

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KULLANIM AMACI VE YAPI SINIFLARINDAKİ MEVCUT YAPILARIN
ONARIM-GÜÇLENDİRME VEYA YIKIM-YENİDEN YAPIM KARARLARININ
ALINMASININ TİPİK FONKSİYONLARDA KAMU İNŞAAT YAPIM
MALİYETLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARHAN TUĞŞAH GÜLERDİ

TEZ DANIŐMANI
DOÇ. DR. ÖZLEM ÇALIŞKAN

İKİNCİ TEZ DANIŐMANI
DR. KEREM PEKER

BİLECİK, 2025

10592785

T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KULLANIM AMACI VE YAPI SINIFLARINDAKİ MEVCUT YAPILARIN
ONARIM-GÜÇLENDİRME VEYA YIKIM-YENİDEN YAPIM KARARLARININ
ALINMASININ TİPİK FONKSİYONLARDA KAMU İNŞAAT YAPIM
MALİYETLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARHAN TUĞŞAH GÜLERDİ

TEZ DANIŐMANI

DOÇ. DR. ÖZLEM ÇALIŞKAN

İKİNCİ TEZ DANIŐMANI

DR. KEREM PEKER

BİLECİK, 2025

10592785

BEYAN

Farklı Kullanım Amacı ve Yapı Sınıflarındaki Mevcut Yapıların Onarım-Güçlendirme veya Yıkım-Yeniden Yapım Kararlarının Tipik Fonksiyonlarda Kamu İnşaat Yapım Maliyetleri ile İlişkilendirilmesi adlı yüksek lisans tezinin hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğumu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Bu çalışmanın, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.			
DESTEK ALINMIŞTIR	<input type="checkbox"/>	DESTEK ALINMAMIŞTIR	<input checked="" type="checkbox"/>
Destek alındı ise;			
Destekleyen kurum;			
Destegin Türü		Proje Numarası	
1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)			
2- TÜBİTAK			
Diğer;.....			
ETİK KURUL onayı var ise;			
ETİK KURUL karar tarih/sayı:	/.....	

Öğrenci Adı ve Soyadı

Tarhan Tuğşah GÜLERDİ

Tarih

.....

İmza

.....

ÖN SÖZ

Bu tez yeterli çalışmasının yazılmasında, çalışmamı sahiplenerek takip eden danışmanlarım Sayın Doç. Dr. Özlem ÇALIŞKAN ve Dr. Kerem PEKER'e, değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yüksek Lisans eğitimim süresince maddi manevi her türlü desteği sağlayan Erdemli Proje Müşavirlik şirketine, teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek Lisans eğitimim süresince çalışmalarımnda yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Kıvanç TAŞKIN'a, değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Beni bugünlere getiren başta Annem Emel GÜLERDİ, Babam Mustafa GÜLERDİ ve Eşim Havvanur GÜLERDİ olmak üzere eğitim boyunca desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Tarhan Tuğşah GÜLERDİ

2025

ÖZET

FARKLI KULLANIM AMACI VE YAPI SINIFLARINDAKİ MEVCUT YAPILARIN ONARIM-GÜÇLENDİRME VEYA YIKIM-YENİDEN YAPIM KARARLARININ ALINMASININ TİPİK FONKSİYONLARDA KAMU İNŞAAT YAPIM MALİYETLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Deprem öncesinde ve sonrasında mevcut zayıf yapıların yıkılıp yeniden inşa edilmesi veya güçlendirilmesi kararı pek çok parametreye bağlıdır; bunlardan biri de gerçekçi yeniden inşa maliyetinin tahminidir.

Bu çalışmada; yapıların hasar görebilirlik oranlarıyla alakalı literatür taramaları yapılmış, FEMA tarafından yayınlanan Hazus yöntemine göre yapı potansiyel hasar oranları ve bunun insana ve çevreye etkileri incelenmiştir. Konuyla ilgili yerel koşulları dikkate alan çalışmalar incelenmiş, çalışmada kullanılan hasar-kayıp olasılığı ve oranı tahmin yöntemi detaylarıyla açıklanmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye'de yaklaşık bina ve inşaat maliyetlerinin yıllık tahmin süreçleri ve bakanlıklar tarafından yayımlanan bina maliyetlerinin belirlenmesi süreci incelenmiş ve 1995-2024 yılları arası bina inşaat maliyetlerinin değişimi ele alınmıştır. Bu amaçla veriler derlenmiş, ilgili yılın döviz kuru bazında tahvili yapılmış, bugünkü döviz (\$) ve yerel para birimine (TL) göre normalize edilmiş, elde edilen değerler istatistiksel olarak incelenmiş, dağılımlar tespit edilmiş ve verilmiş 3 farklı güvenlik seviyesine göre önerilen değerler değerlendirilmiştir. Örnek olarak çelik endüstriyel yapı ve betonarme konut üzerinde olası hasar ve kayıplar araştırılmış ve yapının onarım-güçlendirme ve yıkım yeniden yapım kararı gerekçeleri ile gösterilmiştir. İnşaat sektöründeki maliyet değişimlerinden yapı yaşam döngüsü de amortisman bazlı göz önünde bulundurularak sonuçlar çıkarılmış ve farklı fonksiyonel yapılardaki yeniden inşa veya güçlendirme kararlarının alınmasında tahmin araçlarından Erdemli Hasar/Kayıp Tahmin Analizi (ERD-HKTA) metodu ile bu kararların verilmesi gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapım Maliyeti Tahminleri, Deprem Hasar Tahminleri, Onarım-Yeniden Yapım Kararı Alma.

ABSTRACT

RELATING REPAIR-STRENGTHENING OR DEMOLITION-RECONSTRUCTION DECISIONS FOR EXISTING STRUCTURES OF DIFFERENT USAGE PURPOSES AND BUILDING CLASSES TO PUBLIC CONSTRUCTION COSTS IN TYPICAL FUNCTIONS

The decision to demolish and reconstruct or strengthen structurally vulnerable buildings before and after an earthquake depends on numerous parameters, one of which is the realistic estimation of reconstruction costs.

In this study, a comprehensive literature review was conducted on the vulnerability rates of structures, and potential structural damage ratios, as well as their impacts on humans and the environment, were examined using the Hazus method published by FEMA. Studies that account for local conditions were also analyzed, and the damage-loss probability and ratio estimation method employed in this research was explained in detail. The study investigates the processes of annual estimation of approximate building and construction costs in Turkey and the determination of building costs published by Ministries. The changes in building construction costs between 1995 and 2024 were analyzed. For this purpose, the relevant data were compiled, converted based on exchange rates for the corresponding years, normalized to today's exchange rates (USD and TL), and statistically analyzed. The dispersions of these values were identified, and proposed values were evaluated for three different confidence levels. As case studies, potential damage and losses were examined for a steel industrial structure and a reinforced concrete residential structure, and the justifications for repair-strengthening versus demolition-reconstruction decisions were presented. The study derives results by incorporating cost changes in the construction sector with the building lifecycle, considering depreciation as a basis. It demonstrates the use of predictive tools, specifically the Erdemli Damage/Loss Estimation Analysis (ERD-HKTA) method, in decision-making processes for reconstruction or strengthening in various functional structures.

Keywords: Construction Cost Estimations, Earthquake Damage Forecasts, Repair-Reconstruction Decision Making.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖN SÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. YAŞAM DÖNGÜSÜ RİSK MALİYETLERİ.....	7
3.1. Toplam Maliyet Kavramı	7
3.1.1. Mevcut Binaların Tasarım Hedef Performans Seviyesi.....	7
3.1.2. Kabul Edilebilir Risk Seviyesi	9
3.1.3. Minimum Toplam Maliyet Seviyesi.....	10
3.2. Tasarımda ve Afetler Sonrasında Toplam Maliyet Temelli Karar Alma.....	12
3.2.1. Tasarım Sürecinde Maliyet Temelli Karar Alma	12
3.2.2. Afet Sonrası veya Öncesi Sürecinde Maliyet Temelli Karar Alma	12
3.3. Zaman Maliyeti ve Tasarım Ekonomik Ömür Tanımı	13
4. DEPREM HASARLARI	15
4.1. Deprem Tehlikesi	15
4.2. Deprem Şiddeti ve Hasar Oranı Tahminleri.....	16
4.3. Mevcut Yapıların Deprem Riskinin Uluslararası Yöntemlerle Değerlendirilmesi (HAZUS ve EMS-98)	23
4.4. Türkiye’de Hasar Oranı Tahmininde Kullanılabilir Diğer Yöntemler	26
4.4.1. ELER Yöntemi.....	27
4.4.2. SELENA Yöntemi	28
4.4.3. TELES Yöntemi	30

4.4.4. RADIUS Yöntemi.....	31
4.4.5. Erdemli HKTA Yöntemi.....	31
5. ÇEŞİTLİ FONKSİYONLARDA TİPİK YAPILAR İÇİN İNŞAAT YAPIM MALİYETİ BULUNMASI.....	35
5.1. İnşaat Maliyet Tahmin Yöntemleri.....	35
5.2. Kamu Kaynaklı Yapım Maliyetleri.....	36
5.3. Kamu Yatırımlarının Maliyet Tahmin Stratejisi	37
5.4. Türkiye'de Yayınlanan Yapı Birim Maliyetleri.....	39
5.5. Türkiye'de Vergi Tespiti İçin Kullanılan Maliyet Tahmin Stratejisi	40
5.6. Verilerin Değer Kaybına Göre Düzeltilmesi ve Boyutsuz Baza Getirilmesi.....	42
5.7. Verilerin Çeşitli Fonksiyonlarda Tipik Yapılar Açısından Genel Kullanım İçin Değerlendirilmesi.....	48
6. KARAR ALMA ÇALIŞMASI	51
6.1. Örnek Çalışma-1 (Betonarme Konut Yapısı)	52
6.1.1. Örnek 1-Dikkate Alınan Deprem Risk Seviyeleri	54
6.1.2. Örnek 1-Yapı Taşıyıcı Sistemi ve Fiziksel Değerlendirme Kriterleri	55
6.1.3. Örnek 1-Elde Edilen Kayıp ve Hasar Oranları	56
6.1.4. Örnek 1-Yeniden Yapım Maliyetinin Değerlendirilmesi.....	59
6.1.5. Örnek 1-Mevcut Kıyas Değerinin Tespit Edilmesi	59
6.1.6. Örnek 1-Karar Alma Amaçlı Kıyas Yapılması.....	60
6.2. Örnek Çalışma 2 (Çelik Endüstri Yapısı)	61
6.2.1. Örnek 2-Dikkate Alınan Deprem Risk Seviyeleri	64
6.2.2. Örnek 2-Yapı Taşıyıcı Sistemi ve Fiziksel Değerlendirme Kriterleri	64
6.2.3. Örnek 2-Elde Edilen Kayıp ve Hasar Oranları	65
6.2.4. Yeniden Yapım Maliyetinin Değerlendirilmesi.....	68
6.2.5. Örnek 2-Mevcut Kıyas Değerinin Tespit Edilmesi	69
6.2.6. Örnek 2-Karar Alma Amaçlı Kıyas Yapılması.....	69
7. SONUÇLAR	72
KAYNAKÇA	76
EKLER.....	81

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Betonarme Binalar için Güvenilirlik İndeksi Örneği	9
Tablo 3.2. Japonya'da Yıllık Risk Örnekleri	10
Tablo 4.1. Depremlerin İnsan, Nesne, Doğa ve Binalardaki Etkileri	22
Tablo 5.1. 2024 Yılı Bina Sınıflarına Göre Bakanlık Yapı Birim Fiyatları.....	40
Tablo 5.2. Vergi Değeri Belirleme İçin Sınıflandırma	41
Tablo 5.3. Bina Türleri ve Yaşlarına Göre Amortisman Oranları.....	42
Tablo 5.4. Bina Türlerine Göre 2024 Yılı Baz Alınarak %50, %95 ve %99 Güvenlikli Yapım Maliyetleri.....	50
Tablo 6.1. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası ve Maksimum Deprem Hasar Oranları	57
Tablo 6.2. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Maliyeti.....	57
Tablo 6.3. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Süresi	57
Tablo 6.4. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Servis Dışı Kalma Süresi	58
Tablo 6.5. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Bina İçi ve Dışı Yaralanma ve Can Kaybı Oranları.....	58
Tablo 6.6. Örnek 1-Parametrelere Göre Yeniden Yapım Maliyetinin Bulunması	59
Tablo 6.7. Örnek 1-Kayıp ve Fayda Oranları Analizi	60
Tablo 6.8. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası ve Maksimum Deprem Hasar Oranları	66
Tablo 6.9. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Maliyeti.....	67
Tablo 6.10. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Süresi	67

Tablo 6.11. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi İçin Birleştirilmiş Olası Servis Dışı Kalma Süresi	67
Tablo 6.12. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Bina İçi ve Dışı Yaralanma ve Can Kaybı Oranları.....	68
Tablo 6.13. Örnek 2-Parametrelere Göre Yeniden Yapım Maliyetinin Bulunması	69
Tablo 6.14. Örnek 2-Kayıp ve Fayda Oranları Analizi	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. 50 Yıl İçinde Maksimum Kat Ötelenmesi Y ile Güvenilirlik İndeksi β Arasındaki İlişki	9
Şekil 3.2. Monte Carlo Simülasyonlarıyla Toplam Maliyeti Elde Etmek İçin Analitik Akış ..	11
Şekil 4.1. Yapıların Hasar Görebilirlik Tablosu	19
Şekil 4.2. Yığma Yapılar için Hasar Dereceleri ve Tanımları.....	20
Şekil 4.3. Betonarme Yapılar için Hasar Dereceleri ve Tanımları	21
Şekil 4.4. Deprem Hasar Hissedilme Oranları.....	23
Şekil 4.5. Medyan $+B$ ve $-B$ Dağılımlarıyla Birlikte Bina Kapasite Eğri Örneği	24
Şekil 4.6. Mevcut Yapıların Deprem Riski Hesap Metodolojisi	26
Şekil 4.7. ELER Metodolojisi.....	28
Şekil 4.8. Tepki Spektrumu	29
Şekil 4.9. Kapasite-Tepki Spektrumu Kesişimi.....	29
Şekil 4.10. Yapı Kırılganlık Eğrileri	30
Şekil 4.11. TELES Süreci Akışı	31
Şekil 4.12. Erdemli HKTA Metodolojisi	33
Şekil 4.13. Erdemli HKTA Sismik Parametre Veri Giriş Ekranı	33
Şekil 4.14. Erdemli HKTA Bina Bilgi Giriş Ekranı	34
Şekil 5.1. İnşaat Maliyeti Tahmin Adımlarına Göre Mevcut Tasarım Verilerine Dayanan Zaman Bazlı Tolerans Grafiği.....	36
Şekil 5.2. Türkiye'de Yıllık Birim Fiyat Belirleme Süreci.....	39
Şekil 5.3. Yıllara Göre TÜFE Endeksinin Değişimi.....	43
Şekil 5.4. Yıllara Göre CPI Endeksinin Değişimi	43
Şekil 5.5. Yıllara Göre USD/TL Değerlerinin Değişimi.....	44
Şekil 5.6. Yıllara Göre Yapının Birim Maliyeti (TL/m ²).....	45
Şekil 5.7. Yıllara Göre Yapının Birim Maliyeti (\$/m ²).....	46

Şekil 5.8. Yıllara Göre Yapının Birim Maliyeti Tablosu (TL Enflasyon Arındırılmış)	46
Şekil 5.9. Yıllara Göre Yapının Birim Maliyeti Tablosu (\$ Enflasyon Arındırılmış)	47
Şekil 5.10. 2024 Yılına Göre Normalize Edilmiş Yapı Birim Maliyeti Tablosu (TL)	47
Şekil 5.11. 2024 Yılına Göre Normalize Edilmiş Yapı Birim Maliyeti Tablosu (\$).....	48
Şekil 5.12. Yıllar Bazında Verilerin Dağılım Fonksiyonu Olarak İncelenmesi	50
Şekil 6.1. Hazus Metoduna Göre Limit Hasar Oranlarının Sınıflandırılması	51
Şekil 6.2. Örnek 1-Ön Cepheden Alınan Cephe Fotoğrafı.....	52
Şekil 6.3. Örnek 1-Elde Edilen Projelerden Alınan Cephe Görünüşü	53
Şekil 6.4. Örnek 1-Elde Edilen Projelerden Alınan Kesit Görünüşleri.....	53
Şekil 6.5. Örnek 1-Elde Edilen Projelerden Alınan Kalıp Planı.....	54
Şekil 6.6. Örnek 1-Ara Birim Üzerinden Alınan Bina Depremsellik Riski Giriş Bilgileri.....	54
Şekil 6.7. Analizde Kullanılan Örnek-1 Yapısının Bilgileri.....	55
Şekil 6.8. Örnek 1-DD2 için Hasar Dağılım Olasılıkları	56
Şekil 6.9. Örnek 2-Ön Cephe Görüntüsü.....	62
Şekil 6.10. Örnek 2-Elde Edilen Projelerden Alınan Cephe Görünüşü	62
Şekil 6.11. Örnek 2-Elde Edilen Projelerden Alınan Plan Görünüşü	63
Şekil 6.12. Örnek 2-Ara Birim Üzerinden Alınan Bina Depremsellik Riski Giriş Bilgileri....	64
Şekil 6.13. Analizde Kullanılan Örnek-2 Yapısının Bilgileri.....	65
Şekil 6.14. Örnek 2-DD2 için Hasar Dağılımları Olasılıkları	66

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

- \$** : Amerikan Doları
- ABD** : Amerika Birleşik Devletleri
- AFAD**: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
- ATC**: Uygulamalı Teknoloji Konseyi
- BCIS** : Yapım Maliyeti Bilgi Servisi
- BNI** : Uluslararası İş Ağı
- C** : Çökme seviyesi
- C_f**: Bina hasar maliyeti
- C_{ini}**: İnşaat başlangıç maliyeti
- C_{los}** : Kayıp maliyeti
- C_{om}** : Onarım maliyeti
- CPI** : Dolar bazlı tüketici fiyat endeksi
- C_{prj}**: Toplam proje maliyeti
- C_{rep}** : Hasar onarım maliyeti
- C_{sfc}** : Bakanlıktan sosyal fonksiyon sınıfı taban maliyeti
- C_{spd}** : İş kaybı maliyeti
- C_{total}** : Bina toplam maliyeti
- C_{yy}** : Yeniden yapım maliyeti
- DD1** : Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1
- DD2** : Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2
- DD3** : Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3
- DD4** : Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4
- E** : Geniş hasar seviyesi
- ELER**: Deprem Kayıp Tahmin Programı
- EMS-98** : Avrupa Makrosismik Ölçeği

ERD HKTA: Erdemli Hasar/Kayıp Tahmin Analizi

FEMA : Federal Acil Durum Yönetim Kurumu

ICEC : Uluslararası Maliyet Mühendisliği Konseyi

İMO: İnşaat Mühendisleri Odası

M : Orta hasar seviyesi

m² : Metrekare

MMI : Modifiye Mercalli Şiddet Ölçeği

MSK : Medvedev-Sponheuer-Karnik Şiddet Ölçeği

NORSAR: Norveç Sismik Dizisi Vakfı

P : Olasılıklar

P_f : Hasarın meydana gelme olasılığı

PGA : Maksimum yer ivmesi

PGV: En Yüksek Hız Değeri

R : Binanın direnci

S : Hafif hasar seviyesi

S_a: Maksimum spektral ivme

S_d : Maksimum spektral deplasman

SEAOC: California Yapısal Mühendisler Birliği

B : Güvenlik endeksi

T.C. : Türkiye Cumhuriyeti

TBDY : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

TL : Türk Lirası

TÜFE : Tüketici Fiyat Endeksi

USD : Amerikan Doları

Y : Maksimum kat ötelenmesi

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, Türkiye'de önemli bir istihdam kaynağı sağlamakta olup ulusal yatırım için kilit bir ticaret sektörüdür (Artekin, 2023). Sadece yeni yatırımların ve planlamanın devamlılığı açısından değil mevcut yapı stoğunun bakım-yenileme ve yıkım-yeniden yapım işlemleri açısından da bu sektörün gelişmiş becerilere sahip olması ve planlama aşamalarının başarılı şekilde, yeterli ve kaliteli veriye dayanan biçimde yapılması azami önem taşır.

Bir inşaat projesi, yeni bir proje planlaması veya bakım-onarım projesi olsun, ilk adımı; bu işlemler için gerekli planlamanın sağlıklı biçimde yapılması, dolaylı olarak, finansal-insan kaynağı-araçlar-süresel kaynakların yeterliği ve uyumlu kullanımı için garanti altına alınması olmalıdır.

İnşaat projesi için maliyet tahmini ve planlama süreci, ön hazırlık aşamasında başlar. Bu aşamadaki maliyet tahmini, projenin gerçekleştirilmesi için gerekli bütçeyi belirleme ve çeşitli alternatiflerin karşılaştırılmasını kolaylaştırma amacını taşır. Bu amaçla çeşitli yöntemler ve veri tabanları kullanılır. Malzeme birim fiyatlarını belirleme ve bu birim fiyatları içeren farklı bina türleri için genel maliyet tahminlerini içerir. Ancak, mevcut verinin sınırlamaları, çeşitli parametrelerin inşaat maliyetine etkilerini anlamının iyi bir şekilde bilinmemesi ve bu amaçla verinin düzenlenmesine yönelik çalışmaların sınırlı olması gibi zorluklar bulunmaktadır (Coelho & Brito, 2011).

Standart bakım-onarım-yenileme projelerinde de yeni yapım projelerinde olduğu gibi maliyetin tahmini yeni yapılacak planlamanın belki de en önemli adımını oluşturur. Alınan tüm kararlar ve karşılaştırmalar yapım maliyeti ile karşılaştırılarak ilerleme sağlanır (Yaman & Taş, 2007). Depremler ve benzeri afetler sonrasında özellikle ekonomiye ciddi yük oluşturabilecek kararların da verilmesinde yapım maliyeti ana bir başlık olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, 2022-2023 depremleri, 2021-2022-2023 Karadeniz Bölgesi selleri gibi çok yakın zaman aralığı içinde gözlemlediğimiz ve çok yakın dönemler içinde gerçekleşen afetlerin ardından gelişen olaylarda da gördüğümüz gibi, ciddi yapı stoğu bulunan alanları etkileyen afetler etkisinde kalan yapı stoğunun dirençlilik gereği geri dönüşünün olabildiğince acil sağlanması hedeflense de; gerçekte merkezi otorite finans kaynaklı onarım-güçlendirme veya yıkım-yeniden yapım kararları ihtiyacına bir baz oluşturacak yöntem ve yaklaşımların incelenerek özetlenmesi, bir veri tabanı oluşturulması, değerlendirme ve karar alma metodolojisinin yapım maliyeti bazında tartışılmasıdır.

Bu çalışmada önerilen yöntem ve kaynaklar, katsayılar ve oranlar, kapsamlı bir literatür taraması temelinde elde edilmiş ve yapının zaman içinde değer kaybını da dikkate alarak ve hasar maliyetini kullanan toplam yapım maliyetleri bazında sunulmuştur. Bu amaçla fonksiyonel bina tipleri, sınıflar bazında toplam yapım maliyeti bazında özetlenmiş, risklerin tanımlanması, kabul edilebilir risk kavramı, risklerin ekonomik ömür ile amortisman bazında ilişkilendirilmiş, toplam maliyet bazlı karar alma ve özelde de olası deprem afeti sonrasında alınacak kararlar tartışılmış ve konu ile ilgili örnekler sunulmuştur. Maliyet bazlı karar alma değerlendirilirken alt bileşenlerin maliyet oranları üzerinde durulmamış ancak bunları toptan içeren toplam yapı maliyetleri üzerinde durulmuştur. Bunların bütün olarak yapı yaşam döngüsü maliyeti üzerine etkileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Tez çalışmasında sırasıyla önce konuyla alakalı literatür taraması yapılmış daha sonra toplam maliyet ve yaşam döngüsü maliyetleri üzerinde durulmuştur. Ülkemizde yapılarda meydana gelebilecek en büyük riskin deprem olduğu kabulü ile deprem şiddeti ve hasar tahmin metotları incelenmiştir.

Kamuda yayımlanan farklı kullanım amacındaki yapı birim maliyetlerinin yıllar içindeki değişimi incelenmiş, enflasyon ve döviz etkileriyle birlikte değerlendirilmiştir. Daha sonra hasar tahmin yöntemlerinde bahsedilen Erdemli Hasar/Kayıp Tahmin Analizi (HKTA) kullanılarak betonarme konut ve çelik endüstri yapılarının kayıp/hasar tahminlerine göre kamu tarafından yayımlanan maliyetler göz önünde bulundurularak onarım/yeniden yapım kararlarının nasıl verildiği açıklanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

California Yapısal Mühendisler Birliği tarafından yayımlanan raporda (SEAOC, 1995), performansa dayalı tasarımda halen yaygın olarak kullanılan dört performans seviyesi tanımlanmıştır. Bu seviyeler; kesintisiz kullanım, hemen kullanım, can güvenliği ve göçmenin önlenmesi olarak belirtilmiştir. Performansa dayalı tasarımda kritik bir husus, bu performans seviyelerinin mühendislik verilerine nasıl dönüştürüleceğidir. Yaygın olarak kabul edilen bir yöntem, bina performansının görece kat ötelenmeleri kullanılarak ölçülmesidir. (SEAOC, 1995) ve FEMA ((FEMA-273, 1997); (FEMA-274, 1997); (FEMA-356, 2000)) tarafından yayımlanan raporlar, yer değiştirmeye dayalı tasarımı vurgulamaktadır. Ancak, bu raporlar hedef performans seviyesine göre tasarım yapıldığında karşılaşılabilecek ekonomik kayıplara dair bilgi sunmamaktadır. Bu tür ekonomik kayıpların öngörülmesi ve performans seçiminde dikkate alınması, uzun vadede maliyet açısından verimli yapılar üretmek için önemlidir.

Whitman vd. (1973) tarafından San Fernando depreminde meydana gelen hasarı inceleyen çalışma, deprem hasarını standartlaştırmaya yönelik önemli bir çalışmadır. Bu çalışma, farklı deprem şiddetleri altında her bir hasar seviyesinin oluşma olasılığını dikkate alan ve bu hasar seviyelerine karşılık gelen hasar şiddetini temsil eden hasar çarpanlarının kullanılmasını önermiştir. Bu yaklaşım, daha sonra (ATC-13, 1985) tarafından 40 bina ve 78 tesisten oluşan bir grup üzerinde revize edilerek deprem hasar değerlendirmelerinde kullanılması için bir rapor olarak sunulmuştur.

FEMA raporları ((FEMA-227, 1992); (FEMA-228, 1992)) da (ATC-13, 1985)'te sunulan yaklaşıma benzer şekilde, deprem riski altındaki binalar için fayda-maliyet analizine ilişkin veri ve yöntemler sunmaktadır. Bu raporlar, farklı şiddetlerdeki depremlerden kaynaklanan hasar seviyelerini, çeşitli binalardan toplanan verilere dayanan hasar çarpanlarını ve diğer hasar parametrelerini (örneğin, yaralanma oranları, işlev kaybı süresi) göz önünde bulundurarak değerlendirmektedir. Bu raporların amacı, deprem veya benzeri bir tehlikenin neden olduğu hasar maliyetini minimize etmektir. Bu esnada; olayın zamanlaması, şiddeti ve süresi gibi belirsizlikler de hesaba katılmaktadır.

Kanda ve Ellingwood (1991) çalışmalarında, güvenilirliğe dayalı sismik tasarımın bina yönetmeliklerinde uygulanabilmesi için tasarım yükleri ve yük faktörleri önermişlerdir. Yapılan optimizasyon, minimum maliyet kriterine dayanmıştır.

Hendawi ve Frangopol (1994) malzeme davranışı, yük ve dayanım değişkenliği, yapısal hasar ve bileşen sayısı gibi faktörlerin binaların sismik güvenilirliği üzerindeki etkilerini

incelemişlerdir. Çalışmalarında, güvenilirliğe dayalı tasarımda kullanılmak üzere yapısal bileşenlerin standardize edilmesini hedeflemişlerdir.

Collins vd. (1996) çalışmalarında, binaların sismik güvenilirliği konusunu ele almışlar ve performans hedeflerinin hasar olasılıklarıyla ilişkili olarak belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışma, güvenilirlik ve maliyet arasındaki ilişkinin kurulmasının ve bunun bina yönetmeliklerine yansıtılmasının önemine işaret etmiştir.

Ang ve De Leon (1997), mevcut binalar için daha önce yapılmış olan fayda-maliyet analizlerini tasarım aşamasında kullanmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla, Mexico City ve Tokyo'daki betonarme binaların maliyet temelli tasarımına yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, deprem sonrası oluşan yapısal ve yapısal olmayan hasarlar, yaralanmalar ve can kayıpları da dikkate alınmıştır. Sonuçlar, toplam maliyeti ve optimum tasarımı en çok etkileyen maliyet bileşenlerinin yapısal ve yapısal olmayan hasarlara bağlı olduğunu göstermiştir.

Wen ve Foutch (1997), çalışmalarında bina güvenilirliği konusunu ele almışlar ve çeşitli öneriler sunmuşlardır. Performans hedeflerinin, depremin ardından yapısal tepkilerin belirli hasar seviyelerinde kalma olasılıklarına göre belirlenmesi gerektiğini vurgulamışlar ve performans hedefi seçiminde fayda-maliyet ilişkisine dikkat çekmişlerdir.

Bostancıoğlu (1999) çalışmasında kamu toplu konut yapımı maliyetlerinden yola çıkarak, yapım maliyetlerini çeşitli parametreler ile açıklamaya çalışmış ve bu çalışmalarında yapım sınıflarını ve kalite sınıflarını tanımlamış, parametrelerin kullanıldığı hesaplamalar ile tipik kamu tipi toplu konut binalarındaki maliyetlerin, gerçekleşen maliyetler ile kıyaslamasını yapmıştır.

Wen ve Kang (2001), istenen performans seviyesini makul bir maliyetle elde edebilmek için bina yaşam döngüsü maliyetinin ve yüklemdeki belirsizliklerin hesaba katılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu çalışmada, rüzgar ve/veya deprem gibi tehlikelerden kaynaklanan maddi kayıpların hesaplanmasına yönelik pratik bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yöntem, hasarın ardından yapılacak onarım ve yenileme maliyetleri ile dolaylı kayıpları (gelir kaybı, taşınma ve kira maliyetleri, yaralanmalar ve can kayıplarının yol açacağı maddi kayıplar) kapsamaktadır. Bu yaklaşımla bakım maliyetleri dışlanmış ve yalnızca binanın hizmet ömrü boyunca karşılaşılabileceği tehlikelerden kaynaklanacak mali kayıplar dikkate alınmıştır.

Arıkan vd. (2005), çalışmalarında çeşitli seviyelerde güçlendirilen yapıların öngörülen hasar oranlarına bağlı güçlendirme maliyetlerini \$ kuru bazında ve ekonomik ömür ile

ilişkilendirebilmek için bina yaşı bazında incelemişler ve öneri sınırlama değerleri üzerine yorumlar yapmışlardır.

ATC-58 (2012a; 2012b; 2012c) gibi hazırlanan kapsamlı raporlar, fayda-maliyet analizini ele alan ayrıntılı yöntemler sunmaktadır. Bu raporlar, performansa dayalı tasarımda maliyet parametresini ele almaktadır. Önerilen yöntemde, depremin meydana gelmesindeki belirsizlikler ve binanın bu depreme verdiği tepkiler göz önünde bulundurularak bina performansı ekonomik kayıplarla ilişkilendirilmektedir. Bu ekonomik kayıplar, hasarın doğrudan neden olduğu onarım ve yenileme maliyetlerinin yanı sıra, taşınma ve kira masrafları, gelir kaybı, varlık kaybı ve yaralanma veya can kaybından kaynaklanan maliyetler gibi dolaylı maliyetleri de içermektedir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için, deprem sonrası hasarın performans hasar seviyeleri ile ilişkilendirilebilmesi adına her bir yapısal elemanın kırılma niteliklerinin detaylı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu süreç, laboratuvar testleri, bu testlerin analitik değerlendirmeleri ve geçmiş depremlerle ilgili istatistiksel verilerin kullanımını içermektedir.

Shin ve Singh (2014), binaların sismik performansını geliştirmek amacıyla viskoz sönümleyicilerin kullanımını optimize etmeyi hedeflemişlerdir. Wen ve Foutch (1997) tarafından önerilen yaklaşımı kullanarak binanın yaşam döngüsü maliyetini hesaplamışlar ve viskoz sönümleyicilerin optimum kullanımını belirlemişlerdir. Bu yöntemde, farklı hasar seviyeleri ve sonuçları ile depremlerin oluşumundaki belirsizlikler göz önünde bulundurulmuştur.

Yılmaz (2016), yürüttüğü ve karar mekanizması üzerinde ciddi veri tabanı oluşturan tez çalışmasında algoritma üzerinde etkin parametreleri ve bunların etkinlik kalitelerini hem anket yöntemi ile hem de gerçek projelerden alınan veriler ışığında tartışmış ve maliyet tabanlı yaklaşımın yapı ekonomik ömür verileri ve değer kaybı olmaksızın kullanımının hatalı olacağını vurgulamıştır. Hasar sonrası veya olasılık olarak %40 benzeri sabit değerlerin değer kaybı limiti olarak kullanımının genel alışkanlık oluşunun verileriyle de bir yere dayandırılabilir olduğunu göstermiş ancak her durumun ayrı bir senaryo olarak çalışılması gerektiğini zira her durumun sayısal veriler ışığında pek çok sayısal veri ile ilişkilendirilemeyecek özel koşulu olabileceğini de vurgulamıştır.

Yılmaz vd. (2018), güçlendirme maliyetleri ilişkisini oluşturabilmek amacıyla ve uygulamada genel alışılmış eğilimleri anket yolu ile ortaya koymak amacıyla çeşitli parametrelerin incelenmesi üzerinde çalışmışlar ve tipik bir kısım yapı için güçlendirme birim maliyetleri sunmuşlardır.

Mutlu (2020), algoritmalar yardımıyla karar alma altyapısında etkin kullanılacak ve gerçek projelere dayanan karşılaştırmalar sunmuştur.

Gulmez (2021), yapım maliyetlerinin, bakanlıklar tarafından yıllık olarak yayınlanan veriler kullanılarak elde edilmesinin çeşitli parametreler ile desteklenmesi ve (Bostancıoğlu, 1999) çalışmasından daha gerçekçi, kamu dışı inşaat maliyetleri haline dönüştürülmesi konusunda bir yöntem önermiştir. Yöntem kapsamında, taşıyıcı sistem tipi, geoteknik bölge sınıfı, deprensellik ve beklenen performans sınıfı, malzeme ve işçilik kalitesi sınıfı, geometri ve kat sayısının etkisi, sistemin teknolojik ve elektromekanik beklentileri ve bakım ve işletme kalitesi, inşaat alanı değişimi etkisi ve zamana bağlı maliyet dağılımları başlıklarını birer parametre olarak tanımlamıştır.

Güneş ve Arslan (2021), “Depremden Etkilenen Betonarme Konutların Onarım/Yıkım Karar Sürecine Maliyetlerin Etkisi” isimli çalışmalarında deprem sonrasında hasar almış yapıların, maliyet hesaplama yöntemleri için bakanlıklar tarafından yayımlanan birim fiyatları esas almışlar ve yıkım kararına baz olabilecek ve ekonomik ömür (amortisman tanımlı) bazlı AFAD (RG, 31 Mayıs 2012-28309) tarafından kullanılan ve ağır hasar ve ötesi sınıflarını tanımlayan alışlagelmiş %35-40 değer kaybı veya hasar oranı (İMO Afet Hazırlık ve Müdahale Kurulu, 2016) gibi sabit değerler yerine, elamanlarda meydana gelmesi muhtemel veya oluşmuş olan hasar seviyesine bağlı ve yerinde hasar tespiti sonrası elde edilen değerleri esas almışlardır. Mevcut yapılarda Hazus metodolojisi ile hesaplanan değerlerin dikkate alınmasını da öneri olarak sunmuşlardır.

3. YAŞAM DÖNGÜSÜ RİSK MALİYETLERİ

İnşaat yapım sürecinde maliyet tahmini, sadece işin başında yapılmaktadır. Tasarım süreci ve imalat süreci boyunca alınan tasarım karar değişikliklerinin yapı maliyeti üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Bu durumda yapı fonksiyonları bazında oluşturulabilecek, toplamda bir tam yapı maliyetini oluşturan alt bileşenlerin her birinin maliyet oranlarının tasarımın en başından bilinmesi ve tasarım kararları ile bunlar üzerinde oluşturulan değişikliklerin bütün bir tasarım süreci boyunca takip edilmesi, planlanan ile gerçekleşen arasında daha sağlıklı bir ilişki kurulmasına yardımcı olacaktır (Minami, 2003).

3.1. Toplam Maliyet Kavramı

Binaların performans seviyelerinin belirlenmesinde dikkate alınması gereken birçok konu bulunmaktadır. Bu konuların bazıları aşağıda listelenmiş ve ilerleyen bölümlerde ele alınmıştır.

- * Mevcut Binaların Tasarım Hedef Performans Seviyesi
- * Kabul Edilebilir Risk Seviyesi
- * Minimum Toplam Maliyet Seviyesi (Hiraishi vd., 1998)

3.1.1. Mevcut Binaların Tasarım Hedef Performans Seviyesi

Deprem konusunda dünyada yapılan bilimsel çalışmaların büyük yoğunluğu Japonya, Tayvan, Avrupa Birliği, Meksika, Şili, Yeni Zellanda, Türkiye ve Amerika üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu ülkelerin konu üstünde çalışan ekipleri çoğunlukla çerçevesi ortak çizilmiş başlıklar altında benzer yöntemler kullanarak sonuçların tüm taraflar arasında değerlendirilebilir olmasını sağlamışlardır. Her ne kadar yerel parametrelerin çalışmaların üzerinde etkisi göz ardı edilemezse de lokal değişkenlerin yöntemlerle ilişkilendirmesi de ayrı bir çalışma başlığıdır. Bu sebeple bu ülkelerin tümünde kullanılan yöntemlerin diğerleri için de kullanılabilirliği her yıl konferans ve dergilerde yayınlanan çeşitli yayınlar ile gösterilmiştir (Demir, 2023a)

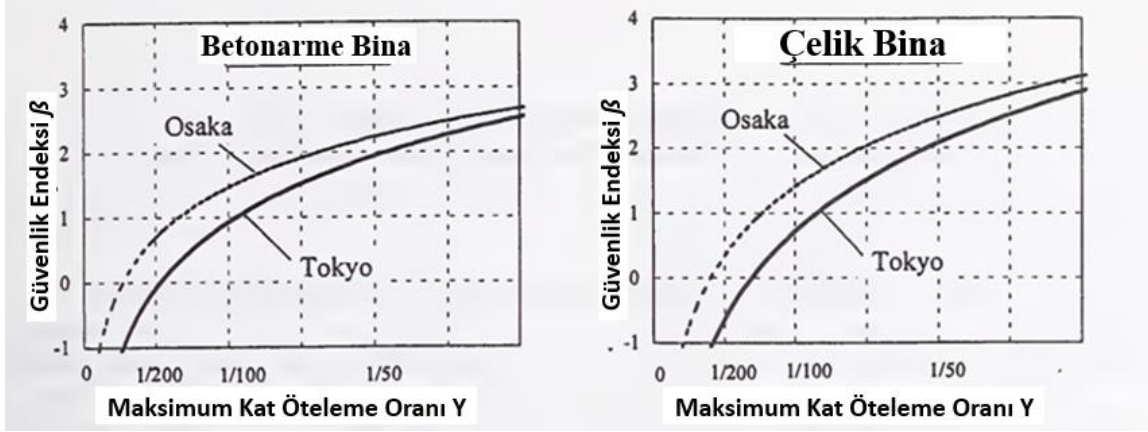
Toplam maliyet kavramı üzerinde özellikle yapı ekonomik ömrünün yaşam döngüsü sonu değerini sıfırladığı kabulü ile çalışma yürüten bir çalışmada (Mutlu, 2015) hedef performans olarak yapının ekonomik ömür sonuna dek işlevlerini sağladığı ve bunun sonunda ekonomik değerini hesap kolaylığı açısından tamamen kaybettiği kabulü vurgulanmıştır. Kamu bakış açısından bakıldığında ise (RG, 31 Ağustos 2023-32295) 50 yıllık bir ekonomik ömür

sonunda yapı kıymetinde modern yapılarda değer kaybının %40 ile sınırlı olduğu ve kalan değerinin yaklaşık %60 gibi olduğu öngörülür.

