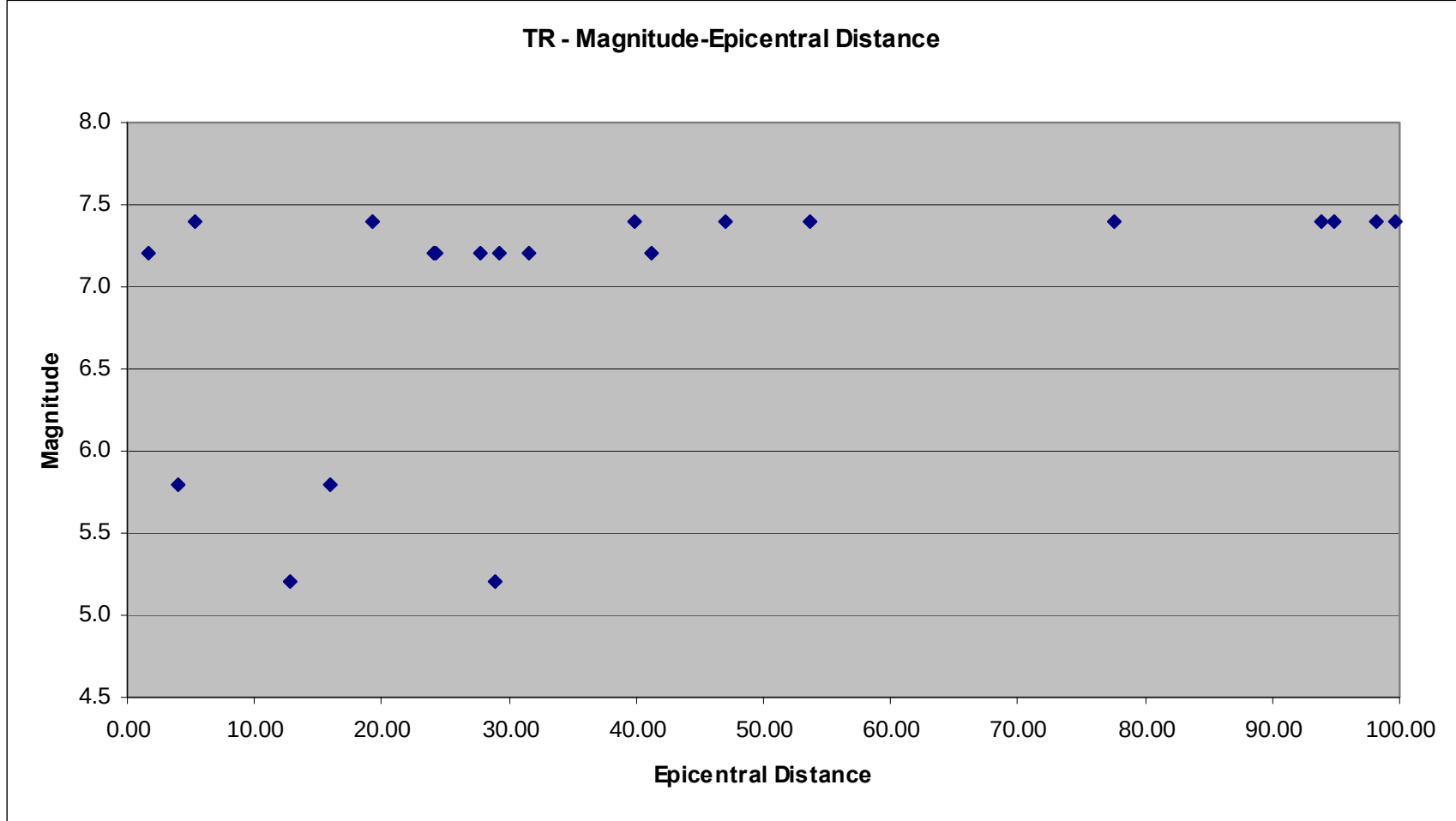
Şekil B.14 İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nden Temin Edilen MTA Haritasından Üretilmiş İstanbul Zemin Sınıfı Haritası



