

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME ANABİLİM DALI  
İŞLETME PROGRAMI**

**GÜÇLENDİRME / YIKIM – YAPIM KARARININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK  
BİR MODEL ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Züleyha YILMAZ**

**MAYIS - 2016  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İŞLETME ANABİLİM DALI  
İŞLETME PROGRAMI**

**GÜÇLENDİRME / YIKIM – YAPIM KARARININ BELİRLENMESİNE YÖNELİK  
BİR MODEL ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Züleyha YILMAZ**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fikret ÇANKAYA**

**MAYIS - 2016  
TRABZON**

## ONAY

Züleyha YILMAZ tarafından hazırlanan *İnşaat Maliyetlerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi* adlı bu çalışma 15.07.2016 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda . oybirliği (oybirliği/oyçokluğu) ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından *İşletme Anabilim* dalında **doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fikret ÇANKAYA  
(Başkan-Danışman)

Prof. Dr. Selahattin KARABINAR

Prof. Dr. Engin DİNÇ

Doç. Dr. Zehra ABDİOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Aykut KARAKAYA

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım. ... / ... / ....

Prof. Dr. Ahmet ULUSOY

Enstitü Müdürü

## **BİLDİRİM**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

**Züleyha YILMAZ**

**24.05.2016**

## ÖNSÖZ

İnşaat sektörü tarihin her devrinde öncü sektörlerden biri olmakla birlikte özellikle teknolojideki gelişmeler, çevresel faktörler, kullanıcıların beklentileri, vb. gibi sosyal yönden; istihdam, ticari hacim, gayri safi milli hasılaya katkı, vb. gibi ekonomik yönden etkileri nedeni ile günümüzde pek çok ülke ekonomisi açısından lokomotif sektör haline gelmiştir. Son yıllarda yapıların yenilenmesi, güçlendirilmesi, rehabilitasyonu veya kentsel dönüşümü gibi faaliyetler sektörde yeni bir faaliyet alanı oluşturmuş ve payını gün geçtikçe arttırmaktadır. Bunun yanı sıra deprem riski bulunan bölgelerde bu tür faaliyetler sosyal bir boyut kazanarak çok daha önemli hale gelmiş olup, binaların güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması önemli bir karar problemine dönüşmüştür. Bu çalışmada bir yapı ile ilgili güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma kararının verilebilmesi için bu karar üzerinde etkili olan faktörlerin tespit edilmesi, özellikle maliyetler açısından güçlendirme, yıkım ve yapım faaliyetlerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın hazırlanmasında rehberliği, görüş ve önerileri ile daima destek olan Danışman Hocam Prof. Dr. Fikret ÇANKAYA'ya, çalışmanın uygulama aşamasında önerileri ile çalışmaya büyük katkılar sağlayan Hocam Yrd. Doç. Dr. Aykut KARAKAYA'ya, tez izleme komitemde bulunan Hocalarım Prof. Dr. Engin DİNÇ ve Doç. Dr. Zehra ABDİOĞLU'na, eğitim hayatım boyunca daima yanımda olan ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli Hocam Prof. Dr. Osman KARAMUSTAFA'ya, çalışmanın uygulama aşamasında gerekli verileri sağlamamda yardımcı olan İPKB Yetkilileri'ne ve özellikle Yunus UÇAR ve Yusuf GÜL'e, TMMOB İstanbul Şubesi Yönetim Kurulu Üyesi Caner ZAFER'e ve Şube Sekreteri Rezan BULUT'a, TMMOB İzmir Şube Sekreteri Eylem ULUTAŞ AYATAR'a ve TMMOB Bursa Şubesi Yetkilileri'ne, eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği bulunan bütün Hocalarıma ve son olarak maddi manevi destekleri ve fedakarlıklarından dolayı babam, annem ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, Mayıs 2016

Züleyha YILMAZ

## İÇİNDEKİLER

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| ÖNSÖZ .....               | IV  |
| İÇİNDEKİLER.....          | V   |
| ÖZET .....                | X   |
| ABSTRACT .....            | XI  |
| TABLolar LİSTESİ .....    | XII |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....    | XIV |
| KISALTMALAR LİSTESİ ..... | XV  |
| GİRİŞ.....                | 1-7 |

## BİRİNCİ BÖLÜM

|   |             |
|---|-------------|
| <b>1. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YAPIM MALİYETLERİNİN TESPİTİ .....</b>        | <b>8-55</b> |
| 1.1. Genel Açıklama .....   | 8           |
| 1.2. İnşaat Sektörünün Tarihsel Gelişimi.....                         | 9           |
| 1.2.1. Dünya’da İnşaat Sektörü.....                                   | 9           |
| 1.2.2. Türkiye’de İnşaat Sektörü.....                                 | 12          |
| 1.3. İnşaat İşletmeleri ve Türleri .....                              | 15          |
| 1.3.1. İnşaat Taahhüt İşletmeleri.....                                | 16          |
| 1.3.2. Yap-Sat (Özel) İnşaat İşletmeleri .....                        | 16          |
| 1.4. İnşaat Sektörü ve İşletmelerinin Özellikleri .....               | 17          |
| 1.5. İnşaat İşletmelerinin Temel Fonksiyonları .....                  | 18          |
| 1.6. İnşaat Sektöründe Yapım Maliyetleri .....                        | 19          |
| 1.6.1. Yapı Elemanları ve Maliyetleri .....                           | 22          |
| 1.6.1.1. Sabit Maliyetler.....  | 27          |
| 1.6.1.2. Değişken Maliyetler.....                                     | 28          |
| 1.6.1.3. İnşaat İşletmelerine Özgü Maliyetler.....                    | 28          |
| 1.6.2. Yapım Maliyetlerinin Ön Tespiti.....                           | 30          |
| 1.6.2.1. Yapım Maliyetlerinin Belirlenmesi .....                      | 34          |
| 1.6.2.2. Yapım Maliyetlerinin Ön Tespitinde Kullanılan Yöntemler..... | 35          |

|  |    |
|--|----|
| 1.6.2.3. Yapım Maliyetlerinin Ön Tespitinde Karşılaşılan Sorunlar .....  | 39 |
| 1.7. Bina Yapım Maliyeti ile İlgili Literatür Çalışmaları .....  | 43 |
| 1.7.1. Bina Yaşam Döngüsü Maliyetinin Hesaplanmasına Yönelik Çalışmalar .....                                    | 47 |
| 1.7.2. Bina Yapım Maliyetlerinin Anket ve Mülakat Yöntemleri ile İncelendiği Çalışmalar .....                    | 47 |
| 1.7.3. İnşaatlarda Kalite Maliyetlerinin İncelendiği Çalışmalar .....  | 48 |
| 1.7.4. Bina Yapım Maliyetlerinin Yapay Zeka, Simülasyon ve Parametrik Yöntemler ile İncelendiği Çalışmalar ..... | 49 |
| 1.7.5. İnşaat Maliyetlerinin Hatalı Tahminine Yönelik Çalışmalar.....  | 53 |
| 1.7.6. İnşaatlarda Tekrarlanan Faaliyetlerin Maliyet Üzerindeki Etkisinin İncelendiği Çalışmalar .....           | 55 |

## İKİNCİ BÖLÜM

|   |              |
|---|--------------|
| <b>2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YIKIM MALİYETLERİNİN TESPİTİ .....</b>    | <b>56-87</b> |
| 2.1. Genel Açıklama .....   | 56           |
| 2.2. İnşaat Sektöründe Yıkım .....                                | 57           |
| 2.3. Yıkım Teknikleri.....  | 58           |
| 2.3.1. Elle Yıkım.....  | 61           |
| 2.3.2. Mekanik Yıkım .....  | 62           |
| 2.3.3. Yapısöküm.....   | 62           |
| 2.3.4. Patlayıcılarla Yıkım .....                                 | 64           |
| 2.3.5. Karma Yıkım .....  | 64           |
| 2.4. Yıkım Aşamaları.....   | 65           |
| 2.4.1. Yıkım Öncesi Aşamalar.....                                 | 66           |
| 2.4.2. Yıkım Sırasındaki Aşamalar.....                            | 70           |
| 2.4.3. Yıkım Sonrası Aşamalar .....                               | 71           |
| 2.5. Yıkıntı Atıkları.....  | 72           |
| 2.6. Yıkım Maliyetleri .....                                      | 75           |
| 2.6.1. Yıkım Öncesi Maliyetler .....                              | 77           |
| 2.6.2. Yıkım Sonrası Maliyetler .....                             | 78           |
| 2.6.3. Yıkıntı Atıklarının Nakliyesiyle İlgili Maliyetler .....   | 78           |
| 2.6.4. Yıkıntı Atıklarının Depolanması İle İlgili Maliyetler..... | 79           |
| 2.7. Yıkım Maliyetleri İle İlgili Literatür Çalışmaları .....     | 80           |
| 2.7.1. Dünya'daki Çalışmalar .....                                | 83           |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.7.2. Türkiye’deki Çalışmalar ..... | 87 |
|--------------------------------------|----|

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

|  |               |
|--|---------------|
| <b>3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE GÜÇLENDİRME MALİYETLERİNİN TESPİTİ.....</b>              | <b>88-117</b> |
| 3.1. Genel Açıklama .....  | 88            |
| 3.2. Deprem Kavramı ve Türkiye’de Deprem Riski.....                              | 90            |
| 3.3. Yapıların Güçlendirilmesi.....  | 94            |
| 3.3.1. Güçlendirme Kavramı .....   | 95            |
| 3.3.2. Güçlendirmeye Tabi Yapı Elemanları .....                                  | 96            |
| 3.3.3. Güçlendirme Aşamaları .....   | 97            |
| 3.3.3.1. Güçlendirme Kararının Verilmesi .....                                   | 97            |
| 3.3.3.2. Güçlendirme Öncesindeki Faaliyetler .....                               | 99            |
| 3.3.3.3. Güçlendirme Sırasındaki Faaliyetler .....                               | 99            |
| 3.3.3.4. Güçlendirme Sonrasındaki Faaliyetler.....                               | 100           |
| 3.3.4. Güçlendirme Yöntemleri .....  | 100           |
| 3.3.4.1. Eleman Güçlendirmesi.....   | 100           |
| 3.3.4.1.1. Kirişlerin Güçlendirilmesi.....                                       | 100           |
| 3.3.4.1.2. Kolonların Güçlendirilmesi.....                                       | 101           |
| 3.3.4.2. Sistem Güçlendirmesi .....  | 102           |
| 3.3.4.2.1. Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi.....                                 | 102           |
| 3.3.4.2.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Perde Duvarlarla Güçlendirilmesi ..... | 102           |
| 3.3.4.2.3. Yığma Binaların Güçlendirilmesi .....                                 | 103           |
| 3.3.4.3. Güçlendirmede Yeni Yöntemler .....                                      | 103           |
| 3.3.5. Güçlendirme Maliyetleri.....  | 103           |
| 3.3.6. Güçlendirmenin Avantajları ve Dezavantajları .....                        | 107           |
| 3.4. Bina Güçlendirme ile İlgili Literatür Çalışmaları.....                      | 109           |
| 3.4.1. Dünya’deki Çalışmalar .....   | 112           |
| 3.4.2. Türkiye’deki Çalışmalar .....   | 115           |



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

|   |                |
|---|----------------|
| <b>4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ .....</b>                                      | <b>118-148</b> |
| 4.1. Genel Açıklama .....   | 118            |
| 4.2. Araştırmanın Hedefleri ve Önemi.....                                   | 120            |
| 4.3. Araştırma Değişkenlerinin Tespiti ve Anket Formunun Oluşturulması..... | 123            |
| 4.4. Araştırmanın Kapsamı, Evreni ve Örneklemi.....                         | 132            |
| 4.4.1. Projelere Ait Veriler .....  | 133            |
| 4.4.2. Anket Verileri .....   | 134            |
| 4.5. Araştırmada Kullanılan Analiz Yöntemleri.....                          | 136            |
| 4.5.1. Tanımlayıcı İstatistikler .....                                      | 138            |
| 4.5.2. Güvenirlilik Analizi .....   | 138            |
| 4.5.3. Faktör Analizi .....   | 139            |
| 4.5.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi .....                               | 142            |
| 4.5.5. Lojistik Regresyon Analizi .....                                     | 144            |
| 4.6. Araştırmanın Hipotezleri .....   | 145            |
| 4.7. Araştırmanın Kısıtları .....   | 147            |

## BEŞİNCİ BÖLÜM

|   |                |
|---|----------------|
| <b>5. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>   | <b>149-214</b> |
| 5.1. Genel Açıklama .....   | 149            |
| 5.2. Bulgular .....   | 149            |
| 5.2.1. Proje Verilerinin Analizi.....   | 149            |
| 5.2.1.1. Proje Verilerinin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları .....                 | 150            |
| 5.2.1.2. Proje Verilerinin Regresyon Modeli Analizi Sonuçları.....                        | 156            |
| 5.2.1.3. Proje Verilerine Ait Lojistik Regresyon Modeli Analizi<br>Sonuçları.....         | 171            |
| 5.2.2. Anketlerden Elde Edilen Verilerin Analizi.....                                     | 176            |
| 5.2.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler .....  | 176            |
| 5.2.2.2. Güvenirlilik ve Faktör Analizi .....   | 188            |
| 5.2.2.2.1. Binayı Yıkıp Yeniden Yapma Nedenlerinin<br>Güvenirlilik ve Faktör Analizi..... | 188            |
| 5.2.2.2.2. Güçlendirme Yapma Nedenlerinin Güvenirlilik ve<br>Faktör Analizi.....          | 191            |

|   |            |
|---|------------|
| 5.2.2.2.3. Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi..... | 193        |
| 5.2.2.2.4. Yıkım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi.....       | 195        |
| 5.2.2.2.5. Yapım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Faktör Analizi .....                    | 197        |
| 5.2.2.3. Anket Verilerine Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları.....               | 199        |
| 5.2.3. Proje ve Anket Verileri Bulgularının Karşılaştırılması .....                         | 205        |
| <b>SONUÇ ve ÖNERİLER .....</b>  | <b>215</b> |
| <b>YARARLANILAN KAYNAKLAR .....</b>   | <b>223</b> |
| <b>EKLER .....</b>  | <b>244</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>   | <b>264</b> |

## ÖZET

Son yıllarda hızla artan yenileme, restorasyon, kentsel dönüşüm, vb. gibi faaliyetler, kullanılmakta olan binaların yıkılarak yeniden inşa edilmesini veya bina üzerinde önemli değişiklikler yapılmasını gerektirmektedir. Bu tür projelerde öncelikli olarak ortaya çıkan ilk sorun ise, sözkonusu binanın güçlendirilmesi ya da yıkılarak yeniden yapılması kararının nasıl alınacağıdır. Konuya bu açıdan bakıldığında yıkım, yeniden yapım ve güçlendirme faaliyetlerinin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekir. Bu konuda literatürde özellikle teknik açıdan ortaya konulmuş çok sayıda yayın mevcuttur. Ancak konunun maliyetler açısından değerlendirildiği çok az sayıda yayına rastlanmıştır. Bu nedenle güçlendirme, yıkım ve yeniden yapım maliyetlerinin proje öncesi tespitine dair yeni çalışmalara gereksinim olduğu düşünülmektedir. Bu araştırma ile inşaat sektöründeki bu üç faaliyet türüne ait maliyetlerin tespit edilmesi, bir yapının güçlendirilmesi ya da yıkıp yeniden yapılmasına ilişkin kararın verilmesinde maliyetlerin etkisinin ölçülmesi ve yine bu kararın verilmesinde etkili olan diğer değişkenlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Araştırmanın kapsamı deprem riskinin yüksek olduğu bölgeler olarak belirlenmiştir. Araştırmada, bu bölgelerdeki tamamlanmış 444 okul binası güçlendirme/yıkıp yeniden yapma projesi ve yine bu bölgelerde faaliyet gösteren 385 inşaat mühendisinin anket yoluyla elde edilmiş görüşleri veri seti olarak kullanılmıştır. Elde edilen veriler tanımlayıcı istatistikler, açıklayıcı faktör analizi, çoklu doğrusal regresyon analizi ve lojistik regresyon analizi yöntemleri ile test edilmiştir. Analizler sonucunda bir binanın güçlendirilmesi ya da yıkılarak yeniden yapılması kararı üzerinde etkili olan en önemli değişkenlerin sırasıyla binadaki korozyon durumu, güçlendirme maliyetinin yıkıp yeniden yapma maliyetine oranı (maliyet oranı), binanın beton basınç dayanımı ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Bina Güçlendirme Maliyetleri, Bina Yıkım Maliyetleri, Bina Yeniden Yapım Maliyetleri, Maliyet Oranı, Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli

## ABSTRACT

In recent years, activities such as the rapidly growing renovation, restoration, urban renewal, etc. require demolishing of used buildings or making significant changes on them. The first issue appearing in such projects is how to make a decision about either reinforcement the building or rebuilding it. From this point of view, reinforcement and rebuilding activities should be examined in detail. Many publications are available in the literature particularly about the technical points of the issue. However, very few publications have been encountered, evaluated in terms of costs of the those activities. Therefore, further research is considered to be studied for determining the predicted costs of reinforcement, demolition and rebuilding projects. In this research, it is aimed to identify the cost of these three types of activities in the construction sector, to measure the impact of the costs on the decision about either reinforcement the building or rebuilding it, and to determine other variables which affect the making this decision.