Japonya, Amerika ve Türkiye vb. gelişmiş deprem ülkelerinde, mevcut bina yönetmelikleri, büyük (şiddetli) bir deprem altında yaşam güvenliği gibi temel tasarım hedeflerine ulaşmak için tasarım ve analiz süreçlerini sunmaktadır. Bunun yanında talep edilen durumlarda daha ileri hedef seviyelerde yapı ve yapı içeriği performansı elde edilebilmesinin koşullarını modern yönetmelikler açıkça ortaya koymaktadır.

Aktif geçerli yönetmeliklerin çoğu, mevcut yapıların güvenlik seviyesini açıkça tanımlamasa da geçmiş depremlerin bina hasarını yansıtan birikimlerden oluşurlar. Bu nedenle, mevcut yönetmeliklere uygun olarak tasarlanmış olan mevcut binaların performans seviyesine referansla, yeni bir tasarım sürecinde binaların hedef performans seviyesini belirlemek oldukça makuldür.

Hedeflenen tasarım performans seviyesi, gelecekteki deprem hasarı olasılığı göz önünde bulundurularak incelenmelidir (Güneş ve Arslan, 2021). Gelecekteki deprem yüklerini tahmin etmede büyük belirsizlik olduğundan, mevcut binaların deprem güvenliği, bir bina ömrü boyunca güvenilirlik endeksi (β) gibi olasılıksal ölçümler açısından incelenmelidir. Örnek olarak alınabilecek bir kısım çalışmada Japonya için, maksimum kat görelî yer değiştirme oranı arasındaki ilişkiden, güvenilirlik endeksi β , tasarım kriterinin ve ekonomik ömrün bir işlevi olarak değerlendirildiği görülmüştür. Şekil 3.1, maksimum kat ötelenmesi Y ile güvenlik endeksi β arasındaki ilişkiyi sırasıyla betonarme ve çelik bina için göstermektedir. Tokyo bölgesinde güvenlik endeksi β genellikle Osaka bölgesinden daha küçüktür. Aynı bölgelerdeki betonarme binalar ile çelik binalar arasındaki güvenlik endekslerinin farkı çok büyük değildir. Bu da aslında sismik tehlikenin bölgeler bazında ve benzer hedef performanslar ile tasarlanmış yapılarda tutarlı olduğunu gösterir (Hiraishi vd., 1998).



Şekil 3.1. 50 Yıl İçinde Maksimum Kat Ötelenmesi Y ile Güvenilirlik İndeksi β Arasındaki İlişki

Kaynak: (Hiraishi vd., 1998: 247)

Hesaplanan sonuçlardan, binaların hedeflenen performansının ekonomik ömür ve risklerin farklı aşamaları için farklı güvenilirlik endeksleri ile tanımlanabileceği Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Betonarme Binalar için Güvenilirlik İndeksi Örneği

Performans Ögeleri	β^*
Beton Çatlağı	$\beta=0$
İkincil Eleman Hasarları	$\beta=1.0$
Yapısal Eleman Hasarları	$\beta=2.0$
Binanın Çökmesi	$\beta=3.0$
*Referans periyodu 50 yıldır	

Kaynak: (Hiraishi vd., 1998: 247)

3.1.2. Kabul Edilebilir Risk Seviyesi

Bir binanın direncini-dayanımını ve benzeri performans göstergelerini azaltırsak, deprem kaynaklı bina hasarıyla ilişkili risk artabilir. Dolayısıyla, insanların kabul edilebilir gördüğü risk ne kadar büyük olabilir veya bina türü yapıların farklı fonksiyonel sınıflar için hangi güvenlik seviyesi ile incelenmesi gerekir konusunun çok dikkatle tartışılması gerekir. Henüz bu bakış açısının sıradan deprem yönetmeliklerindeki tek temsilcisi yapı önem katsayısı olup aslında çok yakın dönemlere kadar hedef sadece can güvenliği olmuştur ve bunun ötesinde deprem sonrası aktif kalması gereken yapı fonksiyonları veya fonksiyonel yapı tipleri için yapı önemi ile önlemler önerilmiştir. Modern yönetmelikler için ise tanımlanmaya başlanan hedef performans tanımları arasında bu beklentileri karşılaması beklenen açıklamalar gittikçe daha kullanılabilir hale gelmektedir. Ancak güvenilirlik tanımı henüz net ve anlaşılır tanımlar ile günlük

deprem afetine karşı tasarımın bir konusu haline gelmemiştir. Günlük hayatta hastalık, trafik kazası vb. gibi potansiyel riskler "arka plan riski" olarak adlandırılır ve bu risklerin istatistiksel verileri çeşitli kaynaklardan toplanmıştır. Elde edilen veriler, ölümlerin nedenlerine, yıllara vb. göre kategorize edildiği bir risk veri tabanına özetlenmiştir. Japonya'da farklı nedenlere bağlı olarak oluşan yıllık ölüm oranları (riskler) bir referans olarak özetlenmiştir (Hiraishi vd., 1998). Bu değerler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Japonya'da Yıllık Risk Örnekleri

Risk Ögeleri	Yıllık Risk
Yangın	10^{-5} - 10^{-6}
Deprem	10^{-4} - 10^{-7}
İntihar	10^{-5}
Trafik Kazaları	10^{-4}
Hastalık	10^{-3} - 10^{-2}

Kaynak: (Hiraishi vd., 1998)

Benzer yaklaşımla ülkemizde de yıllık risklerin kayıt altına alınması kullanılabilir bir veri tabanı altında toplanması, tasarım açısından faydalı olabilir. Bu risklerin kayıt altına alınması sonrasında uluslararası kabul edilebilir bir standart desteği ile risk tanımları, kabul edilebilir veya edilemez sınırlarının tespiti önemli olacaktır.

3.1.3. Minimum Toplam Maliyet Seviyesi

Bir binanın ömrü boyunca toplam maliyeti genellikle Denklem 3.1'de verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (Hiraishi vd., 1998). Tasarım aşamasında bu eşitliğin değerlendirilmesi doğru ve hassas maliyet hesabı için önemli kabul edilmektedir. Tasarımın başında bu sayısal eşitlik kullanılarak tasarım alternatiflerinin gerçek toplam maliyetleri kıyaslanarak tasarım daha gerçekçi bir toplam maliyet tabanına oturtulabilir.

$$C_{total} = C_{ini}(R) + C_f(R)P_f(R) \quad (3.1)$$

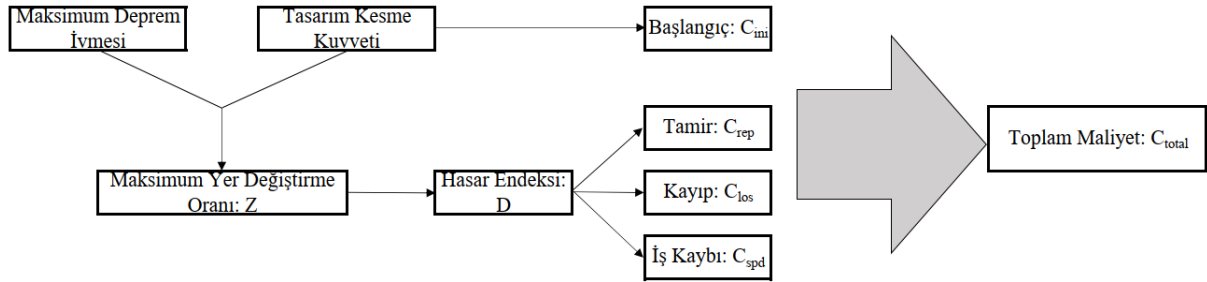
Burada, R binanın direncini temsil etmek için tasarım parametresidir, C_{total} toplam maliyeti, C_{ini} inşaat için başlangıç maliyetini, C_f hasar maliyetini ve P_f ise böyle bir hasarın meydana gelme olasılığını temsil eder.

Bu çalışmada, hasar maliyeti C_f 'nin üç farklı bileşenden oluştuğu varsayılacaktır. Denklem 3.2'de verilen eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$C_f = C_{rep} + C_{los} + C_{spd} \quad (3.2)$$

Burada, C_{rep} binanın hasarını onarma maliyetini, C_{los} içeriğin kaybıyla ilişkili maliyeti ve C_{spd} iş kaybı gibi ikincil hasarı dikkate alan maliyeti temsil eder. Başlangıç maliyeti, C_{ini} , R parametresinin basit bir fonksiyonu olduğu varsayılır ve hasar maliyetleri, C_{rep} , C_{los} ve C_{spd} maksimum kat kayma oranının bir fonksiyonları olarak modellenebilir.

Şekil 3.2 ile, ilgili çalışmada önerilen toplam maliyete ulaşmak amaçlı Monte-Carlo akış diyagramı yeniden derlenerek özetlenmiştir.



Şekil 3.2. Monte Carlo Simülasyonlarıyla Toplam Maliyeti Elde Etmek İçin Analitik Akış

Benzer çalışmalar farklı kaynaklar kullanılarak da yapılabilir. Amerikan Afet Yönetim Ajansının yöntemi olan Hazus bu kaynaklardan biridir. (FEMA, 2020) Avrupa kaynaklı verilerin baz alındığı ve benzer kapsama sahip EMS-98 yöntemi de uygun tanımları ve kullanım kolaylığı açısından baz alınabilir (Grünthal & European Seismological Commission, 1998).

Yeni yapılar için toplam maliyet tahmininde kullanılan hasar oranlarının hesaplanması için esas alınan yöntemler, (Güneş ve Arslan, 2021) çalışmamız kapsamında mevcut yapı için hasar maliyetleri hesaplanırken esas alınacak hasar oranlarının tanımlanmasında da kullanılabilir.

Örneklerde hem daha kolay erişilebilir olması hem de benzer çalışmaların kaynak olarak bulunabilmesi sebepleriyle, Hazus ve EMS-98 kaynaklı veriler olası hasar risklerinin tanımlanması amacıyla esas alınacaktır. Bir araç olarak detayları Bölüm 4.4.5’de verilen Erdemli HKTA aracı kullanılabilir.

İnsan hayatının kaybını hasar maliyetlerinin hesaplamasına dahil etmek oldukça hassas bir konudur. Elbette, insan hayatının kaybını hayat sigortası bedeli veya tazminat maliyeti gibi düşünmek mümkün olabilir. Ancak bu, insan hayatının bu tür maliyetlerle eşdeğer olduğu anlamına gelmez.

3.2. Tasarımda ve Afetler Sonrasında Toplam Maliyet Temelli Karar Alma

Tasarım sürecinde ve afetler sonrasında toplam maliyet temelli karar alma, yapı projelerinin başarısı ve sürdürülebilirliği için kritik bir stratejik yaklaşımdır. Bu yaklaşım, bilimsel temellere dayanarak, projelerin planlama, inşa, bakım ve afet sonrası müdahale aşamalarında ekonomik etkinliği ve dayanıklılığı artırmayı hedefler.

3.2.1. Tasarım Sürecinde Maliyet Temelli Karar Alma

Tasarım sürecinde toplam maliyet temelli karar alma, bir projenin yaşam döngüsü boyunca oluşabilecek tüm maliyetleri değerlendirmeyi amaçlar. Bu, sadece inşaat maliyetleri değil aynı zamanda işletme, bakım, enerji tüketimi ve sonraki yeniden yapım ve onarım gibi faktörleri de içerir. Bu yaklaşım, projelerin uzun vadeli ekonomik sürdürülebilirliğini artırarak, maliyet tasarrufu sağlamayı ve kaynakları etkili bir şekilde yönetmeyi hedefler.

Toplam maliyet temelli karar alma süreci, tasarımın erken aşamalarından itibaren başlar ve proje hayata geçirildikten sonra da devam eder. Maliyet etkilerini dikkate alarak tasarım kararları vermek, ilerleyen aşamalarda beklenmeyen maliyet artışlarını minimize etmeye yardımcı olur. Aynı zamanda, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik gibi faktörleri de içererek, sadece maliyet açısından değil, aynı zamanda çevresel etki açısından da dengeli bir yaklaşım sunar. Toplam maliyet esas alınarak tasarım aşamasından başlayarak çeşitli tasarım parametrelerinin dikkate alınması ve doğru bir toplam maliyet yaklaşımı için (Hiraishi vd., 1998) tarafından verilen kavrama ilave kullanılabilirlik iyi bir öneri Gulmez, (2021)'in çalışmasında verilmiştir.

3.2.2. Afet Sonrası veya Öncesi Sürecinde Maliyet Temelli Karar Alma

Afet durumlarında toplam maliyet temelli karar alma, afet öncesi ve sonrası planlamalarını içeren bir stratejik yaklaşımı ifade eder. Afet durumları, sadece insan yaşamını değil, aynı zamanda yapıları, altyapıyı ve ekonomik faaliyetleri de ciddi şekilde etkiler. Bu nedenle, afet risklerini minimize etmek ve afet sonrası toparlanma sürecini optimize etmek için toplam maliyet temelli bir planlama zorunludur (Güneş ve Arslan, 2021).

Afet durumlarında toplam maliyet temelli karar alma, önceden planlama, risk analizi, afet sonrası müdahale ve yeniden yapılanma aşamalarını içerir. Bu stratejik yaklaşım, afetlerin yol açabileceği maliyetleri önceden tahmin etmeye ve bu maliyetleri minimize etmeye odaklanarak, toplumları ve yapıları daha dirençli hale getirmeyi amaçlar.

Afet öncesinde erken aşamalarda maliyet etkilerini değerlendirmek, maliyet tasarrufu sağlamak açısından önemlidir. Afet durumlarında ise, toplam maliyet temelli karar alma stratejisi, afet öncesi planlamadan afet sonrası toparlanma sürecine kadar tüm aşamalarda etkin bir şekilde kullanılabilir.

Bu stratejik yaklaşımın benimsenmesi, yapıların dayanıklılığını artırabilir, ekonomik kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir ve toplumların afetlere daha iyi adapte olmalarına yardımcı olabilir. Dolayısıyla, tasarımda ve afetler sonrasında toplam maliyet temelli karar alma, sürdürülebilir ve dirençli bir gelecek inşa etmek için önemli bir adımdır (Güneş ve Arslan, 2021).

3.3. Zaman Maliyeti ve Tasarım Ekonomik Ömür Tanımı

Yapı tasarımı; mimari estetikten, mühendislik hesaplamalarına kadar bir dizi karmaşık unsuru içeren çok disiplinli bir süreçtir. Bu sürecin bir parçası olarak, zaman maliyeti ve ekonomik ömür kavramları, yapıların planlanması, inşa edilmesi ve bakımının sürdürülmesi aşamalarında kritik bir rol oynar. Zaman maliyeti ve ekonomik ömür kavramları üzerinde durularak, yapı tasarımının sürdürülebilirlik, verimlilik ve uzun vadeli başarı açısından nasıl etkili olduğu belirlenmelidir.

Zaman maliyeti, bir yapı projesinin belirli bir aşamasının tamamlanması için harcanan sürenin meydana getirdiği maliyeti ifade eder. Yapı sektöründe zaman, maliyetle doğrudan ilişkilidir; çünkü projenin tamamlanma süresi, genellikle işgücü, ekipman kullanımı ve diğer kaynakların maliyetini belirleyen önemli bir faktördür. Zamanın etkili bir şekilde yönetilmesi, proje bütçesinin kontrol edilmesini ve müşteri memnuniyetinin artırılmasını sağlar. Ancak, zamanın kötü yönetilmesi, ek maliyetlere ve proje başarısızlıklarına yol açabilir.

Ekonomik ömür, bir yapının inşa edilmesinden itibaren belirli bir süre boyunca, genellikle yıllarla ifade edilen bir zaman diliminde, ekonomik olarak etkin bir şekilde işlev görmesi olarak tanımlanır (Demir, 2023b). Yapı tasarımında ekonomik ömür, sadece inşaat aşamasını değil, aynı zamanda kullanım ömrü boyunca bakım, onarım ve enerji maliyetleri gibi faktörleri de içerir. Teoride amortisman sebepli değer azalması olarak adlandırılacak yapı yaşlanması ve ekonomik ömrünün sayısal olarak eksiltilmesi çeşitli kaynaklarda bahsedilmiştir (RG, 15 Mart 1972-14129), (Yılmaz, 2016), (Mutlu, 2020).

Uzun vadeli bir perspektiften bakıldığında, ekonomik ömür kavramı, sürdürülebilirlik ve çevresel etkilerle de bağlantılıdır. Bu nedenle, yapı tasarımında ekonomik ömür göz önünde bulundurulduğunda, mevcut yapıların kalan ekonomik ömrünün hesaplanması için basit bir araç

olarak amortisman tabloları (RG, 15 Mart 1972-14129), kullanılabilceği gibi, daha detaylı analizler de yapılabilir. Çeşitli çalışmalarda ekonomik ömrün sonunda yapı değerin tamamen ortadan kalkacağı esas alınmış olsa da (Mutlu, 2015) bu çok gerçekçi bir yaklaşım değildir ve bu tez kapsamında değer azalması kamu tarafından kabul gören (RG, 15 Mart 1972-14129), finansal bir araç olarak kullanılacaktır. Çevresel etkilerin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması gibi faktörler de uzun dönem analizlerinde etkin olarak önem kazanır (Kusar vd., 2013).

Zaman maliyeti ve ekonomik ömür arasındaki ilişki, projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar geçen süre zarfında, yapıların ne kadar süreyle etkin bir şekilde kullanılacağına dair stratejik planlamayı içerir. Doğru bir zaman planlaması, inşaat maliyetlerini minimize edebilir ve proje sona erdiğinde ekonomik ömrü artırabilir. Ayrıca, zamanında tamamlanan projeler, kullanıcıların ve yatırımcıların memnuniyetini artırarak gelecekteki iş fırsatlarını olumlu etkileyebilir (Kusar vd., 2013).

Zaman maliyeti ve ekonomik ömür kavramları, yapı tasarımının temel unsurlarıdır ve bir projenin başarısı için kritik öneme sahiptir. Zamanın etkili bir şekilde yönetilmesi, maliyet kontrolünü sağlar, ekonomik ömrü artırır ve sürdürülebilirlik hedeflerine katkıda bulunur. Bu nedenle, yapı tasarımında zaman maliyeti ve ekonomik ömrün dikkatlice planlanması, uzun vadeli başarı ve çevresel etkilerin minimize edilmesi açısından önemlidir (Kusar vd., 2013).

Arıkan vd., 2005, çalışmalarında önerdikleri yöntemler ile ekonomik öngörülen ömründen yaşlanma ve yıpranma sebebiyle kıymet kaybetmiş çeşitli seviyelerde hasar görmüş veya olası görececek yapıların Türkiye’de yaşanan geçmiş depremlerden elde edilen veri tabanları yardımıyla yıkım veya rehabilitasyon kararlarını dayandırabilecekleri bir yöntem önermişlerdir.

Bu çalışma kapsamında mevcut bir yapının onarım-güçlendirme veya yıkım-yeniden yapım kararının alınabilmesi için yürütülecek çalışma planlanırken, olası hasar riski yardımı ile hasar maliyeti hesaplanacak ancak insan can kaybı ve zaman maliyeti, süre kaybı konuları maliyet hesabı içerisine eklenmeyecektir. Hasar analizi yapılan tarih itibari ile yapının mevcut değeri ve kalan değeri hesabında ise amortisman tabloları kullanılacak ve kalan ekonomik ömür üzerinden yapı hasar maliyeti ve onarım bütçesi değerlendirilecektir.

4. DEPREM HASARLARI

Deprem hasarı, genellikle çeşitli faktörlerin karmaşıklığının bir sonucu olarak ortaya çıkar ve bu faktörler arasında depremin büyüklüğü ve derinliği, yerel topografya ve yapı stoğu gibi etkenler yer almaktadır. Bu unsurların etkileşimi, deprem maliyetinin sayısal büyüklüğünü belirlemede kritik bir rol oynamaktadır.

Depremin büyüklüğü ve derinliği, genellikle yüzey dalgaları ve diğer deprem dalgalarının taşıdığı enerjinin miktarını belirleyerek hasarı doğrudan etkiler (AFAD, 2024). Büyük depremler, genellikle daha büyük enerji salımına sahip olduklarından, çevredeki yapı ve altyapı üzerinde daha fazla etki yaratabilirler. Ayrıca, depremin derinliği de hasar üzerinde belirleyici bir faktördür; yüzeye daha yakın depremler genellikle daha fazla hasara yol açar. Doğal afetler, dünyada her bölgeye tesiri olan yıkıcı, maliyetli ve öngörülemez olaylardır (Bowman ve Foulser-Piggott, 2023).

Yapıların tasarım seviyeleri ve mevcut haldeki durumları da depremin yapılar üzerinde göstereceği şiddetinin derecelendirilmesinde önemli bir rol oynar. Depreme dayanıklı yapı tasarımı olan ve iyi bir mühendislik hizmeti almış yapılar genellikle daha az hasar alırken, daha eski olan ve yetersiz mühendislik hizmeti almış yapılar daha büyük risk taşımaktadır. Yapı malzemelerinin kalitesi, tasarımı ve yapısal dayanıklılığı, deprem sırasında yapıların maruz kaldığı deprem kuvvetlerine karşı dayanıklılığını belirlemede önemli faktörlerdir. Zemin koşulları da deprem zararlarını etkileyen bir diğer önemli faktördür. Yumuşak, gevşek topraklar deprem dalgalarının genliklerini artırabilir ve bu durum hasarın artmasına neden olur. Ayrıca, zemin sıvılaşması sonucu binaların yan yatması, göçmesi veya kullanılamaz hale gelmesine yol açabilir (Bowman ve Foulser-Piggott, 2023).

Deprem hasarı mühendislik, bilim ve sosyal bilimlerin entegre bir şekilde çalışmasını gerektirir. Deprem hasarını en aza indirme çabaları, depreme dayanıklı yapı tasarımı, erken uyarı sistemleri ve toplumda acil durum bilinci gibi stratejileri içermelidir. Ancak, depremlerin kaçınılmaz doğası göz önüne alındığında, toplumların etkili felaket yönetimi ve acil durum planlamasıyla hazırlıklı olmaları önemlidir.

4.1. Deprem Tehlikesi

Deprem tehlikesi birçok faktöre bağlı olarak etkilenmektedir. Bunlar;

- Zemin Koşulları

Zemin türü, deprem dalgalarının yayılma hızını ve etkisini belirler. Yumuşak zeminlerde dalgalardan daha fazla enerji iletilir, bu da yapısal hasar riskini artırır.

- Yapı Malzemesi

Kullanılan yapı malzemeleri, depreme karşı dayanımı etkiler. Esnek ve dayanıklı malzemeler, deprem sırasında daha az hasar görebilir.

- Yapı Tasarımı

Yapıların depreme dayanıklı olması için doğru tasarım prensiplerine uygun olmaları gerekir. Düşük ve yüksek frekanslı deprem dalgalarına karşı dayanıklı tasarımlar önemlidir.

- Yerel Yapı Standartları

Bölgesel deprem riskine bağlı olarak oluşturulan yapı standartları, yapıların depreme dayanıklılığını sağlamak amacıyla belirlenir.

- Bina Yaşı ve Bakım Durumu

Yapıların yaşı ve bakım durumu, deprem sırasındaki dayanıklılıklarını etkiler. İyi bakılmış ve güncellenmiş binalar, depreme karşı daha dayanıklı/dirençli olabilir.

- Yapısal Bağlantılar

Yapı elemanlarının birbirine nasıl bağlandığı, deprem sırasında oluşabilecek deformasyonları etkiler. Esnek bağlantılar, hasarı minimize etmeye yardımcı olabilir.

- Deprem Hareketinin Yönü

Deprem dalgalarının hareket yönü, yapıya etkilerini belirler. Farklı yönlerde karşı deprem dayanıklılığı yüksek tasarımlar, genel hasarı azaltabilir.

- Yapı Denetimi ve Onarım

Yapı denetimi ve düzenli onarımlar, olası hasarları tespit edip gidererek yapıların depreme karşı dayanıklılığını artırabilir.

Bu faktörlerin bir araya gelmesi, yapıların depreme karşı direncini belirler ve etkileyen çeşitli unsurların dikkate alınması, daha güvenli yapılar inşa etmek için önemlidir.

4.2. Deprem Şiddeti ve Hasar Oranı Tahminleri

Yapısal hasarlar ile deprem şiddeti arasındaki ilişki, sismik analiz ve deprem mühendisliğinde önemli bir konudur. Deprem şiddeti, sismik kaynaktan çıkan enerjinin bir ölçüsü olmakla birlikte, yapılar üzerindeki hasarı derecelendirmede de önemli bir rol oynamaktadır. Deprem şiddeti, Modifiye Mercalli Şiddet Ölçeği (MMI) veya Avrupa Makrosismik Ölçeği (Grünthal & European Seismological Commission, 1998) gibi çeşitli ölçekler kullanılarak belirlenir. Bu ölçekler, belirli alanlarda gözlenen deprem etkilerini ve

yapılar üzerinde oluşan hasar düzeyini sınıflandırır. Deprem bölgesinde yapılan gözlemler depremin şiddetini belirleme konusunda fikir vermektedir.

Medvedev-Sponheuer-Karnik (MSK) Şiddet Ölçeği: Depremlerin şiddetini belirlemek ve sınıflandırmak için kullanılan bir ölçek sistemidir. Bu ölçek, depremin etkilerini bireylerin hissettiği, yapıların üzerindeki hasar düzeyini ve diğer gözlemleri temel alır. MSK şiddet ölçeği 12 kademedir. Her kademe, depremin etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde tanımlar, bu da depremin genel şiddeti hakkında bilgi sağlar. MSK ölçeği, özellikle depremin sosyal ve yapısal etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılır, bu da depremin insanlar ve çevre üzerindeki etkilerini anlamak için önemlidir (Shebalin ve Aptikaev, 2003).

Modifiye Mercalli Şiddet Ölçeği (MMI): Depremin yerel etkilerini ve bu etkilerin şiddetini değerlendirmek için kullanılan bir ölçek sistemidir. MMI, I'den XII'ye kadar olan 12 kademedir ve her kademe, depremin etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde ifade eder. Bu ölçek, bireylerin depremi hissetme derecesinden binalardaki hasarın derecesine kadar bir dizi faktörü içerir. İnsanların hissettiği sarsıntıdan, yapıların ne kadar hasar gördüğüne kadar geniş bir yelpazede bilgi sağlar. MMI'nin avantajı, depremin etkilerini objektif bir şekilde değerlendirmek ve bu bilgileri afet yönetimi ve yapı güvenliği konularında kullanmak için bir temel sağlamasıdır. Bu ölçek, depremin toplum üzerindeki etkilerini anlamak ve uygun önlemleri almak için önemli bir araçtır (Wood ve Neumann, 1931).

Avrupa Makrosismik Ölçeği (EMS-98): Avrupa Makrosismik Ölçeği (Grünthal & European Seismological Commission, 1998), depremin yerel etkilerini değerlendirmek, sınıflandırmak ve bu etkilerin şiddetini belirlemek amacıyla özel olarak geliştirilmiş bir ölçek sistemidir. 1998 yılında kabul edilen bu ölçek, Avrupa genelinde depremlerin etkilerini ayrıntılı bir şekilde analiz etmek ve kayda geçirmek için kullanılmaktadır. EMS-98, sadece depremin şiddetini değil, aynı zamanda bu şiddetin yapılar üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla özel bir yapı özellikleri sınıflandırması içerir. Yapılar, ölçek üzerinde belirli kategorilere ayrılarak her bir kategoriye özgü hasar dağılımları belirlenir. Bu sınıflandırma, depremin neden olduğu hasarın tipini, şiddetini ve etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde anlamak için önemli bir araçtır.

EMS-98'in yapı özellikleri sınıflandırması, özellikle binaların inşaat malzemeleri, tasarım özellikleri ve yapısal özellikleri üzerinde odaklanır. Yapı özelliklerinin sınıflandırılması "Yapıların Hasar Görebilirliği" olarak adlandırılmıştır ve Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Bu sınıflandırma, yapıların depreme karşı direncini ve duyarlılığını belirlemede kritik bir rol oynar. Örneğin, yüksek binalar, esnek yapı tasarımları ve güçlendirme önlemleri ile daha dirençli olabilirken, eski veya kötü tasarlanmış yapılar daha fazla hasara açık olabilir.

EMS-98'i ayrıcalıklı kılan bir diğer özelliği ise yapı türüne göre hasar derecelerini de detaylıca sınıflandırılmış olmasıdır. Yığma yapılar için hasar dereceleri ve tanımları Şekil 4.2'de, betonarme yapılar için ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

Yapı özelliklerinin ve hasar derecelerinin sınıflandırılması, depremin etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi ve bu analizlere dayanarak yapı güvenliği standartlarını geliştirmeyi amaçlar. EMS-98'in bu özelliği, mühendislik ve yapı sektöründeki profesyonellerin, depremin yapısal etkilerini daha iyi anlamalarına ve gelecekteki inşaat projelerinde daha güvenli ve dayanıklı binalar inşa etmelerine yardımcı olur.

Bu yapı özellikleri sınıflandırması ve hasar dağılımları belirleme yeteneği, deprem sonrası acil durum müdahalesi için kritik bir öneme sahiptir. Hızlı bir şekilde belirlenen hasar dağılımları, kurtarma ekiplerinin acil durum müdahalelerini koordine etmelerine ve en acil ihtiyaçları belirlemelerine yardımcı olur. Ayrıca, bu bilgiler, afet yöneticilerine hasarın genişliğini değerlendirmek ve toplulukların iyileştirilmesi için gerekli kaynakları tahsis etmekte rehberlik sağlar.






EMS-98'in yapı özellikleri sınıflandırması, depremin etkilerini çok yönlü bir şekilde değerlendirme ve bu değerlendirmeleri kullanarak daha dirençli topluluklar oluşturma amacıyla yapılan araştırmalarda ve uygulamalarda önemli bir rol oynamaktadır.

Yapı Türü		Hasar Görebilirlik Sınıfı					
		A	B	C	D	E	F
Yığma Yapılar	Moloz taşı, tarla taşı ile yapılmış	■					
	Toprak tuğla (kerpiç) ile yapılmış		■				
	Basit taş ile yapılmış	■	■				
	Ağır taş ile yapılmış		■	■	■		
	Donatısız hazır taş bloklarla yapılmış	■	■	■			
	Sadece döşemeleri betonarme olan		■	■	■		
	Donatılı veya kuşatılmış			■	■	■	
Betonarme Yapılar	Depreme dayanıklı tasarımı (DDT) olmayan çerçevesi	■	■	■	■		
	Orta düzeyde DDT sahip çerçevesi		■	■	■	■	
	Yüksek düzeyde DDT olan çerçevesi			■	■	■	■
	DDT olmayan duvarlara sahip		■	■	■		
	Orta düzeyde DDT olan perde duvarlara sahip			■	■	■	
	Yüksek düzeyde DDT olan perde duvarlara sahip				■	■	■
Çelik	Çelik yapılar			■	■	■	■
Ahşap	Ahşap yapılar		■	■	■	■	

■	En muhtemel hasar görebilirlik sınıfı.
■	Muhtemel aralık.
■	Daha az muhtemel, istisnai durum aralığı.


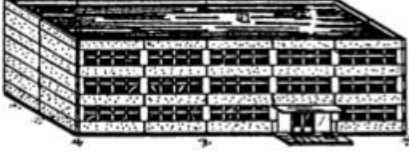



Şekil 4.1. Yapıların Hasar Görebilirlik Tablosu

Kaynak: (Grünthal & European Seismological Commission, 1998: 14)

Yığma Yapılarda Meydana Gelen Hasarın Sınıflandırılması	
	<p>1. Derece : İhmal edilebilir hafif hasar. (Yapısal hasar yok, hafif yapısal olmayan hasar.) Duvarda kılçak çatlaklar oluşur. Ufak sıva parçaları düşer. Nadiren gevşek taşlar düşer.</p>
	<p>2. Derece : Orta hasar. (Hafif yapısal hasar, orta derecede yapısal olmayan hasar.) Birçok duvarda çatlaklar oluşur. Oldukça büyük sıva parçaları düşer. Bacalar kısmen çöker.</p>
	<p>3. Derece : Ağır hasar. (orta derecede yapısal hasar, ağır yapısal olmayan hasar.) Çoğu duvarda büyük ve geniş çatlaklar oluşur. Çatı kiremitleri ayrılır. Çatı bacaları çöker. Bireysel yapısal olmayan elemanlar göçer.</p>
	<p>4. Derece : Çok ağır hasar. (Ağır yapısal hasar, çok ağır yapısal olmayan hasar.) Duvarlar ciddi şekilde yıkılır; çatı ve kısmi yapısal elemanlarda göçme oluşur.</p>
	<p>5. Derece : Göçme (Çok ağır yapısal hasar) Tamamen veya tama yakın göçme oluşur.</p>

Şekil 4.2. Yığma Yapılar için Hasar Dereceleri ve Tanımları

Kaynak: Grünthal & European Seismological Commission, 1998: 15)

Betonarme Binalarda Meydana Gelen Hasarın Sınıflandırılması	
	<p>1. Derece : İhmal edilebilir hafif hasar. (Yapısal hasar yok, hafif yapısal olmayan hasar.) Çerçeve elemanlarının üzerindeki sıvada veya tabandaki duvarlarda ince çatlaklar oluşur. Bölme ve dolgu duvarlarda ince çatlaklar oluşur.</p>
	<p>2. Derece : Orta hasar. (Hafif yapısal hasar, orta derecede yapısal olmayan hasar.) Kolon, giriş ve yapısal duvarlarda çatlaklar oluşur. Bölme ve dolgu duvarlarda çatlaklar; kaplama ve sıva harçları kısmen düşer.</p>
	<p>3. Derece : Ağır hasar. (orta derecede yapısal hasar, ağır yapısal olmayan hasar.) Zemin katta, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ve duvarların birleşimlerinde çatlaklar oluşur. Bölme ve dolgu duvarlarda büyük çatlaklar oluşur.</p>
	<p>4. Derece : Çok ağır hasar. (Ağır yapısal hasar, çok ağır yapısal olmayan hasar.) Yapısal elemanlarda betonda basınç kırılması ve donatı kopması olan büyük çatlaklar. Birkaç kolon veya tek bir üst kat göçmesi.</p>
	<p>5. Derece : Göçme (Çok ağır yapısal hasar) Zemin kat veya farklı bölümler göçer.</p>

Şekil 4.3. Betonarme Yapılar için Hasar Dereceleri ve Tanımları

Kaynak: (Grünthal & European Seismological Commission, 1998: 15)

EMS-98 şiddet derecelerinin detaylı tanımları 3 gruba ayrılarak verilmiştir.

Bu tanımlar;

- İnsanlar üzerindeki etkiler,
- Nesnelere ve doğaya üzerindeki etkiler,
- Binalarda oluşan hasarlar olarak gruplandırılmıştır.

EMS-98’ de verilen düzeylere (Grünthal & European Seismological Commission, 1998) göre depremlerin insan, nesne, doğa ve binalardaki etkileri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

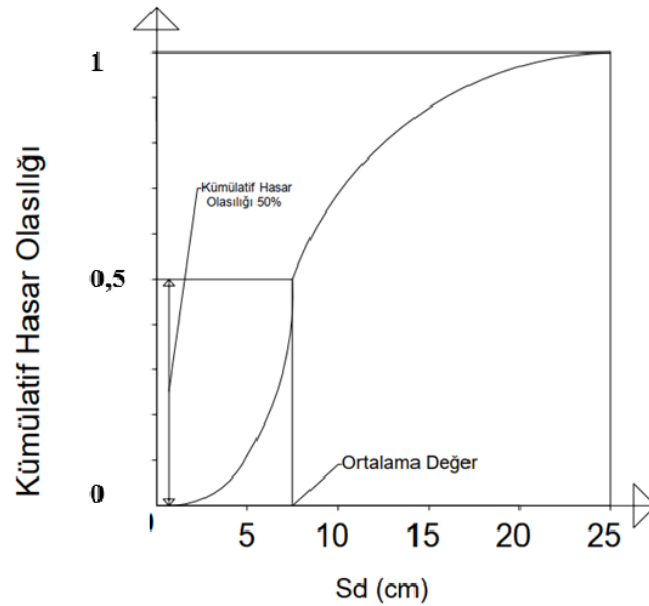
Tablo 4.1. Depremlerin İnsan, Nesne, Doğa ve Binalardaki Etkileri

	İnsanlar Üzerindeki Etkiler	Nesneler ve Doğa Üzerindeki Etkiler	Binalarda Oluşan Hasarlar
I. Hissedilmeyecek Düzey	Yok	Yok	Yok
II. Çok Az Hissedilebilir Düzey	İzole Durumlarda %1’ den az	Yok	Yok
III. Zayıf	Bina iç mekanda dinlenen insanlar hafif titreme hisseder.	Asılmış sabit nesnelere yavaş şekilde sallanır.	Yok
IV. Büyük Ölçüde Hissedilen Düzey	Birkaç kişi uykusundan uyanır. Titreşim Seviyesi tedirgin edici değildir. Kişiler hafif bir titreme ile sallandığını fark eder.	Kapı, pencere ve camlardan sesler gelir. Asılmış sabit nesnelere sallanır.	Yok
V. Güçlü	Bina içinde çoğunlukla, dışarda ise az kişi tarafından hissedilir. Uyuyan birçok insan uykusundan uyanır.	Asılı nesnelere büyük ölçüde sallanır sabitlenmemiş nesnelere yer değiştirebilir.	Hasar görebilirlik sınıfı A ve B olan binalarda 1. derecede hasar oluşabilir
VI. Hafif Hasar	Bina içinde çoğunlukla dışarda ise birkaç kişi tarafından hissedilir insanlarda denge kaybı yaşatabilir.	Asılı nesnelere eğer iyi sabitlenmemişse yere düşer ve mobilyalar yerinden oynayabilir cam eşyalar kırılabilir.	Hasar görebilirlik sınıfı A ve B olan birçok bina 1. derecede hasar görebilir birkaç A ve B sınıfı bina 2. derecede hasar görebilirken C sınıfı binaların birkaçı 1. derece hasar görebilir.
VII. Hasar	İnsanlar korkar ve dışarı koşmaya çalışır birçok kişi ayakta durmakta zorlanabilir.	Ağır mobilyalar devrilebilir. Raflardan çok sayıda eşya düşer. Havuzlardan sular taşar.	A sınıfı birçok bina 3. derece birkaç ise 4. derece; B sınıfı birçok bina 2. derece birkaçı ise 3. derece; C sınıfı birkaç bina 2. derece D sınıfı birkaç bina 1. derece hasarla karşı karşıyadır.
VIII. Ağır Hasar	Çoğu insan dışarda ayakta durmakta bile zorlanır.	Tüm eşyalar yere düşebilir ve yumuşak zeminlerde dalgalanmalar olabilir.	A sınıfı birçok bina 4. derece birkaçı ise 5. derece; B sınıfı birçok bina 3. derece birkaçı ise 4. derece; C sınıfı birçok bina 2. derece birkaçı ise 3. derece; D sınıfı birkaç bina 2. derece hasarla karşı karşıyadır.
IX. Yıkıcı	Panik hale oluşur, insanlar yere düşebilir.	Anıt ve sütun düşer veya bükülür.	A sınıfı birçok bina 5. derece; B sınıfı birçok bina 4. derece birkaçı ise 5. derece; C sınıfı birçok bina 3. derece birkaçı ise 4. derece; D sınıfı birçok bina 2. derece birkaçı ise 3. derece; E sınıfı birkaç bina 2. derece hasarla karşı karşıyadır.
X. Çok Yıkıcı	Maksimum etki	Maksimum etki	A sınıfı çoğu bina 5. derece; B sınıfı birçok bina 5. derece; C sınıfı birçok bina 4. derece birkaçı ise 5. derece; D sınıfı birçok bina 3. derece birkaçı ise 4. derece; E sınıfı birçok bina 2. derece birkaçı ise 3. derece; F sınıfı birkaç bina 2. derece hasarla karşı karşıyadır.
XI. Bölgesel Göçme	Maksimum etki	Maksimum etki	B sınıfı çoğu bina 5. derece; C sınıfı çoğu bina 4. derece birçoğu ise 5. derece; D sınıfı birçok bina 4. derece birkaçı ise 5. derece; E sınıfı birçok bina 3. derece birkaçı ise 4. derece; F sınıfı birkaç bina 2. derece birkaçı ise 3. derece hasarla karşı karşıyadır.
Tamamen Göçme	Maksimum etki	Maksimum etki	A, B ve C sınıfı tüm binaları yerle bir olur D, E ve F sınıfı binaların çoğu yıkılır.

4.3. Mevcut Yapıların Deprem Riskinin Uluslararası Yöntemlerle Değerlendirilmesi (Hazus ve EMS-98)

Yapılar, buldukları bölgenin deprem koşullarına göre tasarlanır ve tasarım sürecinde bu yapılar için hedef performans seviyeleri belirlenir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne göre konut binaları için belirlenen hedef performans seviyesi "Kontrollü Hasardır" (TBDY, 2018). Yıkıcı depremleri takiben, sadece yeni inşa edilen binaları değil, aynı zamanda revize edilmiş performans tanımları göz önüne alınarak mevcut binaları değerlendirmeye yönelik bir ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyaç, iki önemli kaynak gereksinimini beraberinde getirmiştir. Bu gereksinimler bütçe ve zaman olarak karşımıza çıkar.