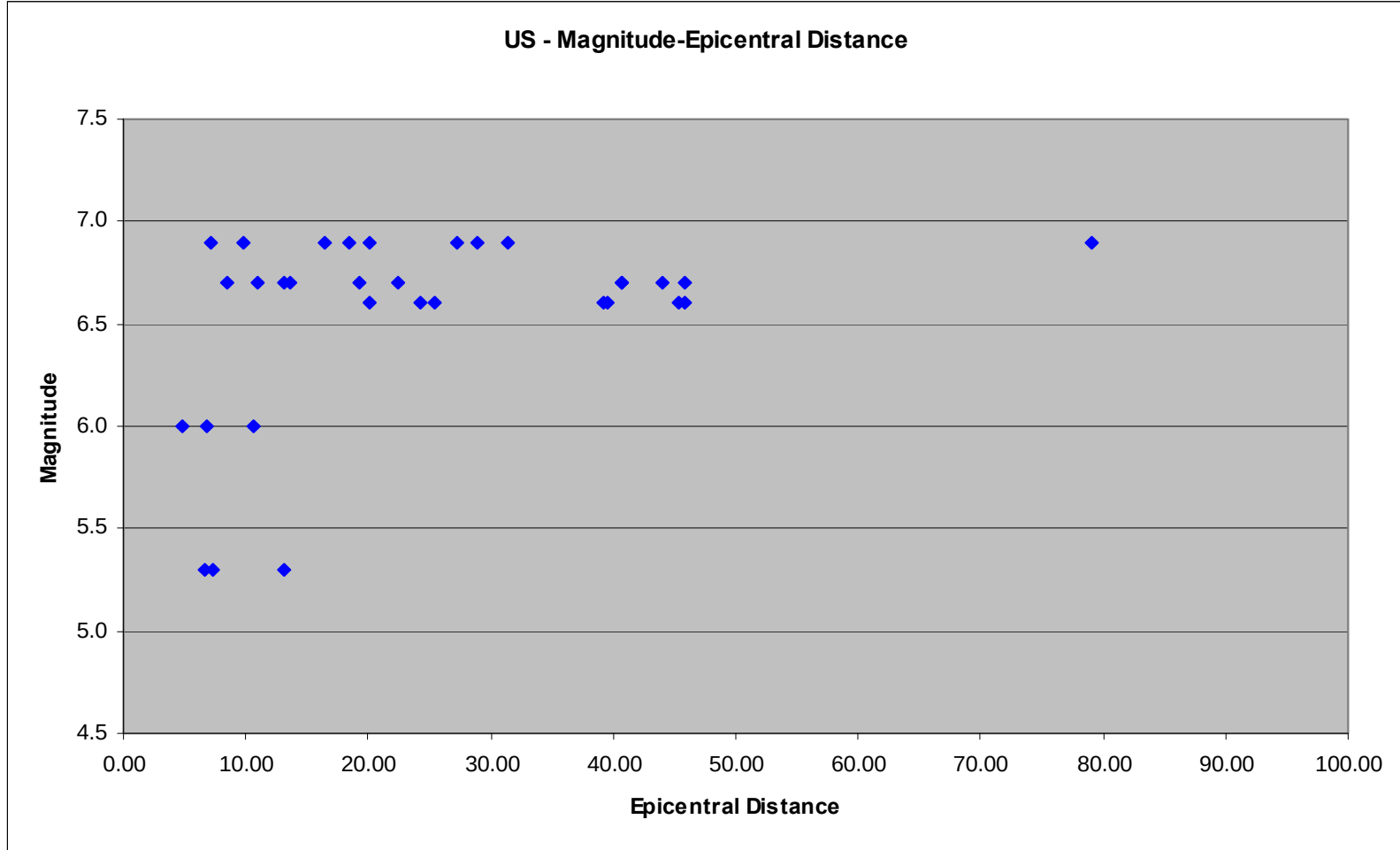
Şekil B.15 İstanbul'a Ait TIN Veri Seti



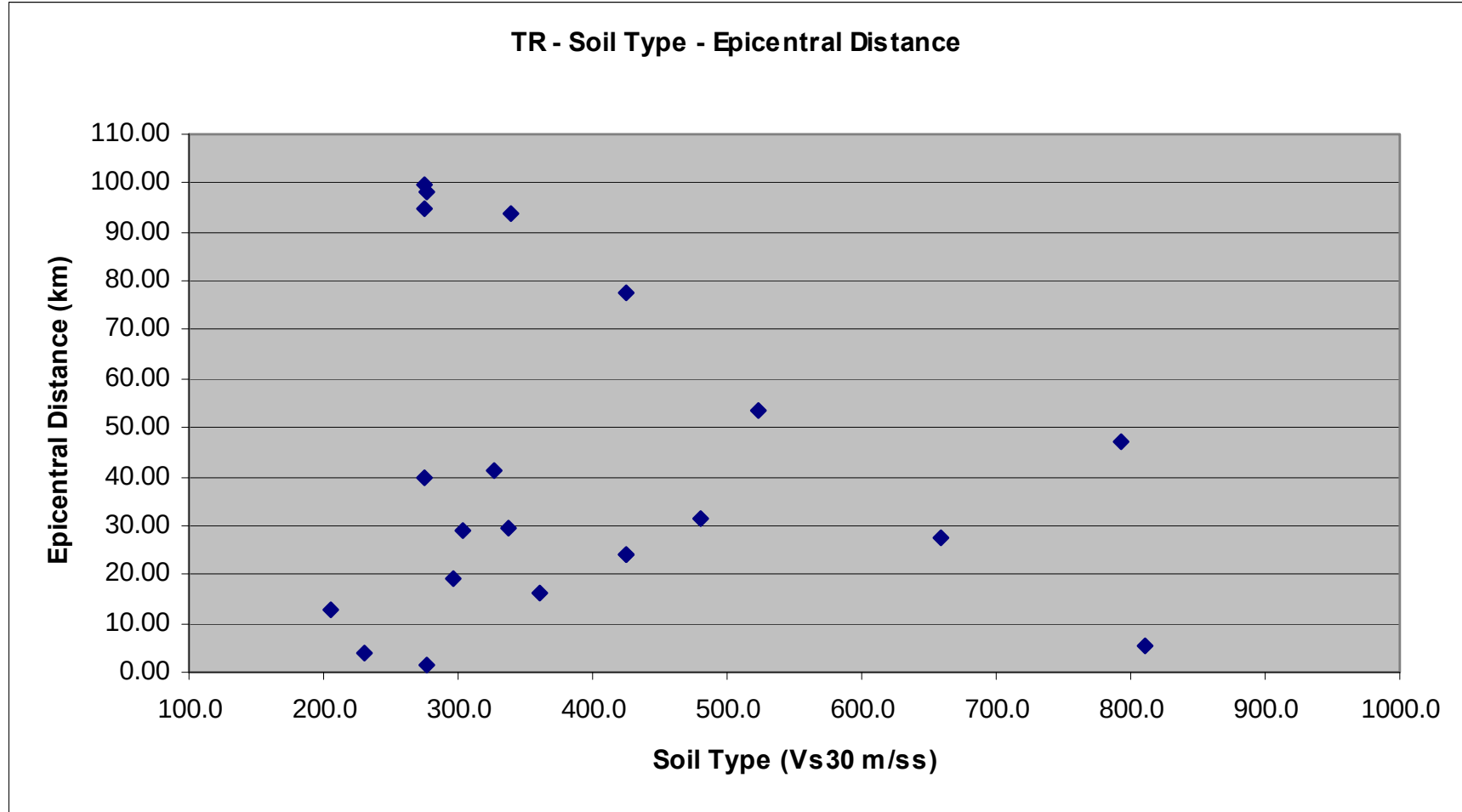
Şekil B.16 İstanbula Ait ASCII Raster Formatında Oluşturulmuş Eğim Haritası



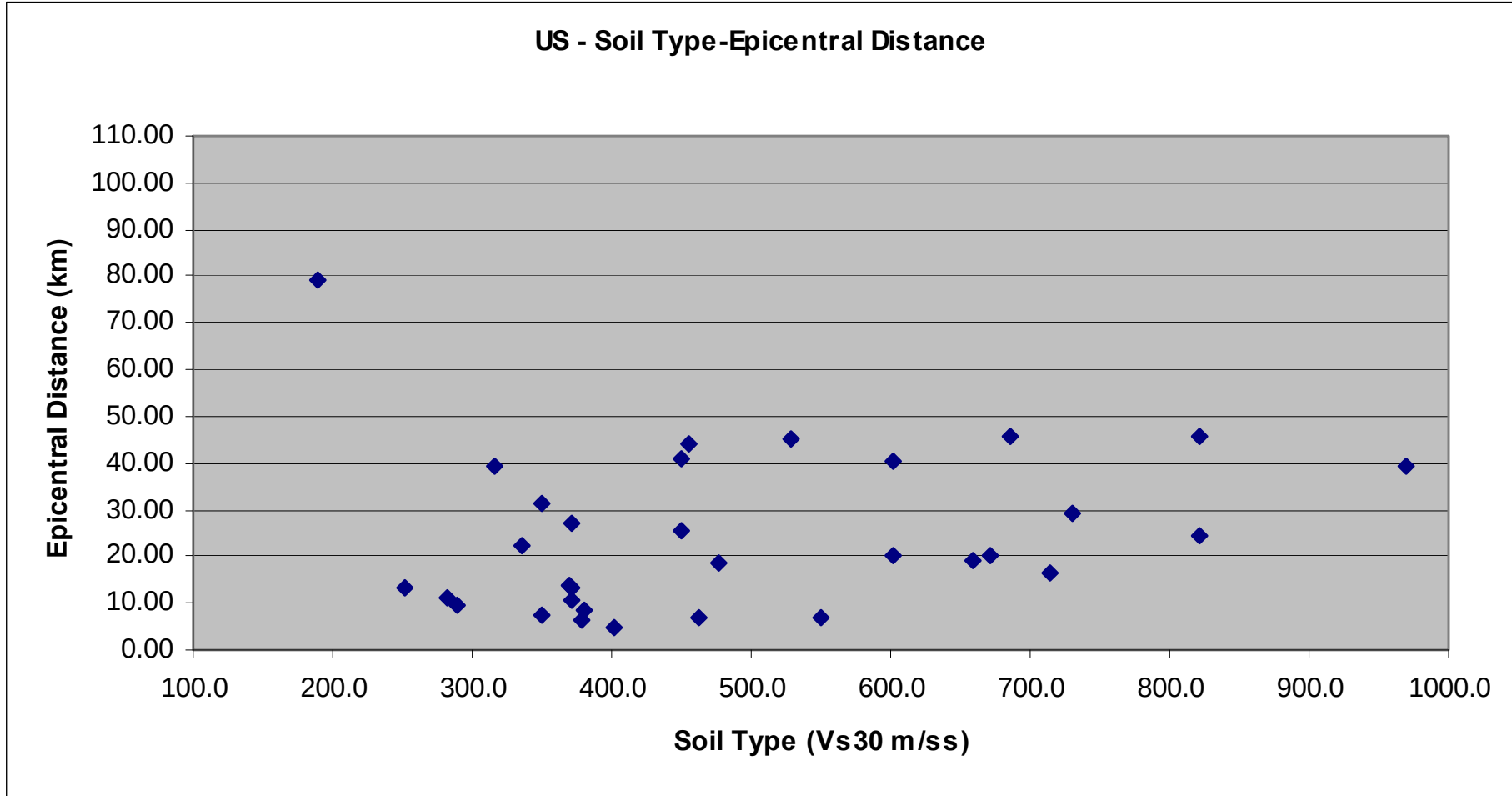
Şekil B.17 Türk Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı



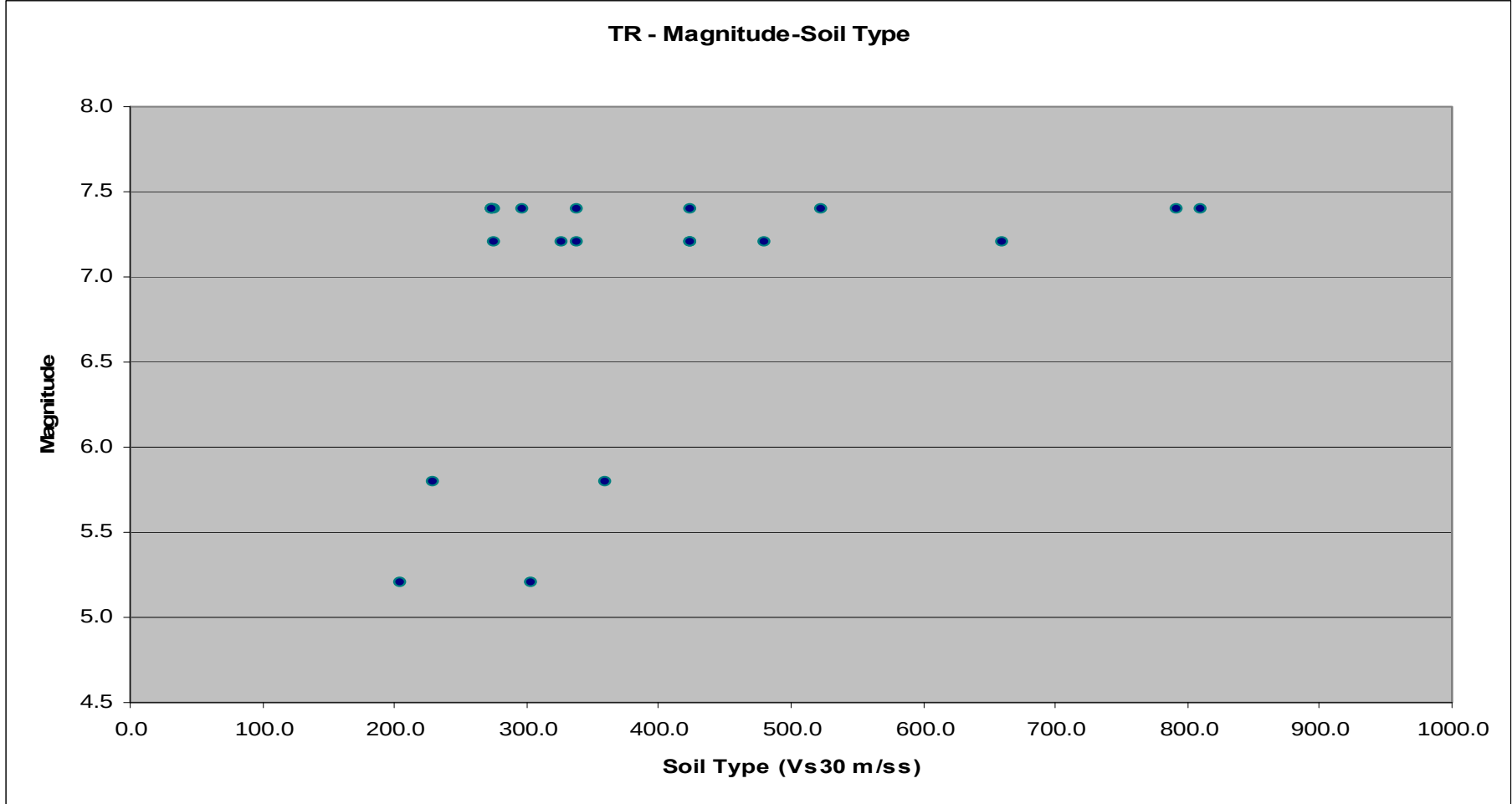
Şekil B.18 Batı Amerikan Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı



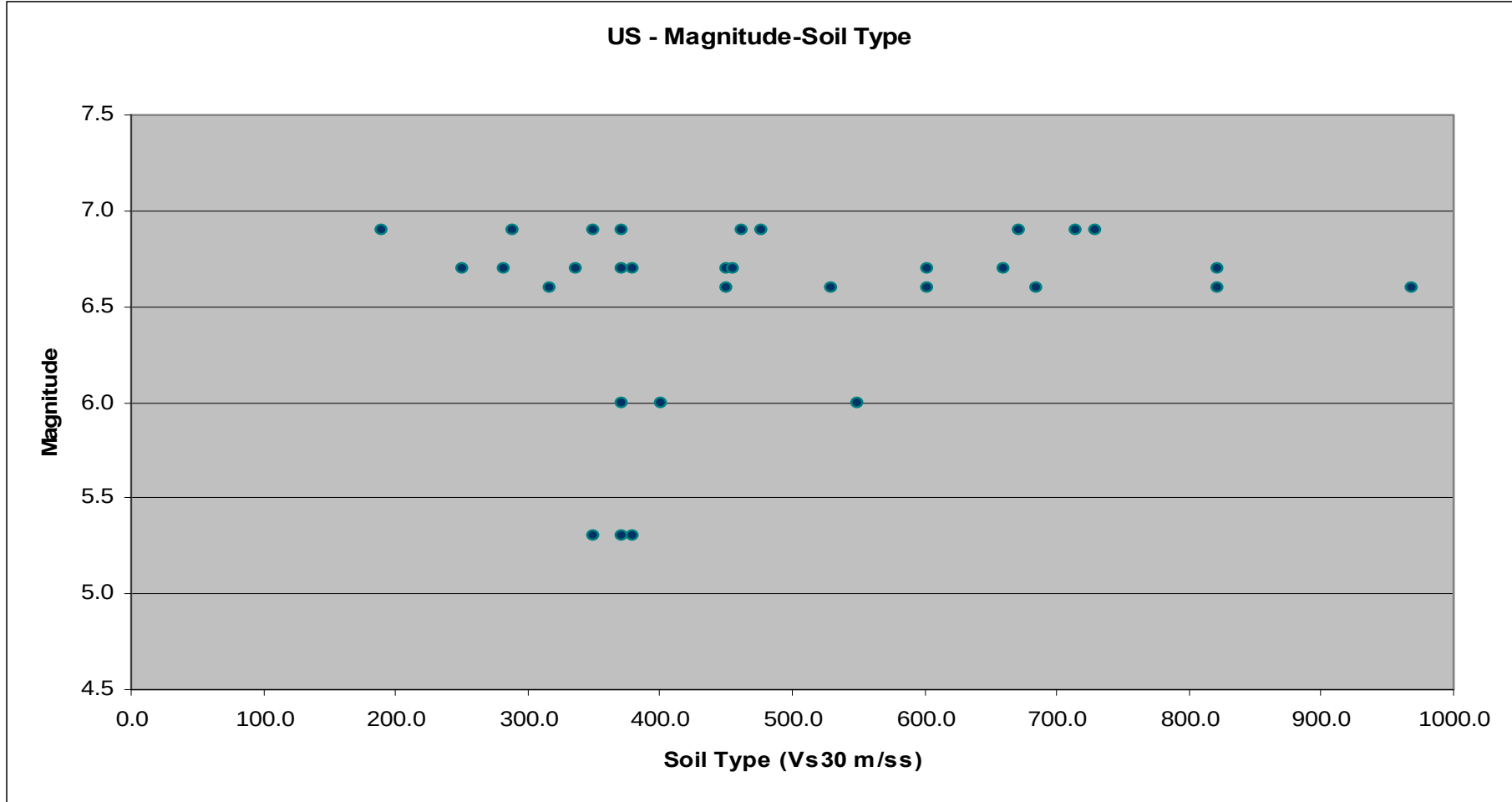
Şekil B.19 Türk Kuvvetli Yer Hareketlerinin Zemin Tipi-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı



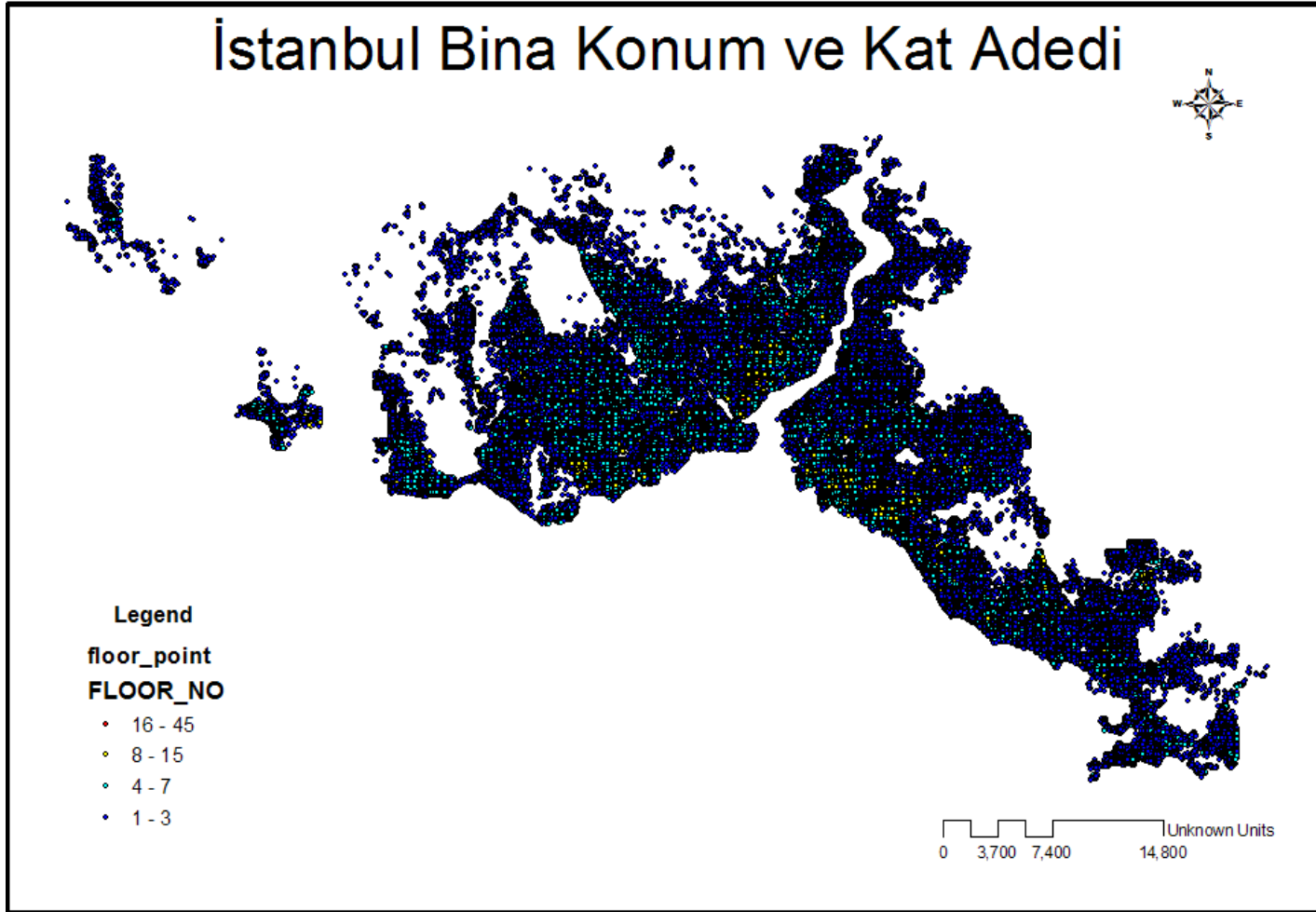
Şekil B.20 Batı Amerikan Kuvvetli Yer Hareketlerinin Zemin Tipi-Dış Merkez Uzaklığı Dağılımı