The scope of the research have been identified as regions vulnerable for high earthquake risk. In the study, 444 completed reinforcement /rebuilding projects of school buildings in these regions and opinions of 385 civil engineers working in the same regions obtained by survey are used as data sets. The data sets were tested using descriptive statistics, factor analysis, multiple linear regression analysis, and logistic regression analysis methods. As a result of the analyses, it was founded that the most important factors affecting the decision for either reinforcement the building or rebuilding it are respectively the corrosion status in the building, the ratio of reinforcement cost to rebuilding cost of the building (cost ratio), the concrete strength of the buildings, and seismic zone code of the region where the building is located.

**Keywords:** Building Reinforcement Costs, Building Demolition Costs, Rebuilding Costs, Cost Ratio, Multiple Linear Regression Model

## TABLULAR LİSTESİ

| <u>Tablo Nr.</u> | <u>Tablo Adı</u>   | <u>Sayfa Nr.</u> |
|------------------|--|------------------|
| 1                | Genel Ekonomik Göstergeler .....   | 13               |
| 2                | Türkiye'deki Yapı Ruhsatı ve Yapı Kullanma İzin Belgesi Sayıları .....   | 14               |
| 3                | Bina Maliyetini Tahmin Etmede Kullanılabilecek Yüzdeler .....  | 25               |
| 4                | Yeşil Defter Örneği .....  | 26               |
| 5                | Yapı Maliyet Cetveli .....   | 27               |
| 6                | Bina Yapım Maliyeti İle İlgili Literatürdeki Bazı Çalışmalar .....   | 44               |
| 7                | Maliyet Kalemlerinin Toplam Yıkım Maliyeti Üzerindeki Ortalama Etkisi (%) .....  | 60               |
| 8                | Geri Kazanılabilecek Yapı Bileşenleri ve Kullanım Alanları .....   | 73               |
| 9                | Bina Yıkımı ile İlgili Literatürdeki Bazı Çalışmalar .....   | 81               |
| 10               | Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri .....   | 90               |
| 11               | Farklı Güçlendirme Tekniklerine Göre Ortalama Maliyetler .....   | 106              |
| 12               | Zarar İndeksi Limitleri ve Onarım Maliyeti .....   | 107              |
| 13               | Bina Güçlendirme Konusu İle İlgili Literatürdeki Bazı Çalışmalar .....   | 110              |
| 14               | Anketin Oluşturulmasında Yararlanılan Literatür Çalışmaları .....  | 124              |
| 15               | Beton Sınıfları ve Mekanik Özellikleri .....   | 128              |
| 16               | Bina Önem Katsayısı .....  | 128              |
| 17               | Anketin Uygulandığı İller .....  | 135              |
| 18               | Projelerdeki Binaların Özelliklerine Göre Frekans Dağılımları (N=444) .....  | 151              |
| 19               | Binaların Güçlendirme, Yıkım ve Yeniden Yapım Maliyetlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 444), (TL) ..... | 154              |
| 20               | Güçlendirme Maliyetini Oluşturan Kalemlerinin Toplam Güçlendirme Maliyeti İçindeki Ağırlıkları .....                               | 155              |
| 21               | Bağımsız Değişkenler Arası Korelasyonlar .....   | 156              |
| 22               | Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı ve Diğer Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları .....                   | 158              |
| 23               | Güçlendirme Maliyeti ve Diğer Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları .....                                    | 162              |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 24 | Yıkım Maliyeti ve Diğer Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları .....                                       | 166 |
| 25 | Yeniden Yapım Maliyeti ve Diğer Bağımsız Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları .....                      | 169 |
| 26 | Güçlendirme/Yıkım-Yapım Kararı ve Diğer Değişkenlere Ait Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları .....                             | 174 |
| 27 | Doğru Sınıflandırma Yüzdesi .....   | 176 |
| 28 | Katımcıların Demografik Özelliklerine Göre Frekans Dağılımları .....  | 177 |
| 29 | Maliyet Oranı Frekans Sonuçları .....   | 177 |
| 30 | Binayı Yıkıp Yeniden Yapma Nedenlerinin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 385) .....                                | 179 |
| 31 | Binayı Güçlendirme Nedenlerinin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 385) .....  | 180 |
| 32 | Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 385) .....                         | 181 |
| 33 | Yıkım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 385) .....                               | 182 |
| 34 | Yapım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 385) .....                               | 184 |
| 35 | Maliyet Kalemlerinin Toplam Maliyetler İçindeki Ağırlıkları .....   | 185 |
| 36 | Binayı Yıkıp Yeniden Yapma Nedenlerinin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları .....  | 190 |
| 37 | Güçlendirme Yapma Nedenlerinin Güvenirlik Faktör Analizi Sonuçları .....  | 192 |
| 38 | Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları .....                                     | 194 |
| 39 | Yıkım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları .....   | 196 |
| 40 | Yapım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları .....   | 198 |
| 41 | Güçlendirme/Yıkım Yapım Maliyet Oranı ve Bina Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Faktörlere Ait Regresyon Analizi Sonuçları ..... | 202 |
| 42 | Güçlendirme/Yıkım Yapım Maliyet Oranı ve Bina Yıkım Maliyetini Etkileyen Faktörlere Ait Regresyon Analizi Sonuçları .....       | 202 |
| 43 | Güçlendirme/Yıkım Yapım Maliyet Oranı ve Bina Yapım Maliyetini Etkileyen Faktörlere Ait Regresyon Analizi Sonuçları .....       | 204 |
| 44 | Bütün Faktörler ve Maliyet Oranı Arasındaki Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları .....                                    | 204 |
| 45 | Güçlendirme Maliyet Kalemlerinin Karşılaştırılması .....  | 206 |
| 46 | Proje ve Anket Verilerine Ait Regresyon Analizi Sonuçları ve Karşılaştırmalar .....   | 208 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

| <u>Şekil Nr.</u> | <u>Şekil Adı</u>                                   | <u>Sayfa Nr.</u> |
|------------------|--|------------------|
| 1                | İnşaat Sektöründe Girdi ve Çıktı Süreci .....      | 21               |
| 2                | Bina Yaşam Döngüsü Maliyeti.....                   | 33               |
| 3                | Yıkım Tekniğinin Seçimi .....                      | 59               |
| 4                | Yapı Yıkım Aşamaları.....                          | 65               |
| 5                | Bir Binanın Yaşam Kararının Verilmesi Süreci ..... | 67               |
| 6                | İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Akış Diyagramı ..... | 72               |
| 7                | Güçlendirme Kararının Verilmesi .....              | 98               |
| 8                | Araştırma Süreci .....                             | 119              |

## KISALTMALAR LİSTESİ

|       |  |
|-------|--|
| ABD   | : Amerika Birleşik Devletleri  |
| BCIS  | : Bina Maliyet Bilgi Servisi / Building Cost Information Service                             |
| CG    | : Can Güvenliği  |
| CLASP | : Yerel Yönetim Konsorsiyumu Özel Programı / Consortium of Local Authority Special Programme |
| ENR   | : Engineering News Record  |
| GÖ    | : Göçmenin Önlenmesi   |
| GSYH  | : Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla  |
| HK    | : Hemen Kullanım   |
| IMF   | : Uluslararası Para Fonu / International Monetary Fund                                       |
| İGÖP  | : İndirgenmiş Geri Ödeme Metodu  |
| İKO   | : İç Kârlılık Oranı  |
| İPKB  | : T.C. İstanbul Valiliği İstanbul Proje Koordinasyon Birimi                                  |
| KMO   | : Kaiser-Meyer-Olkin   |
| MDM   | : Düzeltilmiş Delphi Metodu / Modified Delphi Method   |
| NŞD   | : Net Şimdiki Değer Metodu   |
| NVİGM | : Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü  |
| Rİİ   | : Önem Derecesi İndeksi / Relative Importance Index  |
| SGK   | : Sosyal Güvenlik Kurumu   |
| SI    | : Önem İndeksi / Severity Index  |
| SSCB  | : Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği   |
| TMB   | : Türkiye Müteahhitler Birliği   |
| TMMOB | : Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği   |
| TOBB  | : Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği   |
| TOKİ  | : Başbakanlık Toplu Konut İdaresi  |
| TÜİK  | : Türkiye İstatistik Kurumu  |
| YDMA  | : Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi / Life-Cycle Cost Analysis                                   |



## GİRİŞ

İnşaat sektörü günümüz dünyasında pek çok ülke ekonomisinin lokomotif sektörlerinden biridir. Dünya ekonomisine bakıldığında, inşaat sektörünün 7,5 trilyon \$'lık iş hacmi ile ekonominin ortalama %13,4'ünü oluşturduğu görülmekte ve 2020 yılında sektörde meydana gelen %70'lik büyüme ile bu oranın %14,6'lar seviyesine yükseleceği beklenmektedir (Karluk, 2015: 24). Türkiye açısından inşaat sektörü ele alındığında ise sektörün ülke ekonomisi içerisinde aldığı pay, sektörün önemini gözler önüne sermekte ve Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH) içindeki payının giderek artan bir orana sahip olduğu görülmektedir. Bu oran 2001-2003 yılları arasında küçülürken, özellikle 2004 yılından sonra artmaya başlamıştır.

Sekizinci Kalkınma Planı dönemi sonunda inşaat sektöründe yapı inşa izni %85 oranında artmış ve 99,5 milyon m<sup>2</sup>/yıl seviyesine yükselmiştir. 2005 yılı verilerine göre inşaat sektörünün toplam istihdam içindeki payı %5,3 ile 1,1 milyon kişi olarak gerçekleşmiştir (9. Kalkınma Planı, 2006). 10. Kalkınma Planı incelendiğinde 2012 yılı itibariyle, içerisinde inşaat sektörünün de yer aldığı hizmet sektörünün GSYH içindeki payının %61,9'a yükseldiği görülmektedir. İnşaat sektörü tek başına incelendiğinde ise 2007-2012 yılları arasında sektörün GSYH içindeki payının %5-6,5 aralığında olduğu görülmektedir. Aynı şekilde 2014 yılı kasım ayı itibariyle Türkiye'de istihdam edilen kişilerin %7,6'sının inşaat sektöründe yer aldığı (İntes, 2015: 8) ve sektörün genel istihdam payının %5-7 arasında değiştiği görülmektedir (Uzunkaya, 2013: 1).

İnşaat şirketleri açısından değerlendirildiğine Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre sektörde 2012 yılında 143.000 şirket faaliyet göstermiş, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) verilerine göre ise 2013 yılında 19.422 şirket kurulmuş ve 6.015 şirket kapanmıştır. Türkiye, Çin'den sonra dünyanın en büyük 225 müteahhitlik firması listesinde 33 firmayla ikinci sırada yer almaktadır. Buna göre, 2007 yılı sonu itibariyle 25,5 milyar \$ olan yurt dışı müteahhitlik hizmetleri 2013 yılı sonu itibariyle 31,3 milyar \$'a yükselmiştir (Karluk, 2015: 28-29). Benzer şekilde, 2011 yılında Türkiye genelindeki

müteahhit sayısı 135.000 iken, bu sayı 2013 yılı itibariyle 248.000'e yükselmiştir (Demirbaş, 2015: 50). Bu istatistiklerden anlaşıldığı üzere, inşaat sektörü sadece dünya ekonomisinin değil Türkiye ekonomisinin de lokomotiflerinden biri olup, sektörün önemine binaen sektör üzerinde daha çok araştırma yapılması gerekli görülmektedir.

Yukarıda verilen istatistikler dikkate alındığında inşaat sektörünün Türkiye'deki en önemli sektörlerden biri olduğu açıkça görülmektedir. Diğer taraftan ülkenin tamamına yakınının deprem kuşağı üzerinde bulunması ve son yıllarda yaşanan deprem vakaları, Türkiye için sektöre ekonomik öneminin yanında sosyal bir önem kazandırmaktadır. 1999 Gölcük ve Düzce depremlerinde binaların %70'i orta ve hafif, %25'i ağır düzeyde hasar görmüş, %5'i ise tamamen yıkılmıştır (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 13). Bu depremlerde hayatını kaybedenlerin sayısı resmi olarak 18.373 olarak belirlenmiş, 48.901 kişi yaralanmış ve yaklaşık 600.000 kişi evini kaybetmiş veya terketmek zorunda kalmıştır (Erdik, 2001: 165).

Benzer sonuçlar 2011 Van depreminde de yaşanmış ve resmi rakamlara göre 604 kişi hayatını kaybetmiş, 2.608 kişi yaralanmıştır. Deprem sonrası 861 binanın tamamen çöktüğü, 3.713 binanın ise içinde yaşanılmayacak düzeyde hasar gördüğü tespit edilmiştir (Erdik ve diğerleri, 2012). Yapılan bir araştırmada 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinin Türkiye sosyo-ekonomisine zararı yaklaşık 16 milyar \$ olarak (Erdik, 2001: 149), bir diğer araştırmada ise yaklaşık 20 milyar \$ olarak (Boylu, 2005:1); Van depreminin zararı ise 1-2 milyar \$ olarak (Erdik ve diğerleri, 2012) tahmin edilmektedir.

Nüfus İstatistikleri Daire Başkanlığı tarafından 2013 yılı Mart ayında hazırlanan verilere göre Türkiye'deki toplam konut sayısı 16.245.901, kamu iş yeri sayısı 559.934 ve özel iş yeri sayısı 1.937.867'dir. Bölgeler açısından bakıldığında ülke bina stoğunun %21'ini Marmara Bölgesi'nde bulunan binaların oluşturduğu görülmektedir. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılan bir araştırmada Türkiye'de yaklaşık 7 milyon binanın tamamının ve 14 milyon konutun %15-20'sinin deprem dayanıklılığının yetersiz olduğu ifade edilmektedir. Bir diğer çalışmada, İstanbul'da 50 yılda %50 olasılıkla 7.5 Mw büyüklüğünde bir deprem gerçekleşmesi beklenmekte ve eğer bu depreme karşı önlem alınmazsa 40.000 civarında can kaybı, 160.000'e yakın yaralı olabileceği tahmin

edilmektedir. Aynı senaryoya göre sadece binalardan kaynaklanan ekonomik zararın 10 milyar \$, toplam zararın ise 40 milyar \$ olacağı hesaplanmaktadır (Erdik, 2005: 54).