Yapısal değerlendirme için hasar fonksiyonlarını tanımlamak için logo-normal kırılma eğrileri kullanılır. Kırılma eğrileri, veri odaklı bir süreç aracılığıyla oluşturulur. Tarihsel deprem verileri, yapısal performans verileri ve hasar gözlemleri toplanır. Bu bilgiler, yapıların deprem olaylarına nasıl tepki verdiğini anlamak açısından önemlidir. Kırılma eğrileri genellikle istatistiksel yöntemler kullanılarak geliştirilir. Olası bir hasar durumunu aşma olasılığını, zemin hareketi yoğunluğuyla ilişkilendiren olasılık dağılımları oluşturulur. Bu zemin hareketi tanımı genel olarak yatay kolda ve maksimum yer ivmesi (PGA), maksimum spektral ivme (S_a), maksimum spektral deplasman (S_d) veya deprem hissedilen şiddeti gibi birimlerde yer alırken düşey kolda aşılma olasılığı değerleri yer alır. Şekil 4.4'te kırılma eğrisi örneği verilmiştir.



Şekil 4.4. Deprem Hasar Hissedilme Oranları

Kaynak: (FEMA, 2020)

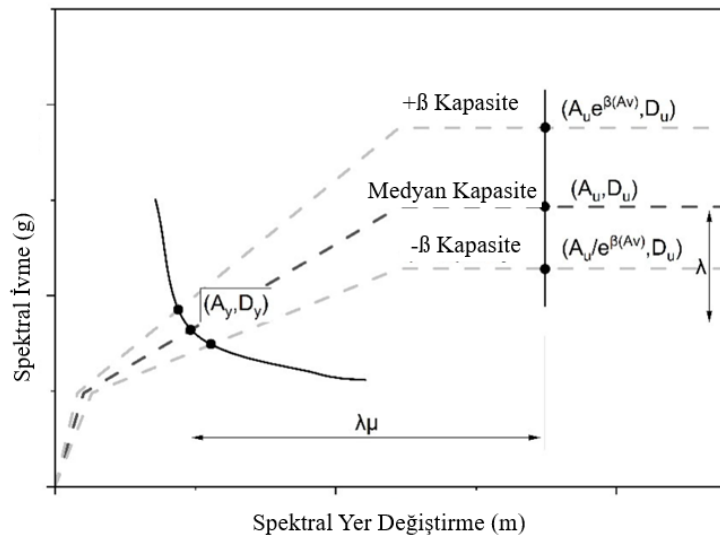
Kırılma eğrisinin oluşturulması için kullanılabilir yöntemlerden yapısal analiz, yapıların deprem yükleri altındaki davranışlarını değerlendirmeyi içerir. Yapısal olmayan elemanlar için de kullanılacak olan sonlu eleman analizleri, sarsma tablası deneyleri veya benzeri deneysel gözlemler örnek yöntemler olarak gösterilebilir. Farklı yoğunluk seviyelerindeki yapısal olan veya olmayan elemanların tepki yanıtları kaydedilir ve sonuç eğriye ulaşılabilir.

Toplanan veri, çeşitli zemin hareketi yoğunluklarında yapıların hasar derecesini değerlendirmek için kullanılır. “Hafif Hasar” tanımından “Toptan Göçme” tanımına kadar değişen hasar durumları tanımlanır ve sayısal sınırları ile kabul koşulları belirlenir (TBDY, 2018).

İstatistiksel modellerin parametreleri, gözlemlenen verilere en iyi uyan şekilde kalibre edilir. Bu süreç, kırılma eğrilerinin yapıların deprem olaylarına karşı hassasiyetini doğru bir şekilde yansıttığından emin olur.

Bina tipi yapıların talep tanımlarının yapılabilmesi için, maksimum yer ivmesi (PGA) ve spektral deplasman (Sd) değerleri analiz için kullanılabilir. Yapı kapasite eğrileri, seçilen analiz türüne bağlı olarak yatayda seçilen birime bağlı olarak değişirken, dikey eksende kümülatif olasılığı temsil eder.

İtme eğrisinin parametreleri, benzer yapıların analiz sonuçlarından elde edilen ortalama şablon değerlerdir. Ayrıca bu değerler için dağılım parametrelerini de sağlar. Şekil 4.5’ te örnek bir itme eğrisi gösterilmektedir.



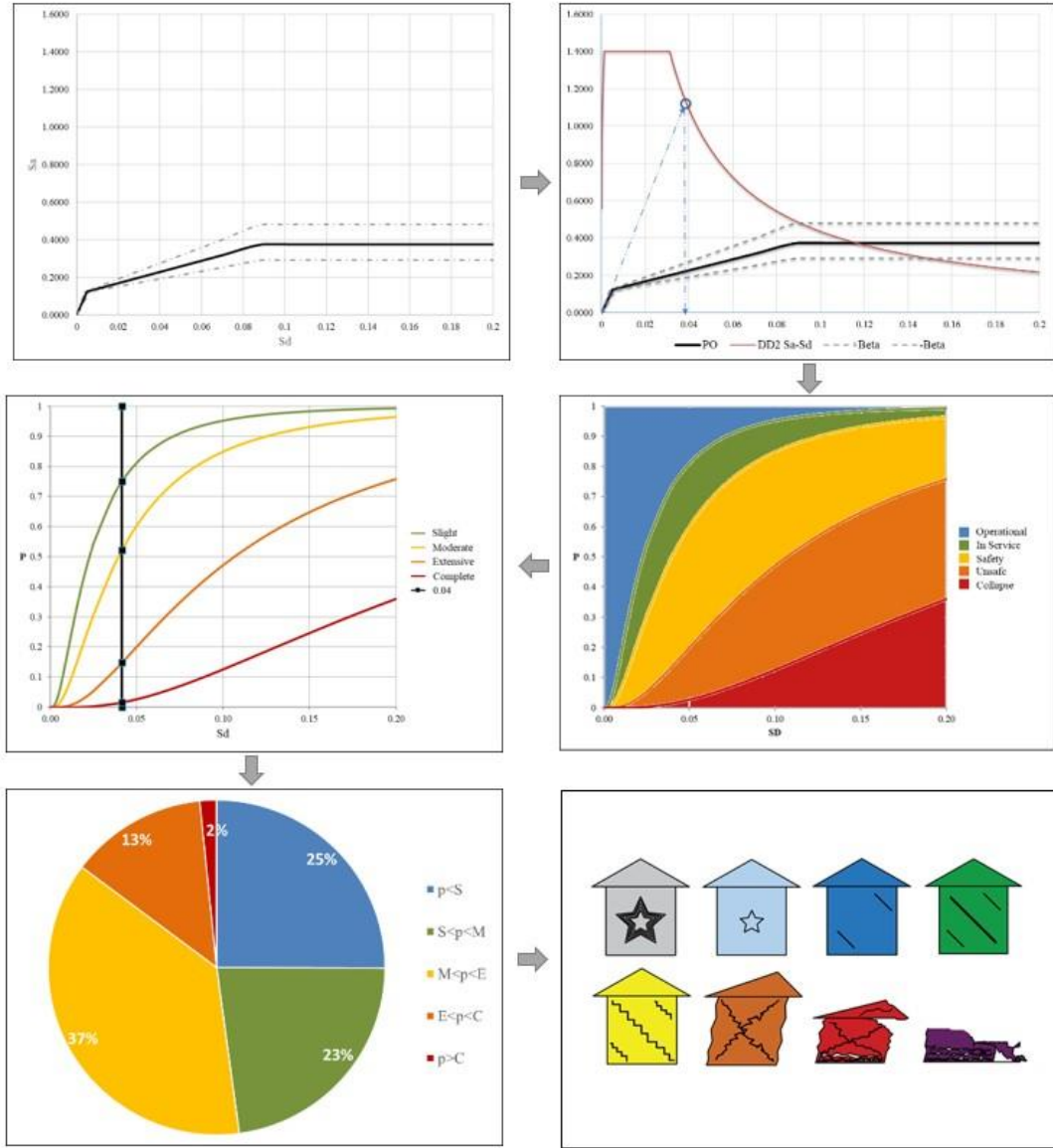
Şekil 4.5. Medyan +B ve -B Dağılımlarıyla Birlikte Bina Kapasite Eğri Örneği

Kaynak:(Demir, 2023a: 5)

Hazus (FEMA, 2020) metodu ve hasar oranlarının sayısal olarak tanımlanması için EMS-98 (Grünthal & European Seismological Commission, 1998) çalışmasından farklı olarak pek çok sayısal analiz yapılmış ve sayısal veri tabanı şablonları oluşturularak kabul edilebilir performans tanımları sayısal hale getirilmiştir. Veri tabanı oluşturulurken çeşitli sosyal fonksiyon sınıflarından ve çeşitli taşıyıcı sistem tiplerinden faydalanılmış, farklı yıllarda tasarlanmış yapı stoğu davranışları incelenmiş dolayısı ile oldukça geniş bir spektrumda kabul koşulları şablonları oluşturulmuştur. Doğal olarak bunlar Amerikan yapı endüstrisi verisi gömülü olarak paylaşılmaktadır ancak farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla bu sonuçların uygulanabilirlikleri gösterilmekte ve sınırları tartışılmaktadır.

Bu bağlamda örnek bir çalışmada kullanılmak üzere takip edilebilecek çalışmanın ve aşağıda adımlar halinde, Şekil 4.6'da tasvir edilen sıralı adımlar şöyle tanımlanabilir.

1. Yapının sosyal fonksiyonuna, taşıyıcı tipine, kat sayısına, tasarım yılına bağlı olarak tanımlanabilecek, Hazus itme eğrisinin dağılımlarıyla birlikte oluşturulması,
 2. Seçilen yer hareketi seviyesi için spektrum eğrisinin oluşturulması ve itme eğrisi ile karşılaştırılarak performans noktasının bulunması,
 3. Kırılma eğrilerinin üzerinde hedef performans noktası için olasılık dağılım hattının oluşturulması,
 4. Spektral deplasman (Sd) değerlerine karşılık gelen kırılma seviyelerinin dağılım hattı üzerinden belirlenmesi, oranlarının hesaplanması ve hasar seviyelerinin tanımları,
- Şekil 4.6'daki olasılıklar 'P' ile gösterilirken, hafif hasar seviyesi 'S', orta hasar seviyesi 'M', geniş hasar seviyesi 'E' ve çökme seviyesi 'C' ile belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Mevcut Yapıların Deprem Riski Hesap Metodolojisi

Kaynak:(Demir, 2023a: 6)

4.4. Türkiye’de Hasar Oranı Tahmininde Kullanılabilir Diğer Yöntemler

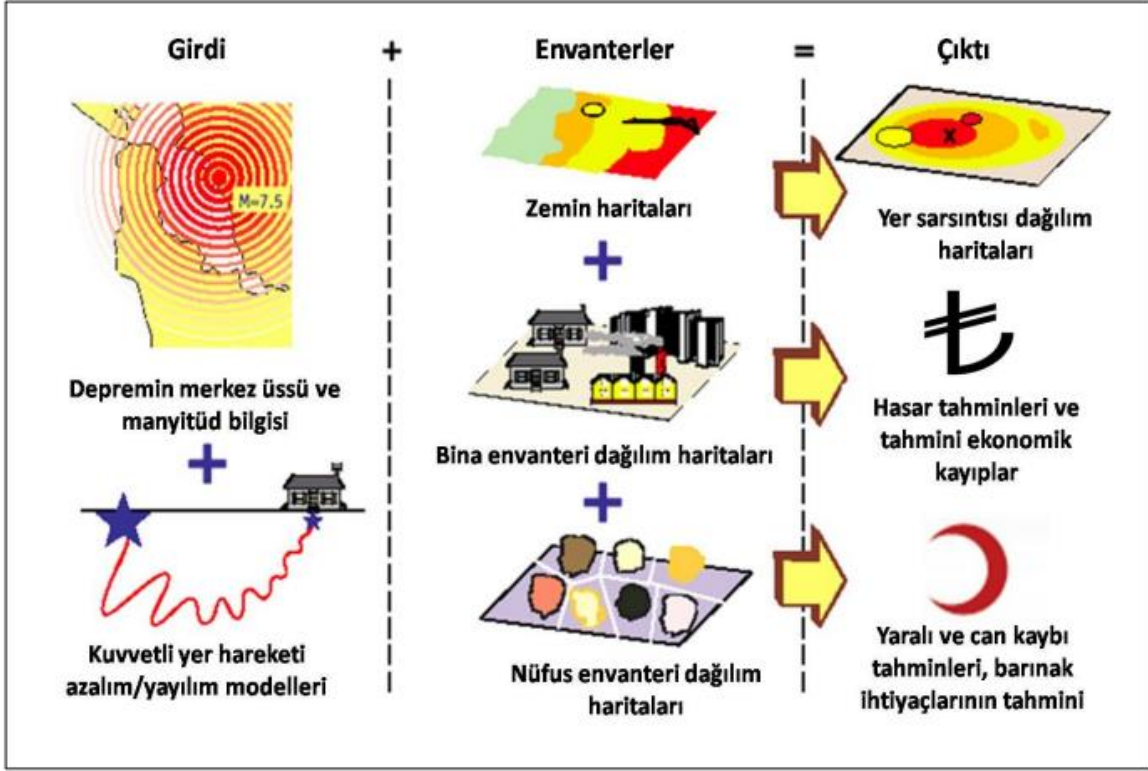
Türkiye’de riskli yapıların değerlendirilmesinde "6306 Sayılı Kanun’un Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ekinde yer alan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslara hükümlerine göre incelenir ve neticelendirilir” (RG, 31 Mayıs 2012-28309). Ancak bu değerlendirme; yapının riskli veya risksiz olması gibi sadece iki farklı sonuca varabilir. Bu tanımların herhangi biri, yapının tanımlı bir deprem yer hareketi etkisinde ne düzeyde bir hasara ve ekonomik kayba uğrayacağını vermez. Bu amaçla çeşitli metotlar kullanılarak tanımlanan herhangi bir deprem yer hareketi seviyesi tesirinde oluşacak hasar ve ekonomik kaybın ayrıca hesaplanması gerekir. Bakanlık bu amaçla Kandilli

Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü ile yaptığı anlaşma sonucunda ELER yazılımını kamuya ait yapıların değerlendirilmesi ve karar alınması için kullanmaktadır. Bu yazılım AFAD tarafından son haline getirilmiş olup, yazılımın kullanımı sadece sınırlı erişim iznine tabiidir. Hasar tespit tahmini için başka bilimsel yöntemler de kullanılmaktadır. Bunların başında tamamen uluslararası bilgi birikimi ve araştırmaların sonucu olan Hazus ve EMS98 yöntemleri gelmekle birlikte ülkemiz koşullarına göre düzenlenmiş çeşitli yöntem ve yazılımların detayları verilmiştir.

4.4.1. ELER Yöntemi

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile Boğaziçi Üniversitesi arasında imzalanan anlaşma doğrultusunda, afet riski altındaki bölgelerin dönüşümü amacıyla çalışmalar başlatılmıştır. Deprem kaynaklı kayıpların tespit edilmesi için, Avrupa Birliği desteğiyle Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı tarafından Earthquake Loss Estimation Routine (ELER) isimli deprem kayıp tahmin yazılımı geliştirilmiştir (ELER, 2010). ELER, deprem yer hareketi girdilerinin sisteme tanıtılmasıyla çalışmaya başlar ve yer hareketlerine maruz kalan yapı stokundaki hasarları, dolaylı can ve mal kayıplarını tahmin eder.

ABD’de kullanılan Hazus yazılımı benzeri ancak çoklu afet durumu için değil, deprem odaklı olarak planlanmış olan ELER’in, deprem hasar tahmini yapmak üzere geliştirilmiş dört modülü bulunmaktadır. Birinci modül, deprem büyüklüğü ve merkez üssü bilgilerine göre PGA, PGV, Sa, Sd gibi yer hareketi parametrelerinin dağılımını sağlar. Seviye 0 modülü, nüfus verilerini kullanarak coğrafi bilgi sistemlerine dayalı olarak, şiddet-can kaybı veya büyüklük-can kaybı ilişkilerine göre kayıp tahminleri yapar. Seviye 1 modülünde, hasarlı bina sayısını ve buna bağlı can kayıplarını tahmin etmek için şiddete dayalı ampirik hasar görme ilişkileri kullanılır. Seviye 2 modülü ise, spektral ivme ve yer değiştirme değerlerine dayalı olarak hasarlı bina sayısı ve can kaybı tahminlerini yapar. ELER’in bu modülleri Şekil 4.7’de gösterilmektedir (ELER, 2010).



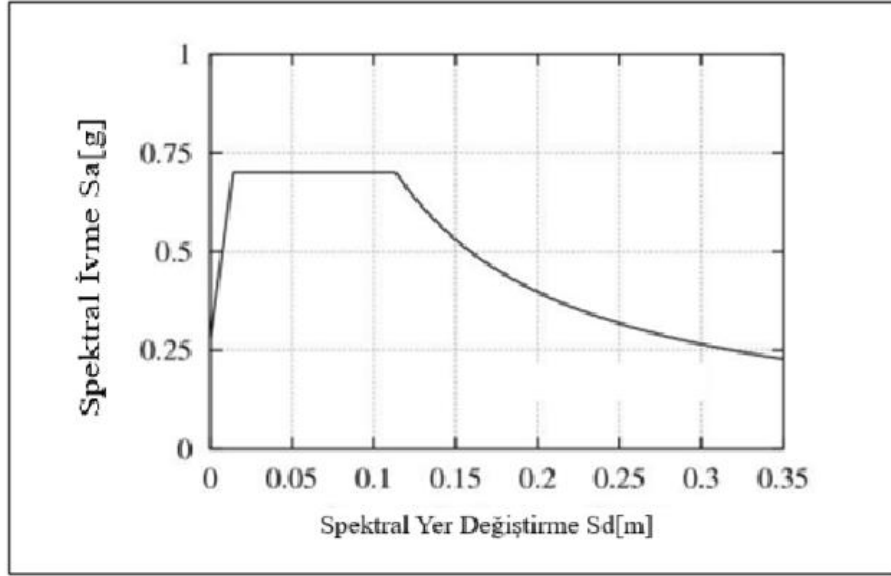
Şekil 4.7. ELER Metodolojisi

Kaynak: (Ergen, 2020: 42)

4.4.2. SELENA Yöntemi

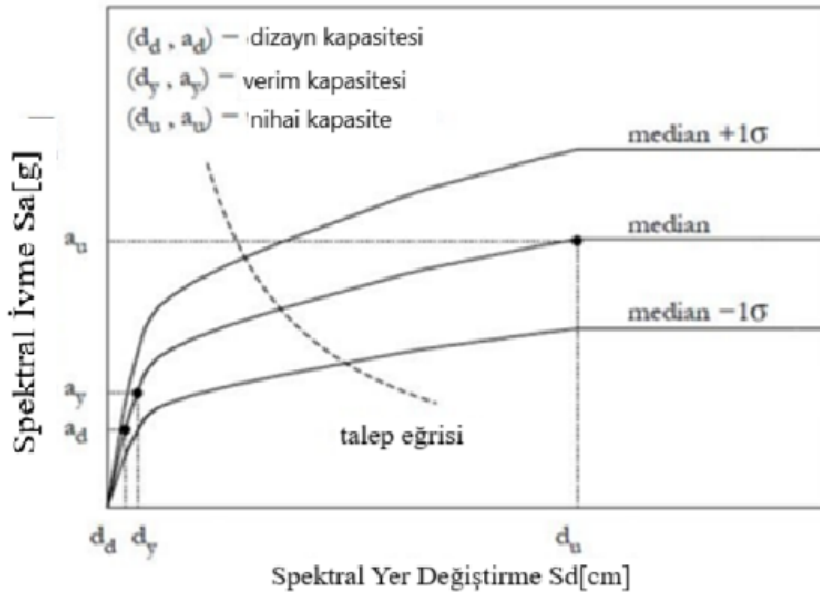
SELENA, yer hareketleri, fay hatları ve zemin sınıflarını içeren bir sistemdir. Aynı zamanda yapıların kapasite ve kırılmalık eğrilerini de içerir ve yapı hasar maliyetleri ile onarım maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılır.

SELENA metodolojisi, öncelikle yer hareketlerinden tepki spektrumunu oluşturmakla başlar (Şekil 4.8). Ardından, yapı kapasite eğrilerinin tepki spektrumu ile kesişmesiyle yapı kırılmalık eğrilerine ulaşılır (Şekil 4.9). Bu yöntem, dört farklı hasar seviyesine göre (az, orta, yoğun ve tamamen) hasar ihtimalini belirler (Şekil 4.10). Bu hasar ihtimali, her bir yapı alanı için tanımlanarak bölgedeki yapıların hasar ihtimalleri hesaplanır (NORSAR, 2010).



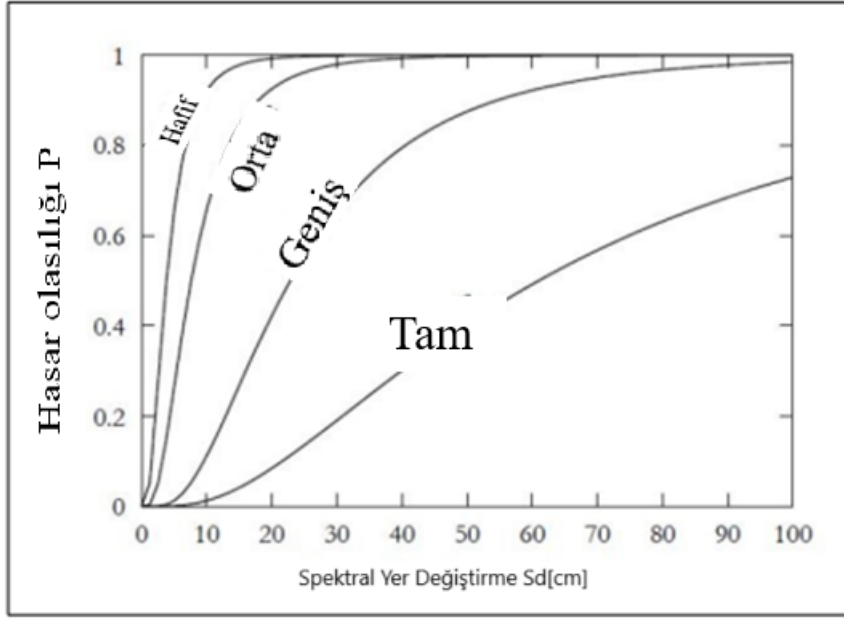
Şekil 4.8. Tepki Spektrumu

Kaynak: (NORSAR, 2010)



Şekil 4.9. Kapasite-Tepki Spektrumu Kesişimi

Kaynak: (NORSAR, 2010)



Şekil 4.10. Yapı Kırılmalık Eğrileri

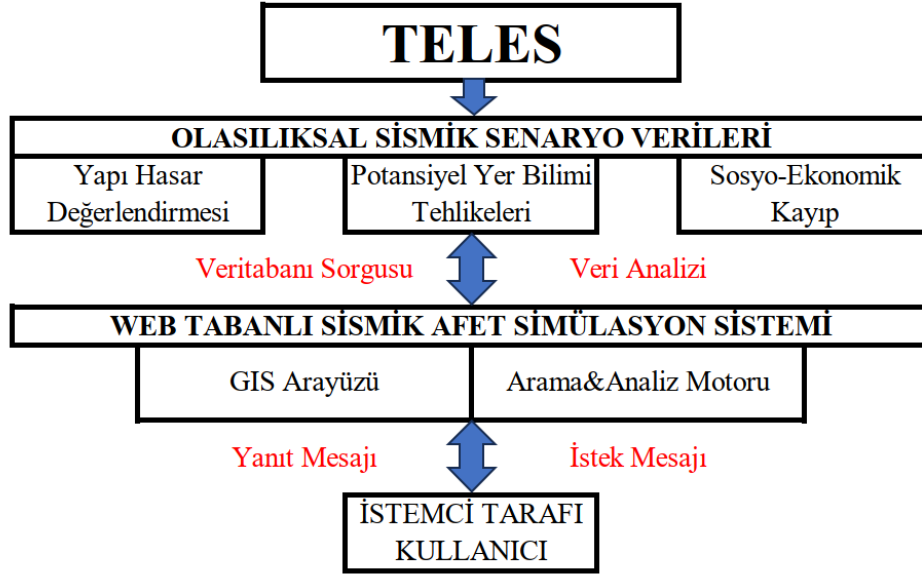
Kaynak: (NORSAR, 2010)

4.4.3. TELES Yöntemi

Tayvan Ulusal Bilim Kurulu, 1998 yılında deprem hasar analizi, yapısal hasar değerlendirilmesi ve sosyo-ekonomik kayıpların araştırılması amacıyla HAZ-Taiwan projesini başlatmıştır. Bu kapsamda, 2002 yılında Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES) yazılım programı geliştirilmiştir. TELES, Hazus metoduna ek olarak analiz modelinde ve yazılım yapısında bir dizi değişiklik yapmıştır. Ayrıca, kayıp tahminlerini otomatikleştirmek ve büyük depremlerden sonra etki dağılımını gözlemlemek amacıyla erken hasar kayıp değerlendirme özellikleri eklenmiştir (Yeh vd., 2006).

TELES metodolojisi, potansiyel yer hareketlerini, doğrudan ve dolaylı fiziksel hasarları, ayrıca sosyo-ekonomik kayıpları inceler. Doğrudan fiziksel hasar kapsamında genel yapı stoku, kritik altyapı tesisleri, ulaşım ve yardımcı sistemler gibi unsurların hasar tahmini değerlendirilir. TELES süreç akışı Şekil 4.11'de gösterilmektedir (Lin vd., 2007).

Hazus yöntemine benzer şekilde, TELES kapasite eğrilerini ve kırılmalık eğrilerini kullanarak deprem hasar tahminlerini değerlendirir. Bina tipleri ve tasarım seviyelerine göre yapı kapasite eğrileri TELES içinde tanımlanmıştır. TELES, coğrafi bilgi sistemlerini kullanır ve yazılım C++ ve Fortran dilleri ile programlanmıştır (Yeh vd., 2006).



Şekil 4.11. TELES Süreci Akışı

Kaynak: (Lin, vd., 2007)

4.4.4. RADIUS Yöntemi

RADIUS metodu, Birleşmiş Milletler'in IDNDR sekreterliği tarafından 1997 yılında uygulanmaya başlanmıştır ve şehir alanlarındaki deprem riskini azaltmayı amaçlamaktadır. Özellikle Quito, Ekvador ve Katmandu, Nepal gibi az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde uygulanmasıyla bilinir. RADIUS metodu, binaları malzeme özellikleri, yapım türü, tasarım kodu ve bina önem katsayısı gibi özelliklerine göre 10 kategoriye ayırır. Bu sınıflandırma, özellikle Latin Amerika'daki yaygın yapı tiplerini temel alır. İncelenen bölge coğrafi olarak karelere bölünerek, her bir yapı tipinin bulunduğu yapı yoğunluğu haritaları oluşturulur.

Kırılgnalık fonksiyonu, ivme fonksiyonundan EMS98 metoduna benzer bir şekilde modifiye edilmiş Mercalli Deprem Şiddeti (Modified Mercalli Intensity, MMI) ile elde edilir. RADIUS metodunda, hasar seviyeleri "göçme" ve "ağır hasar" olarak tanımlanır. Kırılgnalık fonksiyonu, hasar değerlendirilmesinde kullanılır ve bu değerlendirme iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada mevcut binaların ve altyapı elemanlarının durumu belirlenir, ikinci aşamada ise seçilen yapı tipleri için kırılgnalık fonksiyonları geçmiş depremler ışığında incelenir (Villacis ve Cardona , 1999).

4.4.5. Erdemli HKTA Yöntemi

Hasar oranı tahmininde kullanılan uygulamaların çoğu Hazus veya EMS-98 sistemleri tabanlı olup çoğu deprem ülkesi bu metotları kendi ülkeleri için yerelleştirerek kullanmaktadır.

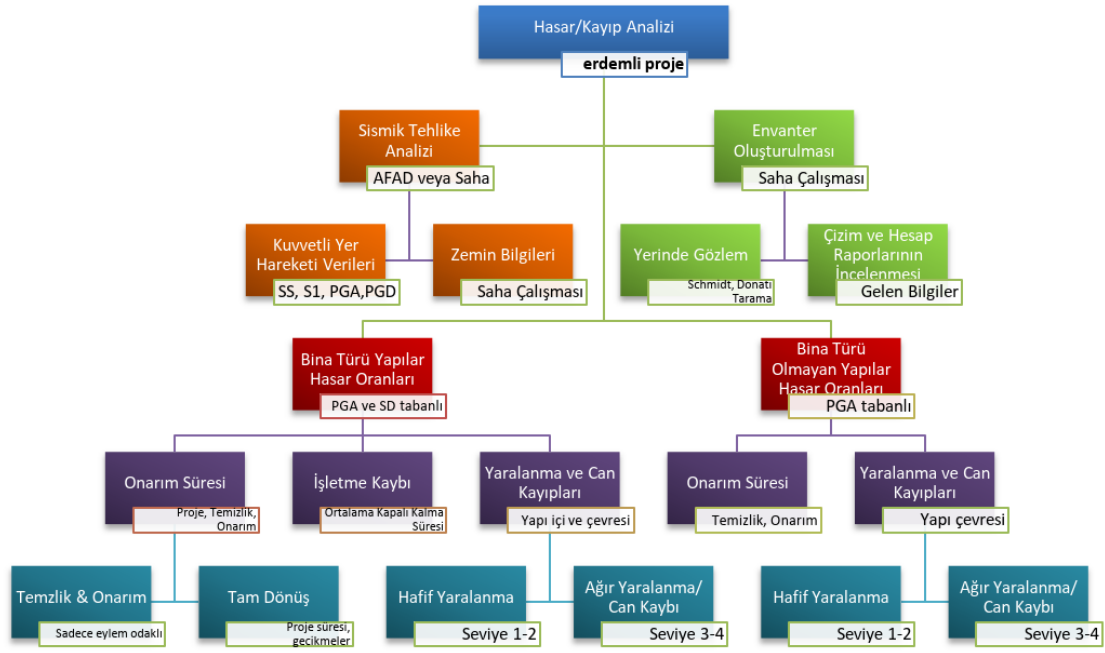
Benzer şekilde Erdemli’de iki farklı hasar/kayıp tahmin analizi birlikte kullanılmaktadır. Amerikan metodu olan Hazus (FEMA, 2020) ve Avrupa metodu olan EMS-98 (Grünthal & European Seismological Commission, 1998) yöntemleri arka planlarında barındırdıkları ATC-13 (ATC-13, 1985), FEMA P-154 (FEMA P-154, 2002) gibi yöntemlerle birlikte değerlendirilmiş ve Erdemli Hasar/Kayıp Tahmin yöntemi şekillenmiştir.

Bahsedilen tüm bu yöntemler, kullanıcılara veya raporların sunulduğu kişilere/yetkililere/firmalara oldukça kapsamlı hasar/kayıp tahminleri sağlasa da en güncel tekniklerde bile belirsizliklerin herhangi bir tahmin metodolojisinin doğasında olduğu unutulmamalıdır. Belirsizlik kavramı hasar/kayıp tahmin analizi açısından iki ana parametreye indirgenebilir: Sismik belirsizlik ve yapısal belirsizlik.

Sismik belirsizlik, ülke için özelleştirilmiş ve tamamen yerel kaynaklara dayanan Türkiye Deprem Haritası ve Türkiye Deprem Yönetmeliği kapsamında tanımlanmış olan ve belirsizliği tanımlı hale getiren farklı dönüş aralıklarına sahip 4 farklı yer hareketi seviyesi için değerlendirilerek kontrol altında tutulmaktadır.

Yapısal belirsizlik, çeşitli yıllar boyunca belirli bir tesis, bölge veya şehirde farklı sismik yönetmeliklere (kod) göre yapılan farklı boyut, şekil ve yapısal sisteme sahip çeşitli bina türü ve bina türü olmayan yapıların mevcut olmasından kaynaklanır. Birçok bina türünün tipik olmasına karşın bazı bina türleri ve birçok bina türü olmayan yapı (taşıma ve şebeke sistemleri, tank sistemleri vs.) bünyesinde farklı bileşenler içerir. Bu bileşenler farklı sismik dayanımlara sahip olabilir ve bu çeşitliliğin yarattığı karmaşık durum yapısal belirsizliğin önemli bir kısmını oluşturur. Bir diğer yapısal belirsizlik ise; yapının yerinde incelenmemesi, yapım yılına (tasarıma esas yönetmeliğine) ulaşılamaması, çizim ve hesap raporlarının bulunamaması gibi durumlarda ortaya çıkabilir. Çerçeve yapılarda yerinde incelemede yapılan schmidt çekici deneyleri ve donatı tarama araçları ile yapının tasarımına esas olan yönetmelik hakkında tahmin yürütülebilir. Bu hususta en güncel veri toplama formlarından biri olan FEMA P-154 formları kullanılmaktadır. FEMA P-154 formları ile yapı envanteri kayıt altına alınırken aynı zamanda hızlı değerlendirme metodu olan bu formlardan bina türü yapıların sismik performansına yönelik puan hesabı da yapılabilmektedir. Erdemli HKTA ile; tüm bina türü yapılarda FEMA P-154 formlarının birinci ve ikinci seviyeleri uygulanır ve iki seviye için de puan hesabı yapılır. Bu formlar ile elde edilen envanter bilgileri, işletme veya bölge idaresinden alınan çizim, hesap raporları ve saha fotoğrafları; Hazus ve EMS98 hasar/kayıp tahmin metotları için birer girdi parametresi olarak kullanılır (FEMA P-154, 2002).

Erdemli HKTA yazılımının işlem aşamaları özet olarak Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12. Erdemli HKTA Metodolojisi

Erdemli HKTA yöntemi sismik parametre giriş ekranı Şekil 4.13’de, bina bilgi giriş ekranı ise Şekil 4.14’de verilmiştir.

Şekil 4.13. Erdemli HKTA Sismik Parametre Veri Giriş Ekranı

HazUS MH4.2 - İnş.Müh.Can Uraz Demir 2021

Yapı Kimlik Bilgileri

Yapı Adı:
Endüstriyel - 1

Kullanım: Endüstriyel **İnşa Yılı:** 1978 **Kat:** 2

Değerlendirme

Yapı Türü:
 Bina Türü Yapılar Bina Türü Olmayan (Utility)

Hazus Yapı Sınıfı: (Utility için temel bilgi)
S2L Az Katlı Çelik Çaprazlı Çerçeve

Hazus Utility Sınıfı:
Bina tipi seçildiğinde

Kod Türü:
PreCode

Kullanım Sınıfı:
IND 1 Heavy_Factory

Yapı Önemi:
 Normal Yüksek

Dahil Edilecek Deprem Seviyeleri
 DD1 DD2 DD3 DD4

Deprem Bilgiler

PGA
0.867
0.479
0.189
0.136

SS
2.179
1.165
0.944
0.319

S1
0.549
0.278
0.106
0.077

Değerlendirme Türü:

Yapısal	Y.Olmayan	Yapısal	Y.Olmayan	Yapısal	Y.Olmayan
<input checked="" type="checkbox"/> PGA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SD	<input checked="" type="checkbox"/> SD

Çıkış Adresi
D:\HAZUS_SCX

Çalıştır

Şekil 4.14. Erdemli HKTA Bina Bilgi Giriş Ekranı

Tez kapsamında seçilen örnek yapılar için olası hasar ve kayıp oranlarının tespiti amacıyla, gerek kullanım kolaylığı, detay seviyesi ve gerekse Türkiye lokal verilerine dayanan uluslararası kabul görmüş metodolojiye uygun hazırlanmış ve erişilebilir yazılım olarak Erdemli HKTA kullanılmıştır.

5. ÇEŞİTLİ FONKSİYONLARDA TİPİK YAPILAR İÇİN İNŞAAT YAPIM MALİYETİ BULUNMASI

İnşaatlarda maliyetin yapı fonksiyonlarına bağlı olarak farklılaşması beklenir. Fonksiyonel sınıflar bazında karar alma ve ortaya çıkması muhtemel hasar riskinin nicel bir şekilde ölçülebilmesi için hasarın maliyetle ilişkilendirilmesi önemlidir.

5.1. İnşaat Maliyet Tahmin Yöntemleri

Maliyet tahminleri, "ihale öncesi" ve "sözleşme zamanında" olmak üzere iki aşamada değerlendirilir (Arabacı ve Duygulu, 2011). İnşaat maliyet tahminleri bir projenin farklı aşamalarında gerçekleştirilir ve bütçe analizleri için değerli araçlar sunar.

İnşaat maliyet tahmin süreci malzeme fiyatlarının belirlenmesi sırasında üçe ayrılabilir:

- 1- Ön Tasarım Maliyet Tahmini: Bu tahmin, projenin ön tasarım aşamasında, projeye ilişkin çok sınırlı veri bulunduğu dönemde yapılır.
- 2- Proje Tasarımı Sırasında Ara Maliyet Tahmini: Bu tahmin, proje tasarım süreci devam ederken yapılır. Bu aşamada, projeye ilişkin veriler daha fazla mevcut olur.
- 3- Belirli Bir Proje İçin Nihai Maliyet Tahmini: Bu tahmin, projeye ilişkin tüm verilerin bulunduğu bir aşamada yapılır ve gerçek maliyete en yakın sonucu verir. Hata payı %1 ila %5 arasında değişir.
- 4- Gerçek Maliyet: Tahminin amacı, inşaat maliyeti hakkında kabul edilebilir bir fikir sağlamaktır. En güvenilir bilgiler, projenin tüm tasarımı ve hesaplamaları tamamlandıktan sonra kullanılan "nihai tahmin" aşamasında elde edilir. 1 ve 2. adımlar sınırlı verilerle tahmini içerirken, 3. adım, inşaat sırasında olası değişiklikler hariç tüm mevcut verilerle tahmini içerir. Sonuncusu bir adım değil, zaten tamamlanmış yapının kesin maliyetidir.

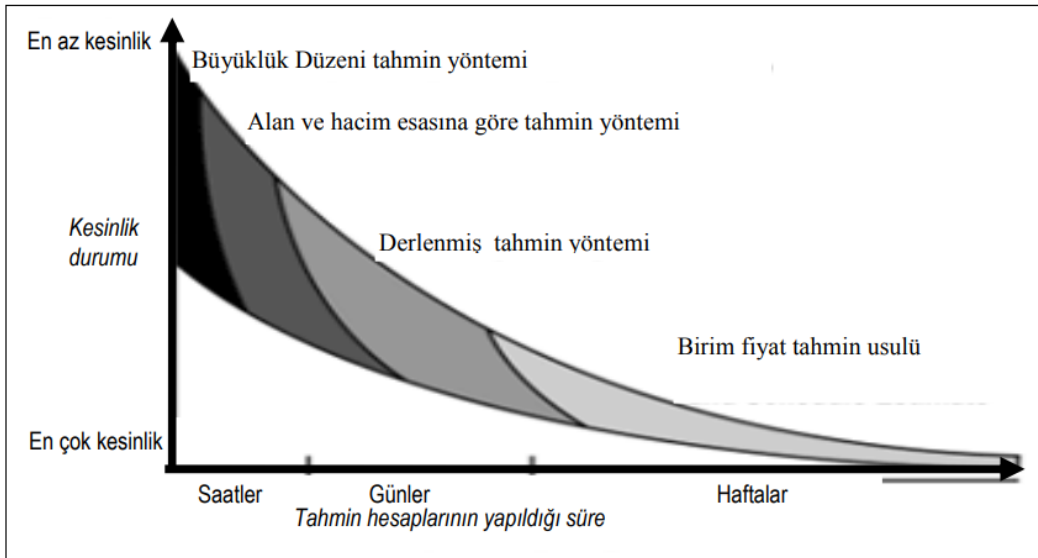
Bu sürecin ilk iki adımında sınırlı veya hiç veri bulunmadığında, tahminciler "ortalama tahmin yöntemi" ve "detaylı tahmin yöntemi" olarak adlandırılan iki prosedürü takip eder. Kısa sürede yapılan deneyime dayalı tahmin yöntemi "ortalama tahmin yöntemi" olarak adlandırılır (Arabacı ve Duygulu, 2011).

Detaylı Tahmin Yöntemi, tasarımın orta aşamalarında daha fazla veri bulunduğu ikinci aşamadan sonra başlayabilir (Arabacı ve Duygulu, 2011). Tasarım geliştikçe, projenin alanı ve hacmi daha net hale gelir. Projeye ait montajlar ve sistemler seçilir ve bu öğelerin detayları üretim birimleri olarak listelenir.