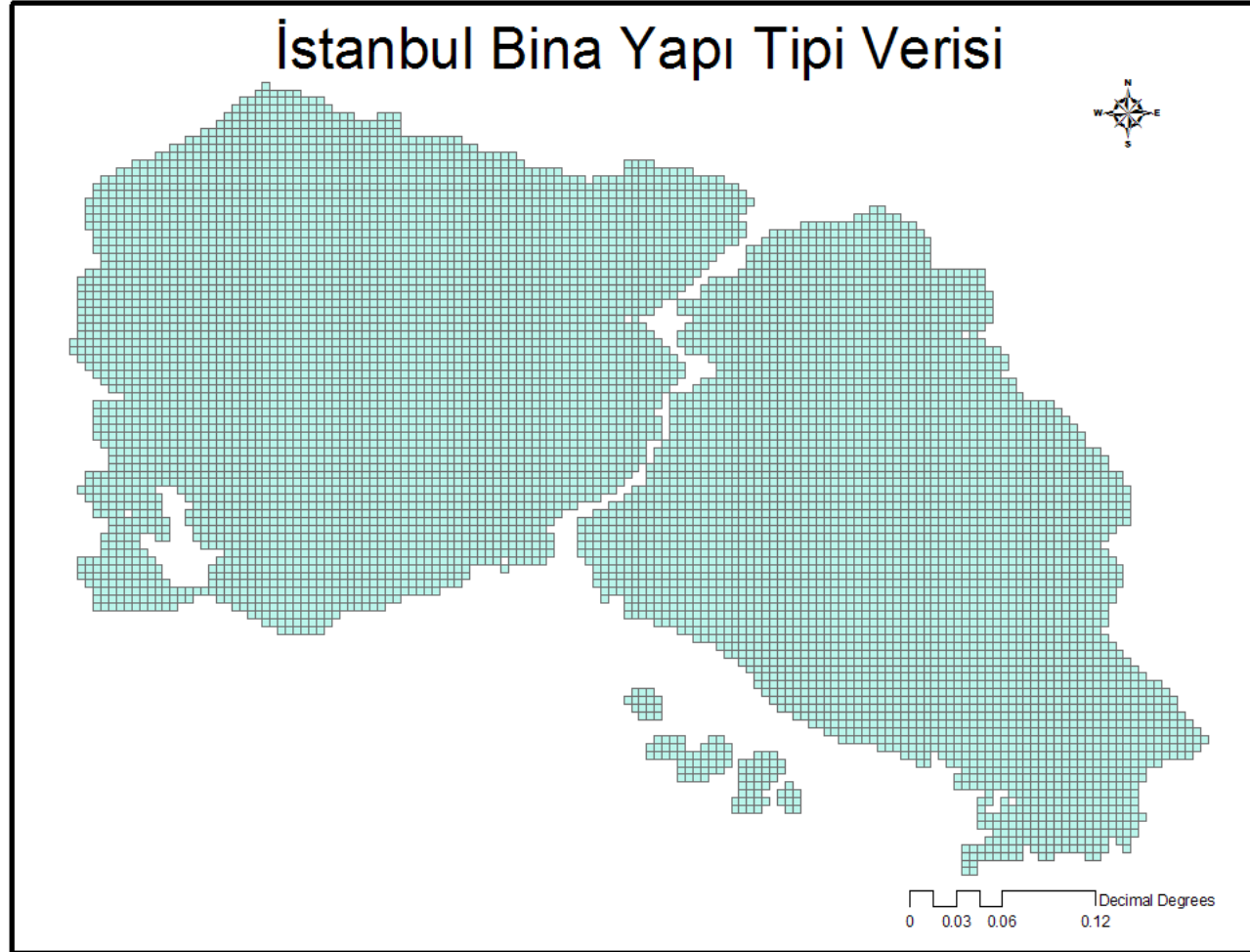
Şekil B.21 Türk Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Zemin Tipi Dağılımı



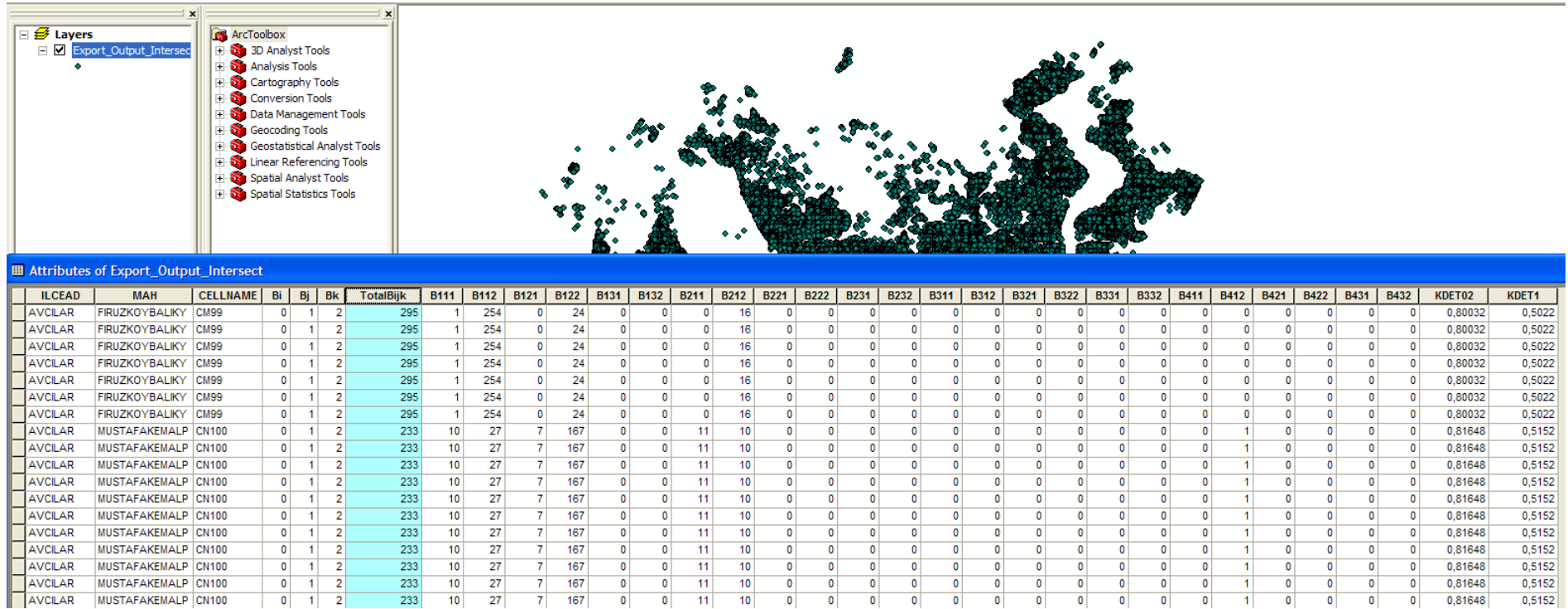
Şekil B.22 Batı Amerikan Kuvvetli Yer Hareketlerinin Deprem Büyüklüğü-Zemin Tipi Dağılımı



Şekil B.23 İstanbul Bina Konum ve Kat Adetleri Verisi (JICA, 2002)