Tüm bu istatistikler dikkate alındığında Türkiye’de deprem konusuna önem verilmesi gerektiği, özellikle nüfusun yoğun olduğu büyük şehirlerin deprem kuşağı üzerinde yer alması nedeniyle muhtemel bir deprem karşısında tedbirlerin çok önceden alınması gerektiği açıkça görülmektedir. Bu anlamda alınacak tedbirler kapsamında son yıllarda hızla artan yenileme, güçlendirme veya kentsel dönüşüm gibi faaliyetler inşaat sektörüne ciddi bir ivme kazandırmıştır. Bu tür inşaat faaliyetleri, kullanılmakta ya da hasarlı olan binaların yıkılarak yeniden yapılmasını veya bina üzerinde önemli değişiklikler yapılarak binanın güçlendirilmesini gerektirmektedir. Türkiye’de 2007 yılında yayınlanan Deprem Yönetmeliği ile hem bu tarihten sonra yapılacak yeni binaların hem de bu tarihten önce yapılmış eski binaların yönetmeliğe uygun olarak inşa edilmesi veya uygun hale getirilmesi zorunlu kılınmıştır. Deprem konusu da dikkate alındığında inşaat sektörü açısından binaların yıkılarak yeniden yapılması veya güçlendirilmesi konusunda yapılacak yeni araştırmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Gelişmekte olan tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de inşaat sektöründeki bir yatırımla ilgili faaliyetlerin inşaat sürecinin her aşamasında özellikle maliyetler açısından planlanması ve denetimi büyük önem taşımaktadır. İnşaat yatırımları için gerekli olan kaynakların sınırlı olması, bu önemi daha da arttırmaktadır. Bu nedenle, yatırım kararı alırken kaynak ihtiyacının dikkatle hazırlanan, kapsamlı ve güvenilir bir maliyet tahminine dayanması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan ve diğer sektörlerden talep edilen girdilerin çok çeşitli olması, GSYH ya yapılan katkı (Abdul Rahman ve diğerleri, 2013: 286) ve yaratılan istihdam nedeniyle pek çok ülkede hükümetlerce inşaat sektörü ekonomiye ivme kazandırmak için itici bir güç olarak kullanılmaktadır.

İnşaat yatırımlarının fiziki yapısı, üretim şartları, projelerin birçoğunun prototipinin olmayışı, yapım sürecinin planlanması ve fiyat belirleme için kullanılan metotlar inşaat sektöründe yapılan üretimi diğer üretim biçimlerinden ayıran temel özelliklerdir. Söz konusu parametrelerin ayrıntılı analizinin yapılarak parasal bir değer olarak ifade edilmesi zor olmaktadır. Bu nedenle, inşaat sektörü için maliyetlerin henüz inşaatın planlanması aşamasında iken güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi gerekliliği sektörün önemli bir

sorunu olarak görülmektedir (Kanit ve Baykan, 2004: 359). Örneğin, Sidney Opera Binası'nın yapımında gerçek maliyetler tahmin edilen maliyetlerin 15 kat fazlası olarak gerçekleşmiş, diğer taraftan Concorde süpersonik uçakların maliyeti ise gerçek maliyetlerin 12 kat eksiği olarak tahmin edilmiştir (Flyvbjerg ve diğerleri, 2002: 286). Bu örneklerde görüldüğü gibi maliyetlerle ilgili yapılacak herhangi bir tahmin hatası kabul edilmemesi gereken bir projenin kabulü ya da kabul edilmesi gereken bir projenin yüksek maliyetler nedeniyle reddine neden olabilir. Pek çok projede maliyetlerin karar verme aşamasındaki en önemli kriterlerinden biri olduğu düşünüldüğünde, hatalı maliyet tahmininin gerek ülke, gerekse kişi veya kurumun inşaat projesinin gerçekleştirilmesi konusunda yanlış karar vermesine neden olacağı aşikardır.

Bu tezin temel araştırma konusu; bir projenin planlanması aşamasında yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin tahmin edilebilmesi ve hasarlı veya kentsel dönüşüm kapsamındaki bir binanın yıkılıp yeniden yapılması için gerekli olan maliyet tutarı ile aynı binanın güçlendirilmesi için gereken maliyet tutarının karşılaştırılabilmesinin sağlanmasıdır. Ancak bir binanın yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin; projenin türü, yıkım, güçlendirme veya yapım tekniği, ülkenin ekonomik koşulları, işgücü maliyetleri, malzeme fiyatları ve kalitesi, malzemelerin geri kazanıma elverişliliği, binanın bulunduğu bölge ve yer şekilleri, ülke ya da bölgedeki yasal düzenlemeler ve zorunluluklar, bina sahibinin (müşterinin) ekonomik gücü ve tercihleri vb. gibi pek çok faktörden etkilendiği görülmektedir. Ayrıca her bina boyutları, şekli, ekonomik ömrü, konumu ve çeşitli çevresel koşullara dayanıklılığı gibi pek çok özelliği açısından diğer binalardan farklılaşmakta (Kusar ve diğerlerinin, 2013: 652), bütün bu farklılıklar ise binaların proje maliyetinin tahmin edilmesinde bir genelleme yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Yukarıda bahsedilen durumlar dikkate alındığında maliyetler açısından bir genelleme yapabilmek için maliyetleri etkileyen faktörler ve bu faktörlerin maliyetler üzerindeki etki derecelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Buna göre araştırmanın birinci ve temel hedefi; bir binanın güçlendirme, yıkım ve yeniden yapım maliyetlerini etkileyen faktörlerin neler olduğunun tespit edilmesi ve bu faktörlerin maliyetler üzerindeki etkisinin ölçülebilmesidir. Böylece bina yapım, yıkım ve güçlendirme projelerinin maliyetleri projenin planlanması aşamasında daha doğru şekilde tahmin

edilebilecek ve hatalı maliyet tahmini sonucu proje ile ilgili yanlış kararlar alınmasının önüne geçilebilecektir.

Araştırmanın temel hedefinin yanı sıra başka hedefleri de bulunmaktadır. Bir binanın güçlendirme maliyeti, binanın yıkılıp yeniden yapılması için sarf edilecek toplam maliyetlere oranlanır ve bu maliyet oranı güçlendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde kullanılan en önemli göstergelerden biridir. Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ülkeden ülkeye farklılık göstermekle birlikte Türkiye için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın tavsiye ettiği oran %40'tır. Bu oranın hangi unsurlardan veya nasıl oluşturulduğuna dair literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Araştırmanın ikinci hedefi; halihazırda var olan, depremde zarar görmüş ve güçlendirilmesi söz konusu olan bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararında kullanılan %40'lık maliyet oranının isabetli olup olmadığının ve hangi faktörlerden etkilendiğinin tespit edilmesidir.

Diğer taraftan bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararı sadece maliyetler göz önünde bulundurularak verilmemektedir. Her binanın farklı niteliklere sahip olması, bina sahibinin kişisel tercihleri veya ekonomik gücü, yasal zorunluluklar, deprem olgusu, halihazırda varolan binanın olası bir deprem karşısındaki mukavemeti, vb. gibi yukarıda sıralanan pek çok faktör, bina ile ilgili proje maliyetlerinin yanı sıra güçlendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde de büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmanın üçüncü hedefi, bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde etkili olan faktörlerin neler olduğunun tespit edilmesi ve bu faktörlerin karar üzerindeki etki derecelerinin tespit edilmesidir.

Araştırmada inşaatlarda güçlendirme, yıkım ve yapım konuları ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar ve resmi kaynaklar incelenmiş ve bina sahipleri, yüklenici firmalar ve inşaat mühendisleri gibi güçlendirme/yıkım-yapım kararı verme konumunda bulunan kişilere rehberlik sağlayacak bir çalışmaya rastlanmamıştır. İnşaat sektörünün Türkiye için taşıdığı büyük önem, Türkiye'nin deprem açısından riskli bir ülke olması ve 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre mevcut yapıların gözden geçirilmesi gerekliliği dikkate alındığında literatürde bu konularda yeterli çalışmaya rastlanmaması büyük bir eksiklik olarak görülmektedir. Araştırmanın dördüncü hedefi; araştırma sonucunda elde edilen bulguların

hem inşaat alanındaki uygulamalarda kullanıcılara rehberlik sağlaması, hem de literatürde bu anlamda görülen boşluğun doldurulması için bir katkıda bulunulmasıdır.

Araştırmada yöntem olarak öncelikle hâlihazırda var olan yapım, yıkım ve güçlendirme projelerine ait maliyet verileri incelenmiştir. İkinci olarak anket yöntemi ile bina güçlendirme veya yıkım/yapım projelerinde görev almış ve alanında uzman inşaat mühendislerinin güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen faktörler hakkındaki görüşleri edinilmiştir.

Araştırmada gerçek projeler için örneklem olarak, deprem açısından riskli bölgede bulunan ve Türkiye'nin en kalabalık nüfusuna sahip İstanbul ili seçilmiştir. İstanbul, olası bir depremde en fazla can kaybı ve ekonomik zararın yaşanacağı şehirlerin başında gelmektedir. Bu nedenle İstanbul'daki binaların deprem karşısında göstereceği davranış şimdiden uzmanlar tarafından değerlendirilmekte ve herhangi bir deprem vakasında can kaybını en az düzeye indirmek için gerekli önlemler alınmaktadır. Bu önlemlerin başında "İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Kapasitesinin Arttırılması Projesi" gelmektedir. Bu proje kapsamında, T.C. İstanbul Valiliği İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB) yetkilendirilmiştir. Birim, 2016 yılı itibariyle 624 okulun güçlendirme ve 196 okulun yıkıp yeniden yapma projesini tamamlamış olup, 51 okulun yeniden yapımını ve 3 okulun güçlendirme çalışmalarını yürütmeye devam etmektedir. Bu araştırmada İPKB tarafından tamamlanan 444 okul binası güçlendirme, yıkım-yapım projesi incelenmiştir.

Araştırmanın bir diğer veri kaynağı olan anket yöntemi için örneklem olarak deprem riskinin yüksek olduğu İstanbul, Bursa, Kocaeli, Sakarya, İzmir ve Tokat illeri seçilmiştir. Bu illerde Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) İnşaat Mühendisleri Odası'na üye olan toplam 41.089 inşaat mühendisine ulaşılmış ve anket yoluyla 385 inşaat mühendisinin binalarda güçlendirilme/yıkım-yapım kararını etkileyen faktörler hakkındaki görüşleri değerlendirilmiştir.

Her iki veri setinin yani hem gerçek projelerden elde edilen veriler, hem de bu projelerden elde edilememiş, ölçümü daha önce yapılmamış ve parasal olarak ifade edilemeyen binanın konumu, hukuksal açıdan kat kaybına uğranıp uğranmaması, binanın

kalitesi, binanın bitişik nizam olması, proje sahibinin tercihleri, vb. gibi değişkenlerin dikkate alındığı anket yoluyla elde edilen veriler, öncelikle frekans, yüzde ve ortalamalar açısından incelenmiş, ardından çoklu ve lojistik regresyon analizleri ile değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen bulgular her iki veri seti açısından öncelikle ayrı ayrı yorumlanmış, daha sonra karşılaştırılmıştır. Araştırmanın tartışma ve sonuç bölümünde ise çeşitli modeller aracılığıyla elde edilmiş sonuçlar göz önünde bulundurularak, Türkiye’de hali hazırda kullanılmakta olan %40’lık maliyet oranı sorgulanmıştır.

Araştırma beş bölümden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Buna göre ilk bölümde, inşaat sektörü ve sektörün tarihsel gelişimine dair kısa ve genel bilgiler verilmiş ve ardından standart bir binanın yapım unsurları, süreçleri ve bunların maliyetlerine ilişkin konulara değinilmiştir. Sonrasında, bina yapımı ile ilgili literatür çalışmaları incelenmiştir. Araştırmanın ikinci bölümünde inşaatlarda yıkım faaliyetleri, yıkım teknikleri ve hali hazırda var olan bir binanın yıkım aşamaları ve yıkım alanının yeni bir bina yapımına uygun hale getirilmesi için gerekli faaliyetler ve bu faaliyetlerin tümüne ait maliyetler incelenmiştir. Ardından, bir binanın yıkımı ile ilgili literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Araştırmanın üçüncü bölümünde Türkiye’de deprem olgusu konusuna kısaca değinildikten sonra varolan bir binanın güçlendirilmesine ilişkin faaliyetler, güçlendirme aşamaları ve bu faaliyetlere ilişkin maliyetler incelenmiştir. Son olarak, bina güçlendirme konusu ile ilgili literatürde yer alan çalışmalardan bazılarına yer verilmiştir.

Araştırmanın dördüncü bölümünde araştırmanın amacı, kapsamı, önemi, örneklemin seçilmesi, hipotezler ve kısıtları gibi araştırma metodolojisi ve analiz yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Araştırmanın son bölümünde ise, bir binanın güçlendirme, yıkım ve yapım faaliyetleri ve bu faaliyetlere ait toplam maliyetler proje ve anketlerden elde edilen veriler doğrultusunda analiz edilmiştir. Ardından, çeşitli modeller ve analizlerden elde edilen bulgular değerlendirilerek bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen faktörler belirlenmiş ve hipotezlerle modellerin doğruluğu test edilmiştir. Daha sonra her iki veri setinden elde edilen bulgular karşılaştırmalı olarak yorumlanmış ve literatürle örtüşüp örtüşmediği tartışılmıştır. Sonuç ve öneriler bölümünde ise elde edilen bütün bulgular göz önünde bulundurularak araştırma sonuçları bir bütün halinde değerlendirilmiş ve bu konuda gelecekte yapılabilecek çalışmalarla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YAPIM MALİYETLERİNİN TESPİTİ

#### 1.1. Genel Açıklama

İnşaat, Türkçe karşılığı yapı olan ve Arapça'dan gelen bir kelime olup, yapı işleri, yapımı süren bina vb. gibi anlamlara gelmektedir. Çalışma Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 15 Haziran, 1983 tarih ve 83/6686 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile kabul edilen iş kolları tüzüğüne göre *inşaat*; bina, yol, köprü, demir yolu, tünel, liman, hava alanı, vb. gibi her çeşit yapım işleri ile bunlarla ilgili etüt, proje, araştırma, bakım-onarım gibi işler olarak tanımlanmıştır (Şenlik, 2013: 15). Bir diğer tanıma göre *inşaat*; taşınabilir makina ve ekipman kullanan, tedarik zinciri oluşturarak şantiyeye malzeme tedariki yapan ve projenin tamamlanmasının ardından inşaat sırasında kullanılan makina, ekipman ve işgücünü şantiyeden uzaklaştıran ve ürünün üretimin yapıldığı yerde bırakıldığı bir süreçtir (Akbıyıklı, 2012: 2). Eccles (1981) ise inşaatı, taşınmaz yapıların montaj, bakım ve onarımı, halihazırda varolan yapıların yıkımı ve arsa geliştirme olarak tanımlar (Segerstedt ve Olofsson, 2010: 347).

*İnşaat sektörü*; genel olarak bir inşaat projesindeki malzemelerin üretiminden tasarımına kadar finansman, inşaat, işletim, bakım ve muhtemel yıkım faaliyetleri gibi pek çok faaliyetin bulunduğu ve inşaat mühendisliği işleri ve ilgili mekanik ve elektrik işlerinin yer aldığı geniş bir sektör olarak tanımlanır (Smith ve Jaggar, 2007: 4; Li ve diğerleri, 2013: 160). İnşaat sektörünün temel işi, proje olarak müşterileri için yeni bina üretmek ya da varolan bir binayı yenilemektir (Kagioglou ve diğerleri, 2001: 88). İnşaat sektöründeki ilgili taraflar; ürünü isteyen kişi olarak müşteri, ürünün kendisi olarak yapı ve tasarımı yapan, üreten ve satan işletme olarak inşaat firmasıdır. Burada bahsi geçen ticari işlemi yapacak inşaat sektörünün tarafları ise; inşaat sonuç ürününün veya hizmetinin sponsoru niteliğindeki işveren, inşaat ürününün tasarımı ve üretiminin planlandığı proje ve bu ürünün tasarım ve üretim birimi konumundaki firmadır (Akbıyıklı, 2012: 36).



## 1.2. İnşaat Sektörünün Tarihsel Gelişimi

İnşaat kavramının geçmişi çok eskilere dayanmakla birlikte bunun bir sektör dolayısıyla bir ekonomi haline dönüşmesi neredeyse elli yıllık bir geçmişe sahiptir. Sektörde, İkinci Dünya Savaşı ile sonlanan inşaat patlaması yaşandığı ve 1950-1960'lı yıllarda inşaat işleri üzerine büyük kamu harcamaları yapıldığı görülmektedir. Büyüyen bu sektörün harcamalarını belirleyebilmek ve ölçebilmek için basit yöntemlerin yerine kullanılabilir yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmuş ve bu şekilde inşaat sektörü özellikle maliyet tespiti açısından muhasebe bilim dünyasının ilgisini çeken bir alana dönüşmüştür (Ashworth, 2004: 26).