Yukarıda tanımlanan yöntemler, birim fiyat belirleme için kullanılan yöntemlerdir. Bunlara ek olarak, dört ana tahmin yöntemi bulunmaktadır (% oranları toleransı ifade eder):

- I. Büyüklük düzeni tahmin yöntemi (%20-30)
- II. Alan ve Hacim esasına göre tahmin yöntemi (%15)
- III. Derlenmiş tahmin yöntemi (%10)
- IV. Birim fiyat tahmini usulü (%0-5).

Şekil 5.1’de tahmin adımlarına göre zaman bazlı tolerans grafiği verilmiştir (Arabacı ve Duyguluer, 2011).



Şekil 5.1. İnşaat Maliyeti Tahmin Adımlarına Göre Mevcut Tasarım Verilerine Dayanan Zaman Bazlı Tolerans Grafiği

Kaynak: (Arabacı ve Duyguluer, 2011: 11)

5.2. Kamu Kaynaklı Yapım Maliyetleri

Maliyet tahmin çabaları eski zamanlara kadar uzanmaktadır. Birçok medeniyet ve toplum, maliyet tahmin hesaplamalarını temel almak için normalleştirilmiş bir maliyet bulmak istemiştir (Yılmaz, 2012).

Günümüzde, tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, inşaat maliyetini tahmin etmek için kamu ve özel kurumları bulunmaktadır. Örneğin, Japonya ve Hindistan'da maliyet tahminleri genellikle kamu kaynaklarına dayanırken, İngiltere ve ABD'de sadece kamu kaynaklarına değil, aynı zamanda özel kaynaklara da dayanmaktadır. RSMMeans ve Bussines Network International (BNI) şirketleri ABD için örnek olarak gösterilebilirken, Building Cost Information Service (BCIS) İngiltere için bir örnektir. Diğer yandan, 1976 yılında ICEC (Uluslararası Maliyet Mühendisliği Konseyi) kurulmuştur. Günümüzde 40 üye ülke ve

120.000'den fazla sözleşme firması bulunmaktadır. Bu kuruluş, ülkeler ve şirketler arasındaki iş birliğini ve ticareti adil bir şekilde desteklemektedir. Ancak ICEC ülkeleri için üye olmak için bazı kurallar bulunmaktadır (Arabacı ve Duyguluer, 2011).

- I. Veri oluşturma (Bu bölüm maliyet bilgilerini içerir).
- II. Proje standartlarının geliştirilmesi.
- III. Proje yönetimi.
- IV. Gelişim süreci yöntemlerinin değerlendirilmesi.
- V. Maliye ve miktar mühendisliği eğitimi sağlama.

5.3. Kamu Yatırımlarının Maliyet Tahmin Stratejisi

Binaların planlama, tasarım ve inşaa süreçlerinde, güvenilir kaynaklar tarafından sağlanan en doğru ve gerçekçi verilerle maliyet tahminleri yapmak önemlidir. İnşaat yatırımı geniş bir yelpazede üretim ve malzeme girdilerinden oluştuğu için, maliyet tahminlerini gerçekçi analizlere dayandırabilmek ve mevcut kaynakları etkili bir şekilde kullanabilmek önemli bir konu olarak kabul edilmektedir (Arabacı ve Duyguluer, 2011).

Her yılın başından geçerli olan içerik listesi, analiz ve birim fiyatlar, her malzeme veya teknik için Şekil 5.2'de verildiği gibi süreç stratejisine dayalı olarak yetkilendirilmiş özel yönetimler tarafından hazırlanmaktadır (Arabacı ve Duyguluer, 2011).

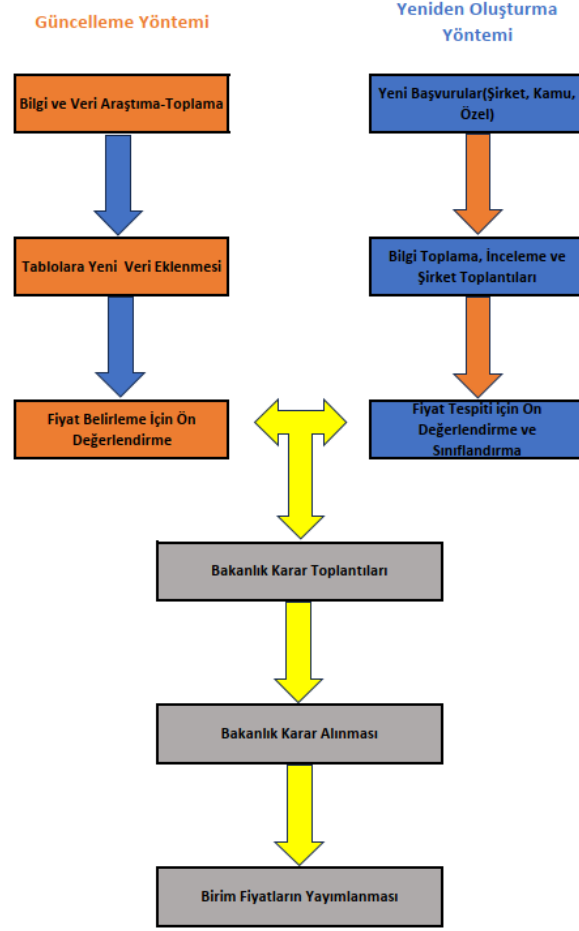
Bu liste, Kamu İhale Sözleşmeleri 4735 nolu kanuna uygun olarak ihale edilen ve inşaa edilen inşaat işlerinde zorunlu olarak kullanılmaktadır. Bu hazırlıklar çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalar ile yıl boyunca tamamlanma sürecinde fiyat değişikliklerini dikkate alan veri toplama, fiyat belirleme ve analiz süreci, değerlerin makul, güvenilir, uygulanabilir ve kabul edilebilir olduğunu sağlar. Bu, piyasadan elde edilen gerçek verilere dayanmaktadır ve optimum koşullara ulaşılır. Çalışmanın bir sonucu olarak elde edilen birim fiyat verileri, üretim kalemlerini etkileyen belirtilen parametreler ve ekipmanlar, hammadde fiyatları ve işçilik gibi, komite tarafından değerlendirilir ve ardından komite, sonuçların gerçek piyasa koşullarını yansıttığından emin olur. Mevcut birim fiyatların sayısı her yıl artmakta ve bu, inşaat tekniklerindeki değişikliklere, yeni üretimlerin tanımlarına ve analizine uyum sağlamakta; bu da yenilikçi ürünleri ve yerli malzemeleri teşvik ederek kamu kaynaklarının etkili kullanımını desteklemektedir (Arabacı ve Duyguluer, 2011).

Her yıl Şekil 5.2' de akış diyagramı verilen oldukça kapsamlı, yeni ve mevcut tipik birim fiyatlar bazında, geniş tabanlı ve alternatifli fiyatlara dayandırılarak yürütülen bir çalışma ile

belirlenen tipikleştirilmiş kamuya ait birim fiyatlar daha sonra önceden belirlenmiş bina türlerinin birim alan maliyeti hesaplamalarında kullanılır (Arabacı ve Duygulu, 2011). Benzer bina tipleri, farklı fonksiyonlara sahip olmalarına rağmen aynı birim alan maliyetine sahip olacak şekilde bir grup içinde kategorize edilir.

Bu değerler daha önce yapılan açıklamalarda verilen sebepler doğrultusunda yeni bir yapının maliyeti için doğrudan bir tahmin değeri olmaktan öte bir baz olarak kullanılır ve proje amaçları ve özel koşulları doğrultusunda azaltma veya arttırmalar ile kamu ihale kanunu paralelinde fiyatlandırma ve maliyet oluşur. Tahmin için her ne kadar talipler kendi çalışma ve tecrübelerini kullanarak çalışmalarını yürütseler de bu baz fiyatların, işin yapımına esas olacak teklif sözleşme fiyatına ciddi şekilde ilişkisi çeşitli çalışmalarla kurulmuştur (Bostancıoğlu, 1999) (Gulmez, 2021).

Her yıl Şekil 5.2'de belirlenen birim fiyatlar daha sonra önceden belirlenmiş bina türlerinin birim alan maliyeti hesaplamalarında kullanılır. Benzer bina tipleri, farklı fonksiyonlara sahip olmalarına rağmen aynı birim alan maliyetine sahip olacak şekilde bir grup içinde kategorize edilir. Bu kategorizeye göre Tablo 5.1'de 2024 yılına ait bakanlık yapı birim alan maliyetleri verilmiştir.



Şekil 5.2. Türkiye'de Yıllık Birim Fiyat Belirleme Süreci

Kaynak: (Arabacı ve Duyguler, 2011)

5.4. Türkiye'de Yayınlanan Yapı Birim Maliyetleri

Türkiye'nin inşaat birim fiyatları her yılın başında yayınlanarak ilgili yılbaşı değeri olarak geçerli olup yıl içerisinde enflasyon bazında düzenlemeler ile geçerliliği korunur ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından belirlenmektedir (Arabacı ve Duyguler, 2011).

Bakanlık, yapıları işlev sınıfına göre ayrı ayrı sınıflandırır (RG, 20 Şubat 2024-32466) (Tablo 5.1). Buna göre, yapıları kalite ve özellikleri ana sınıflarına ve ardından işlev bazında alt sınıflara böler. Bu şekilde fonksiyonel olarak ayrılan grupların birim metre kare fiyatları EK-1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. 2024 Yılı Bina Sınıflarına Göre Bakanlık Yapı Birim Fiyatları

GRUP & SINIF	I. SINIF	II. SINIF	III. SINIF	IV. SINIF	V. SINIF
A GRUBU	1.450₺	3.500₺	12.250₺	15.300₺	21.300₺
B GRUBU	2.100₺	5.250₺	14.400₺	17.400₺	22.250₺
C GRUBU	-	7.750₺	-	18.700₺	24.300₺
D GRUBU	-	-	-	-	26.800₺

Kaynak: (T.C. Resmi Gazete, 20 Şubat 2024, sayı: 32466)

5.5. Türkiye'de Vergi Tespiti İçin Kullanılan Maliyet Tahmin Stratejisi

29/7/1970 tarihli 1319 sayılı Emlak Vergisi Kanunu'nun 29. maddesinin birinci fıkrasının (b) bendine göre; Binaların vergi değeri, bina birim maliyetleri ve ilgili prensiplere göre bulunacak arsa veya arsa payı değerine dayalı olarak Hazine ve Maliye Bakanlığı ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından birlikte belirlenip ilan edilecektir. (a) bendinde belirtilen prensiplere göre bulunan değer, vergi değerinin değerlendirilmesine ilişkin düzenlemenin hükümlerinden faydalanılarak hesaplanan fiyat olduğuna karar verilmiş ve bu, 29/2/1972 tarihli ve 7/3995 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan 31. maddeye uygun olarak hazırlanmıştır (RG, 31 Ağustos 2023-32295).

Yapıların vergi değeri, binanın kullanım amacına, yapı türüne ve inşaat kalite sınıfına göre belirlenir (RG, 20 Şubat 2024-32466). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın birim alan maliyeti tanımı, her bina kategorisi için bir ortalama değer iken, Maliye ve Hazine Bakanlığı, kalite, bina türü ve fonksiyonel varyasyonu hesaba katmak için parametreler sağlar.

Her yıl, ısıtma, klima ve asansör montaj maliyetlerinin dikkate alınmaması durumunda, Tablo 5.2'de belirtilen parametreleri dikkate alarak Hazine ve Maliye Bakanlığı ve Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı tarafından metrekare başına inşaat alanı başına düşen inşaat maliyeti hesaplanır ve bütçe yılı öncesinde ilan edilir (RG, 31 Ağustos 2023-32295). Bu tebliğde belirtildiği gibi, ısıtma, klima ve asansör montaj maliyetlerinin dikkate alınmaması gereken projelerde, bu montajların dikkate alınması için sırasıyla ek bir %8, %8, %6 tahsis edilir.

Tablo 5.2. Vergi Değeri Belirleme İçin Sınıflandırma

YAPILAR İÇİN VERGİ DEğERLENDİRME YÖNTEMLERİ		
YAPILARIN SOSYAL İŐLEVİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI	İNŞAAT TİPİ SINIFLANDIRMASI	İNŞAAT KALİTESİ SINIFLANDIRMASI
Fabrika ve Atölye Binaları	elik Karkas	Lüks İnşaat
Sosyal Alan Binaları	elik Donatılı Betonarme Karkas	Birinci Sınıf İnşaat
Hotel Binaları	Duvar Örgüsü	İkinci Sınıf İnşaat
Sinema ve Tiyatro Yapıları	Yarı Duvar Örgüsü	Üçüncü Sınıf İnşaat
Hastane ve Klinik Binaları	Ahşap	Basit İnşaat
Banka ve Sigorta Binaları	Taş Duvar	
Yönetim Binaları	Gecekonu Tipi	
Benzin İstasyonu-Yıkama ve Yağlama Binası	Kerpiç ve Diğer Basit Binalar	
Yeraltı Garajları		
Bağımsız Garajlar		
Çok Katlı Garajlar		
Yurt Binaları		
Okul Binaları		
Yüzme Havuzları		
Banyo ve Hamam Yapıları		
Pazar ve Fuar Alanlarındaki Binalar		
Soğuk Depolar		
Kurutma Alanları		
Silo		
Transformatör Binalar		
Diğer İŞ Binaları		
Konut Binaları		
Özellikli Binalar		

Kaynak: (RG, 31 Ağustos 2023-32295).

Ayrıca, binaların vergi değerini belirlemede aŐağıdaki faktörler de dikkate alınır (RG, 15 Mart 1972-14129):

- Binaların işyerlerine, konut alanlarına ve parklar, bahçeler, okullar ve ulaşım gibi tesislere olan uzaklığı ve yakınlığı,
- Binaların bulunduğu meydanlara, caddelere, plajlara ve sokak konumuna olan yakınlığı,
- Su, elektrik, gaz ve kanalizasyon gibi belediye hizmetlerinin mevcudiyeti,
- Binaların odaları, salonları, banyolar gibi iç mekanlarının boyutu, kat sayısı,
- Binanın ön cephesinde mi yoksa arka cephesinde mi bulunduğu,
- Binada asansör, ısıtma ve klima sistemi olup olmadığı,
- Peyzajın varlığı.

Bu parametreler, Türkiye'deki binaların vergi değerini belirleme sürecinde dikkate alınır. Çeşitli çalışmalarda (Bostancıoğlu, 1999), (Gulmez, 2021) bu değerlerin etkisi yeni yapı planlamasındaki maliyetler için dikkate alınmış olsa dahi, bu tez çalışması için bir parametre olarak düşünülmemektedir. Ön tahmin aşamasındaki bina maliyetini etkileyen ancak mevcut yapının maliyeti için değerlendirilmesi istenen hassasiyete bağlı olacaktır.

Ayrıca, Türk vergi sisteminde binalar için yıl bazlı bir amortisman oranı bulunmaktadır (RG, 15 Mart 1972-14129). Binalar için amortisman, binaların zaman ve kullanıma bağlı olarak aşınma ve yıpranmasını içerir. Belirli bir oranda yıllık olarak hesaplanan bir süre boyunca binalardan gider olarak düşülür. Bu oranlar, Tablo 5.3'de gösterilmiştir.

Yayımlayan bakanlığın, kullanım amacı vergi hedefleri doğrultusunda olsa dahi, aslında mevcut yapıların ekonomik ömründen düşen kıymetin bir takdiri olarak öngörülmesi, hasar öncesi mevcut bir yapının yerindeki kıymet hesabında kullanımı amacına çok uygundur. Bunun bir kanıtı da 50 yıl tasarım ömrü olan yapıların, %35-40 değer kaybına uğraması veya hasar oluşması durumunda, ekonomik ömrünü tamamlamış ve yenilenmesi gereken yapı sınıfına alınmasının, küresel çerçevede uygun görülmüş olması olacaktır. Deprem sonrasında çelik ve betonarme karkas binaların güçlendirilmesi veya yeniden yapım kararı verilmesi mevcut durumda tamamen bu karara bağlanmış ve %35-40 üzerinde hasar olması karşılığı yapı için “ağır hasarlı” ve “yıkım sınıfı” olarak tasnif edilmesinin ön koşulu olarak tanımlanmıştır (RG, 31 Mayıs 2012-28309).

Tablo 5.3. Bina Türleri ve Yaşlarına Göre Amortisman Oranları

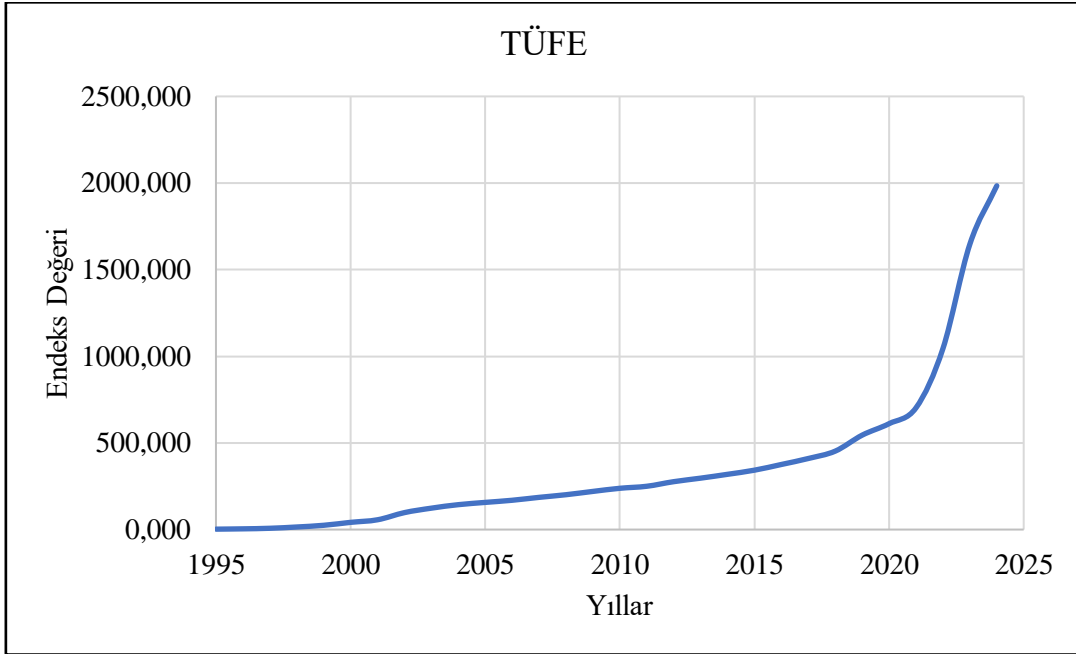
HİZMET ÖMRÜNE GÖRE YAŞAM DÖNGÜSÜ AMORTİSMAN ORANLARI										
BİNA YAPI SINIFI	BİNALARIN YAŞ ARALIKLARINA GÖRE AMORTİSMAN YÜZDELERİ(%)									
	0-3	4-5	6-10	11-15	16-20	21-30	31-40	41-50	51-75	76 ve Üzeri
Çelik ve Betonarme Karkas Binalar	4	6	10	15	20	25	32	40	50	60
Yığma ve Yarı Yığma Binalar	6	8	12	18	25	32	40	50	60	70
Ahşap, Taş Duvarlı ve Gecekondular Binalar	8	12	18	25	32	40	50	60	70	80
Kerpiç ve Diğer Basit Binalar	10	17	25	35	45	55	65	75	85	95

Kaynak : (RG, 15 Mart 1972-14129)

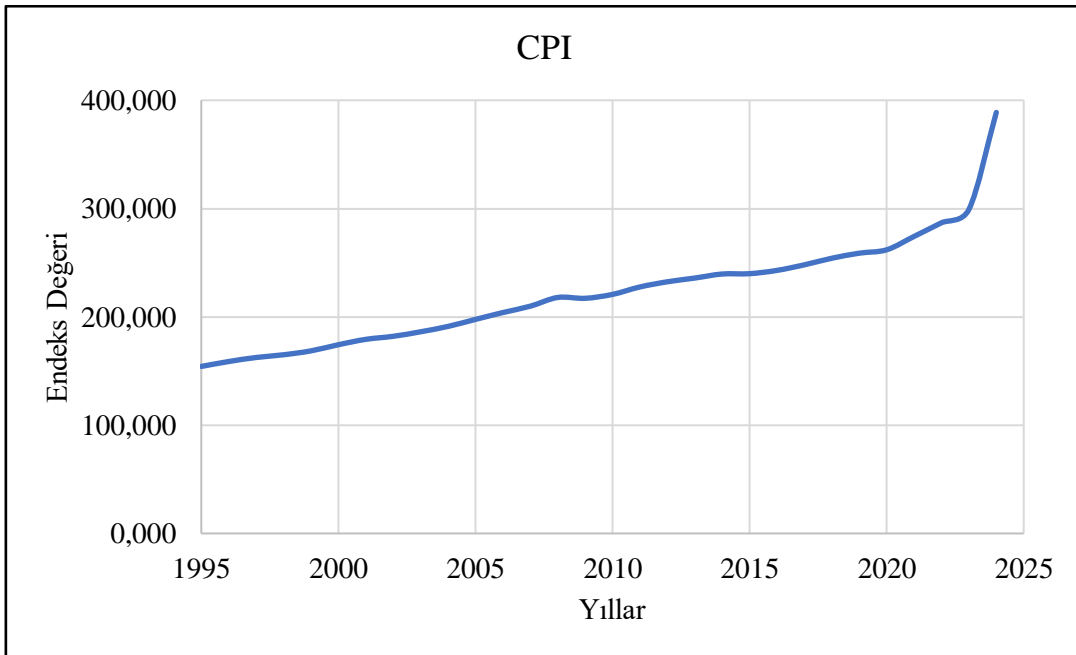
5.6. Verilerin Değer Kaybına Göre Düzeltilmesi ve Boyutsuz Baza Getirilmesi

Farklı fonksiyonlara ait yapılar için Bakanlık fiyatları yıllık maliyet değişimlerinin bir yönelimi olup olmadığını anlamak amacıyla enflasyondan arındırma işlemine tabii tutulmuştur. Bu amaçla her yıl için yayımlanan değerlerin bir önceki yılın değeri olduğu kabulü (Arabacı & Duyguluer, 2011) ile ilgili yılların değişen TÜFE değerleri Şekil 5.3'de verilmiştir. Şekil 5.4'de

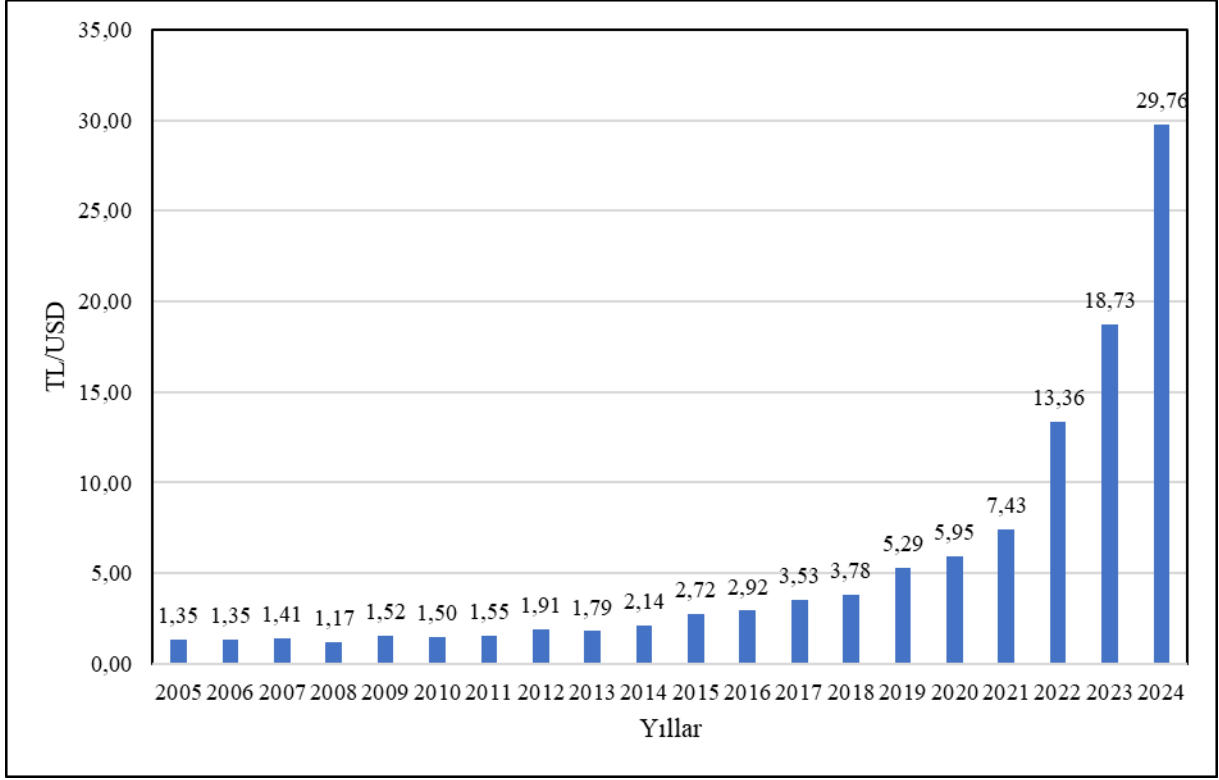
verilen CPI değerleri esas alınarak maliyetler 2024 yılına taşınmıştır ve bugünkü maliyetler ile aynı dile getirilmiştir. İlgili yılların TL/USD değerleri Şekil 5.5’de verilmiştir. Burada amaç, gerçek bir yapım maliyetinin taşınması değil, uzun dönem olarak kabul edilebilecek yıllık maliyetlerin aynı bazda eğilim gösterip göstermediğinin takibidir. Bu sebeple uzun dönem verilerini karşılaştırabilmek için bir inşaat maliyetleri endeksi olmadığından sadece enflasyonu dikkate alan herhangi bir endeks olarak TÜFE ve CPI seçilmiştir.



Şekil 5.3. Yıllara Göre TÜFE Endeksinin Değişimi



Şekil 5.4. Yıllara Göre CPI Endeksinin Değişimi



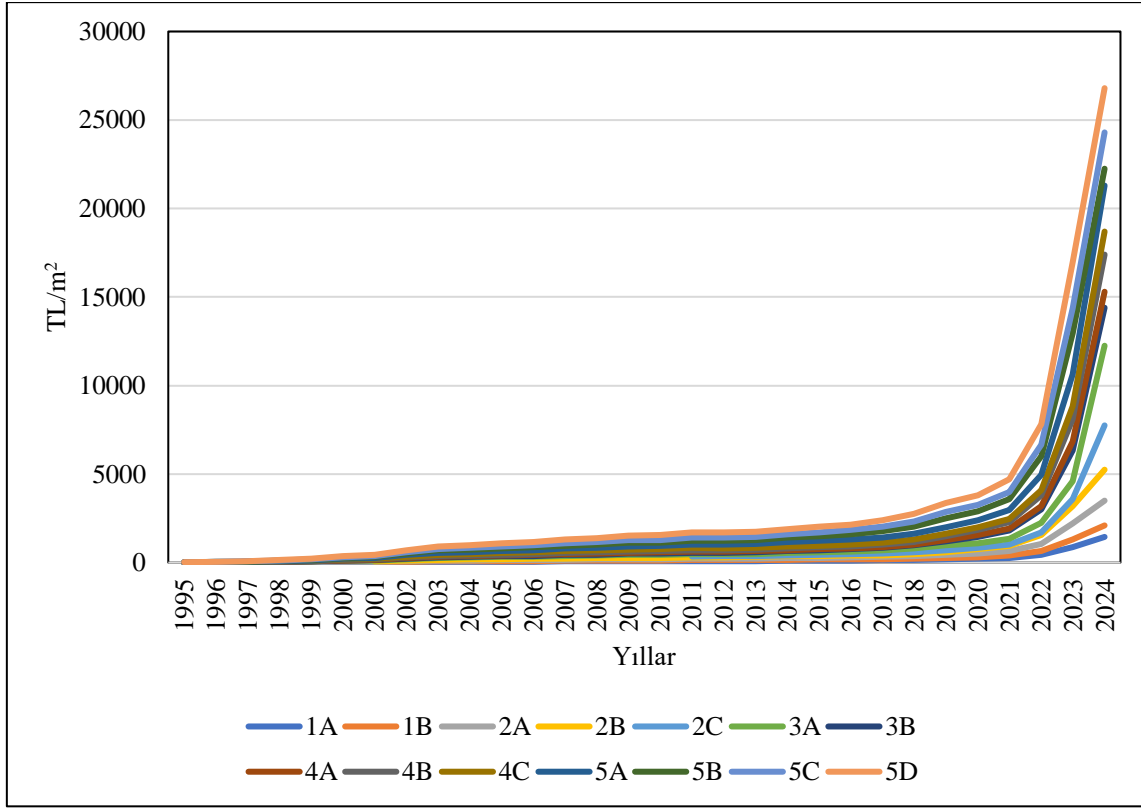
Şekil 5.5. Yıllara Göre USD/TL Değerlerinin Değişimi

Yayımlanan tebliğlerde yaklaşık yapım maliyetleri her yıl için bir önceki yılı ifade eden şekilde ve TL bazında verildiği için çalışma önce bu temelde yürütülmüş sonrasında USD karşısındaki değişimini fiyat değişiminden ayırabilmek amacıyla yapılan analiz ilgili yılın ortalama kurları ile USD biriminde tekrarlanmıştır. Maliyetlerin zamana bağlı değerlerinin doğru yorumlanabilmesi için gerekli endeks düzeltmeleri de hem TL (TÜFE) ve hem de USD (CPI) bazında yapılarak, güncel bilgi edinmek amacıyla her biri 2024 yılına eş-bedel olarak taşınmıştır.

Değişimin yorumlanabilmesi için Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de bulunan değerler TL için TÜFE endeksi değişim oranları ile çarpılarak (Şekil 5.8), döviz değeri ise CPI endeksi değişim oranları ile çarpılarak (Şekil 5.9) enflasyon değerlerinden arındırılmış ve tek bir baza getirilmiştir.

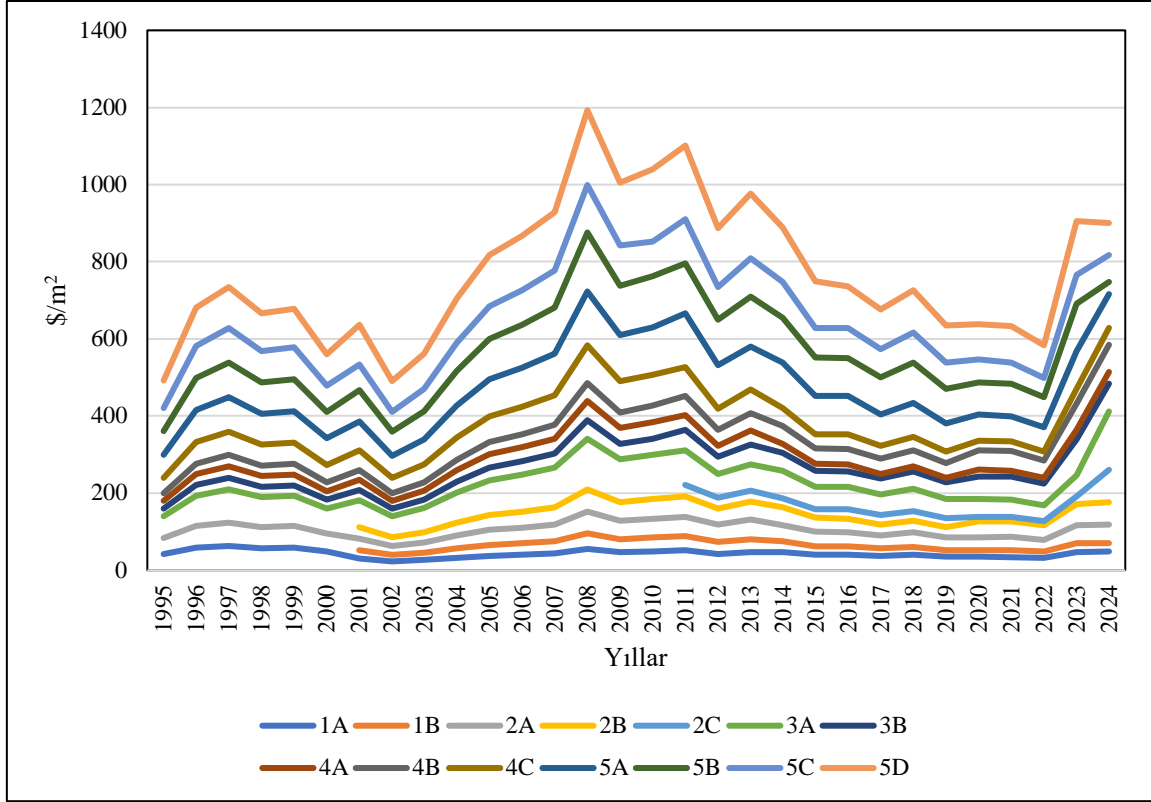
Bakanlık fiyatları her yıl için piyasadan toplanan birim fiyatlardan proje metrajlarına göre birleştirme ile elde edilen yapım maliyetini genel gider ve kar da eklenerek bulunan halini ifade eder. Uzun yıllar verileri elde edildiğinde tek bir baza getirilmiş tek bir yapı fonksiyon tipi için, yapım maliyetinin olası uzun dönem dağılımı görülmesi açısından önemlidir. Bu amaçla bugünkü fiyatlar baz alınarak uzun dönem fiyatların normalize edilmesi değer dağılımının üst-alt değerlerini ve dağılım fonksiyonları parametrelerinin tespit edilmesini

sağlayacaktır. Tek baza getirilen TL ve USD yapım maliyet değerleri en son yıl olan 2024 yılına göre normalize edilmiştir (Şekil 5.10, Şekil 5.11). Normalize edilen değerler üzerinden hedeflenen, TL bazında %50, %95 ve %99 güvenlikli maliyet değerlerinin tahmin edilebilmesidir. Yapılan çalışma sonuçları EK-2’de verilmiştir. Bu değerlere referans normalize değerler ise EK-3’de verilmiştir.

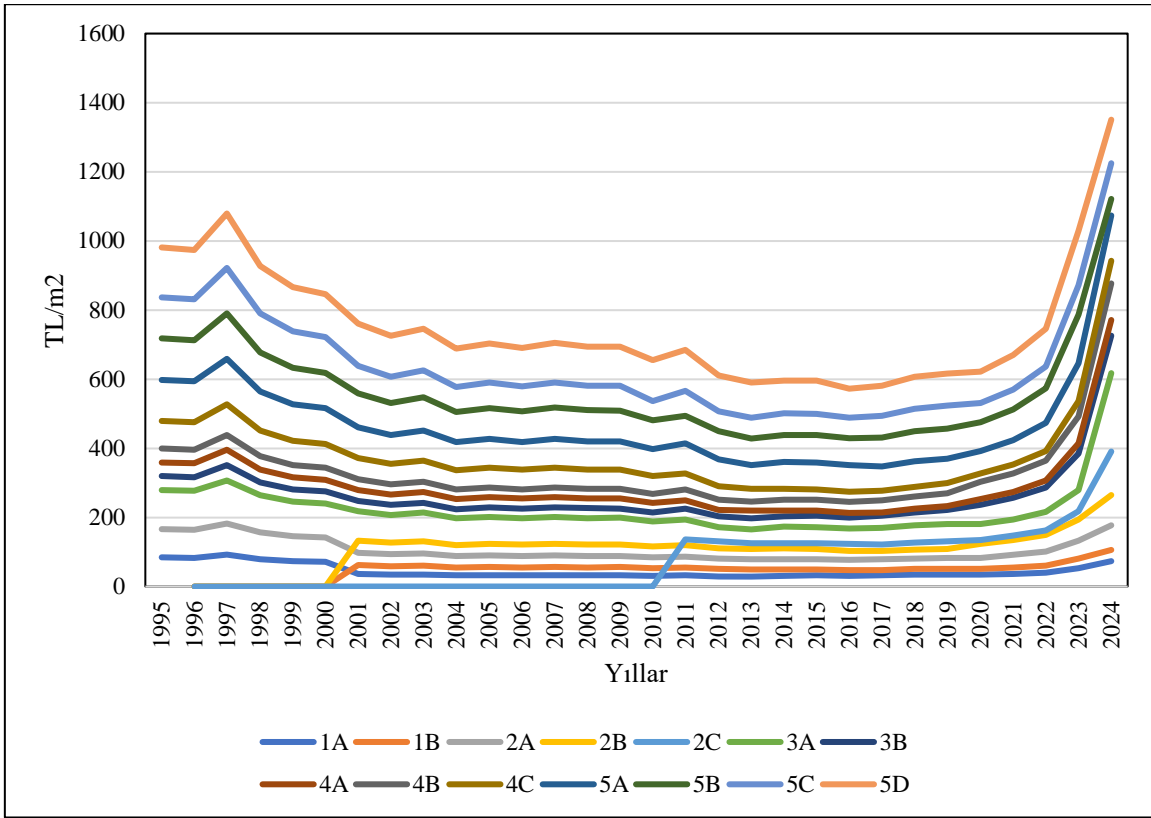


Şekil 5.6. Yıllara Göre Yapımın Birim Maliyeti (TL/m²)

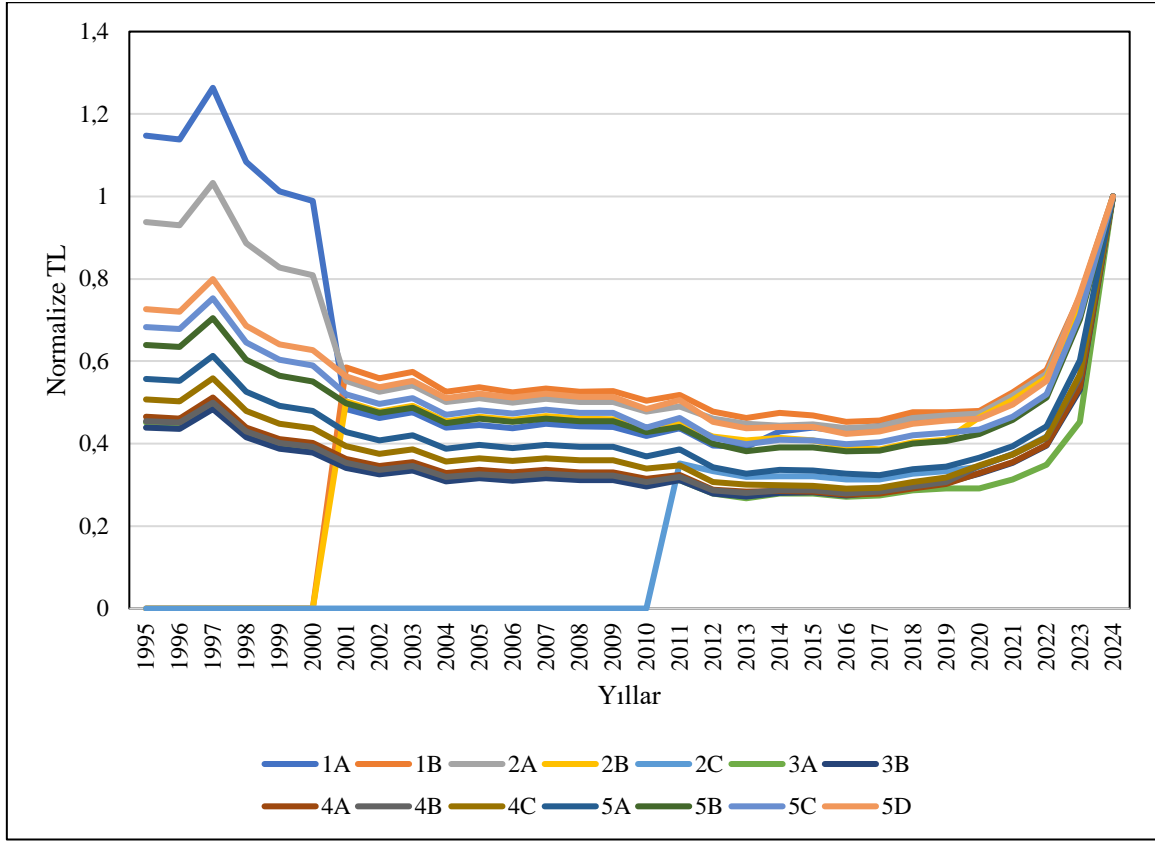
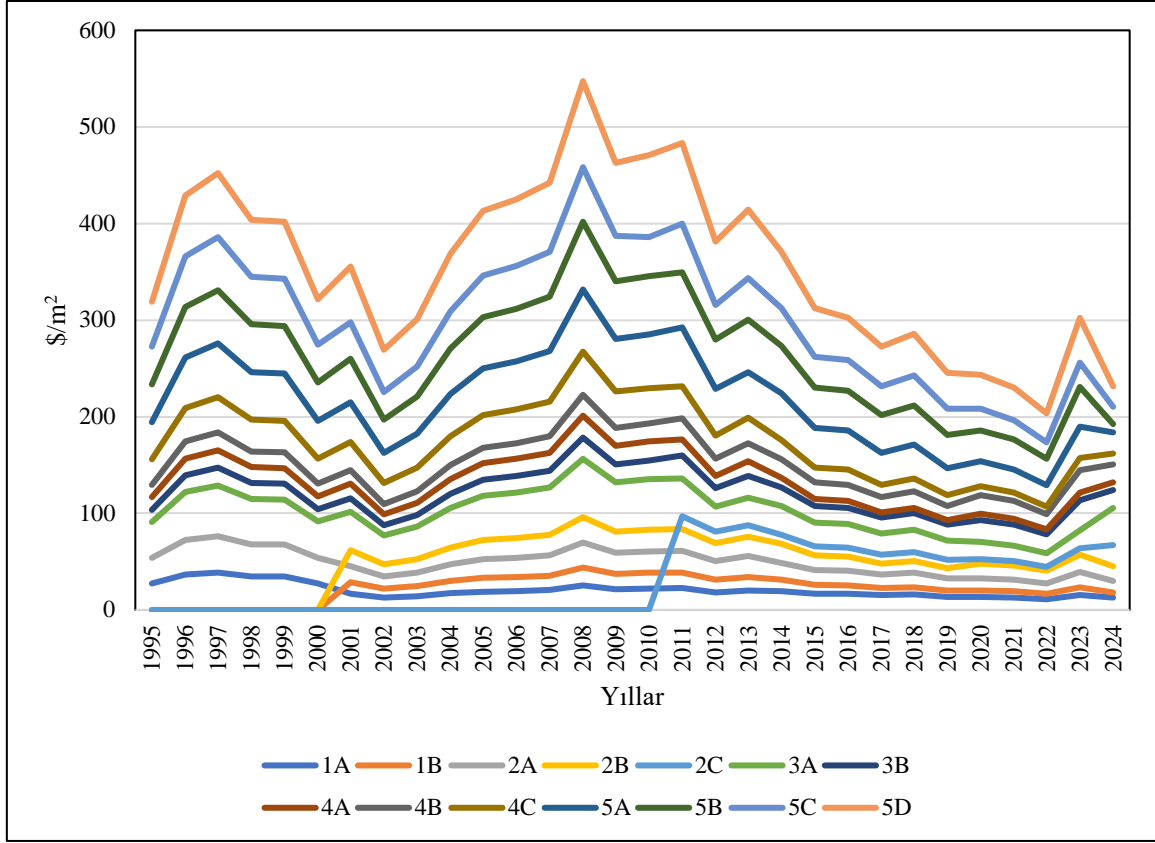
Kaynak: (RG, 20 Şubat 2024-32466)