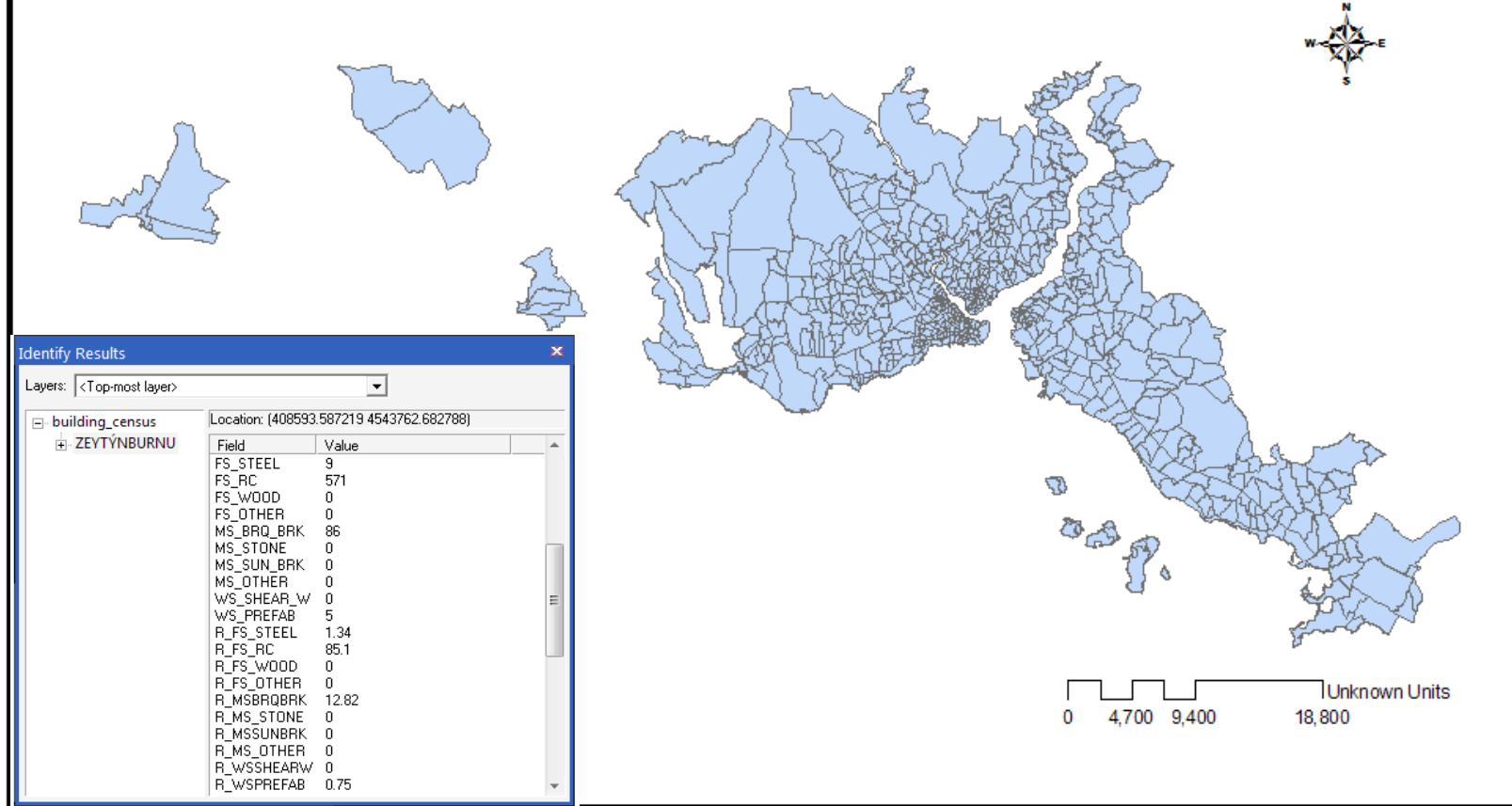


Şekil B.24 İstanbul Bina Yapı Tipleri Verisi (KOERI, 2002)

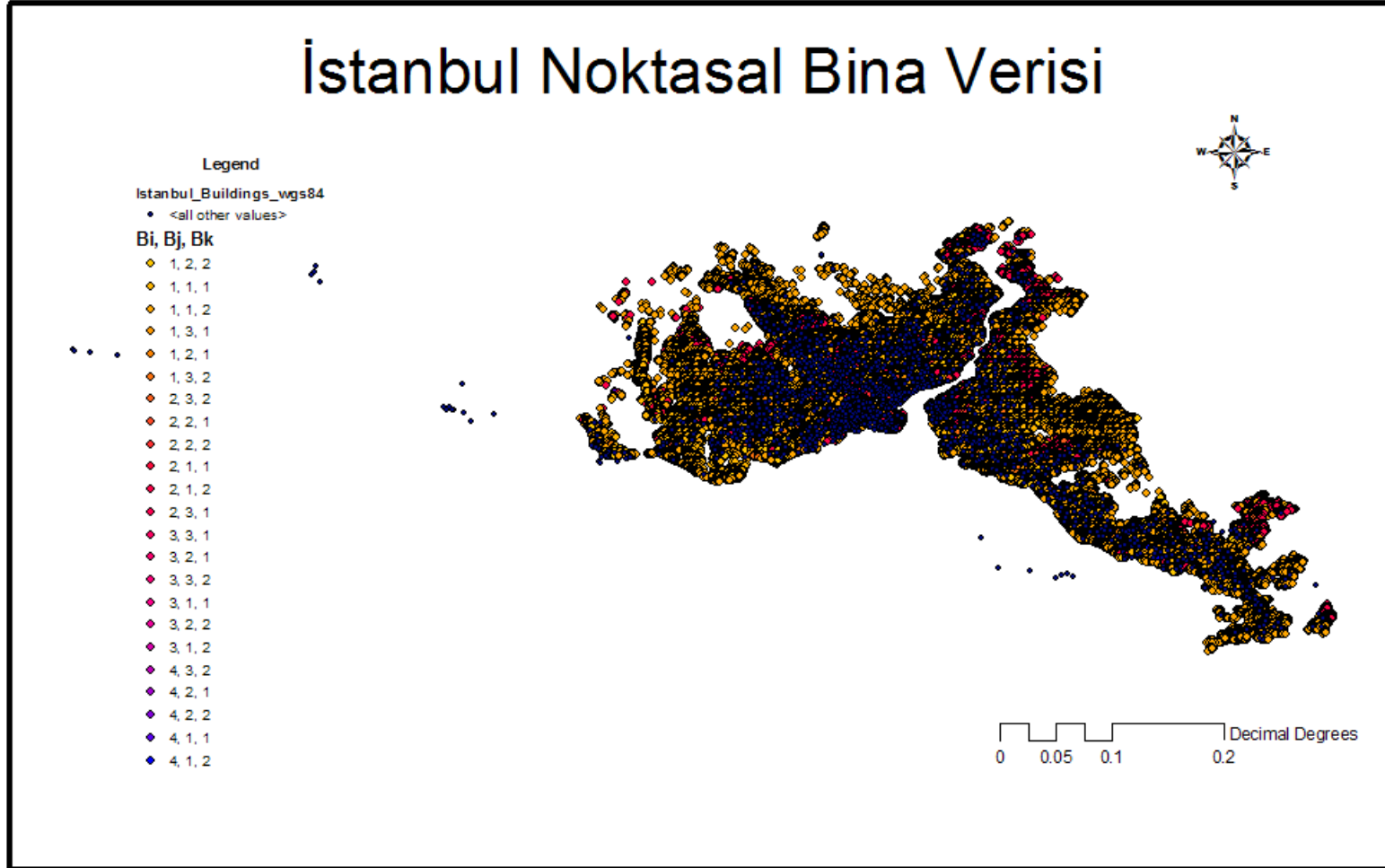


Şekil B.25 KOERI (2002) Veri Özniteliklerine Göre Yeniden Sınıflandırılan JICA (2002) Verisi