### 1.2.1. Dünya'da İnşaat Sektörü

İnşaat sektörünün Dünya'daki durumu 1900'lerin sonu ve 2000'li yılların başlarından itibaren değerlendirildiğinde; İngiltere'de sektörün 1990'lı yılların başında ekonomik durgunluktan etkilendiği ve özellikle 1990-1993 yılları arasında %39 küçüldüğü, 1989-1993 yılları arasında yarım milyon işçinin işini kaybettiği ve 35.000 küçük işletmenin iflas ettiği görülmektedir (Adamson ve Pollington, 2006: 6). Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) sektör genel olarak Türkiye ile paralel bir yapı göstermektedir. 2000 Yılında sektörün ABD'nin GSYH'sı içindeki payı %4,3 iken, 2005 yılına kadar artan bu oran 2006 yılından sonra azalmaya başlamış ve 2013 yılı itibariyle %3,6 seviyelerinde gerçekleşmiştir (Demirbaş, 2015: 41).

Rusya'da inşaat sektörünün Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB)'nin dağılmasından sonra geliştiği söylenebilir. SSCB döneminde inşaat sektörü kamu kesimi tarafından planlanmış olduğundan sektör fazla gelişmemiş, ancak Birliğin dağılışındaki sonraki 25 yıllık süreçte sektör hızlı bir büyüme yakalamıştır. Ancak son yıllarda Rusya ve Ukrayna arasında yaşanan politik sorunlar ve bankacılık alanında meydana gelen riskler neticesinde 2014 yılı sonunda Rusya inşaat sektöründe ciddi bir kriz yaşamış, sektör %5,2 oranında küçülmüş, sektörün GSYH'daki payı ise %6,5 olarak gerçekleşmiştir (Sancak, 2015: 55-58). Bir diğer güçlü ekonomiye sahip ülke olarak Çin'e bakıldığında, 1978'de başlatılan reformlarla dışa açılma sürecinin gerçekleştiği ve buna bağlı olarak inşaat sektörünün Çin'in GSYH'sı içindeki payının %3,8'ler seviyesinden, 2013 yılında %6,9'a

yükseldiği görülmektedir. Çin, 2015 yılında 7,4 milyon yeni konut inşaatına başlamış ve inşaat sektörünü lokomotif olarak kullanarak duraklayan ekonomisini hızlandırmayı hedeflemiştir (Taş, 2015: 85).

Uluslararası Para Fonu (IMF-International Monetary Fund) tarafından açıklanan “World Economic Outlook-October 2015” raporunda, 2015 yılı ekim ayı itibariyle reel GSYH büyüme oranları, gelişmiş ekonomiler için ortalama %1,9, gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler için ortalama %5,3 ve dünya geneli ortalaması olarak ise %4 olarak hesaplanmıştır. Engineering News-Record’un (ENR) 2009 yılı raporuna göre 2008 yılındaki ekonomik krizden dolayı ekonomi büyük oranda yavaşlamasına rağmen, dünyadaki büyük uluslararası inşaat firmalarının gelirleri yüksek oranlarda artmaya devam ederek, en büyük 225 uluslararası inşaat firmasının 2007 yılı gelirleri 310,25 milyon \$ iken 2008 yılı gelirleri %25,7 büyüme ile 390,01 milyon dolara ulaşmıştır (Li ve diğerleri, 2013: 161). Büyüme oranlarından anlaşıldığı gibi, inşaat gelirleri (%25,7) GSYH büyüme oranlarından (%4) çok daha hızlı büyümektedir.

Diğer taraftan, 10 Eylül 2015’de NewYork’da yapılan Global Construction 2030 Zirvesi sonrası Pricewaterhousecoopers (PwC) tarafından hazırlanan “A global forecast for the construction industry to 2030” adlı rapora göre;

- Küresel inşaat sektörünün gelecek on yılda özellikle endüstrileşmeye devam eden Asya ülkelerinde ve küresel ekonomik krizden çıkmakta olan ABD’de, GSYH’deki büyüme hızından daha fazla oranda büyümesi beklenmektedir.
- Gelecek on yıl içinde nüfus oranı artmakta olan, hızlı kentselleşmeye ve güçlü ekonomik büyümeye sahip Asya ülkelerinde inşaat sektöründe çok daha hızlı bir büyüme beklenmektedir.
- Çin’in büyüme hızı kısa vadede yavaşlamaya başlamakta ve Asya pazarındaki yerini hızla büyüyen Hindistan’a kaptırmaktadır.
- Çin’in pazar içindeki payının, gelecek on yıl içinde inşaat ve mühendislik yeteneği ve güçlü üretim kapasitesi de göz önünde bulundurulduğunda özellikle inşaat hizmetleri ve inşaat ürünleri ile dünya pazarında gayrimenkul ve altyapı yatırımlarında önemli düzeyde artış göstermesi beklenmektedir.

- Gelişmiş ekonomilerde küresel ekonomik krizin ardından haneîçi gelirlerin pozitif yönde ilerlemesi ve kamu finansal durumunun gelişmekte olması beklenmektedir. Ancak Avrupa ve Japonya için nüfusun azalması ve ekonomik büyümedeki sınırlı artış uzun dönemde inşaat sektöründe bir zayıflık belirtisi olarak görülmektedir.
- İngiltere'nin inşaat sektörü açısından özellikle Batı Avrupa'daki komşu ülkelere nazaran daha avantajlı bir durumda olduğu görülmektedir.

Goodhart ve Hofmann (2008) 1973-2006 yılları arasında 11 ülkeye ait konut fiyatları ve özel krediler, para arzı, GSYH, tüketici fiyat indeksi, faiz oranları, vb. gibi parasal değişkenleri incelemiş ve konut fiyatlarının bu değişkenlerle güçlü bir bağı olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bir diğer çalışmada Glaser ve diğerleri (2006) konut sayısı ve nüfus arasında güçlü bir ilişki olduğunu, fakat konut arzının sadece nüfusla ilgili olmayıp, bir şehrin büyüme oranı, ekonomisi gibi diğer değişkenlerden de etkilendiğini ifade etmişlerdir (Glaeser ve diğerleri, 2006: 73). Winch (1998) çalışmasında inşaat sektörünü ve bu sektörde üretilen ürünleri karmaşık sistemler olarak tanımlamış ve sektörün yenilikçi süreçlere ihtiyacı olduğunu vurgulamıştır (Winch, 1998: 277). Son yıllarda İngiltere'de inşaat sektöründe yaşanan büyüme ve gelişmeler ise hükümetin ve ilgili tarafların sektör üzerindeki baskısı ve denetiminin artmasına neden olmuştur (Shehu ve Akintoye, 2009: 705). Dolayısıyla inşaat sektörü ülkelerin sadece konjonktürel durumundan değil ülke içindeki pek çok parasal ve sosyal faktörden de etkilenmektedir.

Türkiye Mütahhitler Birliği (TMB) Nisan-2015 İnşaat Sektörü Analizi'ne göre dünya geneli dikkate alındığında inşaat sektörüne etki edebilecek risk unsurlarının arttığı görülmektedir. Buna göre Ortadoğu'daki karışıklıklar, Rusya-Ukrayna gerginliği gibi ülkeler arası gerginlikler küresel ekonomi üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Bunun yanı sıra gelişmiş ülkelerde özellikle ABD'deki faiz arttırımı ve ardından tekrar bir arttırım beklentisi, Rusya'daki ekonomik durgunluk belirtileri, Japonya ve Çin'de büyüme ivmelerinin azalış göstermesi ve yine Çin'de olası bir devalüasyon riski, Avro bölgesindeki özellikle Yunanistan kaynaklı gerilimler, petrol fiyatlarındaki sert düşüşler ve 2015 Aralık ayı değerlendirmeleri de katılırsa olası bir Suriye savaşı, Türkiye-Rusya gerginliği, Avrupa'daki mülteci krizi, vb. gibi pek çok olumsuz gelişmenin sadece küresel ekonomiyi değil inşaat sektörünü de kısa vadede olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir.

## 1.2.2. Türkiye’de İnşaat Sektörü

Türkiye’de inşaat sektörü II. Dünya Savaşı sonrası gelişmeye başlamış, 1950-1960 yılları arasında başta ABD Hükümeti olmak üzere diğer Hükümetler tarafından yapılan ve “Marshall Planı” olarak adlandırılan maddi destekler ile de hızlı bir büyüme yakalamıştır. Ancak, 1973 yılı Kıbrıs Barış Harekâtı sonrasında Türkiye’ye uygulanan ambargolar sonrasında bu yardımlar kesilmiş ve sadece inşaat sektöründe değil, ülke ekonomisinde de 1979 yılına kadar genel bir durgunluk yaşanmıştır. Bu durgunluğun ardından, 1980 askeri darbesi sonrası ekonomiyi canlandırmak için bir dizi önlem alınmış ve nihayetinde 1980-1987 yılları arasında inşaat sektörü tekrar bir ivme kazanmıştır. 1990’lı yıllara gelindiğinde, Orta Doğu’da hâkim olan politik istikrarsızlıklar, Türkiye’ye de yansarak inşaat sektöründe yeni bir durağanlık dalgasına sebep olmuş ve sektörü yeni pazar arayışlarına itmiştir. Böylece, ilk kez 1972 yılında Libya ile başlayan uluslararası inşaat projeleri, Sovyetler Birliği’nin dağılışının ardından kurulan yeni devletlerle işbirliği yapılması sonucu giderek artmaya başlamıştır. Sektörde süregelen uluslararasılaşma süreci 2001 yılında patlak veren ekonomik kriz ile daha çok artmış ve Türk inşaat firmaları yurtdışında daha fazla sayıda proje yürütmeye başlamıştır. 2008 yılında yaşanan ekonomik kriz ise sektörde tekrar durgunluk yaşanmasına neden olmuştur (Özorhon, 2012: 28-30).

Türkiye Müteahhitler Birliği, 2015 yılı Nisan ayında “İnşaat sektörü Analizi”ni yayınlamış ve bu analizde Dünya ve Türkiye’de inşaat sektörünün durumunu genel bir çerçeve ile ortaya koymuştur. Bu rapora göre 2014 yılında gelişmekte olan ülkelerin büyüme performansları beklenenin altında gerçekleşmiş, 2010 yılında bu ülkelerin büyüme performansı %6,9 seviyelerinde iken 2015 yılı için %3,5 seviyelerine düşmektedir. Türkiye ekonomisi de bu olumsuz gelişmelerden bir şekilde etkilenmekte olup, 2010 yılında %9,2, 2011 yılında %8,8 olan ülke büyüme performansı 2012 yılında %2,1’e gerilemiş, 2013’de %4,2, 2014’de ise %2,9 olarak gerçekleşmiştir. İnşaat sektörü açısından değerlendirildiğinde ise 2014’de 8 dönemden bu yana ilk kez sektör daralarak GSYH’yı negatif yönde etkilecek bir performansla %2,2 olarak gerçekleşmiştir. İnşaat sektörünün GSYH içindeki yıllık ortalama payının %5,9 olduğu düşünüldüğünde bu sektördeki daralma ya da gelişmelerin GSYH üzerinde belirgin bir etki ortaya çıkarması beklenmektedir.

Yapı Endüstri Merkezi'nin hazırlamış olduğu "Türk Yapı Sektörü Raporu-2014" 'de dünya ve Türkiye'ye ait bazı temel ekonomik göstergeler Tablo 1'de, 2014 yılı yapı ruhsatı ve yapı kullanma izin belgesi sayıları ise Tablo 2'de gösterilmektedir.

**Tablo 1: Genel Ekonomik Göstergeler**

|  | <u>2013</u>       | <u>2014</u>       |
|--|-------------------|-------------------|
| <b><u>Dünya</u></b>                            |                   |                   |
| GSYH Büyüme (Yıllık)                           | %2,5              | %2,6              |
| Mal İhracatı (Yıllık)                          | 18,30 Trilyon \$  | 18,73 Trilyon \$  |
| <b><u>Euro Bölgesi</u></b>                     |                   |                   |
| GSYH Büyüme (Yıllık)                           | %-0,5             | %8                |
| İnşaat Gelişme Hızı (Yıllık)                   | %-3,0             | %2,6              |
| <b><u>Türkiye</u></b>                          |                   |                   |
| Türkiye GSYH Büyüme (Ocak-Eylül)               | %4,0              | %2,8              |
| Türkiye GSYH Değeri (Ocak-Eylül)               | 1.153,8 Milyar TL | 1.296,4 Milyar TL |
| Kamu Sektörü İnşaat Yatırımları (Ocak-Eylül)   | 44,7 Milyar TL    | 49,9 Milyar TL    |
| Özel Sektör İnşaat Yatırımları (Ocak-Eylül)    | 60,9 Milyar TL    | 72,3 Milyar TL    |
| İnşaat Sektörü Cari Değeri (Ocak-Eylül)        | 51,5 Milyar TL    | 60,1 Milyar TL    |
| İnşaat Sektörü Gelişme Hızı (Ocak-Eylül)       | %7,4              | %2,9              |
| İnşaat Sektörünün GSYH'ya Katkısı (Ocak-Eylül) | %5,8              | %5,9              |
| İhracat (Ocak-Kasım)                           | 151.803 Milyon \$ | 157.715 Milyon \$ |
| İthalat (Ocak-Kasım)                           | 251.661 Milyon \$ | 242.224 Milyon \$ |
| Kapasite Kullanım Oranı (Yıllık)               | %74,6             | %74,4             |
| İstihdam Oranı (Eylül)                         | %46,3             | %46,4             |
| İşsizlik Oranı (Eylül)                         | %9,9              | %10,5             |
| Yurtiçi Üretici Fiyatları Artışı (Yıllık)      | %6,97             | %6,36             |
| Tüketici Fiyatları Artışı (Yıllık)             | %7,4              | %8,17             |
| Ruhsat Verilen Bina Sayısı (Ocak-Eylül)        | 73.569            | 91.440            |
| Satılan Konut Sayısı (Ocak-Eylül)              | 1.157.190         | 1.165.381         |

**Kaynak:** Türk Yapı Sektörü Raporu-2014

Tablo 1’de görüldüğü gibi 2013 yılından 2014 yılına geçişte dünya genelinde GSYH büyüme oranında sadece %0,1’lik artış olurken, Euro Bölgesi için bu oran %8,5’lere ulaşmış, Türkiye’de ise %1,2’lik bir azalış gözlemlenmiştir. Ancak Türkiye’de büyüme oranında azalış gerçekleşmesine rağmen, inşaat sektörünün GSYH’ya katkısı %5,8’den %5,9’a yükselmiştir. Bu da inşaat sektörünün ülke ekonomisinin lokomotiflerinden biri olduğunu tekrar kanıtlarken, sektörün yaşanan ekonomik krizlerden ülke geneline nazaran çok fazla etkilenmediğini göstermektedir.