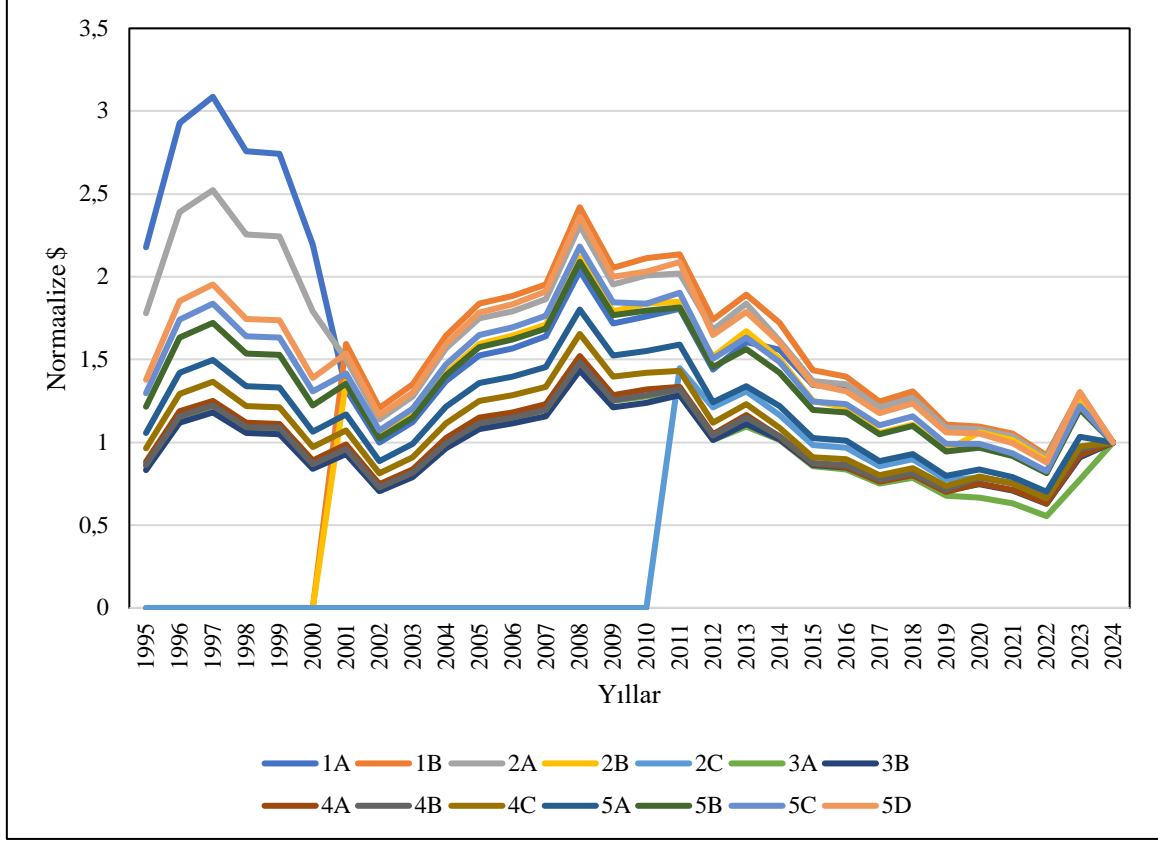


Şekil 5.7. Yıllara Göre Yapının Birim Maliyeti (\$/m²)



Şekil 5.8. Yıllara Göre Yapının Birim Maliyeti Tablosu (TL Enflasyon Arındırılmış)





Şekil 5.11. 2024 Yılına Göre Normalize Edilmiş Yapı Birim Maliyeti Tablosu (\$)

5.7. Verilerin Çeşitli Fonksiyonlarda Tipik Yapılar Açısından Genel Kullanım İçin Değerlendirilmesi

Bakanlık Birim Fiyatları baz alınarak yapılan çalışmanın sonucu olarak 6 farklı grafik elde edilmiştir.

Bunlardan Şekil 5.3’de herhangi bir düzeltme yapılmaksızın yıllara bağlı maliyet değişimini göstermektedir. Şekil 5.4. ise TL değerleri ilgili yılların USD değerlerine çevrilerek elde edilmiş olup, kur farkının yansımaları önlediği için daha gerçeğe yakın bir tablo sunmaktadır. Şekil 5.3’de gözlenen durum, maliyetlerin her yıl arttığı olsa da bu durum enflasyonun genel olarak yabancı ülkelere göre yüksek seyrettiği ve değişkenlik gösterdiği ülkemizde, gerçekçi bir çıkarım değildir. Maliyetleri incelerken kur farkının gözetilmesiyle yapılan düzenlemede, TL bazındaki analizlerin sonucunu yorumlamak yerine USD bazındaki sonuçlar bu amaçla da yorumlanmıştır. Şekil 5.4’te görüldüğü üzere 1995 yılından itibaren 6 yıl boyunca neredeyse sabit giden yapı maliyetleri 2001 yılındaki ekonomik krizden etkilenerek ani bir düşüş yaşamıştır. Daha sonra 2010 yılına kadar yükselme eğiliminde olan maliyetler 2010 itibariyle düşüşe geçmiş ve günümüze kadar azalarak devam etmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında elde edilen veriler ise değerlerin 2024 yılına endekslenmesinin sonuçlarıdır. Maliyetlerin zaman karşısındaki değişimi TL bazındaki değerler için ilgili yılların TÜFE değerleri, USD bazındaki değerler için ilgili yılların CPI değerleri kullanılarak denklem dışı bırakılmıştır. Bu sayede yorumlanması enflasyonda aradan çıkartıldığı için, daha doğru ve tek baza getirilmiş grafikler elde edilmiştir. Şekil 5.3’de görülen grafikte kullanılan değerlerin 2024 yılına eş baza getirilmesi ile ortaya çıkan Şekil 5.7’de 2001 krizi öncesi artan fiyatlar ve kriz neticesinde düşüş gözlenmektedir. Sonrasında 2011 yılına kadar ufak sayılabilecek değişimlerle neredeyse fiyatların aynı kaldığı ve sonrasında azalma eğiliminde olduğu çıkarımı yapılmaktadır. Şekil 5.8’te ise Şekil 5.6’daki USD bazındaki değerlerin 2024 yılına göre eş baza getirilmiş hali görülmektedir. Bu grafik yorumlanırken de Şekil 5.4’teki grafiğe trend itibarıyla benzer olduğu söylenebilir. Gerekli düzeltmelerin yapılmasıyla ortaya çıkan sonuçlar güncel olarak tartışılabilir hale getirilmiştir.

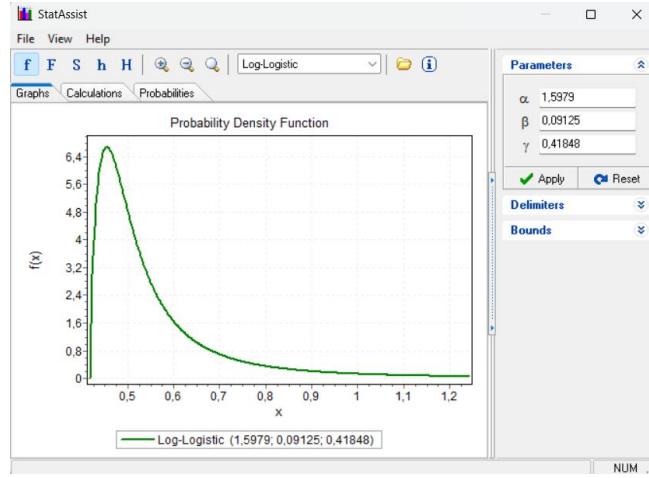
Bu tezde, Bakanlığın her yıl yayınladığı Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ kullanılarak 1995 – 2024 yılları arasında yaklaşık 30 yıl gibi uzun bir dönemdeki saçılımları da dikkate alınarak incelenmiştir. Güncel ve salt değişimi gösteren grafikler elde edilmesi amaçlanarak eş baza getirilmesi amacıyla kur ve endeks düzeltmeleri yapılmıştır.

Bu grafiklerden inşaat sektöründeki maliyet değişimleri izlenerek ülkenin ekonomik durumu hakkında yorum yapılabildiği gözlenmiştir. Her ne kadar sadece gösterge amacıyla verilmiş olsa da yalnızca kamunun değil, içinde özel sektörün de bulunduğu birçok farklı paydaşın, kaynak verisinin geniş olması ve ülke genelini temsil etmesi sebebi ile faydalandığı ve referans olarak kullandığı bu değerlerin önemi vurgulanmak istenmiştir. Tabii olarak devlet ihalelerinde kullanılan bu baz fiyatın yapım maliyetini doğrudan yansıttığı iddia edilemez ancak planlamada bir yaklaşımın yapılabilmesi için oldukça iyi bir araç olduğu açıktır.

Maliyet tabanlı karar alma çalışmalarında bir seviye daha hassas davranılabilmesi için çeşitli çalışmalarda önerilen (Gulmez, 2021) veya (Bostancıoğlu, 1999) gibi çalışmaların istenen hassasiyet seviyesine göre kullanılması mümkündür.

Her ne kadar maliyetin doğrudan bileşenleri konusuna girilmeyecekse de toplam maliyetin hesaplanabilmesi için önemli bir konu olan ve maliyetin güvenlik derecesini sorgulamaya yarayan, maliyet dağılım değerleri çalışmamıza dahil edilmiştir. Bu amaçla, normalize edilmiş maliyetler kullanılarak, %50, %95 ve %99 güvenlikli yapım maliyetleri hesaplanmıştır. EK-2’de verilen dağılımlar ve parametreler kullanılarak Şekil 5.12’de verilene

benzer dağılım parametreleri hesaplanmış ve bu değerler baz alınarak hesaplanan %50, %95 ve %99 güvenlikli yapı sınıfları maliyeti değerleri Tablo 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.12. Yıllar Bazında Verilerin Dağılım Fonksiyonu Olarak İncelenmesi

Bu değerlere baz olarak alınan 1995-2024 yılları arası normalize değerler ise EK-3'te verilmiştir.

Tablo 5.4. Bina Türlerine Göre 2024 Yılı Baz Alınarak %50, %95 ve %99 Güvenlikli Yapım Maliyetleri





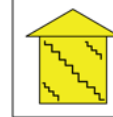



GRUP & SINIF	I. SINIF			II. SINIF			III. SINIF			IV. SINIF			V. SINIF		
	50%	95%	99%	50%	95%	99%	50%	95%	99%	50%	95%	99%	50%	95%	99%
GÜVENLİK ENDEKSİ															
A GRUBU	0,48	1,32	3,85	0,51	1,42	4,64	0,32	0,65	1,41	0,33	0,72	1,67	0,39	0,87	2,09
B GRUBU	0,51	0,78	1,34	0,45	0,70	1,14	0,32	0,65	1,43	0,33	0,77	2,08	0,45	1,02	2,56
C GRUBU	-	-	-	0,33	0,57	1,23	-	-	-	0,36	0,79	1,81	0,47	1,11	2,98
D GRUBU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,51	0,99	2,04

Bakanlık tarafından yayımlanan yaklaşık yapım maliyetlerinin, özel sektör tarafından kullanılarak reel durumu analiz edebilmesi önünde engel sayılabilecek tek durumun kamu projelerinin benzer ve belli bir kalite standardında yaptırılıyor olması sayılabilir. Böylesine büyük ve her yıl güncellenerek gerçeğe daha da yaklaşan bir veri tabanından özel sektörün de faydalanabilmesi için birtakım çalışmalar yapılması gereklidir. Önerilen bu ileri çalışmalarda özel sektörden alınan gerçek final maliyet değerleri ile Bakanlık değerleri arasındaki fark saptanmalı ve bu farka neden olan yapısal etkenler izlenmelidir. Böyle bir çalışmanın sonucunda kamudan alınan değerlerle ilişkilendirilen özel sektör verileri sayesinde oldukça zor olan maliyet tahmini konseptine kolay sayılabilecek bir yöntem önerilebilir (Gulmez, 2021).

6. KARAR ALMA ÇALIŞMASI

Farklı risk seviyeleri dikkat alınırken DD1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır. DD2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır. DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir. DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır (TBDY, 2018).

Bu tip durumlarda hasar olasılıklarının hesaplandığı yöntemlerin farklı seviyedeki yer hareketleri için farklı kabul edilebilir limitleri olmakla birlikte FEMA Hazus dan alınan ve örnek analizlerin dayandırıldığı Erdemli-HKTA yazılımın da kullandığı modifiye edilmiş limit hasarların tanımları Şekil 6.1’de verilmiştir.

%0-%1	%1-%10		%10-%30	%30-%60		%60-%100	
Hasar Yok	Az Hasar		Orta Hasar	Ağır Hasar		Göçme	
Hasar Yok	Az Hasar	Az-Orta H.	Orta Hasar	Ağır Hasar	Bölgesel Göçme	Göçme	Tümünden Göçme
%0-%1	%1-%5	%5-%10	%10-%25	%25-%50	%50-%75	%75-%90	%90-%100
							

Şekil 6.1. Hazus Metoduna Göre Limit Hasar Oranlarının Sınıflandırılması

Yapıların normal koşullarda DD-1 seviyesindeki depremlerde “Ağır hasar” limitini geçmemesi yani maksimum %50-%60 hasar durumunda bulunması, DD-2 depremi tesirinde “Orta hasar” durumunu aşmaması yani en fazla %25-%30 hasar limiti civarına çıkması, DD-3 depremi durumunda “Az hasar” limitleri dahilinde kalması yani, %5-%10 hasar limitinin aşılmaması ve DD-4 depreminde ise hasarsız yani işlevsel olması bu amaçla da %1 sınırının aşılmaması önerilir.

Bu çalışmada biri betonarme konut yapısı diğeri de çelik endüstri yapısı olmak üzere iki farklı fonksiyonele sahip, kullanım ömrü, taşıyıcı sistem ve malzemeleri farklı yapı

incelenmiştir. Bu yapılar için özellikle elde edilebilen verilerden faydalanılmıştır. Her iki örnek için de kendi koordinatlarına bağlı olarak tanımlanmış 4 farklı deprem seviyesi için analizler yapılmış ve bu analizlerde literatürde tanımlanmış FEMA Hazus yöntemini Türkiye koşullarına paralel düzenleyen bir araç olarak Erdemli HKTA yazılımı kullanılmıştır. Yöntem ile bilgiler Bölüm 2 ve Bölüm 3'te verilmiştir.

6.1. Örnek Çalışma-1 (Betonarme Konut Yapısı)

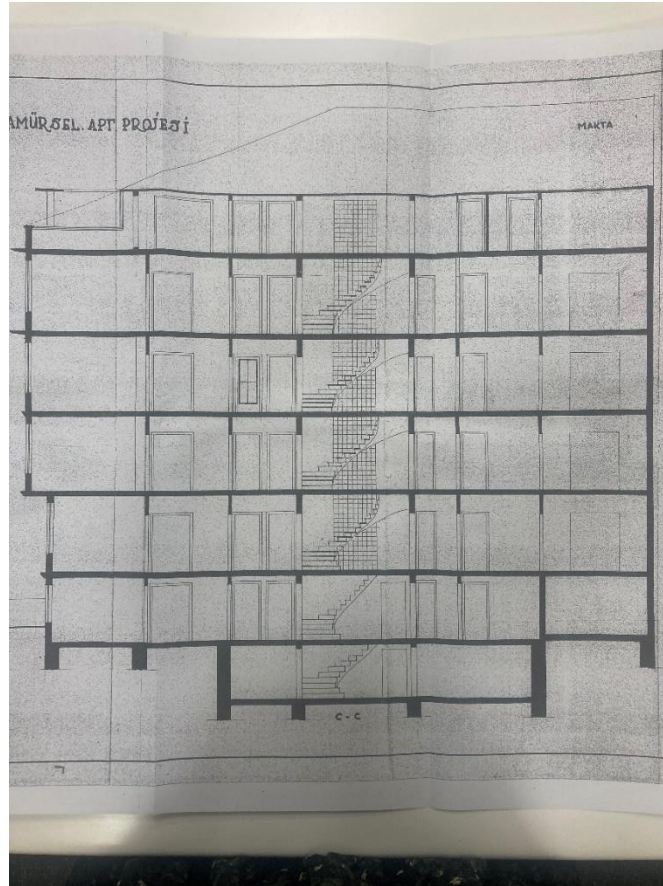
Örnek-1 olarak 1960 yılında tasarlanmış ve imalatı yapılmış 6+1 katlı bir konut yapısı incelenmiştir. Konut yapısının deprem yönetmeliğinde tanımı yapılmış, dört farklı risk seviyesindeki deprem için görmesi beklenen hasarın değerlendirilmesi ve bina maliyeti bulunarak onarım maliyeti ve yeniden yapım maliyeti açısından yıkım veya onarım-güçlendirme edilerek yeniden kullanım kararının verilmesi amacıyla incelenmiştir. İncelenen yapının ön cephe görünüşü Şekil 6.2'de verilmiştir. İnceleme amacıyla elde edilen projeleri üzerinden alınan cephe görünüşü, kat planı ve kesitleri ise Şekil 6.3, Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'de verilmiştir.



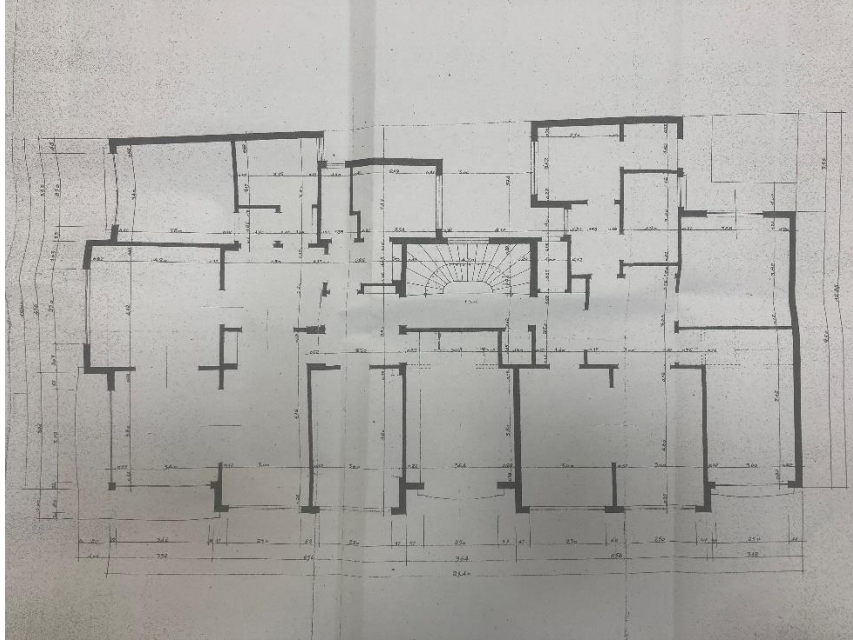
Şekil 6.2. Örnek 1-Ön Cepheden Alınan Cephe Fotoğrafi



Şekil 6.3. Örnek 1-Elde Edilen Projelerden Alınan Cephe Görünüşü



Şekil 6.4. Örnek 1-Elde Edilen Projelerden Alınan Kesit Görünüşleri



Şekil 6.5. Örnek 1-Elde Edilen Projelerden Alınan Kalıp Planı

6.1.1. Örnek 1-Dikkate Alınan Deprem Risk Seviyeleri

Konut yapısının dikkate alınan deprem tanımları koordinata bağlı Şekil 6.6'da verilen ara birim ile tanımlanmıştır. Veriler AFAD tarafından hazırlanan Türkiye Depremsellik Haritasından alınmıştır.

erdemli: HazUS Earthquake Model MH4.2 - 2021 - İnş.Müh.Can Uraz Demir

erdemli:
HazUS Earthquake Model MH 4.2

Tesis Bilgileri

Kuruluş: UFUUK PALAS APARTMANI

Tesis: - Enlem: 41.04189

Şehir: İSTANBUL Boylam: 28.99992

Deprem Bilgileri

	PGA	SS	S1
DD1:	0.6	1.489	0.416
DD2:	0.35	0.85	0.238
DD3:	0.147	0.337	0.097
DD4:	0.095	0.222	0.063

Zemin Bilgileri

FS:	F1:	ZX:
0.9	0.8	ZB
0.9	0.8	Sıvılaşma Olasılığı*:
0.9	0.8	0.05
0.9	0.8	*Zorunlu değil.

Çıktı Adresi: D:\HAZUS_SCX

Kilitle

Şekil 6.6. Örnek 1-Ara Birim Üzerinden Alınan Bina Depremsellik Riski Giriş Bilgileri

DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem seviyelerine hasar dağılım oranları EK-4'te verilmiştir.

6.1.2. Örnek 1-Yapı Taşıyıcı Sistemi ve Fiziksel Değerlendirme Kriterleri

Konut yapısının dikkate alınan taşıyıcı sistem özellikleri ilişkili metodolojinin gerektirdiği düzeye bağlı Şekil 6.7'de verilen ara birim ile tanımlanmıştır.

Buna göre yapı konut yapıları tasnif grubu altında ve çok katlı (6+1 kat) betonarme çerçeve tipi yapı olarak tanımlanmıştır. İnşaat yılı 1960 olup deprem yönetmelikleri dönemi öncesi döneme ait bir inşaatır. İstanbul eski semtlerinde çok rastlanan tipik düktil olmayan ve zayıf malzeme özelliklerine sahip bir bina olarak değerlendirilmiştir.

HazUS MH4.2 - İnş.Müh.Can Uraz Demir 2021

Yapı Kimlik Bilgileri

Yapı Adı:
UFUK PALAS

Kullanım: KONUT **İnşa Yılı:** 1960 **Kat:** 6

Değerlendirme

Yapı Türü:
 Bina Türü Yapılar Bina Türü Olmayan (Utility)

Hazus Yapı Sınıfı: (Utility için temel bilgisi)
C1H Çok Katlı Betonarme Moment Aktaran Çerçeve

Hazus Utility Sınıfı:
Bina tipi seçildiğinde

Kod Türü:
PreCode

Kullanım Sınıfı:
RES3A-F Multi-family Dwelling, Apartment/Condominium

Yapı Önemi:
 Normal Yüksek

Dahil Edilecek Deprem Seviyeleri
 DD1 DD2 DD3 DD4

Deprem Bilgileri

PGA
0.6
0.35
0.147
0.095

SS
1.489
0.85
0.337
0.222

S1
0.416
0.238
0.097
0.063

Değerlendirme Türü:

Yapısal	Y.Olmayan	Yapısal	Y.Olmayan	Yapısal	Y.Olmayan
<input checked="" type="checkbox"/> PGA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SD	<input checked="" type="checkbox"/> SD

Çıktı Adresi
D:\HAZUS_SCX

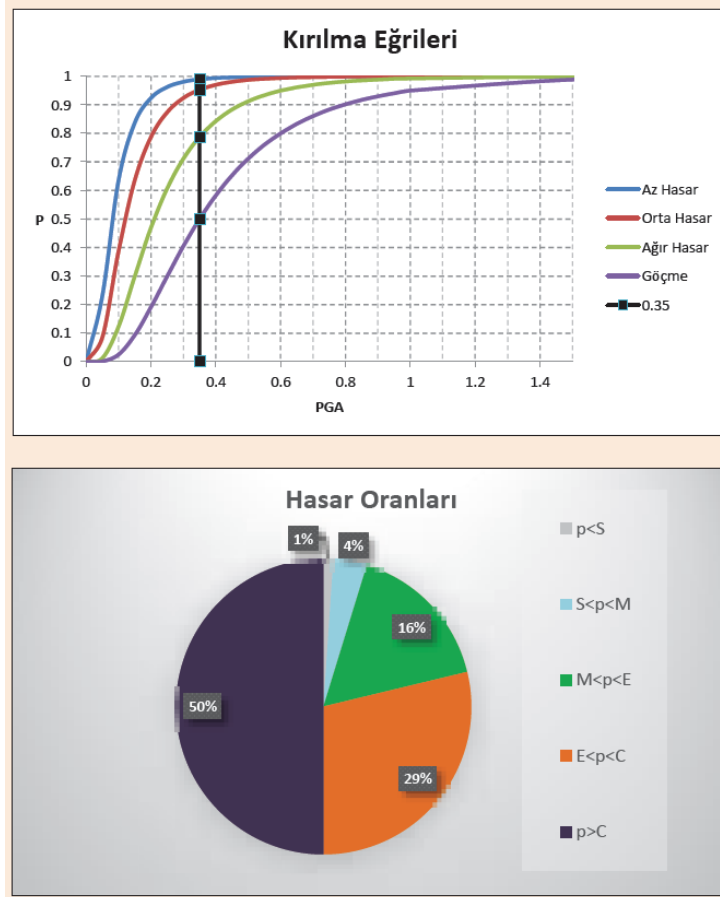
Çalıştır

Şekil 6.7. Analizde Kullanılan Örnek-1 Yapısının Bilgileri

6.1.3. Örnek 1-Elde Edilen Kayıp ve Hasar Oranları

Tanımlanan metodoloji verileri, tanımlanan yapısal özellikler için olasılık ve küresel veri tabanı bazında ülkemiz tipik yapıları ve ülkemiz depremselliğini dikkate alarak, hasar oranlarını, onarım maliyetlerini, onarım sürelerini, yaklaşık servis dışı kalma sürelerini, bina içinde ve bina dışında yaklaşık yaralanma ve can kaybı olasılıklarını ilgili deprem seviyesi için ayrı olarak hesaplar. Bu durumda gerçek bir değerlendirme için aslında tüm deprem risk seviyeleri için ayrı bir değerlendirme yapılabilir olsa da deprem yönetmeliği tanımları çerçevesinde sadece tasarıma esas deprem yer hareketi tehlike sınıfı olan DD2 için veriler karar aşamasında kullanılmıştır.

DD2 seviye deprem tanımından ulaşılan maksimum yer ivmesi (PGA) için elde edilen hasar dağılım olasılıkları Şekil 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.8. Örnek 1-DD2 için Hasar Dağılım Olasılıkları

DD2 deprem seviyesi için yapısal hasar; birleştirilmiş olası ve maksimum kayıplar Tablo 6.1’de, birleştirilmiş onarım ve güçlendirme maliyeti ise Tablo 6.2’de, onarım-güçlendirme süre değerlendirmesi ise Tablo 6.3’de verilmiştir.

Tablo 6.1. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası ve Maksimum Deprem Hasar Oranları

Structural Loss	Probale Loss		Proble Maximum Loss	
	Δp	PL	PML	
p<S	0.0106	0.005	0.01	
S<p<M	0.0367	0.05	0.10	
M<p<E	0.1652	0.20	0.30	/p>>c
E<p<C	0.2876	0.45	0.60	Tot. Collapse P.
p>C	0.5000	0.80	1.00	0.5 x 0.05
$\Sigma=$		0.56435	0.72589	2.50%

\p>>c olasılık hesabında GÖÇME olasılığı p>C ile çarpılarak elde edilmiştir.

Tablo 6.2. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Maliyeti

Repair Cost	Repair Cost (%)	
	Δp	PRC* (%)
p<S	0.0106	0.000
S<p<M	0.0367	0.300
M<p<E	0.1652	1.400
E<p<C	0.2876	6.900
p>C	0.5000	13.800
$\Sigma=$		9.12678

*(in % of building replacement cost)

Tablo 6.3. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Süresi

Repair Time	Repair Time (day)		
	Δp	Probable*	Max. Time**
p<S	0.0106	0 gün	0 gün
S<p<M	0.0367	5 gün	10 gün
M<p<E	0.1652	30 gün	120 gün
E<p<C	0.2876	120 gün	480 gün
p>C	0.5000	240 gün	960 gün
$\Sigma=$		160 gün	638 gün

*estimates of the median time for actual clean-up and repair, or construction

**estimates are extended in Table 11-8 to account for the delays

Her ne kadar toplam maliyet içinde kullanılmayacak olsa da önemli karşılaştırma verisi olan servis dışı kalma süre öngörüsü Tablo 6.4. olarak ve benzer hasar oranlarından elde edilen yaralanma ve can kaybı olasılığı verileri de Tablo 6.5. olarak sunulmuştur. Karar almada bu verilerin de kullanımı finansal araçlara tahvil edilebilirse değerlendirilebilir.

Tablo 6.4. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Servis Dışı Kalma Süresi

Service Interruption		Service Interruption Time (day)*
	Δp	Probable
$p < S$	0.0106	0 gün
$S < p < M$	0.0367	0 gün
$M < p < E$	0.1652	60 gün
$E < p < C$	0.2876	480 gün
$p > C$	0.5000	960 gün
	$\Sigma =$	628 gün

*calculated by interruption factors

Tablo 6.5. Örnek 1-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Bina İçi ve Dışı Yaralanma ve Can Kaybı Oranları

Casualty Rates		Casualty Severity Level (Indoor) (%)			
Status	Δp	Severity1*	Severity2**	Severity3***	Severity4****
$p < S$	0.0106	0	0	0	0
$S < p < M$	0.0367	0.05	0.00	0.00	0.00
$M < p < E$	0.1652	0.25	0.03	0.00	0.00
$E < p < C$	0.2876	1.00	0.10	0.00	0.00
$p > C$	0.5000	5.00	1.00	0.01	0.01
$p >> C$	0.0250	40.00	20.00	5.00	10.00
	$\Sigma =$	3.83	1.03	0.13	0.26

Casualty Rates		Casualty Severity Level (Outdoor) (%)			
Status	Δp	Severity1*	Severity2**	Severity3***	Severity4****
$p < S$	0.0106	0	0	0	0
$S < p < M$	0.0367	0	0	0	0
$M < p < E$	0.1652	0.05	0.01	0.00	0.00
$E < p < C$	0.2876	0.30	0.03	0.00	0.00
$p > C$	0.5000	2.50	1.00	0.30	0.30
	$\Sigma =$	1.34454	0.50945	0.15009	0.15009

Bu dağılımların deprem seviyelerine göre tutarlı olması beklendiği gibidir ancak limit olarak DD-2 deprem seviyesi için elde edilen maksimum ve Tablo 6.1’de gösterildiği gibi yaklaşık %73 olan hasar oranının (PML) daha önce genel tanımları ifade etmek için Şekil 6.1’de özetlenen limit hasar durumlarından yola çıkılarak beklenen performans seviyelerinin sağlanamadığı ve yıkım-yeniden yapım veya onarım-güçlendirme gerekliliğinin görüldüğü söylenebilir. Bu durum maliyetler bazında tartışılmalıdır.

6.1.4. Örnek 1-Yeniden Yapım Maliyetinin Değerlendirilmesi

Bina kayıp oranlarının tanımlanması sonrasında karar alınabilmesi için binanın öncelikle daha önceki bölümlerde tanımlanan yeniden yapım maliyetinin ve daha sonra da mevcut yaşı ve durumu düşünülerek mevcut hasar kıyas değerinin elde edilmesi gerekir.

Gulmez (2021), tarafından ilgili yayında tanımlanan ve bakanlık tarafından her yıl güncellenen farklı fonksiyonlardaki yapıların birim yapım maliyetleri esas alan yöntem çeşitli kabullerle yapılacak yeniden yapım maliyetine ulaşmak için bir araç olarak kullanılacaktır. Yöntem kapsamında Tablo 6.6 olarak verilen taşıyıcı sistem tipi, geoteknik bölge sınıfı, depremsellik ve beklenen performans sınıfı, malzeme ve işçilik kalitesi sınıfı, geometri ve kat sayısının etkisi, sistemin teknolojik ve elektromekanik beklentileri ve bakım ve işletme kalitesi, inşaat alanı değişimi etkisi ve zamana bağlı maliyet saçılımları başlıklarını birer parametre olarak tanımlamıştır ve yeniden yapım maliyetine ulaşılmıştır. Bu tabloda dikkate alınan değerlerin kaynakları ilgili yayınlardan alınmıştır ve sadece aynı bir bazın kontrolü için kullanıldığından bir kısmı tartışılabilir olsa da çalışmamızın ana konsantrasyon konusu olmadığından standart değer olarak ve katsayısı “1” olarak yansıtılarak kullanılmıştır. Yöntemin bir kısım tabloları ilgili yayından (Gulmez, 2021) alınarak Tablo 6.6’da ilgili katsayılar kullanılmıştır.

Tablo 6.6. Örnek 1-Parametrelere Göre Yeniden Yapım Maliyetinin Bulunması

C_{prj}	$C_{prj} = C_{sfc} * [1 + \sum_{M=1}^n (M_i - 1)]$	Açıklama
C_{sfc}	12250₺	3A Tipi Yapı (Tablo 5.1.)
M1	100%	Orta Boyutta Proje (M1)
M2	100%	Betonarme Çerçeveler (M2)
M3	100%	Tekil Temel ve Bodrumsuz Bina (M3)
M4	127%	Yüksek Deprem-Can Güvenliği (M4)
M5	100%	Betonarme Konut (M5)
M6	100%	6 Katlı Dikdörtgen 3m Kat Yüksekliği (M6)
M7	100%	Özel Hizmet ve Bakım Yok (M7)
M8	114%	İstanbul Fiyatları (M8)
M9	141%	3A Tipi Yapı Sınıfı %99 Güvenlik (Tablo 5.4.)
	22295₺	Toplam Maliyet

6.1.5. Örnek 1-Mevcut Kıyas Değerinin Tespit Edilmesi

Mevcut kıyas değerini tespiti bir şimdiki değer tespiti işlemi değildir ve sağlıklı bir kıyaslama yapılabilmesi için sadece finansal olarak bir geçerli kaynak üzerine oturtulabilecek

yıllara bağılı değer kaybı işlemi yapılması yeterlidir. İki veriye ulaşılması önemlidir birincisi orijinal tasarım hedefinde ekonomik ömür sonuna dek geçmesi planlamış dönemde öngörülebilecek amortisman oranı, diğeri ise yapının planlanan ekonomik ömür içerisinde nerede olduğudur.

Bunlardan her ikisi için de tasarım hedeflerinde ekonomik ömür olarak dikkate alınan 50 yıllık süre (TBDY, 2018) dikkate alınacak birinci için bu süre sonunda kayıp oranı olarak kamu kaynaklı (RG, 15 Mart 1972-14129) geçerli tablolardan %40 değer öngörülecek ve diğeri için de yapı yaşı olan 65 yıl dikkate alınarak bina ekonomik ömrünün çok üzerinde olduğu için aynı kaynakta verilen tablodan %50 değeri esas alınacaktır.

6.1.6. rnek 1-Karar Alma Amaçlı Kıyas Yapılması

Karar almak için kritik olduğu düşülen yapı olası kayıp oranları, çeşitli parametrik verilere baz edilerek hesaplanan yeniden yapım maliyeti ve ekonomik ömür dikkate alınarak elde edilen kayıp değer oranı (amortisman) hesaplanmıştır. Kontrol edilen örnek bazında tüm belirsizlikler eş baza getirilmeye çalışılmış ve ortaya çıkan belirsizliklerin bir kısmı için kabuller yapılmıştır.

Verilmesi gereken karara, bu paylaşılan ve hesaplanan verilerden çok daha karmaşık pek çok belirsizliğe bağılı olarak değişebilir olsa da (Yılmaz, 2016) oğu bilimsel tabana ve uygulanmış verilere dayandırılmış çalışmada tarif edilen biçimde (Arıkan vd., 2005), basitçe fayda-maliyet karşılaştırması yapılarak elde edilebilir. Tablo 6.7'de çalışma prensiplerine paralel hesaplanan kayıp ve fayda oranları ve benzeri karara esas veriler paylaşılmıştır.

Tablo 6.7. rnek 1-Kayıp ve Fayda Oranları Analizi

Gösterge	Değerler	Açıklama
C_{prj}	22295₺	Tablo 6.6.
C_{yy}	22295₺	$C_{prj}=C_{yy}$ kabul edildi.
Değer Kaybı	50%	Yapı Yaşı 64 için Tablo 5.3.' den alındı.
Kayıp Deprem	73%	DD2 Deprem Seviyesi Tablo 6.1.' den alındı.
Toplam Kayıp	123%	Değer Kayıpları Toplamı Deprem Bugün Oluşursa
Onarım Maliyeti	9%	DD2 Deprem Seviyesi Tablo 6.2.' den alındı.
C_{om}	2006,55₺	Onarım Maliyeti
Onarım Süresi	638 gün	DD2 Deprem Seviyesi Tablo 6.3.' den alındı
Kayıp Fazlası	33%	Kayıp Fazlası %53-%40
Fayda Oranı	362%	Kayıp Fazlası/Onarım Maliyeti

Yapılan çalışmada, Örnek 1 yapısı özelinde yıkım yeniden yapım kararı doğrulanmıştır. Bu durumda bir genelleme olarak bu hasarın %35-40 (İMO Afet Hazırlık ve Müdahale Kurulu, 2016) üzerinde olduğu durumlarda, özellikle yapı henüz kullanım ömrünün çok başında değilse veya görevine ara verilmesi idari birtakım sebeplerle çok zor veya imkânsız değilse, yapının korunması ve güçlendirilerek yeniden kullanılması kararı ile pek sık karşılaşılmaz. Daha çok yapının yeniden yapımına karar verilir. Özellikle toplam kayıp maliyetinin %100 yeniden yapım maliyeti üzerinde olduğu durumlarda çok özel koşullar oluşması durumu hariç her zaman yeniden yapım kararı verilir.

Buna göre öncelikle yapım maliyeti hesaplanmak istenirse, yapının fonksiyonel tipi bakanlık tiplerinden “3A” olarak tespit edilir ve “Konut Yapısı” olması sebebi ile metrekare birim maliyetinin 2024 yılı birim fiyatları ile 12.250TL/m² olması beklenir. Bu değer proje özelliklerine göre düzenlenirse Tablo 6.6’da gösterilen 20.580 TL birim maliyete ulaşılır.