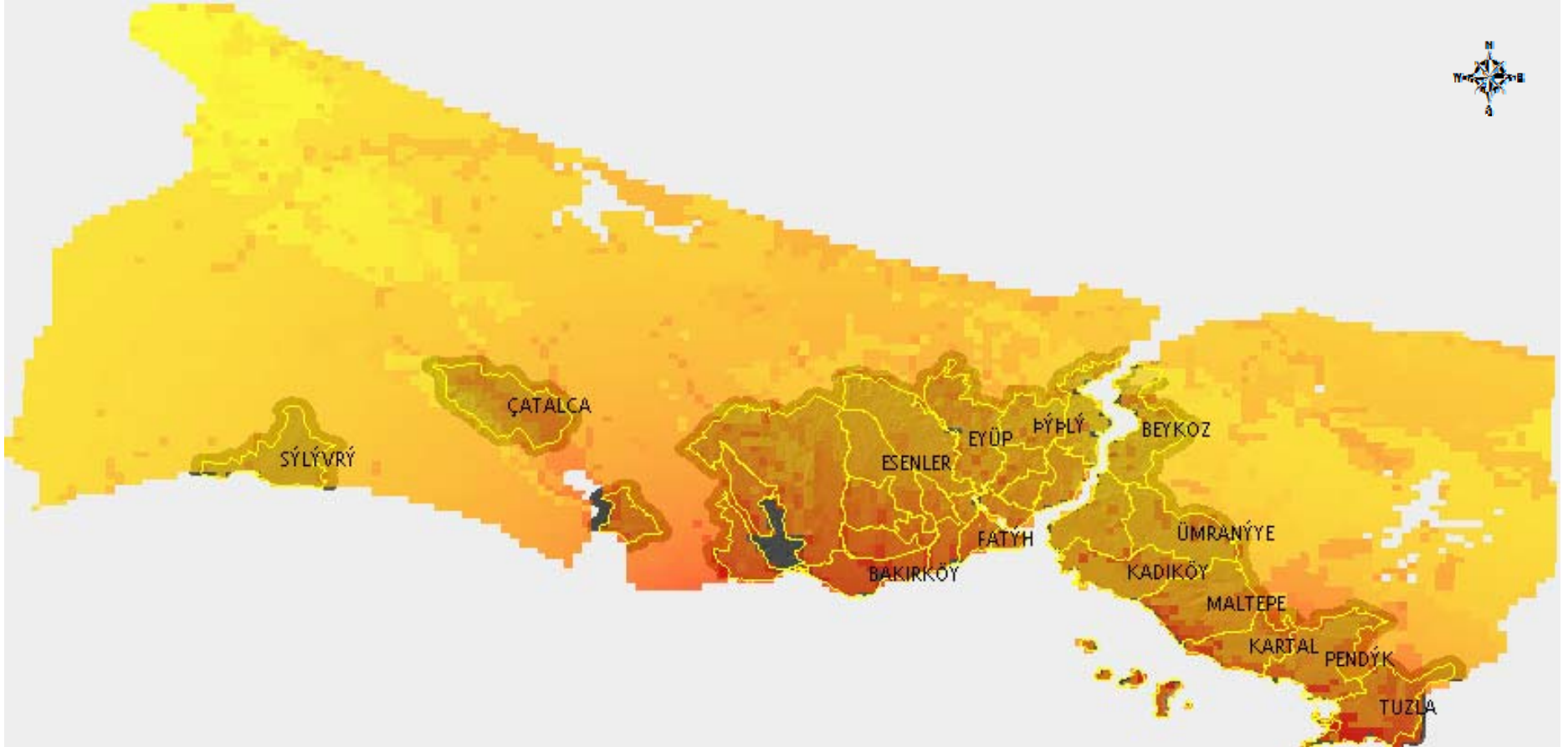
İstanbul Mahale Bazlı Bina Yapı Tipleri



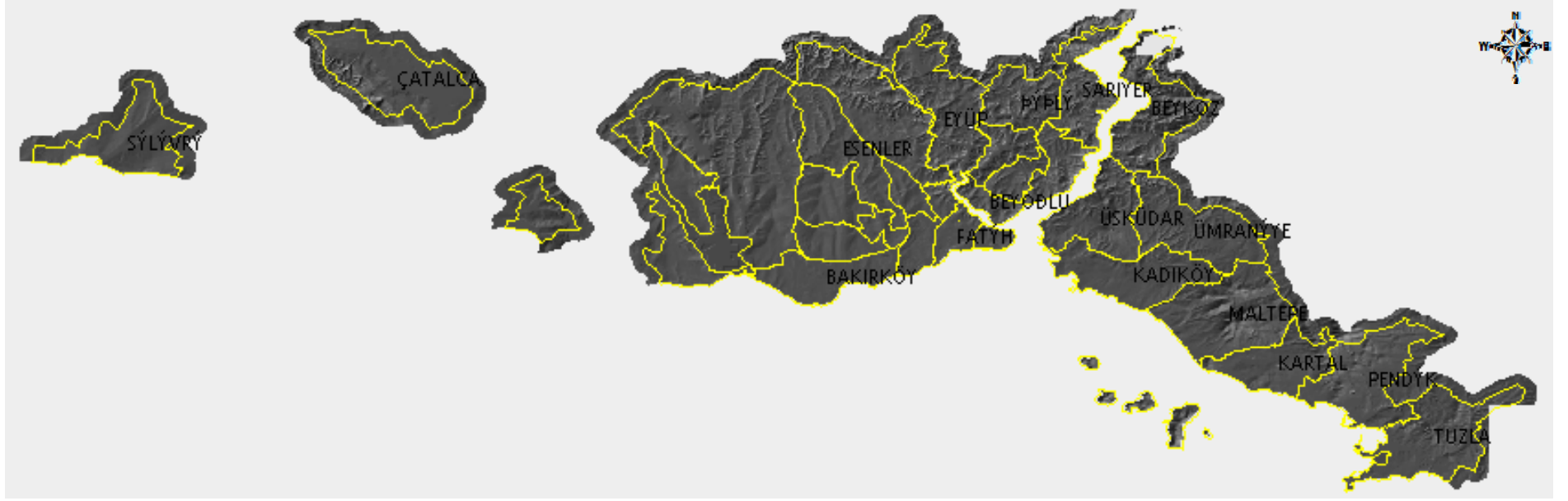
Şekil B.26 İstanbul için Mahalle Bazlı Bina Yapı Tipi Oranları (JICA, 2002)



Şekil B.27 Çalışma için Üretilen Noktasal İstanbul Bina Verisi



Şekil B.28 WGS84 Datumunda ve Coğrafi Koordinat Sisteminde Tanımlanmış ASCII Formatındaki Azalım İlişkisi Verisi



Şekil B.29 ASCII Raster Formatındaki JICA Eşyükselti Eğrilerinden Elde Edilen Sayısal Arazi Modeli

EK C. PROGRAM KODLARI VE EK ANALİZ RAPORLARI

TEZ ÇALIŞMASI BOYUNCA ÜRETİLEN VE KULLANILAN KODLAR

Tez çalışması boyunca oluşturulan ve kullanılan kodlar CD ortamında ek olarak verilmektedir. CD içerisinde bulunan dosyaların adları harflerle kodlanmış ve hangi dosyada hangi kodun bulunduğu aşağıda belirtilmiştir.

...\EK.C\KODLAR\

A - Yazılımın Türkçeleştirilmesi için Oluşturulan Kodlar

B - Tepki Veritabanı Oluşturulması ve Parametrik Kırılabilirlik Analizi için Kodlar

C - Kırılabilirlik Eşleme Dosyaları

D - Azalım İlişkilerini Çalıştıran Kodlar

E - Çalışma Kapsamında Düzenlenen Analizler için Kodlar

TEZ ÇALIŞMASI BOYUNCA ÜRETİLEN EK ANALİZ RAPORLARI

Tez çalışmasında yapılan ve tez içerisinde gösterilemeyen analiz sonuçları da CD ortamında ek olarak verilmektedir.

...\EK.C\RAPORLAR\

7.5 – Mw 7.5 Deprem Senaryosuna Göre Yapılan Analiz Raporları

7.7 - Mw 7.7 Deprem Senaryosuna Göre Yapılan Analiz Raporları

MAEVİZ EKLENTİLERİ

Temel CBS yazılım platformunun üzerinde bulunan eklentilerdir ve HAZTURK’i oluşturmaktadırlar. Bu eklentiler ncsa.gis.feature içerisinde biraraya getirilmişlerdir:

- ncsa.maeviz
 - Bu eklenti, kullanıcı arayüzü dışındaki, MAEviz’e ait olup genel CBS platformunda bulunmayan temel özellikleri sunmaktadır. Bunlar:
 - Kırılgenlik Veri Seti
 - İlave Birim Tipleri
 - Bu eklenti, MAEviz tarafından kullanılan pek çok temel sismik analizleri ve bunların veri şemalarını tanımlar. Aşağıda bu şemalar ve karşılık geldikleri analizler görülebilir. Analizlerle ilgili detaylı bilgiye Bilimsel Özellikler başlığından ulaşılabilir.
 - Köprü Hasarı (Restorasyonla birlikte)
 - ncsa.maeviz.analysises.BridgeRetrofitAnalysis
 - ncsa.maeviz.tasks.BridgeRetrofitTask
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.bridges.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeDamage.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeRetrofitCostResults.v1.0
 - Köprü İşlevselliği
 - ncsa.maeviz.analysises.BridgeFunctionality
 - ncsa.maeviz.tasks.ComputeBridgeFunctionality
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeFucntionality.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeFunctionalityResults.v1.0
 - Köprü Onarım Maliyeti
 - ncsa.maeviz.analysises.BridgeRepairCost
 - ncsa.maeviz.tasks.ComputeBridgeRepairCost

- İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeReplacementData.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeRepairCostResults.v1.0
- Köprü Restorasyon Maliyet/Kazanç Oranı
 - ncsa.maeviz.analyses.BridgeRetrofitCostBenefitRatioAnalysis
 - ncsa.maeviz.tasks.BridgeRetrofitCostBenefitRatioTask
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeRetrofitCostBenefitResult.v1.0
- Köprü Restorasyon Maliyet Tahmini
 - ncsa.maeviz.analyses.BridgeRetrofitCostEstimationAnalysis
 - ncsa.maeviz.tasks.BridgeRetrofitCostEstimationTask
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeRetrofitCost.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.bridgeRetrofitCostEstimationResult.v1.0
- Bina Maliyet/Kazanç Analizi
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingCostBenefitAnalysis.v1.0
 - ncsa.maeviz.tasks.BuildingCostBenefitTask.v1.0
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingCostBenefitResult.v1.0
- Bina hasarı (Restorasyonla birlikte)
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingRetrofitAnalysis
 - ncsa.maeviz.tasks.BuildingRetrofitTask
 - İlgili şemalar:

- ncsa.maeviz.schemas.MAEBuildingInventory.v1.0
- ncsa.maeviz.schemas.buildingInventoryVer4.v1.0
- ncsa.maeviz.schemas.buildingDamageVer4.v1.0
- ncsa.maeviz.schemas.maeBuildingDamage.v1.0
- ncsa.maeviz.schemas.maeBuildingDamage.v1.0
- Alana Göre Bina Hasarı
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingRetrofitByFieldAnalysis
 - (uses ncsa.maeviz.tasks.BuildingRetrofitTask -- olağan bina hasarıyla tanımlanmış)
 - (Bina Hasarıyla aynı şemalar kullanılmaktadır.
- Binalarda Ekonomik Kayıplar
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingEconomicLoss
 - ncsa.maeviz.tasks.ComputeBuildingEconomicLoss
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingEconomicLoss.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingEconomicLossVer4.v1.0
- Binalarda İçerik Hasarları ve Yapısal Olmayan Hasarlar (genelleştirilmiş)
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingNSContentDamage
 - ncsa.maeviz.tasks.ComputeBuildingNSContentDamage
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingNSContentDamage.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingNSContentDama

- Bina Onarımı Maliyet Analizi
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingRepairCostAnalysis
 - ncsa.maeviz.tasks.BuildingRepairCostTask
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingRepairCost.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingRepairCostResults
- Mali Etki Analizi
 - ncsa.maeviz.analyses.FiscalImpactAnalysis
 - ncsa.maeviz.tasks.FiscalImpactTask
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingFiscalImpactResults.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.propertyTaxRatePolygon
- Yapısal Olmayan Bileşen Hasarı (detaylı)
 - ncsa.maeviz.analyses.BuildingNSDamage
 - ncsa.maeviz.tasks.ComputeBuildingNSDamage
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.schemas.buildingNSFragilities.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.nsBuildingInventory.v1.0
 - ncsa.maeviz.schemas.nsBuildingInventoryDamage.v1.0
- ncsa.maeviz.ui
 - MAEviz’e özgü kullanıcı arayüzü kodu ve yukarıdaki analizleri çalıştırmak üzere sihirbaz kodunu içerir.
 - Analizle ilgili her sihirbaz o analizin adıyla anılmaktadır. ncsa.maeviz.ui.wizards.* altında veya plugin.xml dosyası içerisinde bulunabilirler.