**Tablo 2: Türkiye'deki Yapı Ruhsatı ve Yapı Kullanma İzin Belgesi Sayıları**

|                                  | <u>Yapı Ruhsatı, 2014</u>               |             |             |                          |                          |
|----------------------------------|---|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
|                                  | <u>2014</u>                             | <u>2013</u> | <u>2012</u> | <u>2014</u><br><u>%Δ</u> | <u>2013</u><br><u>%Δ</u> |
| <b>Bina Sayısı</b>               | 137.632                                 | 121.266     | 107.816     | 13,5                     | 12,5                     |
| <b>Yüzölçümü (m<sup>2</sup>)</b> | 217.664.482                             | 175.167.417 | 158.749.723 | 24,3                     | 10,3                     |
| <b>Değer (Bin TL)</b>            | 173.429.278                             | 126.412.905 | 108.976.552 | 37,2                     | 16,0                     |
| <b>Daire Sayısı</b>              | 1.014.678                               | 837.282     | 771.878     | 21,2                     | 8,5                      |
|                                  | <u>Yapı Kullanma İzin Belgesi, 2014</u> |             |             |                          |                          |
|                                  | <u>2014</u>                             | <u>2013</u> | <u>2012</u> | <u>2014</u><br><u>%Δ</u> | <u>2013</u><br><u>%Δ</u> |
| <b>Bina Sayısı</b>               | 123.409                                 | 120.268     | 95.763      | 2,6                      | 25,6                     |
| <b>Yüzölçümü (m<sup>2</sup>)</b> | 150.823.673                             | 137.890.680 | 106.950.602 | 9,4                      | 28,9                     |
| <b>Değer (Bin TL)</b>            | 118.031.455                             | 97.840.179  | 71.241.730  | 20,6                     | 37,3                     |
| <b>Bina Sayısı</b>               | 766.527                                 | 721.501     | 556.331     | 6,2                      | 29,7                     |

**Kaynak:** Tük, 2014

Tablo 2’de 2012, 2013 ve 2014 yıllarına ait yapı ruhsatı ve yapı kullanma izin belgesi sayılarına yer verilmektedir. Tablo incelendiğinde yapı ruhsatı verilen bina sayısında 2012 yılından 2013 yılına geçildiğinde %12,5’lik, 2013 yılından 2014 yılına geçildiğinde ise %13,5’lik bir artış olduğu görülmektedir. Yapı ruhsatı verilen daire sayısındaki artış ise daha yüksek bir oranda gerçekleşmiş ve bu oran 2012’den 2013’e geçişte %8,5 olarak seyrederken, 2013’ten 2014’e geçişte %21,2’ye ulaşmıştır. Yapı kullanma izin belgesi verilen binaların TL olarak değeri 2012 yılından 2013 yılına geçişte %37,3 gibi yüksek bir oranda artış göstermiştir. Verilen yapı ruhsatı ve kullanma izin

belgesi sayılarında 2012, 2013 ve 2014 yılları arasında inşaat sektöründe Tablo 1’de verilen GSYH’daki yavaş büyümenin aksine hızlı bir büyüme gerçekleşmiştir.

Konut satışlarına bakıldığında 2010 yılı itibariyle 607.098 olan satılan konut sayısının, 2014 yılı sonu itibariyle 2010 yılına göre %52 artarak 1.165.381’e ulaştığı görülmektedir (İntes, 2015: 13). İnşaat malzemeleri açısından incelendiğinde inşaat sektöründe son yıllarda ihracat oranlarında bir artış gerçekleşmiş ve 2001 yılında Türkiye’nin Dünya genelinde inşaat malzemeleri ihracatındaki payı %1 iken, bu oran 2010 yılında %2,5 seviyelerine yükselmiştir (Uzunkaya, 2013: 32). TÜİK 2014 yılı raporunda, inşaat ve bayındırlık işlerinde istihdam edilenlerin sayısının 1.912.000 olduğu (TÜİK, 2014: 40) ve 2014 Kasım ayı itibariyle inşaat sektörünün toplam istihdam içindeki payının %7,6 olduğu (İntes, 2015: 8) dikkate alındığında, işgücü piyasası açısından da inşaat sektörünün son derece önemli olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan, Türkiye’nin toplam yüzölçümünün 778.000.000 km<sup>2</sup> olduğu ve 2004 yılı itibariyle bunun yaklaşık 40.000 km<sup>2</sup> ‘sinin yerleşim alanından (meskûn) oluştuğu ve Türkiye’de 35 milyon parsellenmiş arsa olduğu (Coşkun, 2011: 6) göz önünde bulundurulduğunda inşaat sektörünün Türkiye açısından önemi ve gelecekteki piyasa olanakları daha da iyi anlaşılmaktadır. Bankacılık Denetleme ve Düzenleme Kurulu ve Türk Bankacılık Kurumu raporlarına göre Aralık 2002 itibariyle kümülatif konut kredisi miktarı 266 milyon TL iken, kredi hacmi Eylül 2012 itibariyle 88.151 milyon TL’ye ulaşmıştır. Aynı şekilde konut kredisi kullananların sayısı 1997’de sadece 16.038 kişi iken bu sayı yine Eylül 2012 itibariyle 1.368.855 kişiye yükselmiştir. Yabancı sermaye açısından Türkiye’deki emlak alımları incelendiğinde ise yine benzer sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Türkiye’de emlak alımı yapan yabancı yatırımcıların yatırım tutarı 1995-2003 yılları arasında 998 milyon \$ iken, 2004-2011 yılları arasında yapılan toplam yatırım tutarı 18,6 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir (Coşkun, 2013: 47-48).

### **1.3. İnşaat İşletmeleri ve Türleri**

İnşaat işletmesi, kendi nam ve hesabına ya da taahhüt yoluyla diğer kullanıcılara inşaat yapan işletme olarak adlandırılır (Yağmurlu, 2009: 65). İnşaat işletmeleri,

vergilendirme ve muhasebe sistemindeki farklılıklar nedeniyle inşaat taahhüt işletmeleri ve yap-sat (özel) inşaat işletmeleri olarak iki türe ayrılırlar.

### 1.3.1. İnşaat Taahhüt İşletmeleri

**İnşaat taahhüt işletmeleri**, bir inşaat işini iş sahibince belirlenmiş plan, proje ve şartnameye göre, belirli bir ücret karşılığında ve yine iş sahibinin kontrolü altında tamamlayarak inşaat alanının belirlenmesinde herhangi bir söz sahibi olmadan iş sahibine teslim eden şirketlerdir (Yağmurlu, 2009: 65). Yüklenici olarak da ifade edilebilen **müteahhit** ise, belirli bir bedel karşılığında başkasının istediği bir inşaat veya onarım işinin yapımını, kendi nam ve hesabına üstlenen gerçek veya tüzel kişidir. İnşaatın belirli bir kısmının yapımını müteahhite karşı üstlenen ve alanında uzmanlaşmış gerçek veya tüzel kişilere ise **taşeron** adı verilir (Şenlik, 2013: 17). Bir inşaat faaliyetinin inşaat taahhüt veya onarım olarak kabul edilebilmesi için aşağıdaki özellikleri taşıması gerekmektedir (Şenlik, 2013: 21):

- İşin yapılmasını isteyen bir tarafın bulunması (iş sahibi, ihale veren, vb.)
- İşin yapılmasını üstlenen ikinci bir taraf bulunması (müteahhit, taşeron, vb.)
- Sözleşmeye konu olan inşaat-taahhüt ve onarım işinin bulunması (bina, yol, köprü, vb.)
- İnşaat-taahhüt onarım işinin belirli bir ücret karşılığında yapılması.

### 1.3.2. Yap-Sat (Özel) İnşaat İşletmeleri

**Yap-sat inşaat işletmeleri**, kendi nâm ve hesaplarına proje üreterek inşa edip satan inşaat işletmeleridir (Yağmurlu, 2009: 67). Yap-sat türü inşaat işletmeleri, inşaat faaliyetlerini bir üretim işletmesi gibi yürütürler ve üretim sürecinin sonunda elde ettikleri ürün ise müşterilerine satılmayı bekleyen bina vb. gibi yapılardır. Bu tür inşaat işletmelerinde inşaatın yapıldığı arsadan, üretim malzemeleri ve işgücüne kadar inşaat süresince ortaya çıkan bütün maliyetler yap-sat türü inşaat işletmesinin projeye ilişkin maliyet kalemlerini oluşturur. **Yap-sat inşaat faaliyeti**, kendi arsası veya kat karşılığı edinilen arsa üzerinde daire, kat, dükkân veya işyeri şeklinde yapı üretip bunların satılması için yapılan faaliyet türüdür. Bu tür inşaat işletmelerinde kâr veya zararın belirlenebilmesi



için inşaatın tamamlanması yeterli olmayıp, yapının satışının da yapılmış olması gerekmektedir. Diğer taraftan satış amacı gütmeyen, inşaat sahibinin kendi gereksinimi için yapılan inşaat türleri *yap-kullan inşaat faaliyeti* olarak adlandırılmaktadır (Şenlik, 2013: 20).

#### **1.4. İnşaat Sektörü ve İşletmelerinin Özellikleri**

İnşaat sektörü, ortaya çıkan ürünün dayanıklılığı ve uzun ekonomik ömür gibi farklılıklarından dolayı diğer üretim endüstrilerinden daha geniş bir sürece sahiptir (Segerstedt ve Olofsson, 2010: 349). Bu nedenle inşaat sektörünü diğer sektörlerden ayıran belli başlı özellikler vardır. Bu özellikler genel olarak sektörün büyüklüğü, geniş bir coğrafyaya yayılabilen yapım faaliyetlerinin çeşitliliği, üretim şeklinin diğer sektörlerle nazaran farklılık arz etmesi, üretim için kullanılan malzeme ve üretim elemanları, uzman firmalara ve çok sayıda makina ve ekipmana ihtiyaç duyulması gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır. Sektörün özelliklerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Akbiyıklı, 2012: 45-46; Sancak ve Karaman, 2015: 16):

- Sektör, yapısı ve alt sektörlerinin sayısındaki fazlalık gereği çok çeşit ve sayıda uzmanlık alanlarına bölünmüş durumdadır.
- Geleneksel ihâle usulünde tasarım üretimden ayrılmış olup, tasarım aşaması tamamlandıktan sonra üretim aşamasına geçilir.
- Geçici işçi istihdamı ve alt-yüklenicilik yaygındır.
- Gayrimenkul varlıklar için alt-yüklenici kullanmak ve makine kiralamak yaygındır.
- Sektörde, firmalara düşen iş miktarı ve bunların sürelerini tahmin etmek oldukça zordur. Bu nedenle sektördeki eğitim ihtiyacı, uzmanlaşmanın derecesi ve firmaların sektör içindeki değerlerinin tespiti oldukça güçtür.
- Sektör, çok sayıda yüklenici, alanında uzman alt-yüklenici ve profesyonel firmalar nedeniyle oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir.
- Sektörde, bir yapının tamamlanması süreci uzun vadeli ve çok sayıda elemanın kullanılmasını gerektirdiğinden çok miktarda bilgi akışı ve dolayısıyla anlaşmazlığa neden olur. Bu nedenle sektör ciddi bir yönetim çabası gerektirir.

- Sektörün çıktıları yani yapılar uzun ömürlü olduğundan rutin bakım ve onarıma ihtiyaç duyulur.
- Sektörü oluşturan firmaların çoğunluğu küçük ve orta ölçekli firmalardır.
- Sektörde istihdam ve üretim faaliyetleri mevsimsel dalgalanmalar gösterir.
- Sektördeki küçük firmalar genel olarak bakım ve onarım işlerinde yoğunlaşmaktadır.
- Sektör, pahalı ve birbirinden farklı ekipmanların alınmasını ve kullanılmasını gerektirir.
- Sektör, ölümlü ve yaralanmalı iş kazalarının en çok olduğu sektörlerden biridir.
- Sektör, ekonomide oluşan dalgalanmalardan hızlı etkilenir.

İnşaat işletmeleri açısından değerlendirildiğinde, bu işletmelerin faaliyetleri bakımından üretim sektöründen farklı özelliklere ve fonksiyonlara sahip olduğu görülmektedir. Bu özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Ocakcı, 2007: 71-75; Sancak ve Karaman, 2015: 12):

- İnşaat işletmelerinde üretim yeri gezici, ürünler ise sabittir.
- Faaliyet planlarının uzun vadeli olarak yapılması zordur.
- İnşaat işletmelerinde risk yüksektir.
- Tahmini maliyetin doğru hesaplanması deneyimlere dayanmaktadır.
- Açık rekabet yoktur.
- İnşaat sektöründe genellikle geçici işçiler görevlendirilmektedir.

### **1.5. İnşaat İşletmelerinin Temel Fonksiyonları**

İnşaat işletmeleri açısından değerlendirildiğinde mamul üretimi, yani inşaat faaliyeti, diğer üretim ve hizmet işletmeleri ile karşılaştırıldığında birçok noktada farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkların başlıcaları her inşaatın kendine özgü üretimi, geçici bir organizasyon ve şantiye üretimi şeklinde belirtilebilir (Segerstedt ve Olofsson, 2010: 348). Bir diğer farklılık ise inşaat işletmeleri ve özellikle üretim işletmelerinin temel fonksiyonlarında görülmektedir. Buna göre bir işletmenin temel fonksiyonları; tedarik, üretim ve sürüm (pazarlama, satış) şeklinde sıralanabilmektedir (Ocakcı, 2007: 81). İnşaat

işletmelerinde üretim sipariş üzerine yapıldığı için bu tür işletmelerin ilk ve en önemli fonksiyonu satış yapılması yani sürüm fonksiyonudur. Bu durumda diğer sektörlerin tersine, inşaat işletmelerinin temel fonksiyonlarının sırası sürüm (iş temini), tedarik ve üretim şeklindedir. Bu fonksiyonlar aşağıda kısaca açıklanmaktadır:

- **Sürüm:** İnşaat işletmeleri ve sipariş maliyet yöntemini kullanan işletmeler dışındaki diğer işletmeler açısından değerlendirildiğinde sürüm fonksiyonu, üretilen mamullerin depolanmasına, pazarlanmasına, dağıtılmasına ve sonuçta el değiştirmesine yönelik faaliyetlerden oluşmaktadır (Ocakcı, 2007: 82).
- **Tedarik:** İnşaat işletmeleri açısından tedarik fonksiyonu, üretim için gereken tesislerin, makinaların, yapı, işletme ve tüketim malzemelerinin, işgücünün, parasal araç ve enformasyonların temini şeklinde tanımlanmaktadır (Ocakcı, 2007: 83). Bir inşaat işletmesi tarafından yapılan işin değer bakımından yaklaşık %75'i veya daha fazlası, tedarikçi veya taşeron firmaların yardımıyla tamamlanmaktadır (Segerstedt ve Olofsson, 2010: 348).
- **Üretim** Üretim sürecinde genel olarak üç eylem bulunmaktadır; öncelikle üretim sistemi tasarlanır, ardından üretim amacına uygunluğunun değerlendirilebilmesi için sistemin denetimi yapılır ve son olarak sistemdeki eksiklikler tamamlanarak üretim sistemi geliştirilir (Koskela, 1999: 242-243). İnşaat işletmelerinde ise üretim fonksiyonunun görevi, ihalesi kazanılarak inşaatına başlanan bir yapının mümkün olan en kısa sürede, en uygun maliyet ve kaynak kullanımı ile talep edilen kalitede üretimin yapılması olarak özetlenebilir (Ocakcı, 2007: 84). Bir binanın yapım işleri bir süreç halinde değerlendirilecek olursa bu süreçte ortaya çıkan faaliyetler; imar ve ruhsat işlemleri, ihâle süreci ve yasal işlemler, hafriyat işleri, malzeme alımı ve nakliyesi, işçilik, temel atma işleri, kaba inşaat işleri, ince inşaat işleri, bahçe ve çevre düzenleme işleri ve dış etkenlerin değerlendirilmesi şeklindedir (Koskela, 1999: 248; Yağmurlu, 2009: 74; Tüzün ve diğerleri, 2009b: 33-34).