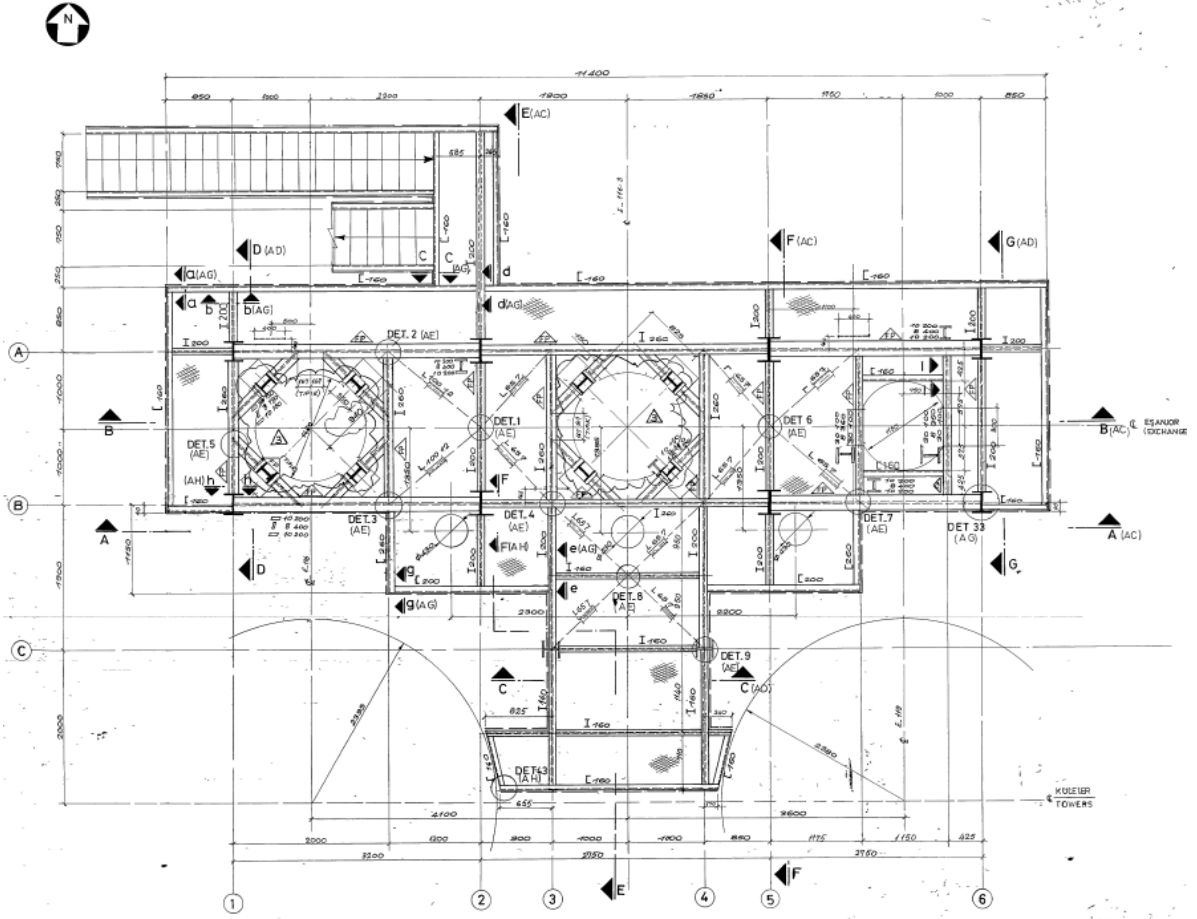
Yapının zamana bağlı değer kaybı Tablo 5.3 üzerinden hesaplanırsa %50 gibi olup bunun karşılığı yaklaşık 10.290 TL/m² gibi olacaktır.

Yapının DD2 seviyesindeki bir yer hareketi için Tablo 6.1’de verilen değerler baz alınırsa %73 gibi bir hasar olasılığı görülmektedir. Bu da onarım maliyetinin Tablo 6.2 esas alınarak metrekare bazında 1.8767 TL/m² civarında olması anlamına gelir.

Toplam kayıp oranı %132 olup bina açısından yeniden yapım maliyetinin aşıldığı açıktır. Bunun yanında olası kullanım dışı kalma süresi 638 gün bu hesapta maliyet olarak dikkate alınmamıştır ve kabul edilebilir sürelerin çok ötesindedir. Kayıp toplamı %100 maliyetin üzerinde olmaktadır.

6.2. Örnek Çalışma-2 (Çelik Endüstri Yapısı)

Örnek-2 olarak 1996 yılında tasarlanmış ve imalatı yapılmış 2 katlı bir endüstri yapısı incelenmiştir. Endüstri yapısının deprem yönetmeliğinde tanımı yapılmış, dört farklı risk seviyesindeki deprem için görmesi beklenen hasarın değerlendirilmesi ve bina maliyeti bulunarak onarım maliyeti ve yeniden yapım maliyeti açısından yıkım veya onarım-güçlendirme yapılarak yeniden kullanım kararının verilmesi amacıyla incelenmiştir. Çelik endüstri yapısının önden görünüşü Şekil 6.9’da verilmiştir. İnceleme amacıyla elde edilen projeleri üzerinden alınan cephe görünüşü Şekil 6.10’da kat planı ise Şekil 6.11’de verilmiştir.



Şekil 6.11. Örnek 2-Elde Edilen Projelerden Alınan Plan Görünüşü

6.2.1. Örnek 2-Dikkate Alınan Deprem Risk Seviyeleri

Endüstri yapısının dikkate alınan deprem tanımları koordinata bağlı Şekil 6.12’de verilen ara birim ile tanımlanmıştır. Veriler AFAD tarafından hazırlanan Türkiye depremsellik haritasından alınmıştır.

Deprem Bilgileri	PGA	SS	S1
DD1:	0.867	2.179	0.549
DD2:	0.479	1.165	0.278
DD3:	0.189	0.444	0.106
DD4:	0.136	0.319	0.077

Zemin Bilgileri	FS:	F1:	ZX:
	1.0	1.751	ZD
	1.034	2.044	Sıvılaşma Olasılığı*:
	1.445	2.388	0.05
	1.545	2.40	*Zorunlu değil.

Şekil 6.12. Örnek 2-Ara Birim Üzerinden Alınan Bina Depremsellik Riski Giriş Bilgileri

DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem seviyelerine hasar dağılım oranları EK-5’de verilmiştir.

6.2.2. Örnek 2-Yapı Taşıyıcı Sistemi ve Fiziksel Değerlendirme Kriterleri

Konut yapısının dikkate alınan taşıyıcı sistem özellikleri ilişkili metodolojinin gerektirdiği düzeye bağlı Şekil 6.13’de verilen ara birim ile tanımlanmıştır.

Buna göre yapı endüstri yapıları tasnif grubu altında ve az katlı (2 kat) çelik çapraz+çerçeve tipi yapı olarak tanımlanmıştır. İnşaat yılı 1996 olup deprem yönetmelikleri döneminde (1975 Deprem Yönetmeliği) olmasına karşın orta seviyede bir deprem tasarım kalitesine sahiptir.

İzmir-Aliğa’da bulunan bu yapı eski dönem endüstri yapılarında çoğunlukla karşılaştığımız tipik düktil olmayan ve nispeten standart malzeme özelliklerine sahip bir bina olarak değerlendirilmiştir. Bir yönde çelik çaprazlı ve diğer yönde çelik moment aktaran

çerçeve olan bu yapıda yapılan karşılaştırmalarda daha zayıf yön olarak çerçeve yönü tespit edilmiş ve özet bilgiler bu doğrultuda dikkate alınmıştır.

HazUS MH4.2 - İnş.Müh.Can Uraz Demir 2021

Yapı Kimlik Bilgileri

Yapı Adı:
ENDÜSTRİ BİNASI (ÇERÇEVE YÖNÜ)

Kullanım: ENDÜSTRİYEL **İnşa Yılı:** 1996 **Kat:** 2

Değerlendirme

Yapı Türü:
 Bina Türü Yapılar Bina Türü Olmayan (Utility)

Hazus Yapı Sınıfı: (Utility için temel bilgisi)
S1L Az Katlı Çelik Moment Aktaran Çerçeve

Hazus Utility Sınıfı:
Bina tipi seçildiğinde

Kod Türü:
ModerateCode

Kullanım Sınıfı:
IND1 Heavy,Factory

Yapı Önemi:
 Normal Yüksek

Dahil Edilecek Deprem Seviyeleri
 DD1 DD2 DD3 DD4

Deprem Bilgiler

PGA

0.867
0.479
0.189
0.136

SS

2.179
1.165
0.444
0.319

S1

0.549
0.278
0.106
0.077

Değerlendirme Türü:

Yapısal	Y.Olmayan	Yapısal	Y.Olmayan	Yapısal	Y.Olmayan
<input checked="" type="checkbox"/> PGA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SA	<input checked="" type="checkbox"/> SD	<input checked="" type="checkbox"/> SD

Çıktı Adresi
D:\HAZUS_SCX

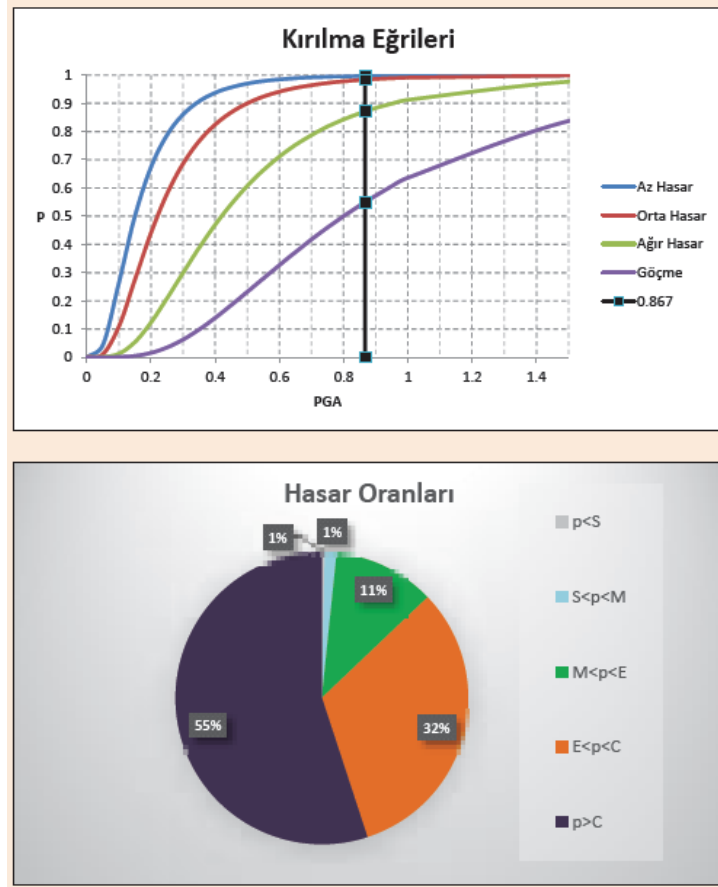
Çalıştır

Şekil 6.13. Analizde Kullanılan Örnek-2 Yapısının Bilgileri

6.2.3. Örnek 2-Elde Edilen Kayıp ve Hasar Oranları

Önceki örneğe benzer şekilde tanımlanan metodoloji verileri, tanımlanan yapısal özellikler için olasılık ve küresel veri tabanı bazında ülkemiz tipik yapıları ve ülkemiz depremselliğini dikkate alarak, hasar oranlarını, onarım maliyetlerini, onarım sürelerini, yaklaşık servis dışı kalma sürelerini, bina içinde ve bina dışında yaklaşık yaralanma ve can kaybı olasılıklarını ilgili deprem seviyesi için ayrı olarak hesaplanmıştır. Bu durumda gerçek bir değerlendirme için aslında tüm deprem risk seviyeleri için ayrı bir değerlendirme yapılabilir olsa da deprem yönetmeliği tanımları çerçevesinde sadece tasarıma esas deprem yer hareketi tehlike sınıfı olan DD2 için veriler karar aşamasında kullanılmıştır.

DD2 seviye deprem tanımından ulaşılan maksimum yer ivmesi (PGA) için elde edilen hasar dağılımları olasılıkları Şekil 6.14’de verilmiştir.



Şekil 6.14. Örnek 2-DD2 için Hasar Dağılımları Olasılıkları

DD2 deprem seviyesi için yapısal hasar; birleştirilmiş olası ve maksimum kayıplar Tablo 6.8’de, aynı deprem seviyesi için birleştirilmiş onarım ve güçlendirme maliyeti ise Tablo 6.9’da, onarım-güçlendirme süre değerlendirmesi ise Tablo 6.10’da verilmiştir.

Tablo 6.8. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası ve Maksimum Deprem Hasar Oranları

Structural Loss	Probale Loss		Proble Maximum Loss	
	Δp	PL	PML	
p<S	0.0348	0.005	0.01	
S<p<M	0.0772	0.05	0.10	
M<p<E	0.3066	0.20	0.30	
E<p<C	0.3699	0.45	0.60	/p>>c
p>C	0.2114	0.80	1.00	Tot. Collapse P.
$\Sigma=$		0.40097	0.53344	0.2114 x 0.08
				1.69%

\p>>c olasılık hesabında GÖÇME olasılığı p>C ile çarpılarak elde edilmiştir.

Tablo 6.9. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Maliyeti

Repair Cost		Repair Cost (%)
	Δp	PRC* (%)
p<S	0.0348	0.000
S<p<M	0.0772	0.400
M<p<E	0.3066	1.600
E<p<C	0.3699	7.800
p>C	0.2114	15.700
	$\Sigma=$	6.72648

*(in % of building replacement cost)

Tablo 6.10. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Onarım-Güçlendirme Süresi

Repair Time		Repair Time (day)	
	Δp	Probable*	Max. Time**
p<S	0.0348	0 gün	0 gün
S<p<M	0.0772	10 gün	10 gün
M<p<E	0.3066	30 gün	90 gün
E<p<C	0.3699	120 gün	240 gün
p>C	0.2114	240 gün	360 gün
	$\Sigma=$	105 gün	193 gün

*estimates of the median time for actual clean-up and repair, or construction

**estimates are extended in Table 11-8 to account for the delays

Her ne kadar toplam maliyet içinde kullanılmayacak olsa da önemli karşılaştırma verisi olan servis dışı kalma süre öngörüsü Tablo 6.11 olarak ve benzer hasar oranlarından elde edilen yaralanma ve can kaybı olasılığı verileri de Tablo 6.12 olarak sunulmuştur. Karar almada bu verilerin de kullanımı finansal araçlara tahvil edilebilirse değerlendirilebilir.

Tablo 6.11. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi İçin Birleştirilmiş Olası Servis Dışı Kalma Süresi

Service Interruption		Service Interruption Time (day)*
	Δp	Probable
p<S	0.0348	0 gün
S<p<M	0.0772	5 gün
M<p<E	0.3066	90 gün
E<p<C	0.3699	240 gün
p>C	0.2114	360 gün
	$\Sigma=$	193 gün

*calculated by interruption factors

Tablo 6.12. Örnek 2-DD2 Deprem Seviyesi için Birleştirilmiş Olası Bina İçi ve Dışı Yaralanma ve Can Kaybı Oranları

Casualty Rates		Casualty Severity Level (Indoor) (%)			
Status	Δp	Severity1*	Severity2**	Severity3***	Severity4****
p<S	0.0348	0	0	0	0
S<p<M	0.0772	0.05	0.00	0.00	0.00
M<p<E	0.3066	0.20	0.03	0.00	0.00
E<p<C	0.3699	1.00	0.10	0.00	0.00
p>C	0.2114	5.00	1.00	0.01	0.01
p>>C	0.0169	40.00	20.00	5.00	10.00
	$\Sigma=$	2.17	0.59	0.09	0.17

Casualty Rates		Casualty Severity Level (Outdoor) (%)			
Status	Δp	Severity1*	Severity2**	Severity3***	Severity4****
p<S	0.0348	0	0	0	0
S<p<M	0.0772	0	0	0	0
M<p<E	0.3066	0.05	0.01	0.00	0.00
E<p<C	0.3699	0.10	0.01	0.00	0.00
p>C	0.2114	2.00	0.50	0.10	0.10
	$\Sigma=$	0.47521	0.11095	0.02118	0.02118

Bu dağılımların deprem seviyelerine göre tutarlı olması beklendiği gibidir ancak limit olarak DD-2 deprem seviyesi için elde edilen maksimum ve Tablo 6.8’de gösterildiği gibi yaklaşık %53 olan hasar oranının (PML) daha önce genel tanımları ifade etmek için Şekil 6.1’de özetlenen limit hasar durumlarından yola çıkılarak beklenen performans seviyelerinin sağlanamadığı ve yıkım ve yeniden yapım veya onarım-güçlendirme gerekliliğinin görüldüğü söylenebilir. Bu durum maliyetler bazında tartışılmalıdır.

6.2.4. Örnek 2-Yeniden Yapım Maliyetinin Değerlendirilmesi

Bina kayıp oranlarının tanımlanması sonrasında karar alınabilmesi için binanın öncelikle daha önceki bölümlerde tanımlanan yeniden yapım maliyetinin ve daha sonra da mevcut yaşı ve durumu düşünülerek mevcut hasar kıyas değerinin elde edilmesi gerekir.

Gulmez (2021), tarafından ilgili yayında tanımlanan ve bakanlık tarafından her yıl güncellenen farklı fonksiyonlardaki yapıların birim yapım maliyetleri esas alan yöntem çeşitli kabullerle yapılacak yeniden yapım maliyetine ulaşmak için bir araç olarak kullanılacaktır. Yöntem kapsamında Tablo 6.13 olarak verilen taşıyıcı sistem tipi, geoteknik bölge sınıfı, depremsellik ve beklenen performans sınıfı, malzeme ve işçilik kalitesi sınıfı, geometri ve kat sayısının etkisi, sistemin teknolojik ve elektromekanik beklentileri ve bakım ve işletme kalitesi, inşaat alanı değişimi etkisi ve zamana bağlı maliyet saçılımları başlıklarını birer parametre olarak tanımlamıştır ve yeniden yapım maliyetine ulaşmıştır. Bu tabloda dikkate alınan

değerlerin kaynakları ilgili yayınlardan alınmıştır ve sadece aynı bir bazın kontrolü için kullanıldığından bir kısmı tartışılabilir olsa da çalışmamızın ana konsantrasyon konusu olmadığından standart değer olarak ve katsayısı “1” olarak yansıtılarak kullanılmıştır. Yöntemin bir kısım tabloları ilgili yayından (Gulmez, 2021) alınarak Tablo 6.13’de ilgili katsayılar kullanılmıştır.

Tablo 6.13. Örnek 2-Parametrelere Göre Yeniden Yapım Maliyetinin Bulunması

C_{prj}	$C_{prj} = C_{sfc} \cdot [1 + \sum_{M1=1}^n (M_i - 1)]$	Açıklama
C_{sfc}	15300₺	4A Tipi Yapı (Tablo 5.1.)
M1	100%	Orta Boyutta Proje (M1)
M2	100%	Çelik Çerçeveler (M2)
M3	100%	Tekil Temel ve Bodrumsuz Bina (M3)
M4	169%	Çok Yüksek Deprem-Can Güvenliği (M4)
M5	122%	Çelik Endüstri Yapısı (M5)
M6	108%	2 Katlı Dikdörtgen 3m Kat Yüksekliği (M6)
M7	100%	Özel Hizmet ve Bakım Yok (M7)
M8	107%	İzmir Fiyatları (M8)
M9	167%	4A Tipi Yapı Sınıfı %99 Güvenlik (Tablo 5.4.)
	40851₺	Toplam Maliyet

6.2.5. Örnek 2-Mevcut Kıyas Değerinin Tespit Edilmesi

Mevcut kıyas değerini tespiti bir şimdiki değer tespiti işlemi değildir ve sağlıklı bir kıyaslama yapılabilmesi için sadece finansal olarak bir geçerli kaynak üzerine oturtulabilecek yıllara bağlı değer kaybı işlemi yapılması yeterlidir. İki veriye ulaşılması önemlidir birincisi orijinal tasarım hedefinde ekonomik ömür sonuna dek geçmesi planlanmış dönemde öngörülecek amortisman oranı, diğeri ise yapının planlanan ekonomik ömür içerisinde nerede olduğudur.

Bunlardan her ikisi için de tasarım hedeflerinde ekonomik ömür olarak dikkate alınan 50 yıllık süre (TBDY, 2018) dikkate alınacak birinci için bu süre sonunda kayıp oranı olarak kamu kaynaklı (RG, 15 Mart 1972-14129), geçerli tablolardan %40 değer öngörülecek ve diğeri için de yapı yaşı olan 29 yıl dikkate alınarak bina ekonomik ömrünün çok üzerinde olduğu için aynı kaynakta verilen tablodan %25 değeri esas alınacaktır.

6.2.6. Örnek 2-Karar Alma Amaçlı Kıyas Yapılması

Karar almak için kritik olduğu düşünülen yapı olası kayıp oranları, çeşitli parametrik verilere baz edilerek hesaplanan yeniden yapım maliyeti ve ekonomik ömür dikkate alınarak

elde edilen kayıp değer oranı (amortisman) hesaplanmıştır. Kontrol edilen örnek bazında tüm belirsizlikler eş baza getirilmeye çalışılmış ve ortaya çıkan belirsizliklerin bir kısmı için kabuller yapılmıştır.

Verilmesi gereken karara, bu paylaşılan ve hesaplanan verilerden çok daha karmaşık pek çok belirsizliğe bağlı olarak değişebilir olsa da (Yılmaz, 2016) çoğu bilimsel tabana ve uygulanmış verilere dayandırılmış çalışmada tarif edilen biçimde (Arıkan vd., 2005) basitçe fayda-maliyet karşılaştırması yapılarak elde edilebilir. Tablo 6.14’de çalışma prensiplerine paralel hesaplanan kayıp ve fayda oranları ve benzeri karara esas veriler paylaşılmıştır.

Tablo 6.14. Örnek 2-Kayıp ve Fayda Oranları Analizi

Gösterge	Değerler	Açıklama
C_{prj}	40851₺	Tablo 6.13.
C_{yy}	40851₺	$C_{prj}=C_{yy}$ kabul edildi.
Değer Kaybı	25%	Yapı Yaşı 28 için Tablo 5.3.' den alındı.
Kayıp Deprem	53%	DD2 Deprem Seviyesi Tablo 6.8.' den alındı.
Toplam Kayıp	78%	Değer Kayıpları Toplamı Deprem Bugün Oluşursa
Onarım Maliyeti	7%	DD2 Deprem Seviyesi Tablo 6.9.' den alındı.
C_{om}	2745,19₺	Onarım Maliyeti
Onarım Süresi	193 gün	DD2 Deprem Seviyesi Tablo 6.10.' den alındı
Kayıp Fazlası	13%	Kayıp Fazlası %53-%40
Fayda Oranı	193%	Kayıp Fazlası/Onarım Maliyeti

Yapılan çalışmada, Örnek 2 yapısı özelinde onarım-güçlendirme kararı doğrulanmıştır. Bu durumda bir genelleme olarak bu hasarın %35-40 (İMO Afet Hazırlık ve Müdahale Kurulu, 2016) üzerinde olduğu durumlarda, özellikle yapı henüz kullanım ömrünün çok başında değilse veya görevine ara verilmesi idari birtakım sebeplerle çok zor veya imkânsız değilse, yapının korunması ve güçlendirilerek yeniden kullanılması kararı ile pek sık karşılaşılmaz. Daha çok yapının yeniden yapımına karar verilir. Bu özel durumda ise toplam kayıp maliyetinin %100 yeniden yapım maliyeti üzerinde olmadığı düşünüldüğünde bu karar için diğer unsurlara da bakılması gerekecektir.

Buna göre öncelikle yapım maliyetini hesaplanmak istenirse, yapının fonksiyonel tipi bakanlık tiplerinden “4A” olarak tespit edilir ve “Endüstriyel Sanayi Tesisi” olması sebebi ile metrekare birim maliyetinin 2024 yılı birim fiyatları ile 15.300 TL/m² olması beklenir. Bu değer proje özelliklerine göre düzenlenirse Tablo 6.13’de gösterilen 40.851 TL birim maliyete ulaşılır.

Yapının zamana bağlı değer kaybı Tablo 5.3 üzerinden hesaplanırsa %25 gibi olup bunun karşılığı yaklaşık 10.213 TL/m² gibi olacaktır.

Yapının DD2 seviyesindeki bir yer hareketi için Tablo 6.8'de verilen değerler baz alınırsa %53 gibi bir hasar olasılığı görölmektedir. Bu da onarım maliyetinin Tablo 6.9 esas alınarak metrekare bazında 2.7457 TL/m² civarında olması anlamına gelir.

Toplam kayıp oranı %85 olup bina açısından yeniden yapım maliyetinin aşılmadığı görölmektedir. Bunun yanında olası kullanım dışı kalma süresi 193 gün etkisi bu hesapta maliyet olarak dikkate alınmamıştır.

7. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, risk bazlı toplam tasarım maliyetinin tanımlaması yapılmış ve daha tasarımın ilk adımlarından itibaren seçilecek taşıyıcı sistem ve kabul edilebilir yapı performansı tanımlarının bu bazda değerlendirilmesinin önemi, çeşitli çalışmalardaki bakış açıları özetlenmiştir. Deprem afeti tanımları yapılmış, şiddet ölçekleri ile deprem hasarı ilişkisi açıklanmıştır. Deprem kaynaklı risklerin analizine yönelik yöntemler, tasarım aşamasında veya mevcut yapıların performansı değerlendirilirken kritik bir rol oynar. Bu süreçte, onarım-güçlendirme ya da yıkım ve yeniden yapım kararları için dikkate alınması gereken risklerin tespit yöntemleri belirlenmiştir. Ayrıca, yapıların kabul edilebilir deprem performansını tanımlamak, bu riskleri depremden kaynaklanan kayıp ve hasar olasılıklarına dönüştürmek üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yaralanma, kullanım kaybı gibi alt parametrelerin hesaplanması için kullanılan ve uluslararası düzeyde kabul görmüş yöntemler incelenmiş ve sonuçlar özetlenmiştir. Bu aşamada özellikle Türkiye için yaygın kullanım amaçlı yerel olarak dikkate alınması gereken parametreler ve bu amaçlı hazırlanmış çeşitli yazılım ve araçlar taranarak, özellikleri ve yöntemleri özet olarak sunulmuştur.

Hesaplanan bu kayıp oranları ve hesap olasılıkları üzerinden yıkım veya onarım kararı verilirken en büyük etkenlerden yapım maliyetleri konusu üzerinde özellikle durulmuş ve karar alma çalışmalarının bir altlığının oluşturulabilmesi için ilgili bakanlığın her yıl yayımladığı “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ” yayınları kullanılarak 1995 – 2024 yılları arasında birim maliyet verilerinin çeşitli fonksiyonlarda tipik yapılar bazında nasıl hazırlandığı ve dayanakları özetlenmiştir.

Doğrudan gerçek yapım maliyetlerini yansıtmadığı görülen bu kamu maliyetleri referans alınan maliyet değerlerinin ne şekilde gerçek yapım maliyetleri ile ilişkilendirilebileceği çeşitli kaynak yayınlar vurgulanarak açıklanmıştır. Maliyetlerin genellikle tek tip ve standart bir ortalama yapım maliyetini içerdiği gerçeğinden hareketle, bu maliyetlerin daha özelleştirilmiş bir yapıya dönüştürülmesi üzerine yöntemler ele alınmıştır. Bu süreçte, yapı sınıfları temel alınarak tasarım, geometri, yerleşim, performans, içerik, kalite ve işçilik gibi özel koşulları yansıtan özelliklerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Yapıların kendine özgü koşullarını ve ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde özelleştirilmiş maliyet hesaplama yöntemleri için ilgili kaynaklar sunulmuş ve analiz edilmiştir. Böylece, standart maliyetlerin ötesine geçilerek daha gerçekçi ve spesifik maliyet hesaplamalarının yapılması hedeflenmiştir. Bu kaynaklarda yapının tipik alan maliyeti, proje alanına bağlı birim maliyet

değişimi, taşıyıcı sistem tipi kaynaklı maliyet değişimi, temel ve bodrum tipi kaynaklı maliyet değişimi, deprem tasarım performans beklentisi kaynaklı maliyet değişimi, yapı plan geometrisi, kat yüksekliği ve cephe tipi kaynaklı maliyet değişimi, özel yapı servisleri ve ekipmanları kaynaklı ilave maliyetler, bulunduğu ile ait yapım maliyet değişimleri, ve çeşitli yıllarda fiyatlar baz alınarak tanımlanan güvenlik oranına bağlı değişimleri dikkate alınmıştır.

Otuz yıllık bakanlıklar tarafından yayımlanan veri ile oluşturulan veri tabanı kullanılarak değerlerin nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu çalışmalar hem lokal para birimi “TL” hem endüstri tarafından sık ve haklı sebeplerle kullanılan bir döviz “USD” bazında incelenmiştir. Oldukça uzun bir zaman dilimi incelendiği için para birimleri her ikisi için de zaman etkileri enflasyon oranları ile düzeltilmiş ve en son yıla “bugün maliyet” olarak taşınmıştır.

Elde edilen bu grafiklerden inşaat sektöründeki maliyet değişimleri izlenerek ülkenin ekonomik durumu hakkında yorum yapılabildiği gözlenmiştir. Her ne kadar sadece gösterge amacıyla verilmiş olsa da yalnızca kamunun değil, içinde özel sektörün de bulunduğu birçok farklı paydaşın, kaynak verisinin geniş olması ve ülke genelini temsil etmesi sebebi ile faydalandığı ve referans olarak kullandığı bu değerlerin önemi vurgulanmak istenmiştir. Tabii olarak devlet ihalelerinde kullanılan bu baz fiyatın yapım maliyetini doğrudan yansıttığı iddia edilemez ancak planlamada bir yaklaşımın yapılabilmesi için oldukça iyi bir araç olduğu açıktır.

Çeşitli farklı tipik fonksiyonlardaki bu yapıların her biri için elde edilen ve eş baza getirilmiş bu maliyetler ortalama ve sapmaları hesaplanarak %50-%90-%99 güvenlik oranını yansıtan “tanımlı güvenlikte birim alan için bugün maliyeti” haline çevrilmiştir. Bu yöntemle hazırlanan özet tablo yardımıyla ilgili yapım maliyetlerinin doğrudan tek bir değer yardımıyla değil talep edilen güvenlik oranına bağlı kullanımı için bir araç oluşturulmuştur.

Genel olarak elde edilen çalışma verilerinin kullanımına örnek oluşturabilmek adına, iki farklı yaşta ve yapısal özellikte yapının buldukları yer dikkate alınarak deprem yer hareketi riski altında kayıp oranları 4 farklı risk seviyesi için hesaplanmış ve bunlardan yönetmelik bazında zorunlu tutulan DD2 yer hareketi seviyesindeki olası hasar oranlarının kabul edilebilir hasar oranları ile karşılaştırması yapılmıştır.

Beklenen performansın sağlanamadığı görülen bu yapılarda, onarım-güçlendirme veya yıkım-yeniden yapım kararı üzerinde etkin parametreler aktarılmış ve sonuçları ile değerlendirilerek alınan kararlar sunulmuştur. Buna göre;

Örnek-1 yapısı için:

Özellikle olabildiğince 50 yıllık ekonomik ömrünü tamamlamış standart yüksek deprensellikte bir yerleşime ve oldukça zayıf bir taşıyıcı sisteme sahip olarak seçilmiş bir eski İstanbul da çok benzeri örneğine rastlanan tipik konut yapısıdır. Çalışmada baz alınan ve Türkiye için özelleştirilmiş lokal parametreleri ve Hazus metodolojisini kullanan Erdemli-HKTA yazılımı ile risk analizi ve hasar-kayıp senaryoları çıkartılmıştır. Bunlar arasından özellikle standart tasarım verisini karşılaştırmak amacıyla DD-2 seviye depremi ile karşılaştırmalar yapılmış ve kabul edilebilir performans amacıyla %35-40 aralığında kalması gereken olası maksimum kayıp oranlarının %73 seviyesine ulaştığı hesaplanmıştır. Onarım maliyetinin yapım maliyetinin yaklaşık %9 civarında olduğu ve onarım ve hizmet dışı kalma sürelerinin 2 yıla yaklaşık olduğu hesaplanmıştır. Her ne kadar karşılaştırmalarda kullanılsa da yapı içinde ve dışında yaralanma ve can kaybı olasılıkları da hesaplanarak tablolarda Hazus metodolojisinde verilen farklı seviyelerde yaralanma tanımları için paylaşılmıştır.

İkinci adımda yapının yeniden yapım maliyetinin hesabı için ilgili kaynaklardan elde edilen yöntemleri esas alan parametreler kullanılarak bir çalışma yapılmış ve yapının birim alan için yeniden yapım maliyeti yapı özel koşullarının etkisi ve %99 güvenlik için hesaplanmış ve 20580 TL olarak bulunmuştur. Yapının 65 yaşında olması durumu dikkate alınarak %50 civarında değer kaybına uğradığı referans kaynaklara dayanılarak belirtilmiştir.

Hasar olasılığı (%73), onarım (%9) ve yaşlanmaya bağlı değer kaybı (%50) toplamı (%132) toplam maliyeti aştığı için yeniden yapım önerilmiştir.

Örnek-2 yapısı için:

Bir endüstriyel tesis dahilinde ve benzer tip 1990ların tasarım kabullerini ve tekniğini yansıtan benzerine çok sık rastlanan bir yapı olduğu için performans kontrolleri için seçilmiştir. 50 yıllık ekonomik ömrünün yarısına ancak gelmiş bir yapıdır. Oldukça yüksek deprensellikte bir yerleşime ve averaj bir taşıyıcı sisteme sahiptir. Diğer örnek yapıda da olduğu gibi, Türkiye için özelleştirilmiş lokal parametreleri ve Hazus metodolojisini kullanan Erdemli-HKTA yazılımı ile risk analizi ve hasar-kayıp senaryoları çıkartılmıştır. Bunlar arasından özellikle standart tasarım verisini karşılaştırmak amacıyla DD-2 seviye depremi ile karşılaştırmalar yapılmış ve kabul edilebilir performans amacıyla %30-40 aralığında kalması gereken olası maksimum kayıp oranlarının %53 seviyesine ulaştığı hesaplanmıştır. Onarım maliyetinin yapım maliyetinin yaklaşık %7 civarında olduğu ve onarım ve hizmet dışı kalma sürelerinin yaklaşık 6-ay civarı olduğu hesaplanmıştır. Her ne kadar karşılaştırmalarda kullanılsa da

yapı içinde ve dışında yaralanma ve can kaybı olasılıkları da hesaplanarak tablolarda Hazus metodolojisinde verilen farklı seviyelerde yaralanma tanımları için paylaşılmıştır.

İkinci adımda yapının yeniden yapım maliyetinin hesabı için ilgili kaynaklardan elde edilen yöntemleri esas alan parametreler kullanılarak bir çalışma yapılmış ve yapının birim alan için yeniden yapım maliyeti yapı özel koşullarının etkisi ve %99 güvenlik için hesaplanmış ve 40851TL olarak bulunmuştur. Yapının 29 yaşında olması durumu dikkate alınarak %25 civarında değer kaybına uğradığı referans kaynaklara dayanılarak belirtilmiştir.

Hasar olasılığı (%53), onarım (%7) ve yaşlanmaya bağlı değer kaybı (%25) toplamı (%85) toplam maliyeti aşmadığı için onarım ve güçlendirme önerilmiştir.

Örnekler incelenirken sayısal analizlerde her ne kadar zaman ve kullanım kaybı süreleri ve yaralanma can kaybı oranları detaylı ve uluslararası literatüre uygun şekilde çıkartıldıysa da, bu başlıkların doğrudan maliyet ile ilişkilendirilmesi ve karar alma aşamasında değerlendirilme algoritması konusunda yeterli ve doyurucu bir kaynak elde edilememiştir. Bu sebeple çalışmamızda doğrudan bir parametre olarak kullanılamamışlardır. Karar almada kayıp süreler ve can kayıplarının doğrudan maliyet olarak dikkate alınması veya etkin bir kullanım önerisi oluşturulmasının önemi örnek özelliklerine bağlı olarak bazen çok büyük olabilir. Bu sebeple bu iki ana başlığın maliyet üzerine etkileri ve birleştirilmiş bir karar alma algoritması üzerine daha detaylı çalışmalar yürütülmesi önerilir.

Yıkım-yeniden yapım veya onarım güçlendirme kararları verilirken bu yapıların tarihi, stratejik veya siyasi bir yapı olduğu durumu çalışmamızda bahsedilmemiştir. Bu tip yapılar için de benzer değerlendirme çalışmalarının yapılması önerilir.

Çalışmada yapım veya onarım süreleri bir maliyet olarak hesaplanmamış ve değerlendirilmemiştir. Yapım ve onarım sürelerinin maliyet olarak değerlendirildiği çalışmalar yapılabilir.

Amortisman değeri olarak binaların mevcut durumları gözetilmeden yaşına bağlı olarak ilgili oranlar dikkate alınmıştır. Bu çalışmaya ek olarak amortisman değerlerinin yapı özelinde hesaplanarak kullanılması binanın güçlendirme veya yıkım kararı verilirken daha doğru karar vermeyi sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- AFAD.** (2024). *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*. [Erişim: 30.08.2024, <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>]
- Ang, A., & De Leon, D.** (1997). Determination of optimal target reliabilities for design and upgrading of structures. *Structural Safety*, 19(1), 91-103.
- Arabacı, F., & Duygulu, F.** (2011) Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Raporu. *Tarif, Analiz ve Birim Fiyatlar*. [Erişim: 30.08.2024 <https://webdosya.csb.gov.tr/turkce/dosya/yfk/birimfiyat.pdf>]
- Arıkan, M., Sucuoğlu H., & Macit G.** (2005). Economic assessment of the seismic retrofitting of low-cost apartment buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 9(4), 577-584
- Artekin, A. Ö.** (2023). Türkiye’de İnşaat Sektörü, İstihdam ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: GMM Yaklaşımı. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 26(2), 491-503.
- ATC-13.** (1985). Earthquake Damage Evaluation Data for California. Redwood City, CA: Applied Technology Council.
- ATC-58.** (2012a). Seismic performance assessment of building supporting electronic materials and background documentation. Redwood City, CA.
- ATC-58.** (2012b). Seismic Performance Assessment of Buildings Volume 2-Implementation Guide. Redwood City, CA.
- ATC-58.** (2012c). Seismic Performance Assessment of Buildings Volume 1-Methodology. Redwood City, CA.
- Bostancıoğlu, E.** (1999). The factors that affecting residential buildings cost in predesign phase and a cost estimating method that is based on these factors (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bowman, G., & Foulser-Piggott, R.** (2023). Natural Disasters and MNE Internalization: Reoptimizing Subdiary Governance. *Journal of World Business*, 58(2), 101387.
- Coelho, A., & Brito, J.** (2011). Economic Analysis of Conventional Versus Selective Demolition- A Case Study. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(3), 382-392.
- Collins, K., Wen, Y., & Foutch, D.** (1996). Dual level seismic design: a reliability based methodology. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 25(12), 1433-1467.

Demir, C. U. (2023a). Comparison of Hazus Building Capacity Curves and Pushover Analysis Curves for Concrete Moment Frame Type Structures Built in Turkey According to Various Seismic Design Levels. *Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology - 7ICEES 2023*, (243-245). Antalya.

Demir, H. (2023b). Amortisman Kavramı ve Yöntemlerinin Türk Vergi Sistemi, Muhasebe Teorisi ve Muhasebe Standartları Açısından Karşılaştırılması. *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1):23-81.

ELER. (2010). Deprem Kayıp Tahminleri Yazılımı, Teknik Kılavuz. Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırması Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi.

ERGEN, V. (2020). *Yeni Yerleşim Bölgelerindeki Mevcut Yapıların Deprem Riskinin Değerlendirilmesi*. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

FEMA. (2020). *FEMA(HAZUS 4.2 SP3) Hazus Earthquake Model Technical Manual*.

FEMA-227. (1992). *A Benefit Cost Model for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (Vol. 1). Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, Building Seismic Safety Council.

FEMA-228. (1992). *A Benefit Cost Model for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (Vol. 2). Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, Building Seismic Safety Council.

FEMA-273. (1997). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, Building Seismic Safety Council.

FEMA-274. (1997). *NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Reston, VA: Federal Emergency Management Agency, Building Seismic Safety Council.

FEMA-356. (2000). *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington, DC: Federal Emergency Management Agency, Building Seismic Safety Council.

Grünthal, G., & European Seismological Commission. (1998). European Macroseismic Scale 1998: (EMS-98). *European Seismological Commission, Subcommission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales*.

Gulmez, B. (2021). *Discretization Of Construction Costs In Turkey For Cost Estimating* (Yüksek Lisans Tezi). Yeditepe University.