- Belirli kullanıcı arayüzü görünümüleri tanımlanmıştır:
 - `ncsa.maeviz.ui.views.FragilitySetView` – tüm kırılganlıkların bir kırılganlık kümesi içerisinde gösterimi
 - `ncsa.maeviz.ui.views.FragilityView` – belirli bir kırılganlık eğrisinin gösterimi
 - `ncsa.maeviz.ui.views.ScenarioBrowser` – depolarda bulunan senaryoların bulunup yüklenmesi
 - `ncsa.maeviz.ui.views.TableView` – tablo görünümünün küçültülmüş eski versiyonu.
- Bu görünümelerde kullanılan her iş, `ncsa.maeviz.ui.actions` paketinde bulunmaktadır.
- Özel MAEviz işlevsellikleri için JFace Etiket ve İçerik sağlayıcıları `ncsa.maeviz.ui.providers` paketinde bulunmaktadır.
- `ncsa.maeviz.decisionsupport`
 - Bu eklenti, karar destek özniteliklerinin tanımlanmasında rol üstlenmektedir. Aşağıda yeni karar destek değişken kategorileri ve öznitelikleri, karar analizleri ve bu analizlerle ilişkili şemalar ekleyebilmek için sunulan genişleme noktalarıyla ilgili detaylar görülebilir.
 - Genişleme Noktaları
 - `ncsa.maeviz.decisionsupport.variableCategory` – kullanıcılara yeni değişken kategorileri ekleme olanağı sunmaktadır. (ör. maddi kayıp pek çok değişkene bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu işlem, matematiksel bir işleme bir değişken eklemek olarak açıklanabilir.)
 - `ncsa.maeviz.decisionsupport.deaths`
 - `ncsa.maeviz.decisionsupport.injuries`
 - `ncsa.maeviz.decisionsupport.functionloss`
 - `ncsa.maeviz.decisionsupport.totalmonetaryloss`
 - `ncsa.maeviz.decisionsupport.decisionAttribute` – Kullanıcılara, her karar destek özneliğinin arka planındaki işleyişi yürüten sınıflar tanımlama imkanı sunmaktadır. Kullanıcı arayüzü de kullanıcının

seçebileceği eldeki değişkenleri bu eklenti noktasına bakarak okumaktadır.

- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.InitialProjectCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.InitialStructuralCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.StructuralRepairCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.ASNonStructuralRepairCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.DSNonStructuralRepairCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.ContentLoss
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.DisruptionCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.RentalCost
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.FunctionLoss
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.IndoorInjuries
- ncsa.maeviz.decisionsupport.types.IndoorDeaths
- **Eşdeğer Maliyet Analizi**
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.analyses.EquivalentCostAnalysis
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.tasks.DecisionAnalysisTask
- **Çoklu Öznitelik Yararlılık Analizi**
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.analyses.MultiAttributeUtilityTheoryAnalysis
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.tasks.DecisionAnalysisTask
- İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingInitialStr

uctureCost.v1.0

- ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingInitialProjectCost.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingPercentOwnerOccupied.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingDisruptionCost.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingRentalCost.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingRecoveryTime.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingRecoveryTimeMultiplier.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingIndoorInjuryFractions.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.buildingIndoorDeathFractions.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.dsSimulationResultsTable.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.utilityFunctionTable.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.mautUtilitySummaryTable.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.ecaBuildingResults.v1.0
 - ncsa.maeviz.decisionsupport.schemas.mautBuildingResults.v1.0
- ncsa.maeviz.decisionsupport.ui
 - Karar analizlerine gereken girdileri sağlamak amacıyla kullanıcı arayüzüne özel kodu içerir.
 - Analizle ilgili her sihirbaz o analizin adıyla anılmaktadır. ncsa.maeviz.ui.wizards.* altında veya plugin.xml dosyası içerisinde bulunabilirler.

- ncsa.maeviz.hazard
 - Bu eklenti, paketlenmek üzere ilişkilendirilmiş afet verilerinin depolanması için yer belirtir. Aşağıda, MAEviz’e yeni azalım ilişkileri eklemek için kullanılan, MAEviz’de önceden tanımlı olan azalımları ve senaryo üretmek için bu azalımlardan yararlanan analizleri içeren genişleme noktası görülmektedir.
 - Azalım İlişkileri
 - İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.hazard.schemas.hazardEvent.v1.0 – kullanıcılar bir olay için hangi azalım ilişkilerinin hangi ağırlıklarda kullanılacağını tanımlayabilirler.
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuationTypes – MAEviz’e yeni azalım ilişkileri tanımlamak için genişleme noktası
 - StandardAttenuation, tüm azalım ilişkileri için bir sınıf özeti sunar. Azalımların temel analiz metodlarıyla ilişkisini sağlar.
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.AbrahamsonandSilva1997
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.AtkinsonBoore1995
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.BooreJoynerandFumal1997
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.BooreandAtkinson2006
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Campbell2002
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.CampbellandBozorgnia2003
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.CampbellBozorgnia2006
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.ChiouandYoungs2006
 - ncsa.maeviz.hazard.attenuations.FernandezRix2005 – TGIC bu azalım ilişkisini Fernandez ve

Rix 2007 olarak adlandırdığı için FernandezRix2007 olarak yeniden üretilmesi gereklidir fakat sistemde u adla kullanılmaktadır.

- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Frankel1996
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.KalkanAndGulkan2004
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Ozbey2004
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.SadighChangEganMakdisiYoung1997
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Somerville2001
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Spudich1999
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Toro1997
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.Ulusay2004
- ncsa.maeviz.hazard.attenuations.YoungsChiouSilvaHumphrey1997

- **Deprem Senaryo Analizi**

- ncsa.maeviz.hazard.analysis.ScenarioEarthquakeAnalysis
- ncsa.maeviz.hazard.tasks.ScenarioEarthquakeTask
- İlgili şemalar:
 - ncsa.maeviz.hazard.schemas.demSlopePolygon.v1.0 – afet senaryosunun yeryüzü eğim faktörüne göre vektör çıktısı
 - ncsa.maeviz.hazard.schemas.demSlopeRaster.v1.0 -- afet senaryosunun yeryüzü eğim faktörüne göre raster çıktısı

- ncsa.maeviz.hazard.ui
 - Afet analizleri için gereken girdileri sağlayacak kullanıcı arayüzüne özgü kodu içerir
 - Analizle ilgili her sihirbaz o analizin adıyla anılmaktadır. ncsa.maeviz.ui.wizards.* altında veya plugin.xml dosyası içerisinde

bulunabilirler.

- **ncsa.maeviz.duecpp**
 - Deterministik Kullanıcı Dengesi (DUE) Statik Trafik Tayin Modeli için şema ve sınıflar içermektedir.
 - Network veri kümesi içerisindeki çalıştırılabilir dosya için ağ girdileri ve kaynak-hedef girdileri gibi girdi dosyalarını oluşturur.
 - Çalıştırılabilir dosya C++'da oluşturulmuştur. Çalıştırılabilir dosyalar parçalar halinde depolanmaktadır:
 - ncsa.maeviz.duecpp.x86.win32: windows binary çalıştırılabilir dosya
 - ncsa.maeviz.duecpp.x86.linux: linux binary çalıştırılabilir dosya
 - Ağ Tabanlı Sismik Restorasyon analizi için kullanılmaktadır.
- **ncsa.maeviz.stm**
 - Ağ tabanlı Sismik Restorasyon Analizi için static trafik durum analiz metodlarını kullanarak oluşturulmuş şema, sınıflar ve sihirbazları içerir.
 - İki optimizasyon metodu içerir: genetic algoritma ve doğrudan optimizasyon.
- **ncsa.maeviz.lifeline**
 - Altyapıyla ilgili analizler için şemalar, sınıflar ve sihirbazlar içerir.
 - Her analiz plugin.xml dosyasında tanımlanmıştır. Aşağıdakilerin her birinde her analiz için bir kayıt bulunmaktadır:
 - plugin.xml – Her analiz sınıfı için bir imleç bulunur.
 - ncsa.maeviz.lifeline.analyses – analiz sınıfları burada bulunmaktadır.
 - ncsa.maeviz.lifeline.tasks – her analiz işin işlem adımları
 - ncsa.maeviz.lifeline.ui.wizards.* -- her analizin arayüz kısmı için sihirbaz kodu the wizard code for each analysis' UI portion
 - Bu eklenti aşağıda belirtilen analizleri tanımlamaktadır. Her birine plugin.xml dosyasında bulunarak veya daha önce sözü edilen paketlerle isimleri eşleştirilerek başvurulabilir.