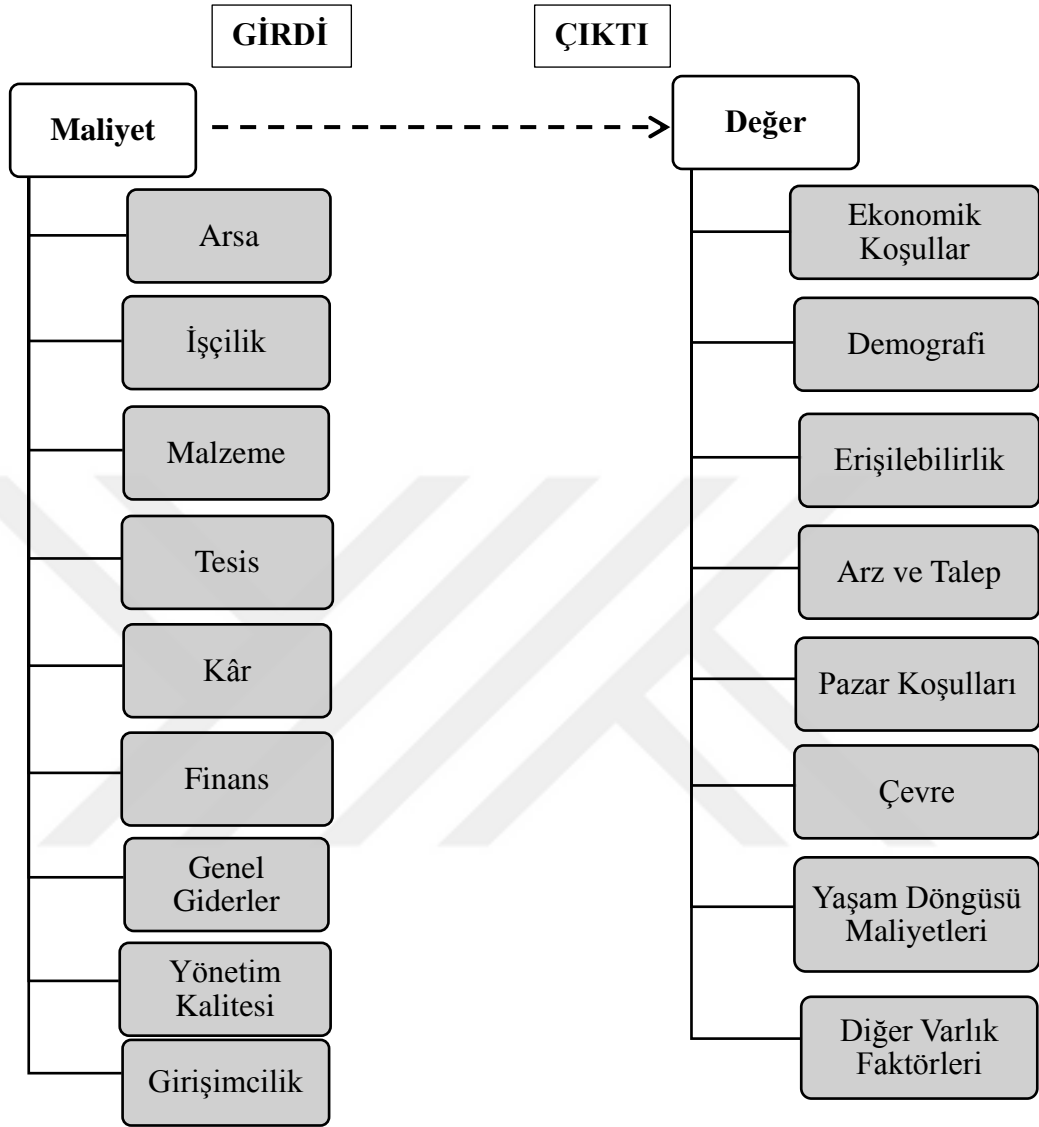
## 1.6. İnşaat Sektöründe Yapım Maliyetleri

Bina inşaat projelerinde maliyetlerin tespit edilmesi ile ilgili ilk çalışmalar II. Dünya Savaşı sonrası 1950'li ve 1960'lı yıllarda Hertfordshire County Council tarafından

Yerel Yönetim Konsorsiyumu Özel Programı (CLASP-Consortium of Local Authority Special Programme) Modüler Okul Binaları Projesi kapsamında maliyet planlamasının geliştirilmesi ile yapılmıştır. Ancak bina projelerinde maliyet planlaması ile ilgili ilk kapsamlı ve ayrıntılı çalışma 1951 yılında Eğitim Bakanlığı Mimari ve Bina Şubesi'nde görevli James Nisbet tarafından hazırlanan "Building Bulletin, No:4 Cost Study" adlı çalışma ile yapılmıştır (Potts ve Ankrah, 2013: 58-59). İnşaat projelerinde maliyetlerin tespiti ile ilgili çalışmalar daha sonraki yıllarda önemini arttırarak devam etmiştir.

İnşaat sektöründe maliyetlerin neler olduğunun anlaşılabilmesi için öncelikle sürecin detaylı olarak belirlenmesi ve girdi ve çıktıların tespiti gereklidir. Bir inşaat projesinde girdi ve çıktılar en genel çerçevede Şekil 1'deki gibi gösterilebilir.

Şekil 1: İnşaat Sektöründe Girdi ve Çıktı Süreci



**Kaynak:** Smith ve Jaggar, 2007: 5

Şekil 1’de görüldüğü üzere bir inşaat projesinde girdiler genel anlamda maliyetleri oluştururken, çıktılar ortaya çıkan değeri, yani binayı oluşturur. İnşaata ilişkin maliyetler en genel çerçevede arsa, işçilik, malzeme, tesisle ilgili giderler, finansmanla ilgili giderler, genel giderler ve bunların üzerine eklenen kâr marjından oluşmaktadır. Yönetimin kalitesi ve girişimcilik becerileri ise maliyetleri tutar olarak etkilemektedir. Binanın değeri ise ekonomik koşullar, arz ve talep, çevre, vb. gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. İnşaat projesinin başarısı, müşterinin maliyet, zaman ve kalite açısından taleplerinin karşılanabilirliği ile ölçülebilirken; daha ayrıntılı düşünüldüğünde, müşterinin hem ürün

hem de ortaya çıkan değer açısından memnuniyet düzeyi, hatalar, maliyet ve zamanın projenin başlangıç aşamasında tahmin edilebilirliği, kârlılık, verimlilik, güvenlik ve projenin gerçekleşen maliyeti ve tamamlanma süresi gibi diğer göstergelerin de bir inşaat projesinin başarısında etkili olduğu görülmektedir (Kagioglou ve diğerleri, 2001: 88-89). Bir inşaat yapım projesine ait yapı elemanları ve bunlara ait maliyetler ile maliyetlerin ön tespiti konuları, ilerleyen başlıklarda incelenmektedir.

### **1.6.1. Yapı Elemanları ve Maliyetleri**

Üretim işletmelerinin aksine inşaat işletmeleri genellikle, üretim çıktısının yani yapının maliyetini projeye başlamadan önce tahmin etmek ve buna göre teklif vererek ihaleye katılmak zorundadırlar. Bu durumda inşaatta kullanılacak malzemelerin, işçilik ve diğer tüm giderlerin projenin başlangıç aşamasında belirlenmesi ve buna göre maliyet tahminlerinin yapılması gerekmektedir. Ancak bu şekilde inşaat projesinin tamamlanmasından sonra pek çok projede karşılaşılan maliyet aşımı sorunu azaltılmış olur (Cheng, 2014: 859). Shane ve diğerleri ulaşım sektörü alanında yaptıkları bir çalışmada özellikle yüksek bedelli kamu ihalelelerini incelemişler ve ABD'deki bu tür projelerin neredeyse %50'sinde gerçekleşen maliyetlerin tahmin edilen maliyetlerden çok daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir (Shane ve diğerleri, 2009: 223). Çalışmada bu tarz projelerde dışsal faktörler olarak belirtilen tahmin edilemeyen olaylar ve koşulların maliyet aşımalarında neden olarak gösterilmesine dikkat çekilmektedir. Özellikle kamu kaynakları tüketilerek yürütülen inşaat projelerinde maliyet aşımı probleminin giderilmesi yine maliyetlerin gerçekçi bir şekilde tahmin edilmesine bağlıdır. İnşaat maliyetlerinin en gerçekçi biçimde hesaplanması bir inşaat işletmesi için pek çok nedenden dolayı fazlasıyla önemlidir. Ashworth (2004) maliyet kontrolünün amaçlarını aşağıdaki şekilde sıralamaktadır (Ashworth, 2004:5):

- Müşteri harcamalarını sözleşmede belirlenen tutarlar içerisinde tutmak,
- İnşaat sonrası ortaya çıkan toplam tutarı, yaklaşık olarak tahmin edilen bütçeye eşitlemek,
- Çeşitli yapı elemanları arasında dengeli bir harcama yapmak,
- Müşteriye harcamalarının karşılığında bir değer sunmak,
- Toplam maliyet yaklaşımını dikkate almak.

Bir inşaat işletmesinin, bina yapımına başlamadan önce ihale kazanabilmek, iş teminini sağlamak, müşterisine doğru bir maliyet bilgisi verebilmek ya da inşaat planlamasını ve tasarım aşamalarını en doğru şekilde hazırlayabilmek için maliyet kontrolüne önem vermesi gerekmektedir. Bir yapının henüz proje aşamasının tasarımında inşaat ekonomisi ve maliyet kontrolünü tam olarak anlamaya özellikle son yıllarda yüksek rekabet nedeniyle büyük ihtiyaç vardır. Maliyet bilgisi kontrolü aşağıda sıralanan nedenlerden dolayı inşaat işletmeleri açısından önemsenmesi gereken bir konudur (Ashworth, 2004:5):

- Nüfustaki artış hızının genellikle ihale sayısından yüksek olması, inşaatın yeniden tasarımı sonucu ortaya çıkan gecikmelere karşı müşterilerin toleransının düşük olması sonucunu verir.
- Müşterilerin bugünkü talepleri daha önceki dönemlere nazaran çok daha karmaşık yapıdadır. Nihai maliyet bilgisinin tamamlanmasında ve maliyetlerin kullanımı sırasında daha etkili bir maliyet kontrol sistemi arzu edilmektedir.
- İnşaat sektöründeki müşteriler genel olarak büyük çaplı organizasyonlar ya da finansal kurumlardan oluşmaktadır. Hatta kimi zaman bu müşteriler tek bir ulusa bağlı olmamaktadır. Bu da sektördeki hem özel firmalar hem de kamu açısından maliyetlerin hesaplanabilirliğine olan ihtiyacı arttırmıştır. İnşaat işindeki bu organizasyonların etkinliği, firma danışmanlarının alanlarındaki bilgi düzeyine bağlı olarak iyi ya da kötü seviyede gerçekleşmektedir.
- İnşaat alanında yenilikçi tasarımlara, yeni tekniklere ve materyal ya da metodlara olan eğilim artmaktadır. Bir tasarımcı geniş çaplı ürün yelpazesinden seçim yapabilmeli ve inşaat alanında çeşitlilik sağlayabilmelidir. Maliyetlerin geleneksel yöntemlerle tahmini, ödenen paraya karşılık bir değer yaratma ve en uygun tasarımın sağlanması amaçlandığında bu koşullar altında mümkün olmayabilir.
- Özellikle enflasyon faktörü dikkate alındığında maliyet tahmini için varolan tahmin yöntemleri yetersiz kalabilir.
- Taşeron firmaların kâr payları son 50 yılda büyük oranda azalmıştır. Bu da bu firmaların olası kayıplarını telafi etmek için yaptıkları işlerde daha yüksek maliyet çıkarma eğilimi sonucunu ortaya çıkarmıştır.

- İsrafın elimine edilmesine ve dünyadaki kıt kaynakların daha özenli kullanımına yönelik artan bir eğilim söz konusudur. Bu da maliyet kontrolü ve tahmini yöntemlerinin gelişmesi için bir gereksinime sebep olmuştur.
- Aynı şekilde, etkin maliyet anlayışına doğru daha yüksek bir yönelim vardır. Bu da inşaat maliyetlerinin sadece başlangıç maliyetleri bağlamında değil inşaatın tüm yaşam döngüsü maliyetleri veya toplam maliyet açılarından daha çok incelenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.
- Dünyadaki ekonomik durgunluk genellikle sermaye ve inşaat amaçlı fonlarda bir daralma yaratır. Bu da inşaat maliyetlerinin yüksek tutarlarda seyretmesi sonucunu doğuran yüksek enflasyon ve uygulanan faizlerin iki katına çıkmasına neden olur. Diğer mallarla mukayese edildiğinde göreceli olarak aynı maliyetler söz konusu olmasına rağmen, görünüşteki yüksek maliyetler müşterilerin daha temkinli karar vermelerine neden olur.

Bir bina yapım projesinde, diğer herhangi bir mamul veya hizmetin üretiminde olduğu gibi farklı üretim yöntemleri esas olarak alınabilir. Geleneksel maliyet muhasebesinde sipariş maliyet yöntemi kullanılmakla birlikte işletmenin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak modern maliyet yöntemleri ile destek sağlanabilir. Örneğin, sipariş maliyet yönteminin hedef maliyet yöntemi ile ya da faaliyete dayalı maliyet sistemi ile desteklendiği uygulamalara sıklıkla rastlanabilmektedir. Benzer bir uygulamaya Sacks ve diğerleri (2010: 968) tarafından yapılan çalışmada rastlanmaktadır. Buna göre, inşaat üretim sürecinde yalın üretimin kullanılması ile israfın azaltılması, müşteri değerinin artırılması ve sürekli gelişimin sağlanması mümkün olabilmektedir.

İnşaatlarda maliyet yöntemine karar verilmeden önce yapı elemanlarının belirlenmesi ve ayrıntılı tespiti gerekir. Bir yapı, yapı elemanlarının tamamının bir araya getirilmesi ile oluşur. Bu yapı elemanları en genel çerçevede temel, taşıyıcı sistem, duvarlar, çatı, merdivenler ve doğramalardan oluşmaktadır (Birecikli, 2011:47). Örneğin taşıyıcı sistem maliyeti binanın toplam maliyetinin %35-55'i kadar olabilmekte, eğer taşıyıcı sistem depreme karşı dayanıklı olarak tasarlanırsa bu maliyetler %50-80'lere kadar çıkabilmektedir (Doğangün, 2005: 107). Henüz inşaat yapım projesi aşamasında daha genel bir maliyet sonucuna ulaşmak için Tablo 3'teki gibi her imalat kaleminin toplam maliyetin % kaçını olduğu tahmin edilerek de yaklaşık yapı maliyetine ulaşılabilir.



**Tablo 3: Bina Maliyetini Tahmin Etmede Kullanılabilecek Yüzdeler**

| <b>Bodursuz – Zemin + 2 Katlı Binalar</b> |                  | <b>Bodrumlu – Zemin + 2 Katlı Binalar</b> |                  |
|---|------------------|---|------------------|
| <b>İmalatın Adı</b>                       | <b>Yüzde (%)</b> | <b>İmalatın Adı</b>                       | <b>Yüzde (%)</b> |
| Temel                                     | 5                | Temel                                     | 5                |
| -   | -                | Bodrum Kat                                | 6                |
| Zemin kat                                 | 10               | Zemin kat                                 | 9                |
| Birinci kat                               | 12               | Birinci kat                               | 11               |
| İkinci kat                                | 12               | İkinci kat                                | 11               |
| Çatı                                      | 7                | Çatı                                      | 6                |
| Doğrama                                   | 12               | Doğrama                                   | 10               |
| İç sıva                                   | 4                | İç sıva                                   | 4                |
| Dış sıva                                  | 3                | Dış sıva                                  | 3                |
| Boya, badana                              | 3                | Boya, badana                              | 3                |
| Kaplamalar                                | 8                | Kaplamalar                                | 8                |
| Elektrik tesisatı                         | 5                | Elektrik tesisatı                         | 5                |
| Sihhi tesisat                             | 7                | Sihhi tesisat                             | 7                |
| Kalorifer tesisatı                        | 8                | Kalorifer tesisatı                        | 8                |
| Müteferrik işler                          | 4                | Müteferrik işler                          | 4                |
| Toplam                                    | 100              | Toplam                                    | 100              |
| <b>4 – 8 Katlı Binalar</b>                |                  | <b>8 Kattan Daha Fazla Binalar</b>        |                  |
| <b>İmalatın Adı</b>                       | <b>Yüzde (%)</b> | <b>İmalatın Adı</b>                       | <b>Yüzde (%)</b> |
| Kaba inşaat                               | 40               | Kaba inşaat                               | 45               |
| Çatı                                      | 4                | Çatı                                      | 3                |
| Doğrama                                   | 10               | Doğrama                                   | 10               |
| İç sıva                                   | 5                | İç sıva                                   | 5                |
| Dış sıva                                  | 2                | Dış sıva                                  | 2                |
| Boya, badana                              | 3                | Boya, badana                              | 3                |
| Kaplamalar                                | 9                | Kaplamalar                                | 7                |
| Elektrik tesisatı                         | 5                | Elektrik tesisatı                         | 5                |
| Sihhi tesisat                             | 7                | Sihhi tesisat                             | 7                |
| Kalorifer tesisatı                        | 8                | Kalorifer tesisatı                        | 8                |
| Müteferrik işler                          | 7                | Müteferrik işler                          | 5                |
| Toplam                                    | 100              | Toplam                                    | 100              |

**Kaynak:** Birecikli, 2011: 217-218

Tablo 3'te bodursuz ve zemin katı olan 2 katlı bir bina, bodrumlu ve zemin katlı 2 katlı bir bina, 4-8 katlı bir bina ve 8 kattan daha fazla kata sahip bir binaya ait yapı elemanlarının, toplam yapım maliyeti içerisindeki tahmini yüzdelerine yer verilmiştir. Tabloya göre çok katlı binalarda kaba inşaat maliyetleri, toplam bina yapım maliyetinin yaklaşık %40-45'ine karşılık gelmekte, bunu takip eden en maliyetli yapı elemanının ise doğramalar olduğu görülmektedir. Aynı durum bodursuz ve bodrumlu zemin katı olan 2

katlı binalar için de söz konusudur. Bodrumsuz 2 katlı bir bina için temel, zemin, 1. ve 2. kata ait toplam kaba inşaat maliyeti toplam inşaat maliyetinin %39'una karşılık gelirken, bodrum katlı bir bina için bu oran %45 olup, kaba inşaat maliyetlerini toplam maliyet içindeki en yüksek bir diğer yapı elemanı olan doğrama maliyetleri takip etmektedir.