Günes, S., & Arslan, M. (2021). Depremden Etkilenen Betonarme Konutların Onarım/Yıkım Karar Sürecine Maliyetlerin Etkisi. *Afet ve Risk Dergisi*, 183-203.

Hendawi, S., & Frangopol, D. (1994). System Reliability and Redundancy in Structural Design and Evaluation. *Structural Safety*, 16(1-2), 47-51.

Hiraishi vd., (1998). New Framework for Performance Based Design of Building Structures. *30th Joint Meeting of the U.S- Japan Panel on Wind and Seismic Effects, Maryland*, (245-259).

İMO Afet Hazırlık ve Müdahale Kurulu. (2016). *Deprem Etkilediği Betonarme ve Yiğma Binalarda Hasar Tespiti*. Ankara: İMO ISBN: 978-605-01-0810-1.

Kanda, J., & Ellingwood, B. (1991). Formulation of load factors based on optimum reliability. *Structural Safety*, 9(3), 197-200.

Kusar, M., Kovac, M., & Selih, J. (2013). Selection of Efficient Retrofit Scenarios for Public Buildings. *Procedia Engineering*, 57(651-656.)

Lin, C., Chen, W., & Yeh, C. (2007). *Application of Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES) on Seismic Disaster Simulation*. Taipei, Taiwan: National Center for Research on Earthquake Engineering.

Minami, K. (2003). Whole Life Cost of Post Offices in Japan, Based on a Survey of Actual Conditions and Consideration of Investment Correction. *Journal of Facilities Management*, 2(4), 382-407.

Mutlu, A. H. (2015). Mevcut Yapıların Güçlendirilmesi Ya Da Yıkılmasına Karar Verilmesi Aşamasında Göz Önüne Alınması Gereken Kriterler. *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. İzmir.

Mutlu, A. H. (2020). Binaların Güçlendirme/Yıkım Kararı Sürecindeki Ekonomik Değerlendirme İçin Yeni Bir Yöntem Önerisi: Eğitim Yapıları Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (46-56).

NORSAR. (2010). *Technical Manual, SELENA v6.5*. Norway [Erişim: 12.01.2025, <https://selena.sourceforge.net/selenamannual.pdf>]

SEAOC. (1995). *Performance Based Seismic Engineering of Buildings*. Sacramento, CA: Structural Engineers Association of California.

Shebalin, N. V., & Aptikaev, F. F. (2003). *Development of MSK scales*. *Comput. Seismology*, (34), 210-254.

Shin, H., & Singh, M. (2014). Minimum failure cost-based energy dissipation system designs for buildings in three seismic regions Part I: Elements of failure cost analysis. *Engineering Structures*, 74(266-274).

T.C. Resmi Gazete. (1972). *Emlak Vergisine Matrah Olacak Vergi Değerlerinin Takdirine İlişkin Tüzük*, Ankara, Hazine ve Maliye Bakanlığı [Erişim: 12.01.2025, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/2.5.73995.pdf>]

T.C. Resmi Gazete. (2012, Mayıs 31). *6306 Kanun Numaralı 28309 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Tebliği*, Ankara, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [Erişim: 12.01.2025, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6306&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5>]

T.C. Resmi Gazete. (2023, Ağustos 31). *32295 Sayılı 83 Seri Numaralı Emlak Vergisi Kanunu Genel Tebliği*, Ankara, Hazine ve Maliye Bakanlığı [Erişim: 12.01.2025, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/08/20230831-8-1.pdf>]

T.C. Resmi Gazete. (2024). *32466 Sayılı Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2024 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ*. Ankara, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [Erişim: 12.01.2025, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/02/20240220-2.htm>]

TBDY. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara: İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. [Erişim: 12.01.2025, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2-1.pdf>]

Villacis, C., & Cardona, C. (1999). *Guidelines for the Implementation of Earthquake Risk Management Projects*. California: Geohazards International Palo Alto.

Wen, Y., & Foutch, D. (1997). *Proposed statistical and reliability framework for comparing and evaluating predictive models for evaluation and design, and critical issues in developing such framework: SAC Joint Venture*.

Wen, Y., & Kang, Y. (2001). Minimum building life-cycle cost design criteria. I: Methodology. *Journal of Structural Engineering*, 127(3), 330-337.

Whitman, R., Hong, S., & Reed, J. (1973). *Damage statistics for high-rise buildings in the vicinity of the San Fernando Earthquake*. Massachusetts Institute of Technology: Department of Civil Engineering, School of Engineering.

- Wood, H. O., & Neumann, F.** (1931). Modified Mercalli Intensity Scale of 1931. *Seismological Society of America Bulletin*.
- Yaman, H., & Taş, E.** (2007). A Building Cost Estimation Model Based on Functional Elements. *ITU AZ*, 4(1), 73-87.
- Yeh, H., Loh, C., & Tsai, K.** (2006). Overview of Taiwan Earthquake Loss Estimation System. *Natural Hazards*, 37(23-37).
- Yılmaz, İ.** (2012). *Estimation of Construction Costs of Ottoman Architecture Restoration with Artificial Intelligence Methods*. (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Kültür University.
- Yılmaz, Z.** (2016). *Güçlendirme/Yıkım-Yapım Kararlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yılmaz, Z., Çankaya, F., & Karakaya, A.** (2018). Bina Maliyet Oranı ve Bina Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Faktörler Arasındaki İlişki. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 51(151-174.)

EKLER

EK-1: 2024 YILINDA TÜRKİYE'DEKİ KAMU YATIRIMLARINA AİT SINIF VE GRUBA GÖRE DETAYLI BİNA MALİYET VERİLERİ

I. SINIF YAPILAR - A GRUBU (₺/m ²)	
Kagir veya betonarme ihata duvarı (3,00 m yüksekliğe kadar)	1.450₺
Basit kümes ve basit tarım yapıları	
Yumuşak plastik örtülü seralar	
Mevcut yapılar arası bağlantı-geçiş yapıları	
Geçici kullanımı olan küçük yapılar	
Kalıcı kullanımı olan yardımcı yapılar	
Gölgelikler-çardaklar	
Üstü kapalı yanları açık dinlenme, oyun ve gösteri alanları	
Depo amaçlı kayadan oyma yapılar	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
I. SINIF YAPILAR - B GRUBU (₺/m ²)	
Cam veya sert plastik örtülü seralar	2.100₺
Basit padok, büyük ve küçük baş hayvan ağılları	
Kagir ve betonarme su depoları	
İş yeri depoları	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
II. SINIF YAPILAR - A GRUBU (₺/m ²)	
Kuleler, ayaklı su depoları	3.500₺
Palplanj ve ankrajlı perde ve istinat duvarları	
Kayıkhanes	
Bu gruptakilere benzer yapılar	

Kaynak : (RG, 20 Şubat 2024-32466)

EK-1: 2024 YILINDA TÜRKİYE'DEKİ KAMU YATIRIMLARINA AİT SINIF VE GRUBA GÖRE DETAYLI BİNA MALİYET VERİLERİ

II. SINIF YAPILAR - B GRUBU (₺/m ²)	
Şişirme (Pnömatik) yapılar	5.250₺
Tek katlı ofisler, dükkan ve basit atölyeler	
Semt sahaları, küçük semt parkları, çocuk oyun alanları ve eklentileri	
Tarımsal endüstri yapıları(Tek katlı, prefabrik beton, betonarme veya çelik depo ve atölyeler, tesisat ağırlıklı ağıllar, fidan yetiştirme ve bekletme tesisleri)	
Yat bakım ve onarım atölyeleri, çekek yerleri	
Jeoloji, botanik ve tema parkları	
Mezbahalar	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
II. SINIF YAPILAR - C GRUBU (₺/m ²)	
Hangar yapıları(küçük uçaklar, helikopterler, tarım uçakları park ve bakım onarım yeri)	7.750₺
Sanayi yapıları (Tek katlı, bodrum ve asma katı da olabilen)	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
III. SINIF YAPILAR - A GRUBU (₺/m ²)	
Okul ve mahalle spor tesisleri (Temel eğitim okullarının veya işletme tesislerinin spor salonları, jimnastik salonları, semt salonları)	12.250₺
Katlı garajlar	
Ticari amaçlı binalar (üç kata kadar üç kat dahil- asansörsüz- 3/7/2017 tarihli ve 30113 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinin 34 üncü maddesinin birinci fıkrasına göre asansör yeri	
Alışveriş merkezleri (semt pazarları, küçük ve büyük hal binaları, Basımevleri, matbaalar	
Soğuk hava depoları	
Konutlar (üç kata kadar üç kat dahil- asansörsüz- 3/7/2017 tarihli ve 30113 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinin 34 üncü maddesinin birinci fıkrasına göre asansör yeri	
Akaryakıt ve gaz istasyonları	
Kampingler	
Semt Postaneleri	
Sanayi Tesisleri (Donanımlı atölyeler, imalathane, dökümhane)	
Kreş ve gündüz bakımevleri, hobi ve oyun salonları	
Bu gruptakilere benzer yapılar	

Kaynak : (RG, 20 Şubat 2024-32466)

EK-1: 2024 YILINDA TÜRKİYE'DEKİ KAMU YATIRIMLARINA AİT SINIF VE GRUBA GÖRE DETAYLI BİNA MALİYET VERİLERİ

III. SINIF YAPILAR - B GRUBU (₺/m ²)	
Entegre tarımsal endüstri yapıları, büyük çiftlik yapıları	14.400₺
Gençlik merkezleri, halk evleri	
Lokanta, kafeterya ve yemekhaneler	
Temel eğitim okulları	
Küçük kitaplık ve benzeri kültür tesisleri	
Jandarma ve emniyet karakol binaları	
Sağlık ocakları, kamu sağlık dispanserleri	
Ticari amaçlı binalar (Yapı yüksekliği 21.50m'ye kadar olan)	
150 kişiye kadar cezaevleri	
Fuarlar	
Sergi salonları	
Konutlar (Yapı yüksekliği 21.50m'den az yapılar)	
Marinalar	
Gece kulübü, diskotekler	
Misafirhaneler, pansiyonlar	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
IV. SINIF YAPILAR - A GRUBU (₺/m ²)	
Özelliği olan büyük okul yapıları (Spor salonu, konferans salonu ve ek tesisleri olan eğitim yapıları)	15.300₺
Poliklinikler	
Liman binaları	
İdari binalar (ilçe tipi hükümet konakları, vergi daireleri ve benzeri)	
İlçe belediyeleri	
150 kişiyi geçen cezaevleri	
Kaplıcalar, şifa evleri ve benzer termal tesisleri	
İbadethaneler (1500 kişiye kadar)	
Aqua parklar	
Entegre sanayi tesisleri	
Müstakil spor köyleri (Yüzme havuzları, spor salonları ve statları buluna	
Yaşlılar huzurevi, kimsesiz çocuk yuvaları, yetiştirme yurtları	
Büyük alışveriş merkezleri	
Yüksek okullar ve eğitim enstitüleri	
Apartman tipi konutlar (Yapı yüksekliği 30.50m'den az yapılar)	
Oteller (1 ve 2 yıldızlı)	
Bu gruptakilere benzer yapılar	

Kaynak : (RG, 20 Şubat 2024-32466)

EK-1: 2024 YILINDA TÜRKİYE'DEKİ KAMU YATIRIMLARINA AİT SINIF VE GRUBA GÖRE DETAYLI BİNA MALİYET VERİLERİ

IV. SINIF YAPILAR - B GRUBU (₺/m ²)	
Araştırma binaları, laboratuvarlar ve sağlık merkezleri	17.400₺
İl tipi belediyeler	
İl tipi kamu binaları	
Metro istasyonları	
Stadyum, spor salonları ve yüzme havuzları	
Büyük postaneler (merkez postaneleri)	
Otobüs terminalleri	
Eğlence amaçlı yapılar (çok amaçlı toplantı, eğlence ve düğün	
Banka binaları	
Normal radyo ve televizyon binaları	
Özelliği olan genel sığınaklar	
Müstakil veya ikiz konutlar (Bağımsız bölüm brüt alanı 151m ² -600m' villalar, ters evleri, dağ evleri, kaymakam evi ve benzeri)	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
IV. SINIF YAPILAR - C GRUBU (₺/m ²)	
Büyük kütüphaneler ve kültür yapıları	18.700₺
Bakanlık binaları	
Yüksek öğrenim yurtları	
Arşiv binaları	
Radyoaktif korumalı depolar	
Büyük Adliye Sarayları	
Otel(3 yıldızlı) ve moteller	
Rehabilitasyon ve tedavi merkezleri	
İl tipi hükümet konakları ve büyükşehir belediye binaları	
İş merkezleri (Yapı yüksekliği 21.50m ile 30.50m dahil yapılar)	
Konutlar (Yapı yüksekliği 30.50m ile 51.50m arası - 51.50m dahil yaşılla	
Bu gruptakilere benzer yapılar	

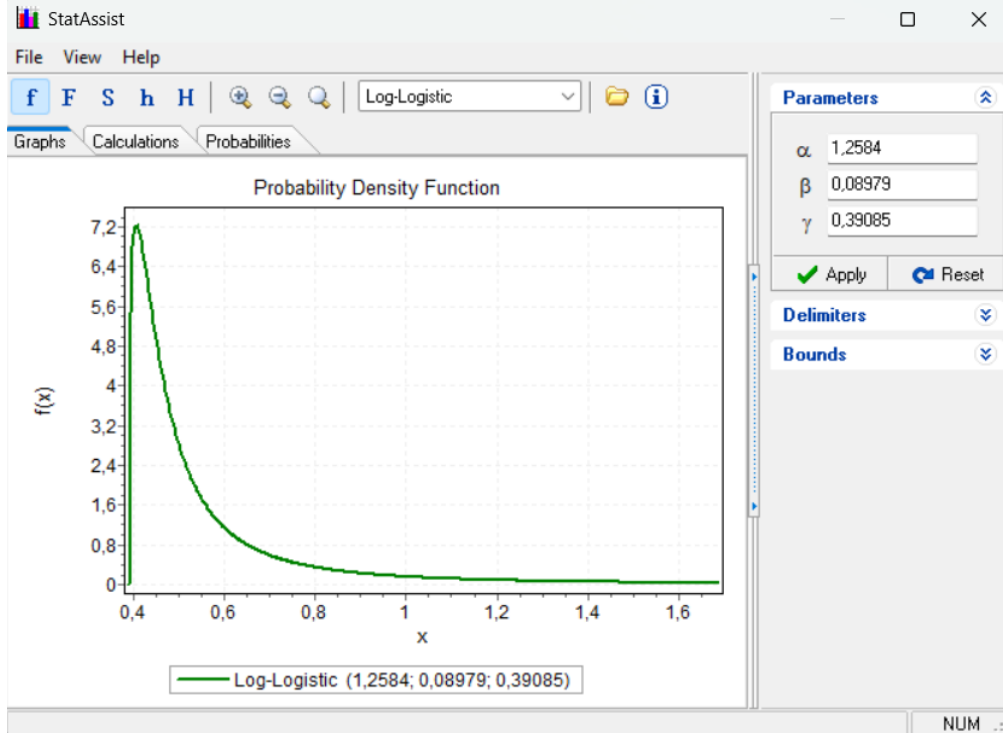
Kaynak : (RG, 20 Şubat 2024-32466)

EK-1: 2024 YILINDA TÜRKİYE'DEKİ KAMU YATIRIMLARINA AİT SINIF VE GRUBA GÖRE DETAYLI BİNA MALİYET VERİLERİ

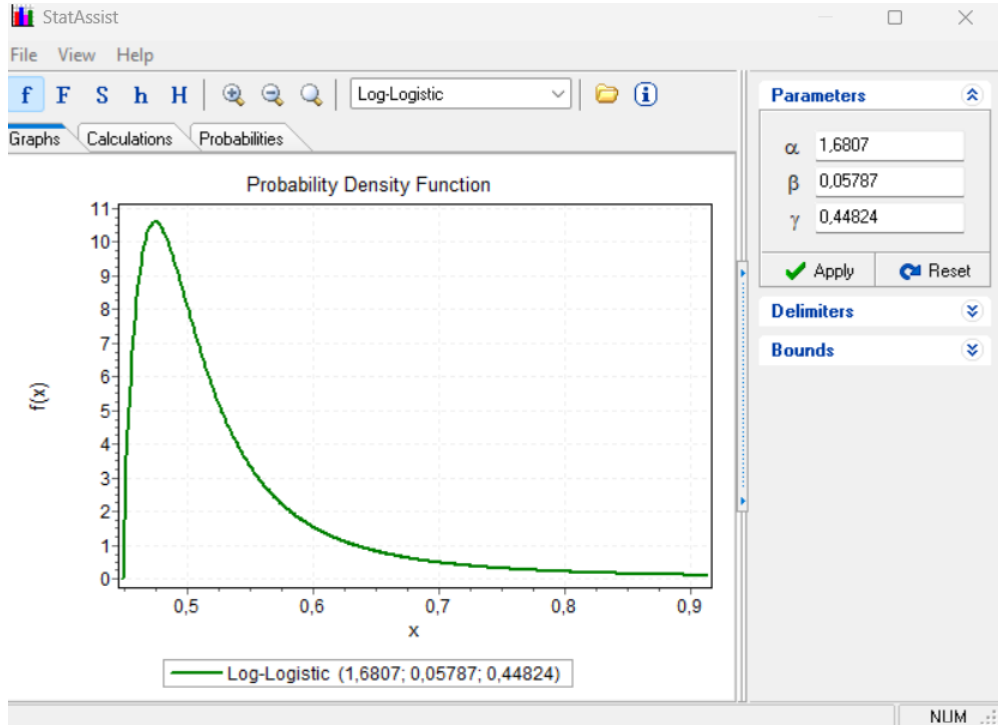
V. SINIF YAPILAR - A GRUBU (₺/m ²)	
Televizyon, Radyo İstasyonları, binaları	21.300₺
Orduevleri	
Büyükelçilik yapıları, vali konakları ve brüt alanı 600m ² üzerindeki	
Borsa binaları	
Üniversite kampüsleri	
İş merkezleri(Yapı yüksekliği 30.50m'yi aşan yapılar)	
Yapı yüksekliği 51.50m'yi aşan yapılar (Konutlar dahil)	
Alışveriş kompleksleri (İçerisinde sinema, tiyatro, sergi salonu, kafe, restoran, market ve benzeri bulunan)	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
V. SINIF YAPILAR - B GRUBU (₺/m ²)	
Kongre merkezleri	22.250₺
Olimpik spor tesisleri-hipodromlar	
Bilimsel araştırma merkezleri, AR-GE binaları	
Hastaneler	
Havalimanları	
İbadethaneler (1500 kişinin üzerinde)	
Oteller (4 yıldızlı)	
Uçak Bakım, Onarım ve Yenileme Merkezleri	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
V. SINIF YAPILAR - C GRUBU (₺/m ²)	
Oteller ve tatil köyleri (5 yıldızlı)	24.300₺
Müze ve kütüphane kompleksleri	
Bu gruptakilere benzer yapılar	
V. SINIF YAPILAR - D GRUBU (₺/m ²)	
Opera, tiyatro ve bale yapıları, konser salonları ve kompleksleri	26.800₺
Tarihi eser niteliğinde olup restore edilerek veya yıkılarak aslına uygun olara yapılan yapılar	
Bu gruptakilere benzer yapılar	

Kaynak : (RG, 20 Şubat 2024-32466)

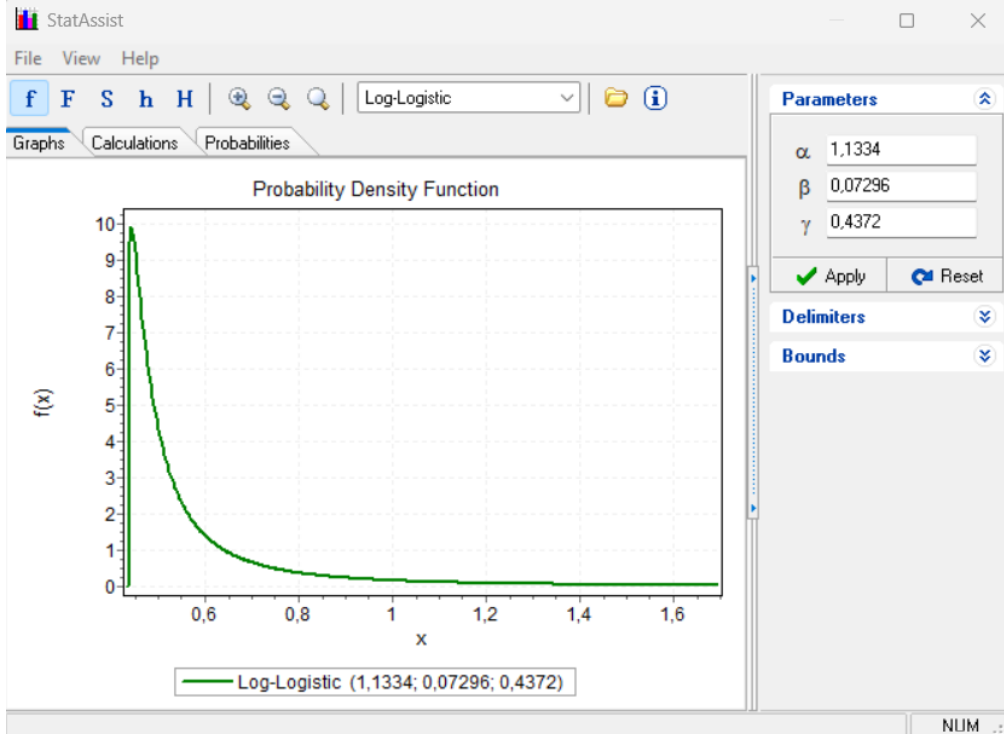
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (1A SINIFI)



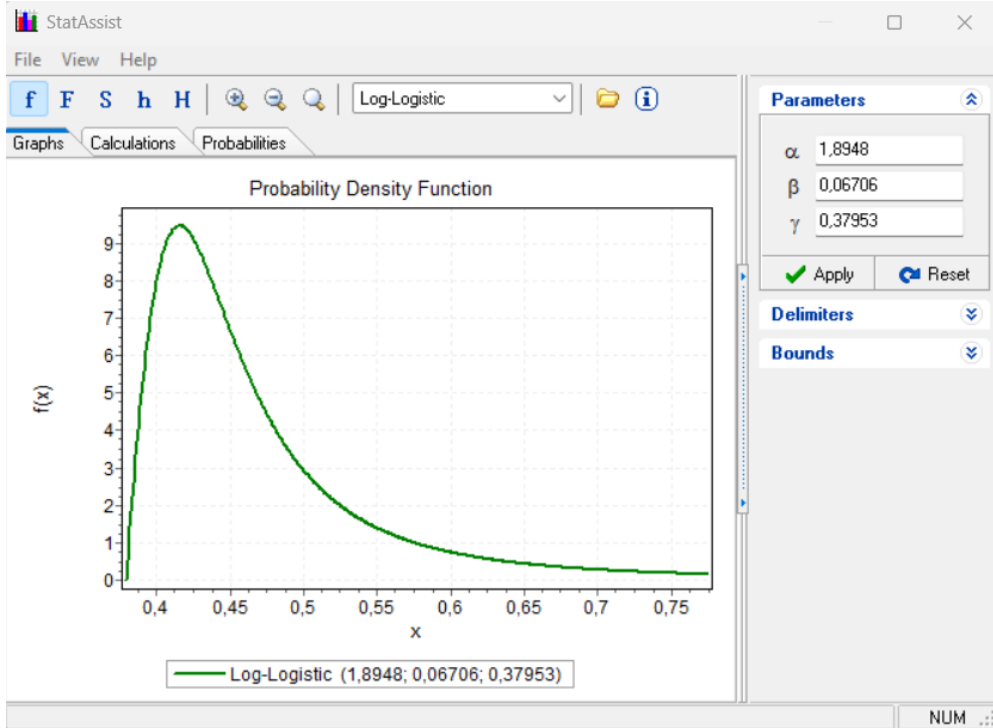
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (1B SINIFI)



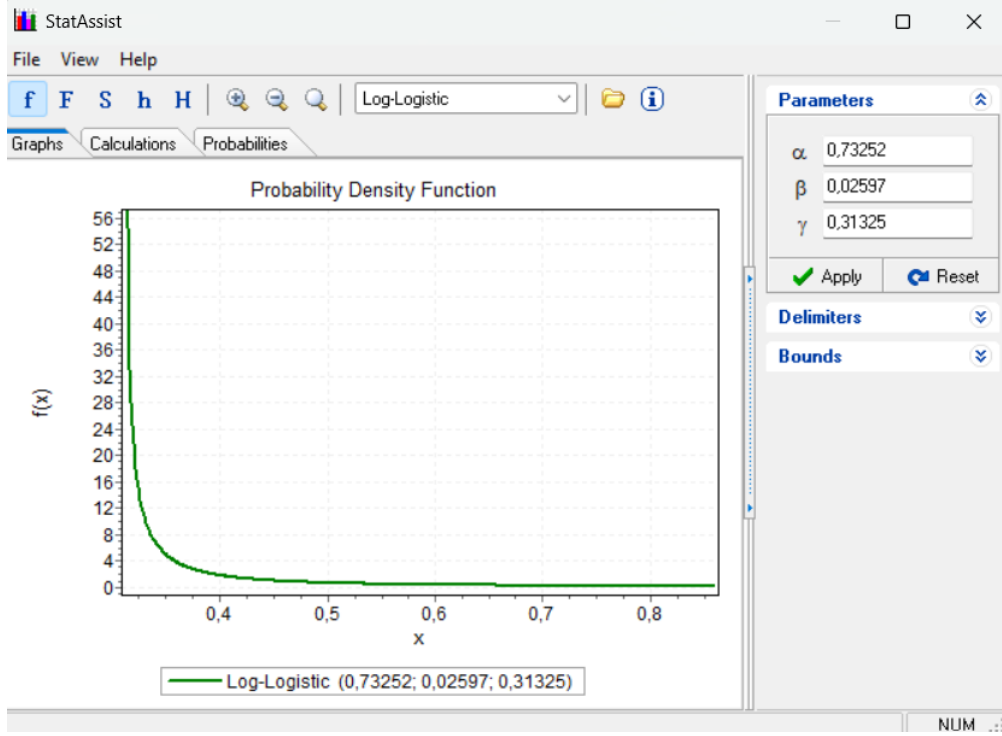
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (2A SINIFI)



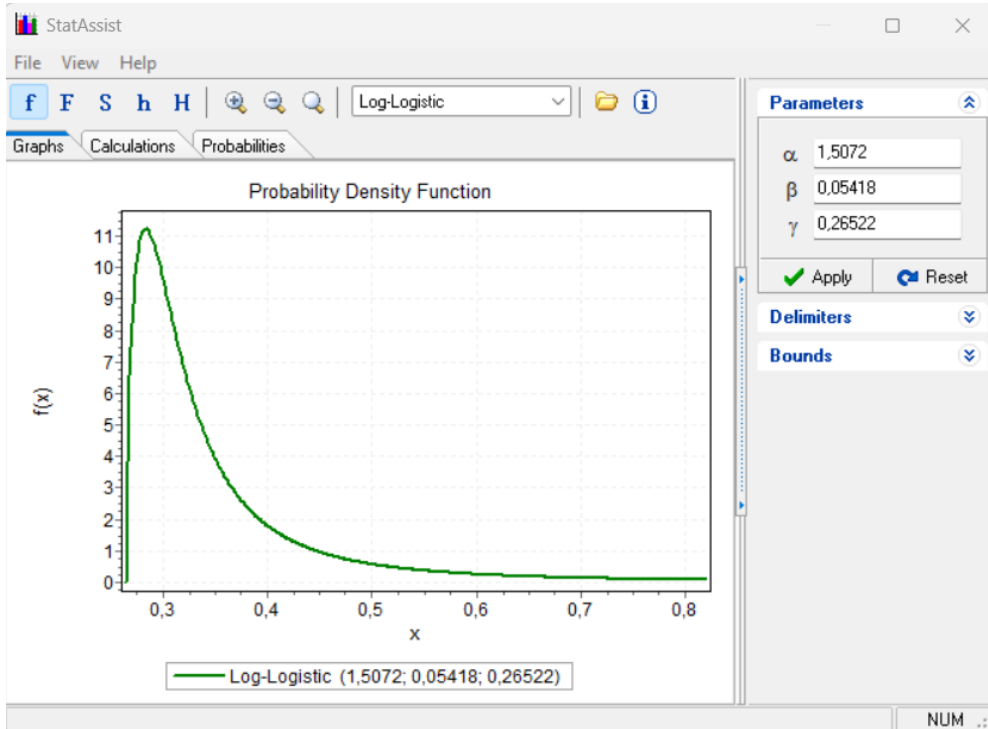
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (2B SINIFI)



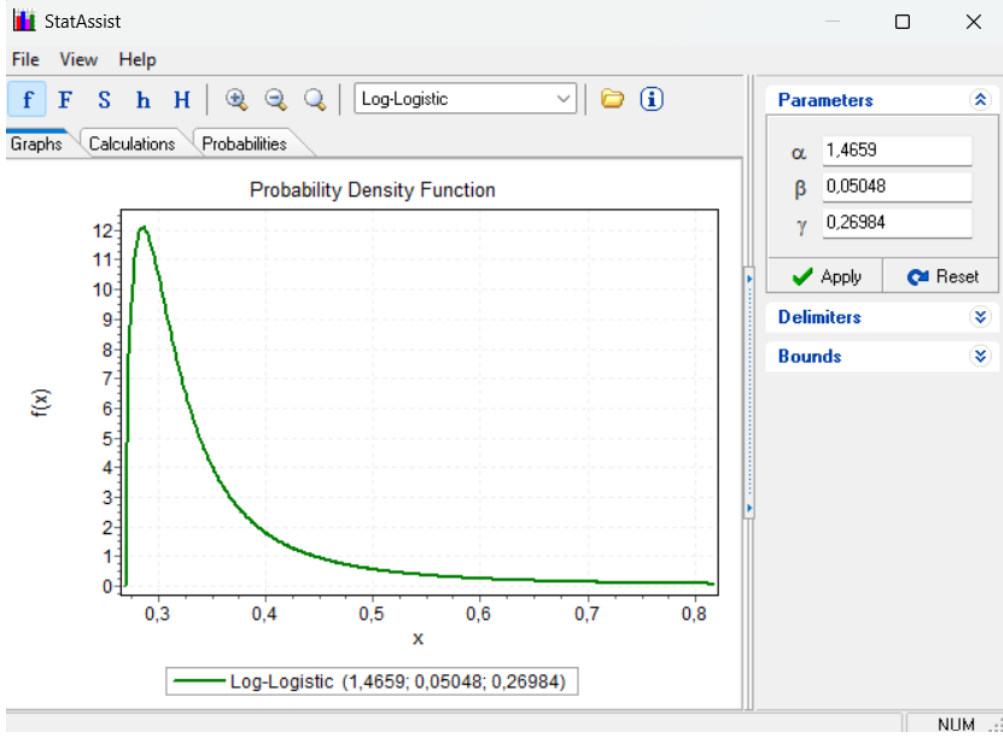
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (2C SINIFI)



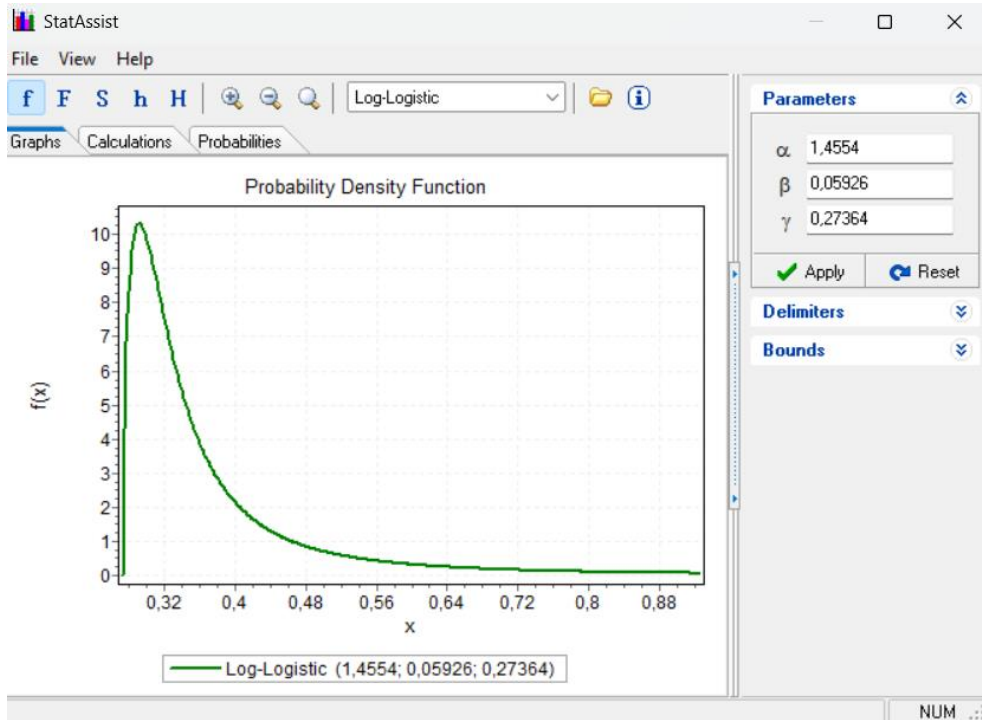
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (3A SINIFI)



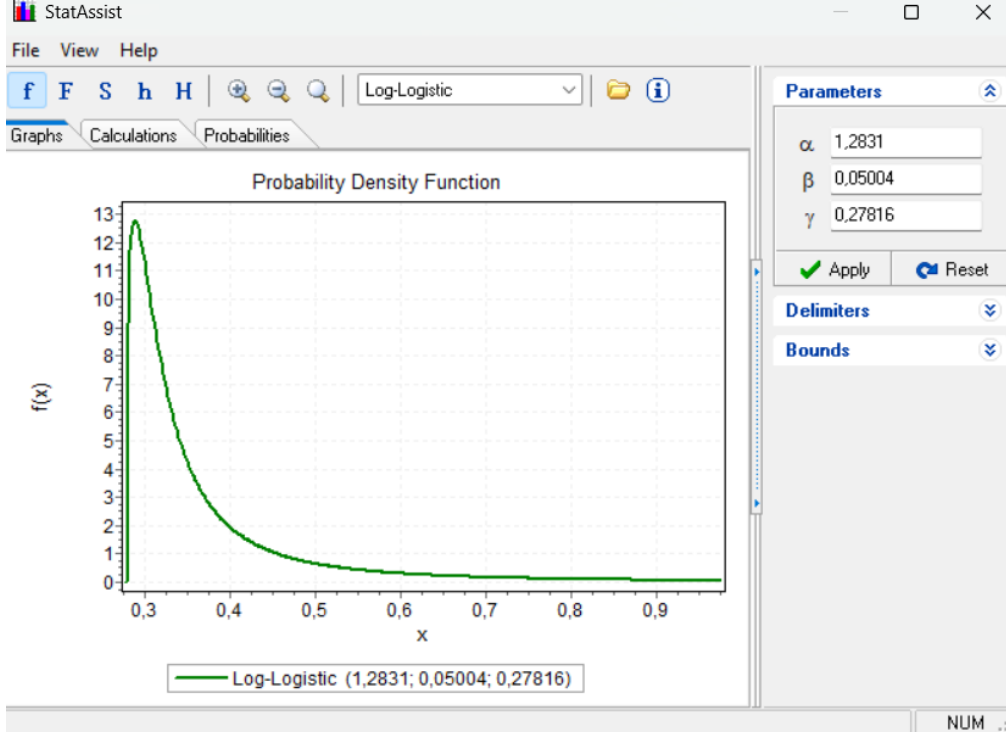
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (3B SINIFI)



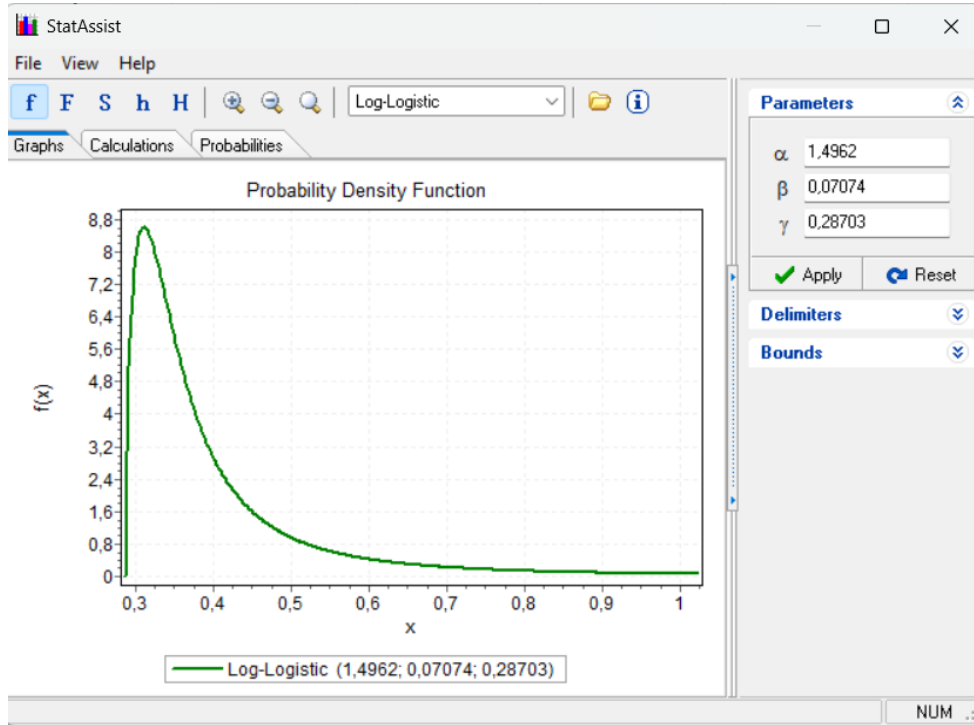
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (4A SINIFI)



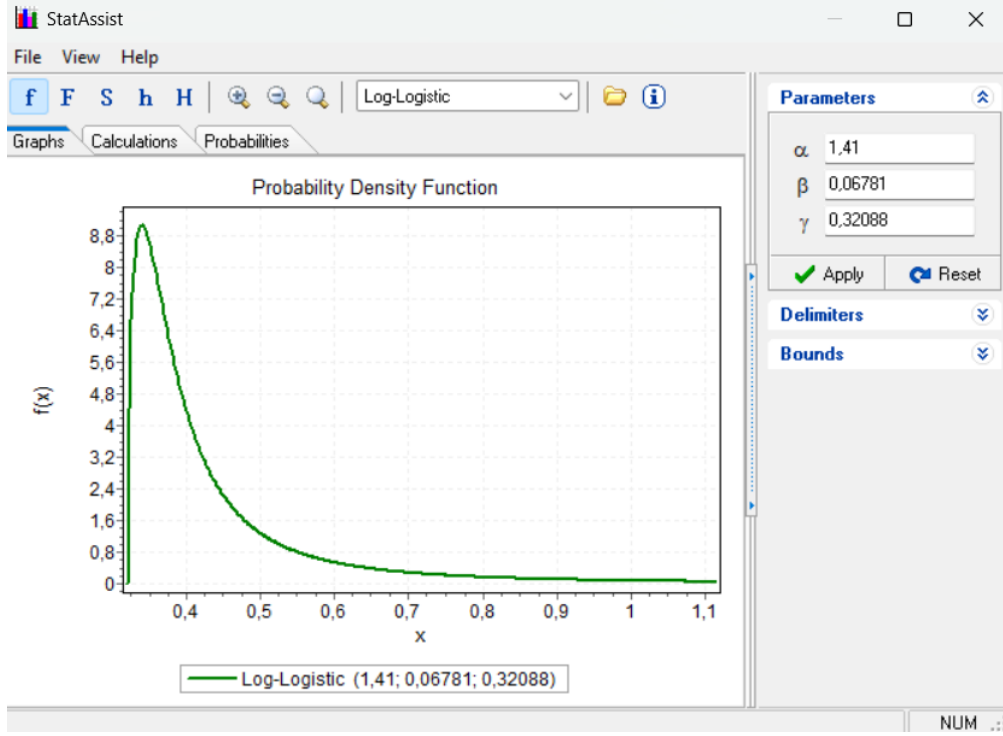
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (4B SINIFI)