- Yeraltı boru hattı hasarı
- Elektrik trafosu kaybı
- Su deposu hasarı
- `ncsa.maeviz.demo`
 - Açılışta otomatik olarak genel demo veri havuzuna bağlanmayı sağlayan kodu içermektedir.
 - Bağlantı için (`ncsa.maeviz.demo.startup.ConnectToPublicSam`) org. `eclipse.ui.startup` uzantısını kullanmaktadır.
- `ncsa.maeviz.socialscience`
 - Sosyal bilimler analizleri için analiz ve şamalar içerir.
 - Analiz sınıflarını isimleri diğer MAEviz eklentilerinde olduğu gibi tanımlanmıştır (`ncsa.maeviz.socialscience.analyses`, `ncsa.maeviz.socialscience.tasks`)
 - Tanımlı analizler:
 - Sosyal incinebilirlik
 - Yer değiştirme
- `ncsa.maeviz.socialscience.ui`
 - Sosyal bilimler analizlerini çalıştırmak için arayüz sihirbaz bileşenlerini tanımlar.
 - Sihirbazlar'ın `ncsa.maeviz.socialscience.ui.wizards.*` içerisinde tanımlanmışlardır.
- `ncsa.maeviz.rcp`
 - HAZTURK'ün çalışma aşamasındaki RCP uygulamasını denetler.

HAZTURK'ün özellik bazlı çalıştırılmasında, tanımı `maeviz.feature.rcp` 'dir.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Himmet Karaman

Doğum Yeri ve Tarihi: Kütahya, 26.11.1979

Adres: Çolak İsmail Sk. Adar Apt. 31/1, Suadiye, İstanbul, Turkey

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yüksek Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

Karaman, H., Sahin, M., Elnashai, A.S., "Earthquake Loss Assessment Features of MAEviz-ISTANBUL (HAZTURK)", Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12: 175-186 Suppl. 2 2008.

Karaman, H., Sahin, M., Elnashai, A.S., Pineda O.A., "Loss Assessment Study for Zeytinburnu District of Istanbul Using MAEviz-ISTANBUL (HAZTURK)", Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12: 187-198 Suppl. 2 2008.

Elnashai, A.S., Hampton, S., **Karaman, H.**, Lee, J-S., McLaren, T., Myers, J., Navarro, C., Sahin, M., Spencer, B., Tolbert, N., "Overview and Applications of MAEviz-Istanbul; HAZTURK", Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12: 100-108 Suppl. 2 2008.

Erdogan, S., Sahin, M., Yavasoglu, H., Tiryakioglu, I., Erden, T., **Karaman, H.**, Tari, E., Bilgi, S., Tuysuz, O., Baybura, T., Taktak, F., Telli, A.K., Gullu, M., Yilmaz, I., Gokalp, E., Boz, Y., "Monitoring of Deformations Along Burdur Fethiye Fault Zone With GPS" Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12: 109-118 Suppl. 2 2008.

Diğer dergilerde yayınlanan makaleler

Sahin, M., Alkan, R. M., **Karaman, H.**, Tari, E., "Future of GPS, GALILEO and GLONASS: An Overview", GIS Development Magazine, September-October 2005, Vol.1 Issue 5.

Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

Karaman, H., et. al., GIS Standards of Turkey based on Emergency Management, International Symposium on Geographic Information Systems, September 23-26, 2002, İstanbul, Turkey, pp 82-85.

- Yavaşoğlu, H., **Karaman, H.**, et. al., Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta Anadolu Bölümünün Gps Ölçmeleri ile Güncel Tektonik Özelliklerinin Belirlenmesi, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Altıncı Toplantısı (ATAG 6), 21-22 Kasım, 2002, Ankara
- Yavaşoğlu, H., **Karaman, H.**, et. al., Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta Anadolu Bölümünün Gps Ölçmeleri ile Güncel Tektonik Özelliklerinin Belirlenmesi, Kuvaterner Çalıştayı IV, 29-30 Mayıs, 2003, s31-36, İstanbul
- Yavaşoğlu H., Rüzgar G., Tarı E., Baykal O., Erturaç M.K., Çakmak R., Erden T., Ergintav S., İnce C.D., **Karaman H.**, Tarı U. & Tüysüz O., GPS measurements on the western Marmara of North Anatolian Fault segment, 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, 14-20 April 2004, V2 s901-903, Thessaloniki, Greece
- Yavaşoğlu H., Rüzgar G., Baykal O., Bilgi S., Çakmak R., Erden T., Ergintav S., İnce C.D, **Karaman H.**, Tarı E., Tarı U. & Tüysüz O., GPS measurements along the North Anatolian Fault Zone on the Mid-Anatolia segment, 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, 14-20 April 2004, V2 s904-907, Thessaloniki, Greece
- Karaman, H.**, Şahin, M., I.T.U. Campus Disaster Information System; Constitution of the Emergency Management Based Object Model and Construction of the Related Queries, Urban Data Management Symposium UDMS 2004, 27-29 October 2004, Chioggia, Venice, Italia, CD: Chapter 3.113.
- Şahin, M., Yavaşoğlu, H., **Karaman, H.**, et. al. GPS Measurements Along the North Anatolian Fault Zone on the Mid-Anatolia Segment, March, 2005, Spain
- Şahin, M., Tüysüz, O., Karaca, M., Tarı, E., Coşkun, Z., Erden, T., Yavaşoğlu, H., **Karaman, H.**, Bilgi, S., Güllü, M., Erdoğan, S., Taktak, F., Tiryakioğlu, I., Erdoğan, O., et. al. Monitoring of Deformations Along the Fethiye Burdur Fault Zone (Turkey) with GPS, March, 2005, Spain
- Karaman, H.**, Şahin, M., Step by Step Constitution of an Emergency Management Based Object Model and Database System on Linux for the I.T.U. Campus Disaster Information System, First International Symposium on Geo-information for Disaster Management (Gi4Dm), Delft, the Netherlands, March 21-23, 2005, pp 585-597.
- Alkan, R. M., **Karaman, H.**, Şahin, M., "GPS, GALILEO and GLONASS Satellite Navigation Systems & GPS Modernization", RAST 2005, 2nd International Conference on Recent Advances in Space Technologies, June 09-11, 2005, p.390-394, Istanbul, Turkey.
- Yavasoglu, H., Tari, E., Sahin, M., **Karaman, H.**, Erden, T., Bilgi, S., Erdogan, S., "Applications of Global Positioning System (GPS) in Geodynamics: With Three Examples From Turkey", RAST 2005, 2nd International Conference on Recent Advances in Space Technologies, June 09-11, 2005, p.385-389, Istanbul, Turkey.
- Karaman, H.**, Kırca, A.C., Günay, G., Şahin, M., "Development of GIS System Based on Emergency Management: A Case Study for ITU", Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, Sofia, Bulgaria, Proceedings Book p.663-669, November 3-4, 2005.

- Şahin, M., **Karaman, H.**, “Development of GIS Based Loss Estimation Program for Turkey”, Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, Sofia, Bulgaria, Proceedings Book p.570-575, November 3-4, 2005.
- Şahin, M., Uçar, D., Tari, E., İpbüker, C., Coşkun, Z., Musaoğlu, N., Kaya, Ş., Erden, T., **Karaman, H.**, Yavasoglu, H., Bilgi, S., Disaster Information System of TURKEY (TABIS): GIS Standards, Proceedings of 1st International Workshop on An Earthquake Loss Estimation Program for Turkey, pp.159-171, December, 1-2, 2005, Istanbul, Turkey.
- Şahin, M., **Karaman, H.**, Tari, E., Yavasoglu, H., Ünen, H.C., “Turkey Disaster Information System: A Case Study for Istanbul”, The International Emergency Management Society, 13th Annual Conference Proceedings, p.160-166, May 23-26, 2006, Seoul, South Korea.
- Şahin, M., **Karaman, H.**, “Developing an Earthquake Loss Estimation Program for Turkey”, The International Emergency Management Society, 13th Annual Conference Proceedings, p.102-106, May 23-26, 2006, Seoul, South Korea.
- Karaman H.**, Erden T., Sahin M., 2006, "Disaster and Emergency Management Activities in Turkey", TS 16 - Disaster Preparedness and Management, Shaping the Change XXIII FIG Congress, Munich, Germany, 8-13 October, 2006.
- Torun, K., Korkmaz, N., **Karaman, H.**, Yağcı, A., Yıldız, S.S., Özkan, A., Şahin, M., Tari, E., "Design of Istanbul Disaster Information System", International Symposium On Modern Technologies, Education And Professional Practice In Geodesy And Related Fields, Sofia, 09 - 10 November, 2006.
- Karaman, H.**, Şahin, M., Ünen, H.C., "Developing An Earthquake Loss Estimation Tool - HAZTURK - For Turkey", TIEMS 14th Annual Conference: Disaster Recovery and Relief - Current and Future Approaches, Split, Croatia, June 5-8, 2007, p446-455.
- Unen H.C., **Karaman H.**, Sahin M., “Disaster and Emergency Management Activities in the ITU Surveying Technique Division”, International Workshop on Natural Disasters and Emergency Management, Beijing, China, September 22-24, 2007.
- Şahin M., **Karaman H.**, Ünen H.C., “Türkiye İçin Deprem Hasar Analiz Programı Geliştirilmesi”, TMMOB Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, CBS 2007, 30 Ekim - 2 Kasım 2007, Trabzon.
- Karaman, H.**, Şahin, M., Elnashai, A.S., “Earthquake Loss Assessment Features of HAZTURK”, TIEMS 15th Annual Conference: Global Co-operation in Emergency and Disaster Management, Prague, Czech Republic, June 17-19, 2008, Natural Hazard Management Session in Proceedings CD. ISBN 978-90-9023299-7.