**Tablo 4: Yeşil Defter Örneği**

| YEŞİL DEFTER   |                     |                              |                |                |
|----------------|---------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| <u>Sıra No</u> | <u>Poz Numarası</u> | <u>Yapılan İşin Cinsi</u>    | <u>Birimi</u>  | <u>Miktarı</u> |
| 1              | 14.002              | El ile sert toprak kazılması | m <sup>3</sup> | 3.522,76       |
| 2              | 18.001              | 200 dz tuğla duvar           | m <sup>3</sup> | 17,08          |
| 3              | 27.538              | Serpme sıva yapılması        | m <sup>2</sup> | 85,34          |
| ...            | ...                 | ...                          | ...            | ...            |

**Kaynak:** Birecikli, 2011: 393

Tablo 4'te bir yeşil defter örneği yer almaktadır. Bir inşaat işletmesinde yapının inşasına ilişkin tüm faaliyetler öncelikle yeşil defter adlı bir defter kullanılarak T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenen, her yıl maliyet bedelleri güncellenen ve bir inşaat işinde gerekli olabilecek her türlü inşaat faaliyetine ait poz numaraları, yapılan işin cinsi, birimi ve miktarı başlıkları altında sınıflandırılır.

İnşaata ait maliyetlerin tespit edilmesinde, yeşil defterin hazırlanması dolayısıyla poz numaralarının ve metrajların belirlenmesi aşamasından sonra yapı maliyet cetvelinin hazırlanmasına geçilir. Bu cetvelde yeşil defterden farklı olarak birim fiyatlar da yer almaktadır. Birim fiyatların belirlenmesinde genellikle T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayımladığı “*Yapı İşleri Birim Fiyat Tarifleri*” kullanılmaktadır. Bu tariflerde yer almayan ilişkin maliyet tutarları ise o günün koşullarına göre gerçek durumu en iyi yansıtabilecek şekilde hesaplanarak özel poz numaraları ile cetvele eklenmektedir. Tablo 5'te bir cetvel örneği verilmektedir.

**Tablo 5: Yapı Maliyet Cetveli**

| <b><u>YAKLAŞIK MALİYET</u></b> |                            |                                  |                      |                       |                            |                      |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|
| <b><u>Sıra No</u></b>          | <b><u>Poz Numarası</u></b> | <b><u>Yapılan İşin Cinsi</u></b> | <b><u>Birimi</u></b> | <b><u>Miktarı</u></b> | <b><u>Birim Fiyatı</u></b> | <b><u>Tutarı</u></b> |
| 1                              | 14.002                     | El ile sert toprak kazılması     | m <sup>3</sup>       | 3522,76               | 11,09                      | 39.067,41            |
| 2                              | 18.001                     | 200 dz tuğla duvar               | m <sup>3</sup>       | 17,08                 | 246,69                     | 4.213,47             |
| 3                              | 27.538                     | Serpme sıva yapılması            | m <sup>2</sup>       | 85,34                 | 9,64                       | 822,68               |
| ...                            | ...                        | ...                              | ...                  | ...                   | ...                        | ...                  |
| Toplam                         |                            |                                  |                      |                       |                            | ...                  |

**Kaynak:** Birecikli, 2011: 394

Bir inşaat projesinde maliyet kalemleri öncelikle yapı maliyet cetvelinde sınıflandırılır ve toplam yaklaşık maliyet bu şekilde hesaplanır. Yapılan işin cinsine, birim ve miktarına bağlı olarak Tablo 5’te görüldüğü gibi her bir iş için bir maliyet tutarı hesaplanır. Geleneksel maliyet yöntemi ile değerlendirildiğinde maliyetler; sabit ve değişken maliyetler olarak takip eden başlıklarda incelenmekte, ayrıca inşaat işletmelerine özgü maliyetler de ayrı bir başlıkta ele alınmaktadır.

#### **1.6.1.1. Sabit Maliyetler**

*Sabit maliyetler*, genel olarak kısa dönemde üretim miktarı ile ilişkili olmayıp, üretim miktarındaki dalgalanmalardan etkilenmeyen giderler olarak tanımlamaktadır (Trifan ve Anton, 2011: 207; Parvutoiu ve Popescu, 2012: 230; Ocakçı, 2007: 90). Uzun vadede, üretim miktarındaki yüksek dalgalanmalar ya da kapasite kullanımındaki artışlar dikkate alındığında ise yarı sabit veya basamaklı sabit maliyetlerin bir diğer maliyet türü olarak ortaya çıktığı görülmektedir (Büyükmirza, 2011: 330-335; Murdoch ve Krause, 2012: 36). Bir inşaat projesinde sabit maliyetler yapılan iş miktarına bağlı olarak değişmeyen maliyetlerdir. Örneğin, yürütülen proje sayısına bağlı olmaksızın genel yönetim giderleri ve proje yöneticisinin maaşı kısa dönemde genellikle aynı kalmaktadır (GreenHalgh, 2013: 26-27). Bir inşaat işletmesinin sabit maliyetleri üretime yüklenme derecesine göre; inşaat işlerine doğrudan yüklenebilen sabit maliyetler, projeye doğrudan yüklenebilen sabit maliyetler, projeye ilgili yardımcı maliyet yerlerine ait sabit maliyetler

ve inşaat işletmesinin geneliyle ilgili sabit maliyetler olarak sınıflandırılabilir (Ocakcı, 2007: 90).

### **1.6.1.2. Değişken Maliyetler**

*Değişken maliyetler*, direkt ilk madde ve malzeme giderleri, işçilik giderleri, enerji giderleri, fireler gibi üretim miktarındaki değişimlere paralel olarak değişim gösteren ve faaliyet durdurulduğunda varlık göstermeyen maliyetlerdir (Chang ve Chang, 2006: 1338). Bir başka tanıma göre değişken maliyetler üretim faaliyetleri sonucu elde edilen çıktı miktarı ile orantılı olarak değişen maliyetlerdir (GreenHalgh, 2013: 27).

Değişken maliyetler; doğru orantılı, progresif ve regresif değişken maliyetler olarak üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Doğru orantılı değişken maliyetler, işçilik giderleri ve malzeme giderlerinin kapasite kullanım oranının yüzdelik değişimine eşit olan kısımlarından oluşmaktadır. Diğer taraftan maliyet türü tutarının yüzdelik değişimi, kapasite kullanım oranının yüzdelik değişiminden daha büyük ise progresif; maliyet türü tutarının yüzdelik değişimi kapasite kullanım oranının yüzdelik değişiminden daha küçük ise regresif değişken maliyet sözkonusudur (Ocakcı, 2007: 91).

### **1.6.1.3. İnşaat İşletmelerine Özgü Maliyetler**

İnşaat maliyeti, en genel çerçevede direkt ve endirekt maliyetler ile genel merkez giderlerini kapsamaktadır. İnşaat aşamasında ortaya çıkan maliyetlerin büyük bir kısmını oluşturan direkt maliyetler ise, işçilik, malzeme ve makine-ekipman maliyetlerinden oluşmaktadır (Kuruoğlu ve diğerleri, 2012: 264). Bir diğer tanıma göre direkt maliyetler tamamlanan iş ile ilgili her tür maliyet olup bunlar işçilik, malzeme, makine-ekipman, ön hazırlıklar ve yarı değişken maliyetlerden oluşmaktadır. Endirekt maliyetler ise bir proje ile kolay ve rahatlıkla ilişkilendirilemeyen maliyetlerdir. Yöneticilerin maaşları bu tür maliyetlere örnek olarak gösterilebilir (GreenHalgh, 2013: 26). Genel yönetim giderleri Chan (2012) tarafından proje yöneticileriyle ilgili maliyetler, mekanik tesis, sigortalar, geçici işler, saha yerleşimi ve diğer giderler olarak açıklanmaktadır (Chan ve Pasquire, 2006'dan aktaran, Chan, 2012, 903).

Merrit ve diğerkleri ise (1996) inşaat maliyetlerini daha genel bir çerçevde ele alarak direkt maliyetler, beklenmeyen maliyetler, indirekt maliyetler, firma ile ilgili genel giderler ve kâr olarak belirlemişlerdir. Burada bahsi geçen beklenmeyen maliyetler ise yağmur, kar, malzeme ve işçilik maliyetlerindeki beklenmeyen artışlar, beklenmeyen nedenlerden dolayı uzayan işler sonucunda ortaya çıkan işçilik maliyetlerindeki artışlar, vb. gibi nedenlerden dolayı başlangıçta hesaba katılmamış maliyetler olarak ifade edilmektedir (Merrit ve diğerkleri, 1996: 4.13). Bir inşaat işletmesine ait pek çok maliyet kalemi bulunmakla birlikte bu maliyetlerin ana hatlarıyla aşağıdaki şekilde sınıflandırılması mümkündür (Ocakcđ, 2007: 91-103).

- ***İşçilik maliyetleri:*** Ek ücretler, dahil ücret ve aylıklar, yasal ve sosyal maliyetler, diğerk sosyal maliyetler, ücret ve aylıklara ilişkin ek maliyetler, vb.
- ***Yapı malzemeleri maliyetleri:*** Yapı malzemeleri ve üretim malzemeleri maliyetleri, iskele, kalıp ve benzeri malzemeler ile yardımcı malzemeler ve işletme malzemeleri maliyetleri, vb.
- ***Araç-makina maliyetleri:*** Satın alma maliyetleri, amortisman ve faizler, bakım-onarım maliyetleri, yabancı araç-makina kiraları, vb.
- ***Yabancı işçilik ve taşeronluk hizmetleri maliyetleri:*** Yabancı işçilik maliyetleri, taşeronluk hizmetleri maliyetleri, vb.
- ***Diğerk maliyetler:*** İşletme, atölye ve şantiye donanımı ile ilgili maliyetler, genel üretim maliyetleri, yabancı şahıslara yaptırılan teknik çalışmalarla ilgili maliyetler, teknik ve idari birim ile ulaşım maliyetleri, finansman, inşaat sigortaları, harçları, lisans harçları ve inşaat riskleri maliyetleri.

Bir yapının inşaatına başlanmadan önce, yapının mimari, betonarme, tesisat, elektrik, vb. gibi projeler üzerinden maliyetler açasından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu işleme keşif adı verilir. Yapılan birinci keşifte yapının maliyeti proje üzerinden tahmin edilerek bulunur. Burada birim maliyetlerin tespiti için özellikle T.C. Çevre ve şehircilik Bakanlığı'nın "Yapı İşleri Birim Fiyat Tarifleri", "Birim Fiyat Tarifleri Eki Listesi", "Malzeme, İşçilik, Taşıma Giderleri Rayiç Listesi" gibi birim fiyat listeleri başta olmak üzere bazı kamu kurumlarının belirlemiş olduğu birim fiyat listelerinden yararlanılabilir.

Yapının projelendirilmesi aşamasında öncelikle metraj işlemlerinin yapılması gerekmektedir. **Metraj işlemi**, bir yapıyı oluşturan tüm parçaların proje aşamasında ölçülerek tespit edilmesi ve en genel anlamda uzunlukların metretül (mt), alanların metrekare (m<sup>2</sup>), hacimlerin metreküp (m<sup>3</sup>) ve demir işlerinin kilogram (kg) olarak miktar açısından belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Yapının keşfi aşamasında, yapılan metraj işlemleri sonucu elde edilen miktarlar birim fiyat listeleri kullanılarak proje üzerine uygulanır ve keşif özeti tamamlanır. Bu şekilde yapılan birinci keşifle yapının inşaat faaliyetleri öncesinde tahmini maliyeti hesaplanmış olur. İnşaatın tamamlanmasının ardından ikinci bir keşif yapılarak tamamlanmış yapının maliyeti kesin tutarları ile tespit edilir (Gözü, 2014: 11).

Bir inşaatın yapımı sürecinde ilk olarak projelerin hazırlanması ve inşaatın nihai maliyetinin yapım faaliyetlerine geçilmeden önce tespit edilmesi gerekir. Bu anlamda ortaya çıkan ilk maliyet kalemi proje hazırlanması ile ilgili maliyetlerdir. Love (2002: 19) inşaat sürecinde projede yapılan değişikliklerin inşaat maliyetlerine etkisini araştırdığı çalışmada proje hazırlama maliyetlerinin toplam inşaat maliyeti içerisinde yaklaşık %2 ile %6 arasında paya sahip olduğunu belirtmektedir. İnşaata başlamadan önce ortaya çıkan bir diğer maliyet türü ise sözleşmenin hazırlanması ile ilgili maliyetlerdir. En uygun sözleşme yönteminin seçilmesi toplam proje maliyetini %5 kadar düşürebilmektedir (Gordon, 1994: 196). Bir başka çalışmada inşaat işinin projelendirilmesi ve inşaatın tamamlanması aşamalarının her ikisinin de tek bir firma tarafından yapılmasının, proje işinin başka bir firmada tamamlandıktan sonra inşaat işinin bir diğer firmaya verilmesine yani iki ayrı firmayla çalışılmasına nazaran hemen hemen her açıdan daha üstün olduğu tespit edilmiştir (Hale ve diğerleri, 2009: 579).

### **1.6.2. Yapım Maliyetlerinin Ön Tespiti**

Muhasebeciler **maliyet** kavramını, bir işletmenin ana faaliyet konusuna yönelik olarak stratejik işletme amaçlarını başarmak için feda ettiği tüm mal ve hizmetlerin para birimi ile ölçülen değeri olarak tanımlamaktadırlar (Kuruoğlu, 2003; Horngren ve diğerleri, 2012: 27; Ashworth, 2004:6). İnşaat sektörü açısından ele alındığında ise **maliyet**, inşaat faaliyetine karar verilmesi aşamasından inşaatın tamamlanarak teslim edilmesine kadar

yürütülen üretim sürecindeki tüm aşamalarda tüketilen bütün kaynakların parasal değerinin toplamı olarak tanımlanabilir (Yaman ve Taş, 2007: 74).

Diğer taraftan, inşaat sektörü dinamik yapıya sahip ve çoğunlukla fiyatların etkili olduğu ve pazarda rekabetin yüksek olduğu bir sektördür (Chan, 2012: 903). Bu nedenle rekabet ve konjonktür durumuna göre fiyatlar değişim göstermekte ve inşaat maliyetlerinin inşaatın başlangıcı aşamasında tespit edilmesi de zorlaşmaktadır (Ocakcı, 2007: 89). Maliyet bilgisine inşaat faaliyetlerinin çeşitli aşamalarında gereksinim duyulmakla birlikte, proje kapsamındaki olası maliyetler hakkında müşteriye doğru maliyet bilgisi verebilmek ve yüklenicinin teklif edeceği fiyatı belirleyebilmesi amacıyla maliyetlerin inşaatın henüz planlama aşamasında tahmin edilmesi gerekmektedir (Kanit ve Baykan, 2004: 360; Akintoye ve Fitzgerald, 2000: 162; Lowe ve diğerleri, 2006: 750) ve bu tahminler yapılmadan inşaat projesine başlanamamaktadır (Sönmez, 2008: 1011).