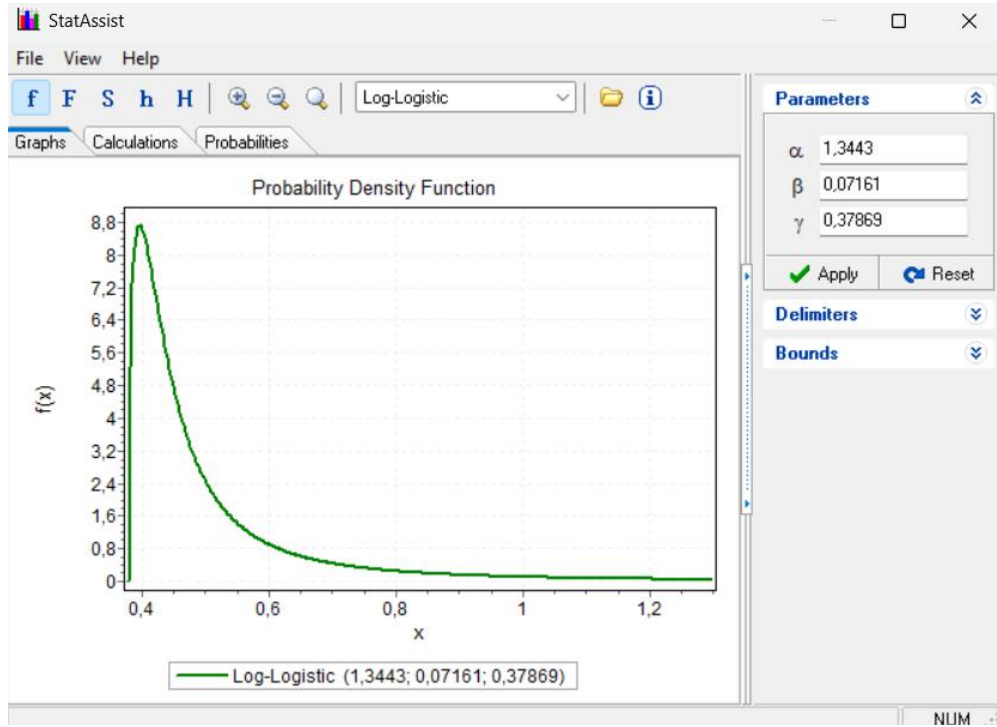
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (4C SINIFI)



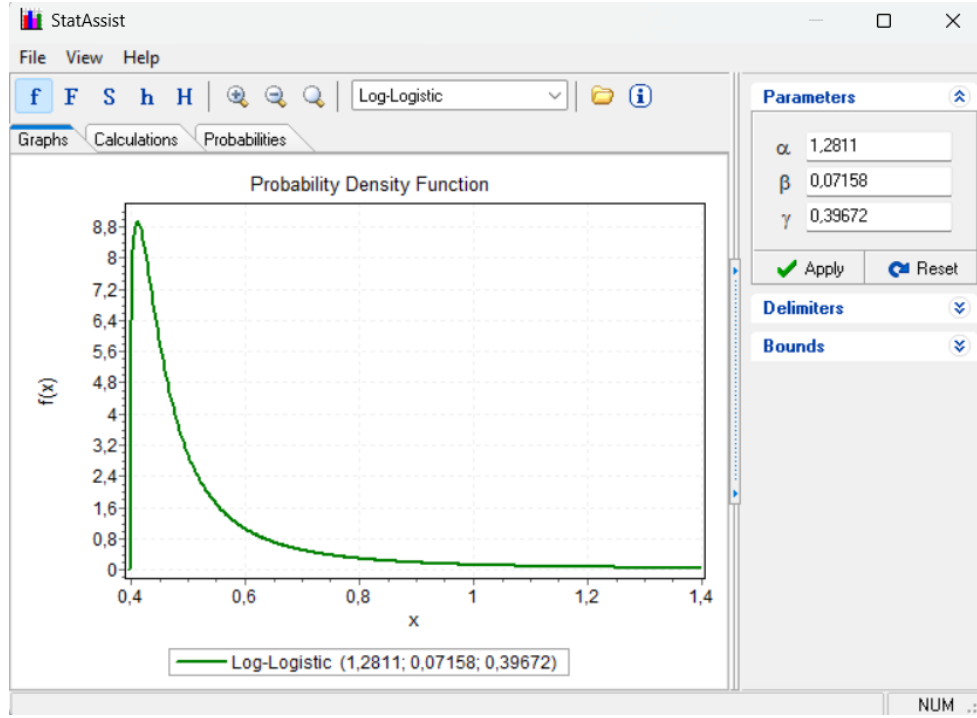
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (5A SINIFI)



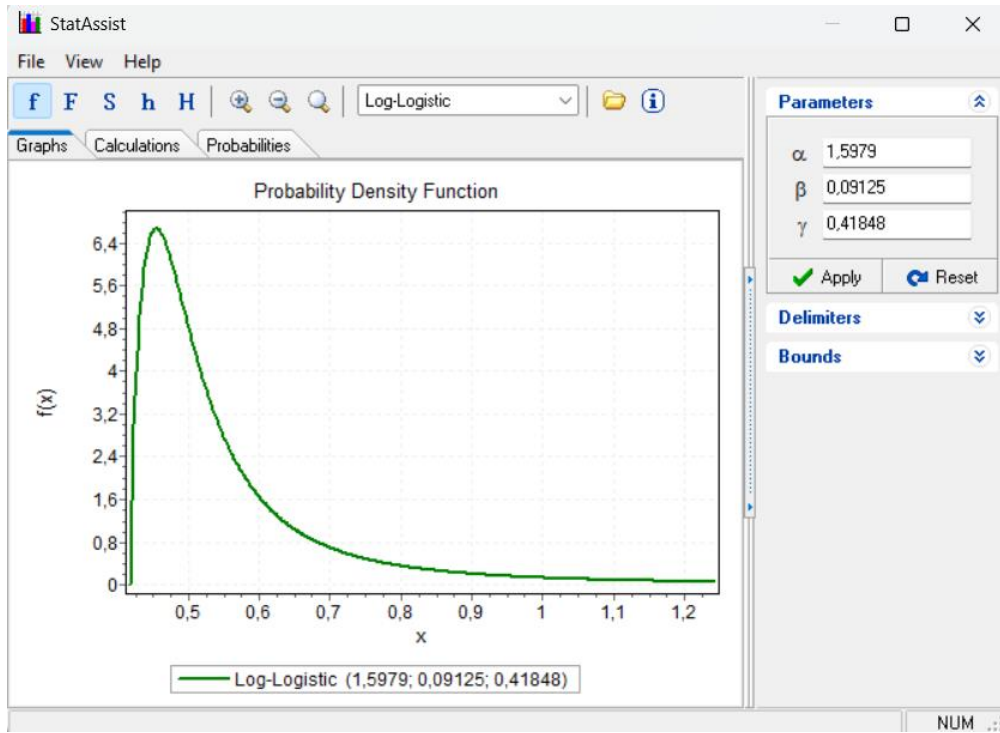
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (5B SINIFI)



EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (5C SINIFI)



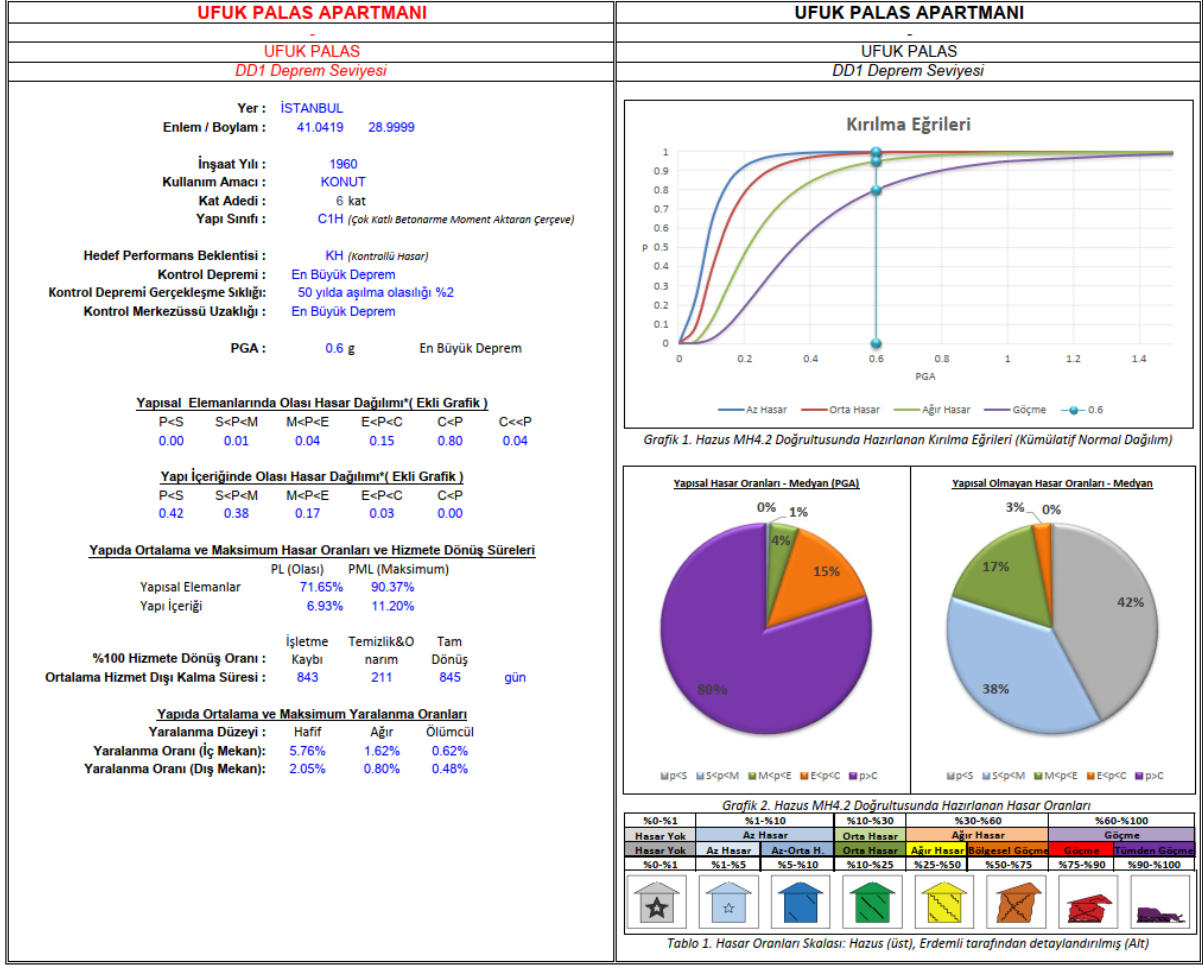
EK-2: NORMALİZE EDİLEN DEĞERLER ÜZERİNDEN TL BAZINDA %50, %95 ve %99 GÜVENLİKLİ MALİYET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ (5D SINIFI)



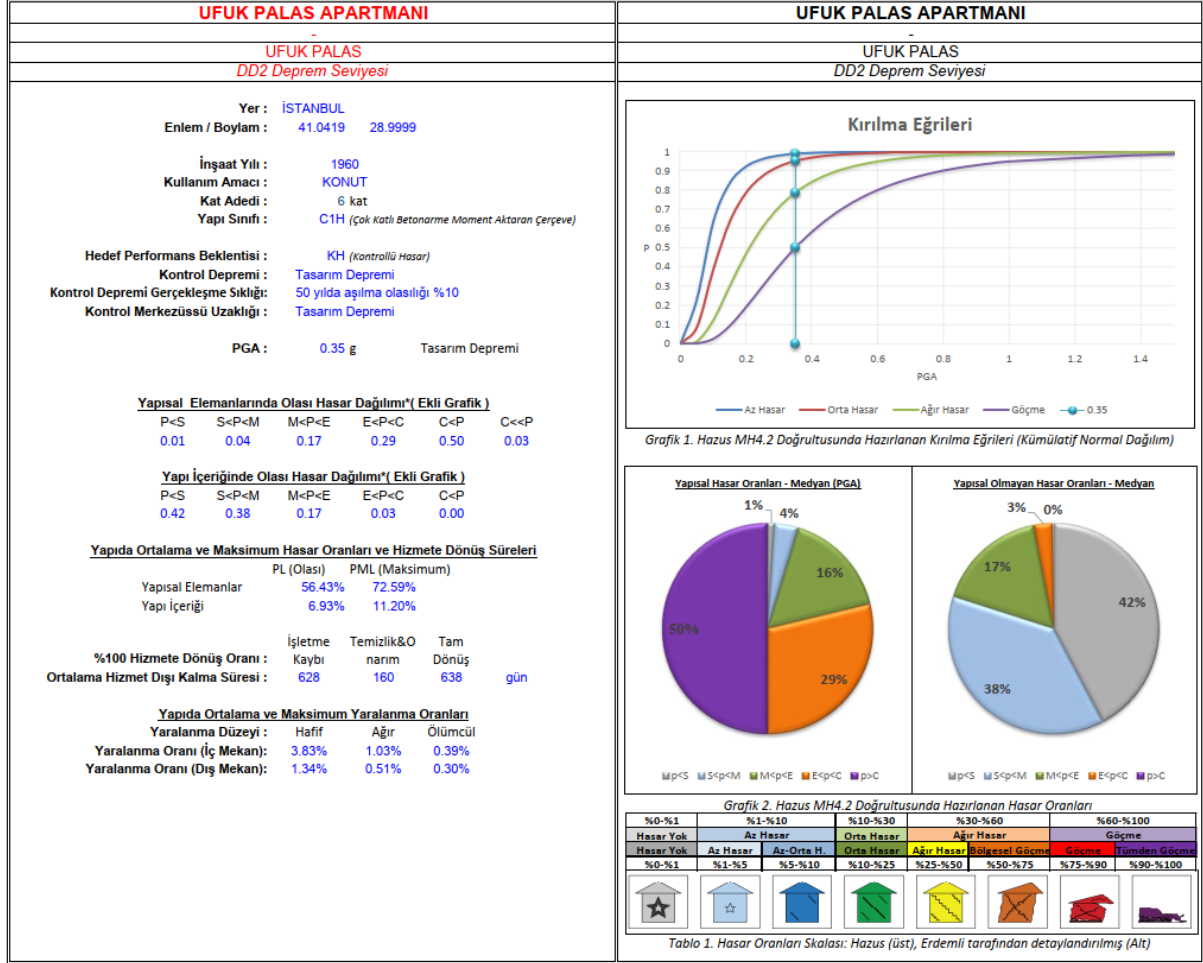
**EK-3: 2024 YILINA GÖRE NORMALİZE EDİLMİŞ BİNA SINIFLARI İÇİN
NORMALİZE DEĞERLER**

	1A	1B	2A	2B	2C	3A	3B	4A	4B	4C	5A	5B	5C	5D
1995	1,15	0,00	0,94	0,00	0,00	0,45	0,44	0,47	0,45	0,51	0,56	0,64	0,68	0,73
1996	1,14	0,00	0,93	0,00	0,00	0,45	0,44	0,46	0,45	0,50	0,55	0,63	0,68	0,72
1997	1,26	0,00	1,03	0,00	0,00	0,50	0,48	0,51	0,50	0,56	0,61	0,70	0,75	0,80
1998	1,08	0,00	0,89	0,00	0,00	0,43	0,42	0,44	0,43	0,48	0,53	0,60	0,65	0,69
1999	1,01	0,00	0,83	0,00	0,00	0,40	0,39	0,41	0,40	0,45	0,49	0,56	0,60	0,64
2000	0,99	0,00	0,81	0,00	0,00	0,39	0,38	0,40	0,39	0,44	0,48	0,55	0,59	0,63
2001	0,48	0,59	0,55	0,50	0,00	0,35	0,34	0,36	0,35	0,39	0,43	0,50	0,52	0,56
2002	0,46	0,56	0,53	0,48	0,00	0,34	0,33	0,35	0,34	0,38	0,41	0,47	0,50	0,54
2003	0,48	0,57	0,54	0,49	0,00	0,35	0,33	0,36	0,35	0,39	0,42	0,49	0,51	0,55
2004	0,44	0,53	0,50	0,46	0,00	0,32	0,31	0,33	0,32	0,36	0,39	0,45	0,47	0,51
2005	0,45	0,54	0,51	0,47	0,00	0,33	0,32	0,34	0,33	0,36	0,40	0,46	0,48	0,52
2006	0,44	0,53	0,50	0,46	0,00	0,32	0,31	0,33	0,32	0,36	0,39	0,45	0,47	0,51
2007	0,45	0,53	0,51	0,47	0,00	0,33	0,32	0,34	0,33	0,37	0,40	0,46	0,48	0,52
2008	0,44	0,53	0,50	0,46	0,00	0,32	0,31	0,33	0,32	0,36	0,39	0,45	0,47	0,51
2009	0,44	0,53	0,50	0,46	0,00	0,32	0,31	0,33	0,32	0,36	0,39	0,45	0,47	0,51
2010	0,42	0,50	0,48	0,44	0,00	0,30	0,30	0,31	0,31	0,34	0,37	0,43	0,44	0,48
2011	0,44	0,52	0,49	0,45	0,35	0,31	0,31	0,32	0,32	0,35	0,39	0,44	0,46	0,51
2012	0,40	0,48	0,46	0,42	0,33	0,28	0,28	0,29	0,29	0,31	0,34	0,40	0,41	0,45
2013	0,39	0,46	0,45	0,41	0,32	0,27	0,27	0,28	0,28	0,30	0,33	0,38	0,40	0,44
2014	0,43	0,47	0,44	0,41	0,32	0,28	0,28	0,28	0,29	0,30	0,34	0,39	0,41	0,44
2015	0,44	0,47	0,45	0,41	0,32	0,28	0,28	0,28	0,29	0,30	0,33	0,39	0,41	0,44
2016	0,43	0,45	0,44	0,39	0,31	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29	0,33	0,38	0,40	0,42
2017	0,44	0,46	0,44	0,39	0,31	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29	0,32	0,38	0,40	0,43
2018	0,46	0,48	0,46	0,40	0,33	0,29	0,29	0,29	0,30	0,31	0,34	0,40	0,42	0,45
2019	0,46	0,48	0,47	0,41	0,33	0,29	0,31	0,30	0,31	0,32	0,34	0,41	0,43	0,46
2020	0,47	0,48	0,47	0,46	0,34	0,29	0,33	0,33	0,35	0,35	0,37	0,42	0,43	0,46
2021	0,50	0,52	0,52	0,51	0,38	0,31	0,35	0,35	0,37	0,37	0,39	0,46	0,46	0,50
2022	0,56	0,58	0,57	0,56	0,42	0,35	0,40	0,40	0,41	0,42	0,44	0,51	0,52	0,55
2023	0,72	0,76	0,76	0,73	0,56	0,45	0,53	0,54	0,56	0,57	0,60	0,70	0,71	0,76
2024	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

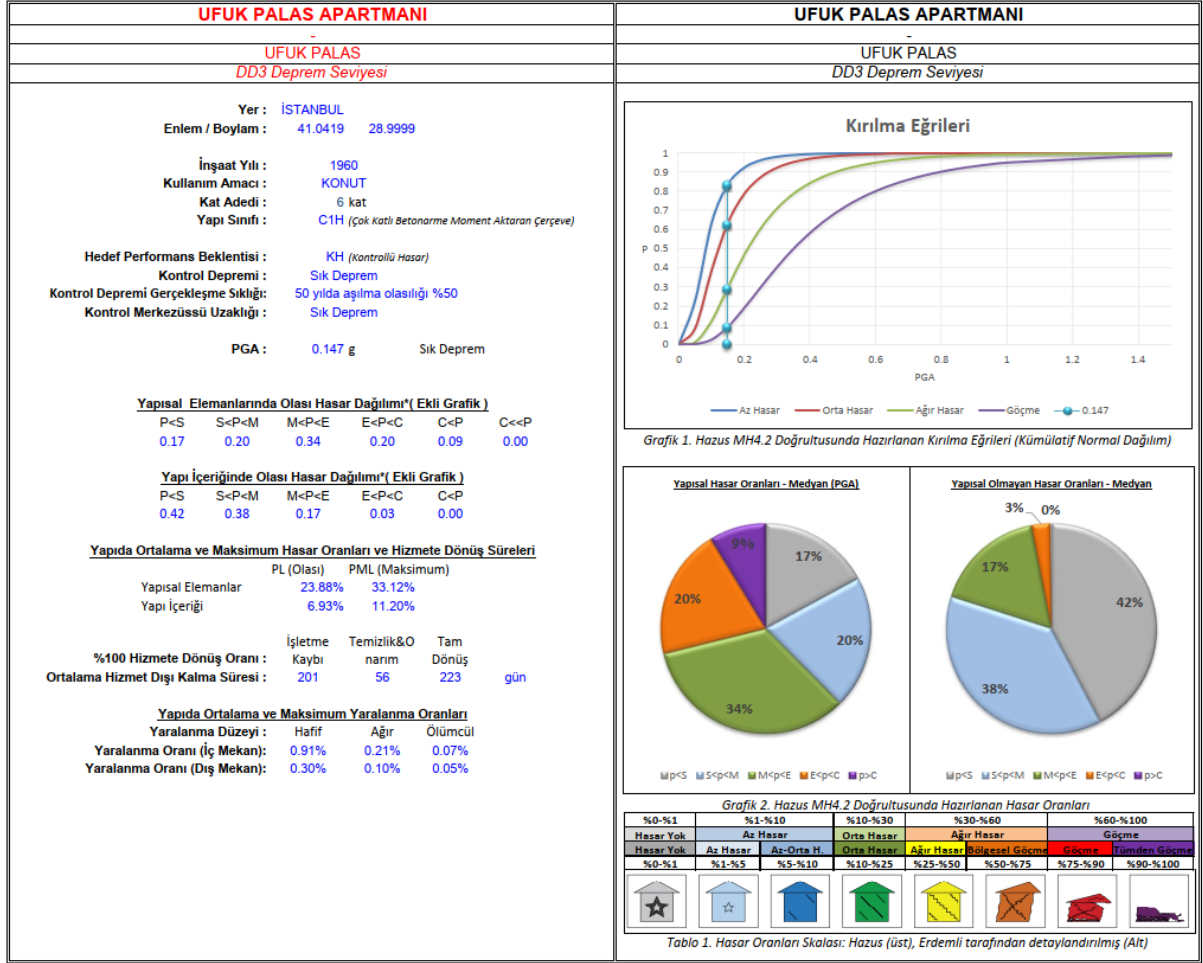
EK-4: ÖRNEK 1-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI



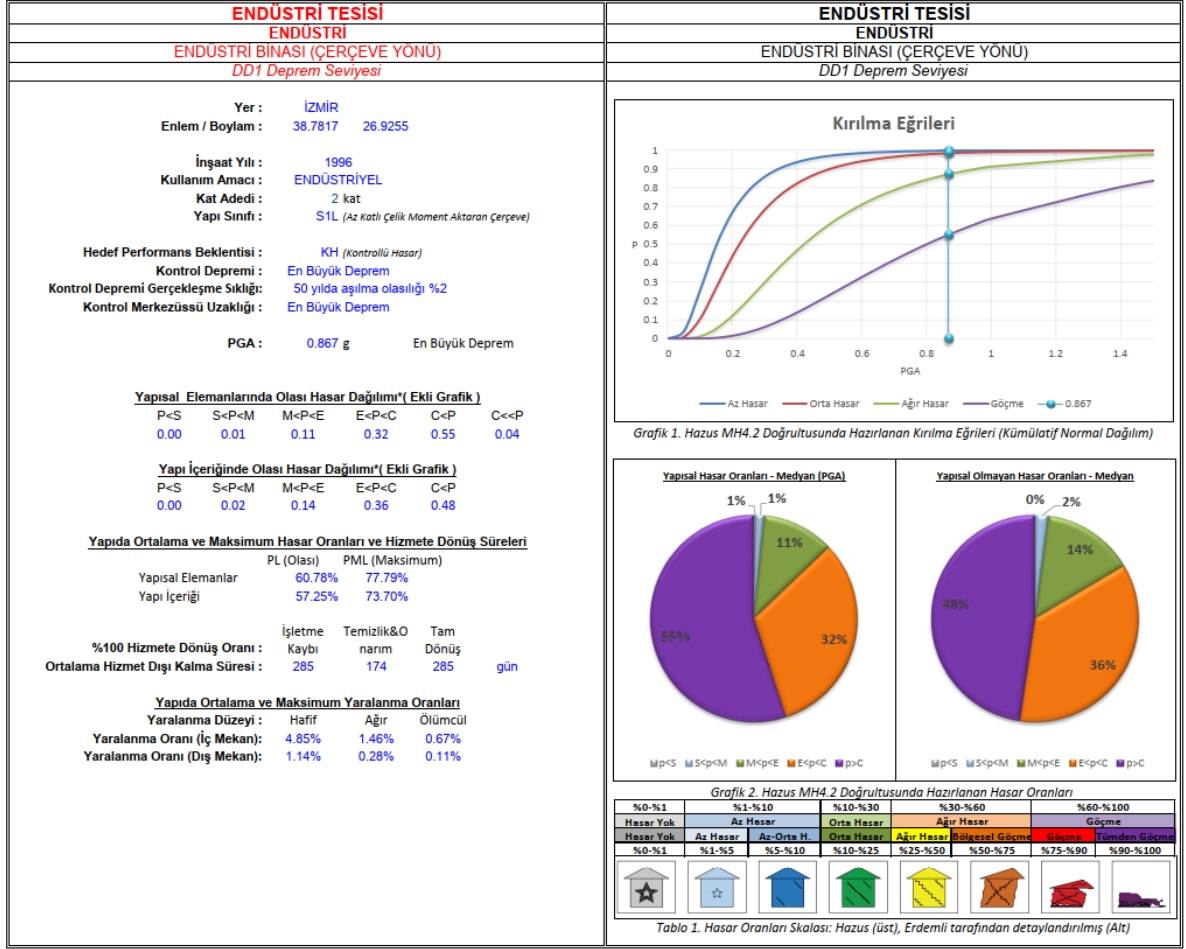
EK-4: ÖRNEK 1-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI



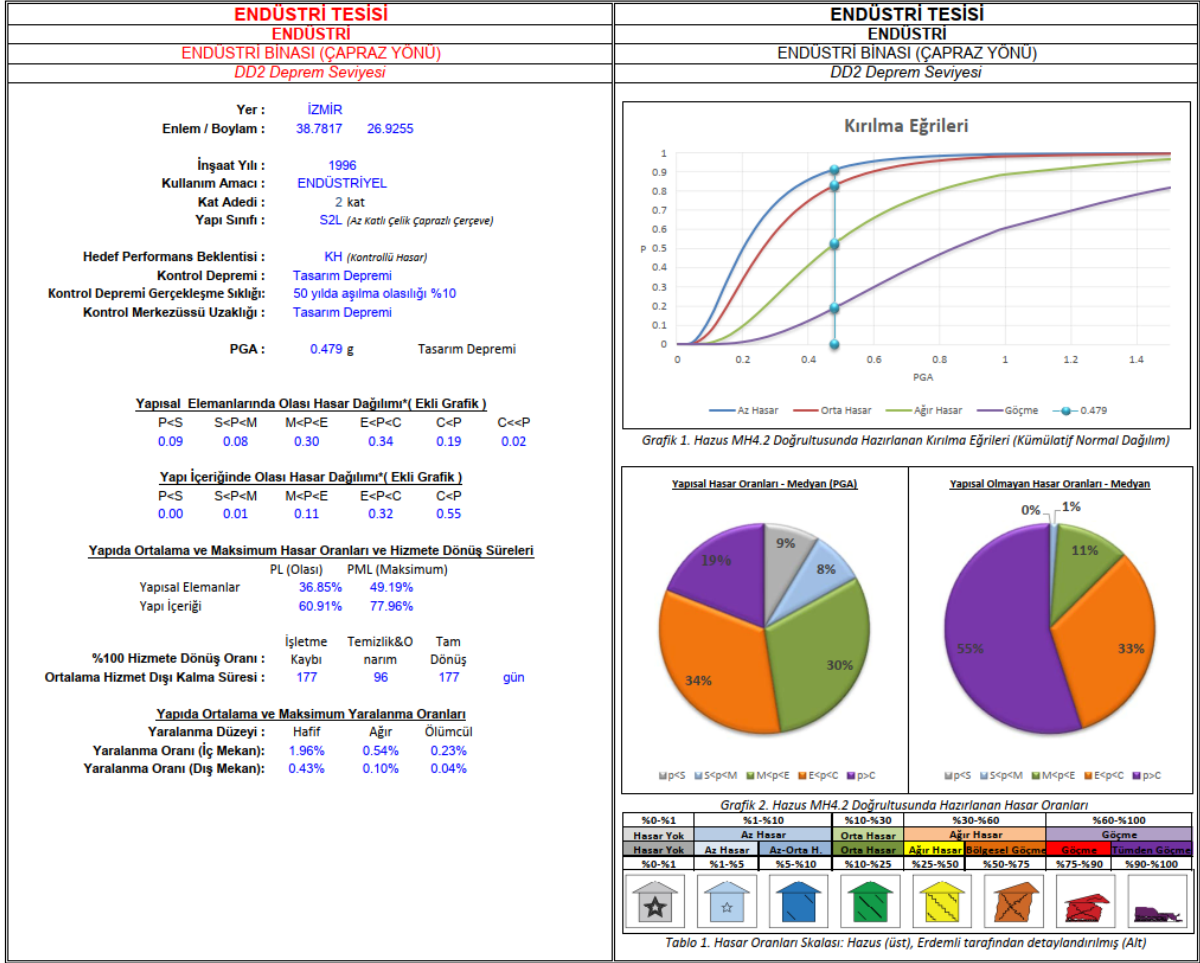
EK-4: ÖRNEK 1-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI



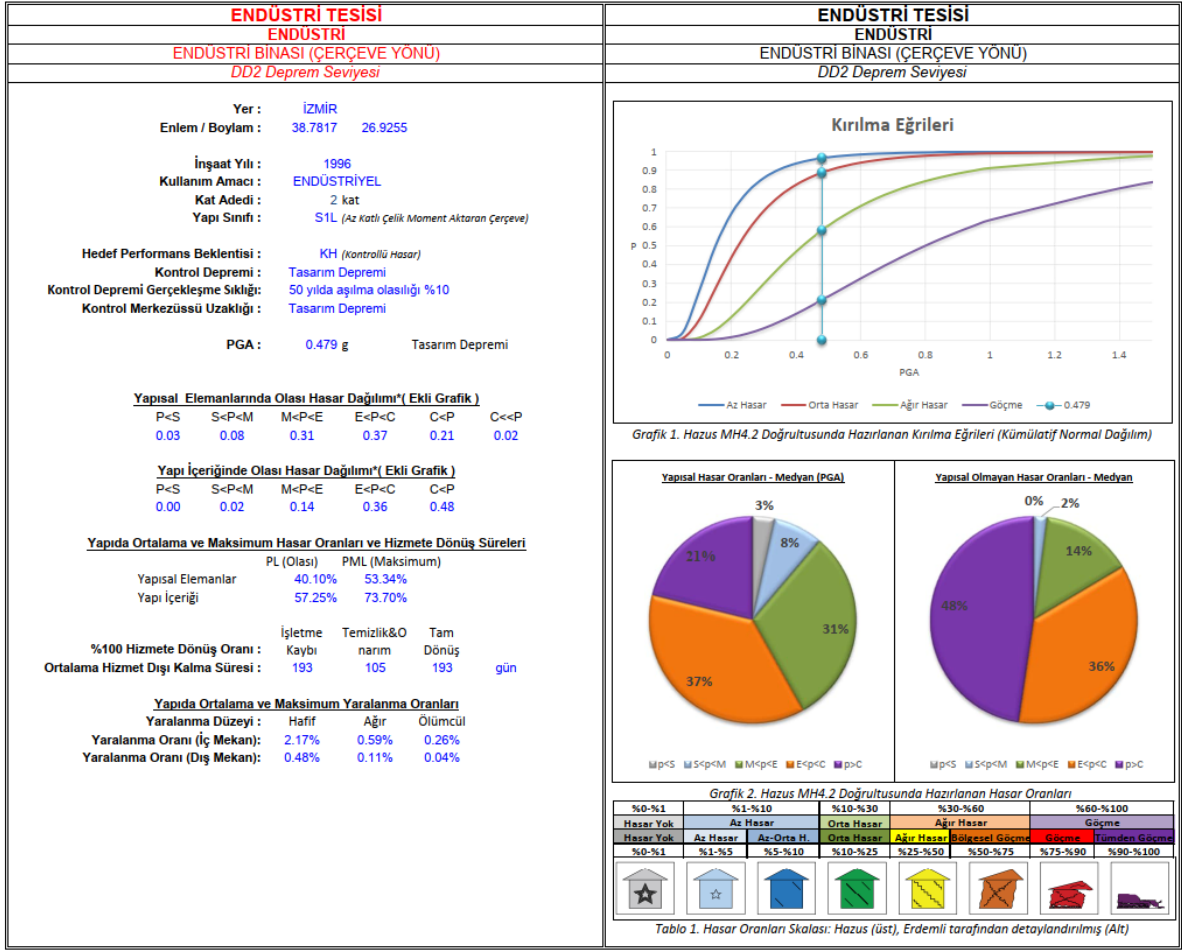
EK-5: ÖRNEK 2-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI (DD1-ÇERÇEVE YÖNÜ)



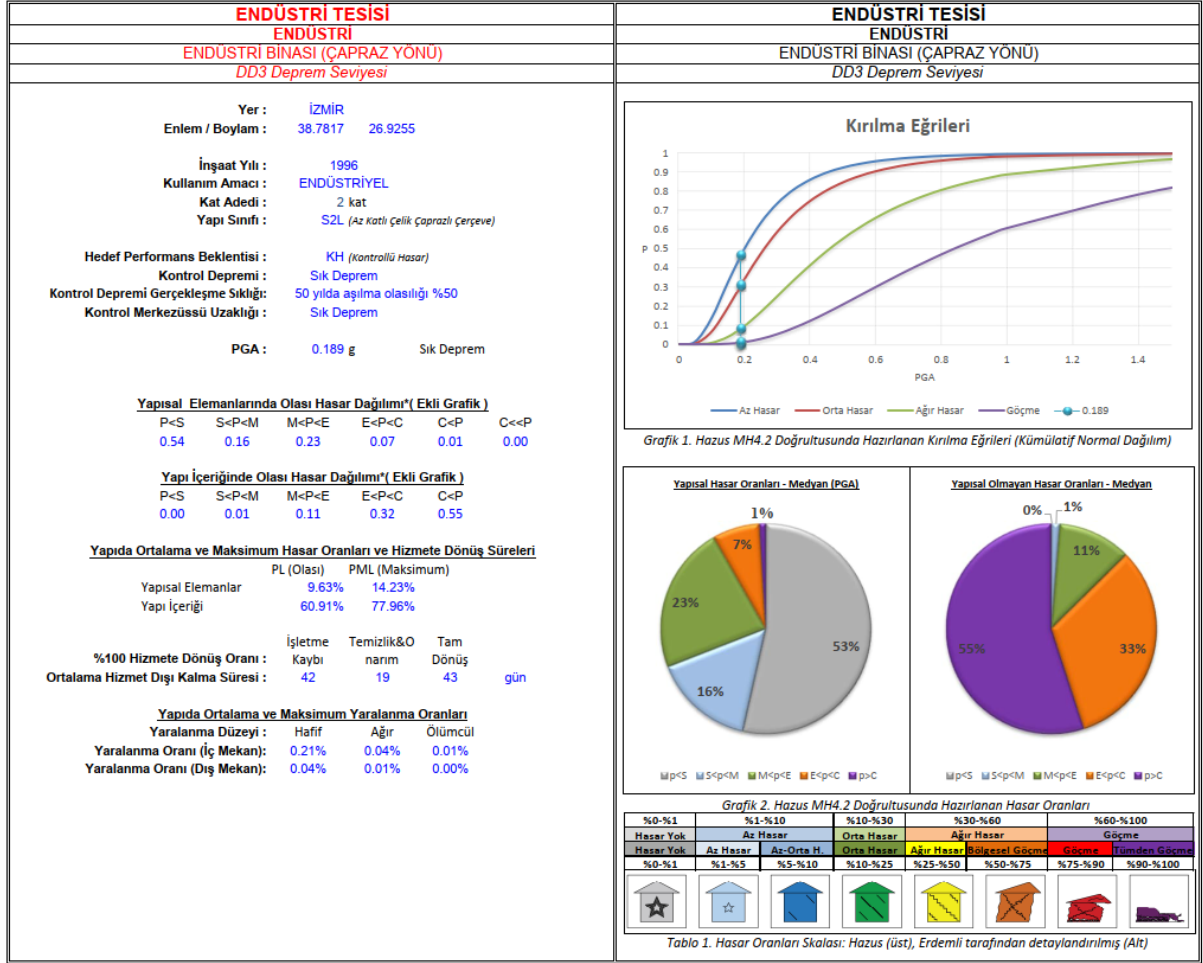
EK-5: ÖRNEK 2-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI (DD2-ÇAPRAZ YÖNÜ)



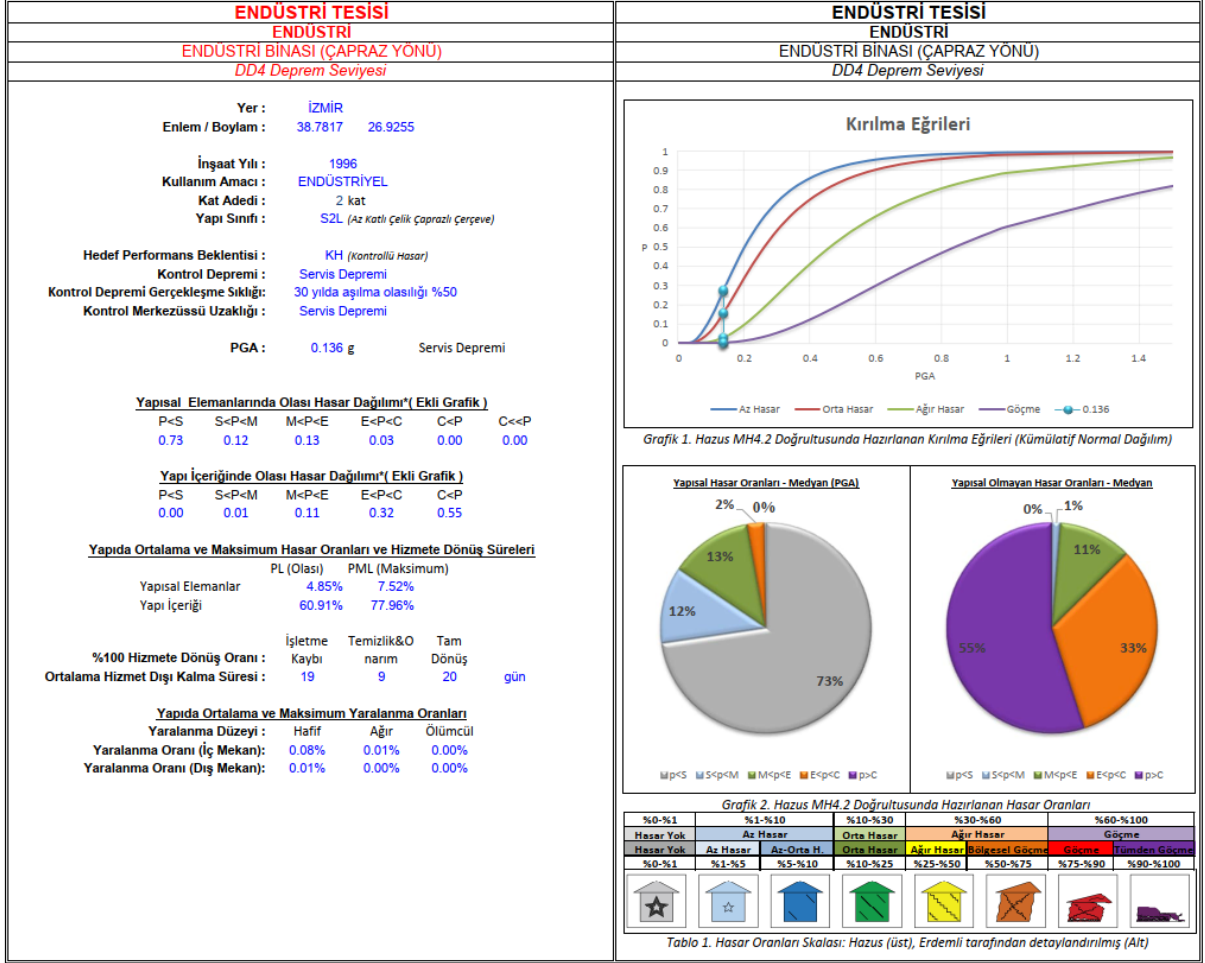
EK-5: ÖRNEK 2-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI (DD2-ÇERÇEVE YÖNÜ)



EK-5: ÖRNEK 2-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI (DD3-ÇAPRAZ YÖNÜ)



EK-5: ÖRNEK 2-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI (DD4-ÇAPRAZ YÖNÜ)



EK-5: ÖRNEK 2-HAZUS KULLANILARAK HESAPLANAN DEPREM SEVİYELERİNE GÖRE HASAR DAĞILIM ORANLARI (DD4-ÇERÇEVE YÖNÜ)