İnşaat şirketleri maliyetleri önceden tahmin ederek, inşaat projesini kazanmak için mümkün olduğu kadar düşük maliyetlerle ihaleye girmek ve düşük maliyetlerin yanısıra müşterileri için yüksek kalite ve memnun edici hizmetler sunmak zorundadır (Chan, 2012: 903). Bir inşaat projesinde en isabetli ihale fiyatını tahmin etmek, projeyi kazanmak ve kabul edilebilir bir kâr sağlamak için gereklidir (Wang ve diğerleri, 2012: 5358) ve bu da ancak maliyetlerin en gerçekçi şekilde tahmin edilebilmesi ile mümkündür. Flyvbjerg ve diğerleri (2002) yapmış oldukları çalışmada 258 ulaşım altyapı projesini incelemiş ve gerçekleşen maliyetler ile proje öncesi tahmin edilen maliyetler arasındaki farkın ne kadar olabileceğini araştırmışlardır. Sonuç olarak, projenin kabul edilmesi aşamasında yanlış yönlendirilecek kadar hatalı tahminlerin yapılabildiğini görmüşlerdir. Maliyetlerin doğru tahmin edilememesi sadece devleti değil tüm halkı zarara uğratabilir.

Bir inşaat işletmesinin başarılı olabilmesi için dikkat etmesi gereken en temel iki unsur inşaatın etkili bir şekilde yönetilmesi ve maliyetlerin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesidir (Merrit ve diğerleri, 1996: 4.12). İnşaat sürecinde inşaatının etkin bir şekilde idare edilebilmesi için inşaat yönetim sisteminin kurulması gereklidir. İnşaat yönetimi ve ekonomik araştırmaların temel amacı ise süreç içinde karar verme sürecinin kalitesinin artırılmasıdır. Bunun için ekonomik kararlar ve yatırım kararları, tahminler, inşaat faaliyetleri ile gelecekteki fiyat düzeyleri, vb. gibi inşaat süreci ile ilgili tüm

konularda kaliteli bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Akintoye ve Skitmore, 1994: 257). İnşaat sektöründe bir yapının maliyetinin belirlenmesi aşamasında etkili bir maliyet tahmini yapılabilmesi ve maliyetlerin optimum şekilde belirlenebilmesi için maliyetlerin, faydaların ve temel ekonomik varsayımların doğru şekilde yapılması gerekir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken kurallar genel olarak aşağıdaki gibidir (Akbiyıklı, 2012: 49-52);

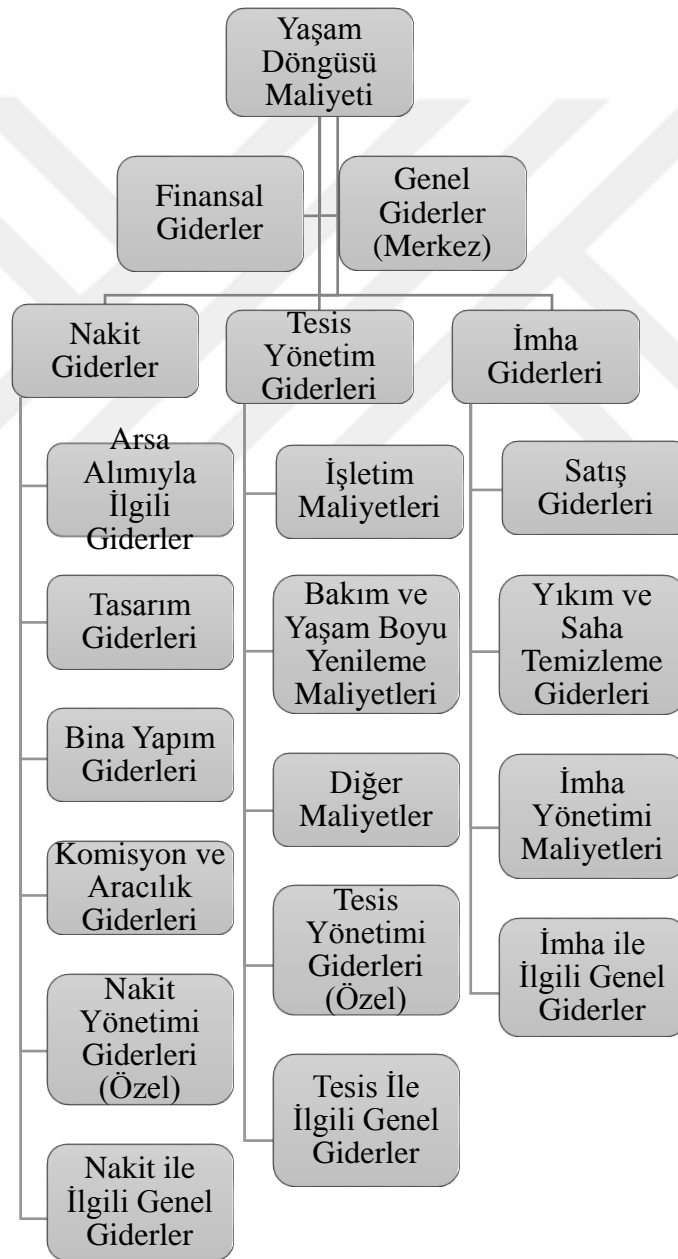
- Maliyet yönetimi ve değer mühendisliği, projenin planlama, tasarım ve geliştirme süreçlerinin tümünde kullanılmalıdır. Bu aşamalarda maliyetler için bütçe hazırlanması maliyetlerin en doğru şekilde öngörülebilmesi için etkili bir yöntem olarak kullanılabilir. Değer mühendisliği açısından ise malzemelerin, sistemlerin, süreçlerin ve süreçte gerekli olan tüm ekipmanların sistematik olarak değerlendirilmesi gereklidir. Böylece yapı elemanları açısından faydayı maksimize eden en düşük toplam maliyetin elde edilmesi sağlanabilir.
- Estetik, tarihi mirası koruma ve güvenlik gibi parasal olmayan faydaların yapının inşası sürecinden önce değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu tür faydaların parasal açıdan ölçülmesi oldukça zordur. Bu tür faydaların parasal tutarları yapının yaşam boyu performansı üzerindeki etkileri değerlendirilerek tespit edilebilir.
- Ekonomik analizler kullanılarak tasarım sürecindeki tüm alternatifler değerlendirilmelidir. Bir yapının toplam maliyeti çok sayıda ve çeşitte pek çok faaliyet sonucu ortaya çıkmaktadır. Maliyetlerin hangi analizler kullanılarak değerlendirilebileceği işveren ve firmaların amaçlarına bağlıdır. Bu aşamada yaşam döngüsü maliyet analizi (YDMA, Life-Cycle Cost Analysis / LCCA), net şimdiki değer metodu (NŞD), iç kârlılık oranı (İKO), indirgenmiş geri ödeme metodu (İGÖP), vb. gibi maliyet analiz yöntemleri kullanılabilir.

Construction Produktivity Network'un 2000 yılı raporuna göre 2001'den itibaren İngiltere Hükümeti devlet kurumlarının %70'inden yeni bina yapımı veya yenileme sözleşmelerinde teknik değerlendirme kararının verilebilmesi için binaların yaşam döngüsü maliyetlerini tespit etmelerini talep etmektedir (El-Haram ve diğerleri, 2002: 144). İnşaat sektöründe yaşam döngüsü maliyetleme bir binanın yapımı, işletimi sırasında kullanılan enerji ve diğer kaynakların maliyetleri, yapı yönetim maliyetleri, bakım ve temizleme maliyetleri, yapı elemanlarının yenilenmesi ile ilgili maliyetler, güvenlik maliyeti, vb. gibi



maliyetler ve ekonomik ömür sonunda binanın yıkımı ile ilgili maliyetlerden oluşmaktadır (Boussabaine ve Kirkham, 2004: 8). Bir başka tanıma göre yaşam döngüsü maliyetleri; binanın tasarım maliyetleri, işletim maliyetleri, bakım-onarım maliyetleri ve binanın ekonomik ömrü sonundaki imha maliyetlerinden oluşmaktadır (El-Haram ve diğerleri, 2002: 146). Şekil 2’de bir binaya ait yaşam döngüsü maliyeti ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

**Şekil 2: Bina Yaşam Döngüsü Maliyeti**



**Kaynak:** El-Haram ve diğerleri, 2002: 148

Şekil 2’de görüldüğü gibi bir binanın yaşam döngüsü maliyetleri genel olarak finansal giderler, genel giderler, nakit giderler, tesis yönetim giderleri ve binanın ekonomik ömrü sonundaki imha giderlerinden oluşmaktadır. Yaşam döngüsü maliyeti ekonomik açıdan bir binanın yaşam boyu kalite gereklilikleri ile de yakından ilişkilidir. Kalite gereklilikleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Sarja, 2015, 2):

- **İnsani gereklilikler:** Kullanım işlevliliği, güvenlik, sağlık ve konfor.
- **Ekonomik gereklilikler:** Yatırım ekonomisi, inşaat ekonomisi ve yaşam boyu ekonomi (işletim, bakım, tamir, iyileştirme, yenileme, yıkım, tekrar kullanım, malzemelerin geri dönüşümü ve atık).
- **Kültürel gereklilikler:** Bina gelenekleri, yaşam stili, işletme kültürü, estetik, mimari stil ve trendler ve imaj.
- **Ekolojik gereklilikler:** Hammadde ekonomisi, enerji ekonomisi, çevresel etki ekonomisi, atık ekonomisi, biyolojik ve jeolojik çeşitlilik.

Bir yapının yaşam döngüsü maliyetinin hesaplanmasında çeşitli yöntemler ve modeller kullanılmakta olup bunlardan bazıları; deterministik model, stokastik model ve bulanık hesaplama yöntemi, regresyon analizi teknikleri, zaman serisi teknikleri, yapay zekâ ve bulanık mantık modelleri ve diğer olasılık tahmin yöntemleridir (Boussabaine ve Kirkham, 2004: 39-52).

#### **1.6.2.1. Yapım Maliyetlerinin Belirlenmesi**

Türkiye’de inşaat yapımına ait faaliyet ve birim maliyetlere ilişkin çeşitli kurumlar tarafından yayımlanmış birim maliyet listeleri mevcuttur. Bu kurumlara T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Milli Savunma Bakanlığı, Vakıflar Genel Müdürlüğü, İller Bankası, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi ve Kültür Bakanlığı örnek olarak gösterilebilir. Kurumların yayınlamış oldukları maliyet kalemleri ise uzun listeler halinde sunulup, inşaat işlerine ait pek çok faaliyet ve bu faaliyetlere ait maliyet bilgisi numaralanmış pozlar halinde sıralanmaktadır. Bu listeler her yıl yenilenmekte ve maliyetler güncellenmektedir ([www.maliyetbul.com](http://www.maliyetbul.com)).

Bir inşaatın yapım işlerine başlanmadan önce yapım işi ile ilgili projeler, fizibilite çalışmaları ve yasal izinler gibi ön işlemlerin yapılmasının ardından, projeye uygun olarak yapı ile ilgili maliyetlerin tespiti aşamasına geçilir. Çıracı ve diğerleri (1996) bina yapım maliyetlerini etkileyen faktörleri aşağıdaki şekilde tespit etmişlerdir:

- **Çevre düzenleme ve altyapı maliyetini etkileyen faktörler:** Doğal faktörler (topografik yapı, eğim, mevcut bitki örtüsü, zemin yapısı, toprak türleri, vb.) ve tasarımdan kaynaklanan maliyet farkları.
- **Bina özellikleri:** Faydalı alanlar toplamı, sirkülasyon alanları toplamı, net kat alanı, brüt kat alanı, brüt hacim, konstrüksiyon alanı, ek faydalı alanlar, ana faydalı alanlar, dış duvar alanı, yapı elemanları toplam alanı, konut içi sirkülasyon alanı, bina yüksekliği, pencere ve yapı boşlukları.

Yapım maliyetleri üzerinde etkili olabilecek değişkenlerin belirlenmesi ve metrajların tespiti maliyetlerin gerçekçeğe en yakın şekilde tahmin edilebilmesi için yapılması gereken ilk ve en önemli işlerden biridir. Bu değişkenlere veya inşaat faaliyetlerinin neler olduğuna karar verildikten ve ölçümler yapıldıktan sonra maliyet tahmin yönteminin seçilmesi gerekmektedir. Bir binanın yapım maliyetlerinin tahmin edilebilmesi diğer faktörlerin yanı sıra tahmin edicinin bilgi, beceri, deneyim ve yargı gücüne bağlıdır. Buna ek olarak maliyet tahmininde önceki projelere ait kayıtlar, birim maliyetlere ilişkin yönetmelikler veya Bina Maliyet Bilgi Servisi (Building Cost Information Service/BCIS) gibi diğer kaynaklar kullanılabilir (Ashworth, 1996: 4).

#### **1.6.2.2. Yapım Maliyetlerinin Ön Tespitinde Kullanılan Yöntemler**

1950'lerden itibaren inşaat maliyetleri ve yapı unsurları arasındaki neden-sonuç ilişkisini anlamak ve böylece inşaat maliyetlerinin tahmin edilebileceği bir model kurabilmek için çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmalar tarihi gelişimleri açısından incelendiğinde üç grup modelden bahsedilebilir. Buna göre, ilk grup modeller İngiltere'de 1950'lerin sonlarından 1960'ların sonlarına kadar kullanılan binanın fonksiyonel elemanlarından yararlanılarak oluşturulan modellerdir. Ardından 1970'lerin ortalarından itibaren kullanılan regresyona dayalı maliyet modelleri geliştirilmiştir. Son

olarak ise 1980'lerin başlarında ve genel olarak Monte Carlo Simülasyon tekniğine dayalı modeller geliştirilmiştir (Yaman ve Taş, 2007: 75).

Maliyet tahmini, belirli bir iş kaleminin yapılabilmesi için gereken işgücü ve malzeme gibi kaynaklara dayandırılarak her iş kalemi için uygun kaynağa ait maliyetlerin o iş kalemi ile bağlantısının kurulabilmesine bağlıdır. Maliyet tahmini, tasarımcılar ve müteahhitler için projenin bütçesini planlamak ve fizibilite çalışmalarını yürütebilmek, işveren için ise projenin kapsamını ve projeye devam edilip edilemeyeceğinin belirlemek için gereklidir (Akbiyıklı, 2012: 104). Lowe ve diğerleri (2006) çalışmalarında daha önce yapılan araştırmalar sonucu müteahhitlerin bir yapının inşaat başlamadan önceki maliyetini hesaplarken yaklaşık %15-20 düzeyinde sapma ile yapı maliyetini tahmin edebildiklerini, bu tahminin daha ayrıntılı bilgiler kullanılarak yapılması halinde ise bu sapmanın ancak %13-18 seviyelerine düşürülebileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan bir başka çalışmada bu tahminlerin istendiği düzeyde doğruluk payına sahip olmayabileceği vurgulanmıştır (Lowe ve diğerleri, 2006: 750). Tahminlerde sapma olabileceği ve gerçek maliyetlerle birebir örtüşecek kadar doğru bir maliyet tahmini yapılamayacağı açıktır. Ancak gerçekçi varsayımlarda bulunarak tahmin edilebilecek en doğru maliyet bilgisine ulaşarak, hatalı tahminler sonucu fırsatların kaçırılması ve beklenen getirilerdeki azalma en az seviyeye indirgenebilir (Sönmez, 2008: 1011).

Bir inşaat işletmesinin yukarıda belirtildiği üzere uygulaması gereken ilk fonksiyonu sürüm yani iş tedarikidir. Bu şekilde işletme ihalelere katılarak kazandığı ihaleleri üretim aşamasına dönüştürür. Sürüm fonksiyonunun yerine getirilmesi için ise inşaat faaliyetlerine başlanmadan önce doğru bir planlama yapılması gerekmektedir. Bu planlamanın temelini ise doğru maliyet tespiti oluşturmaktadır. İnşaat işletmesi için bina yapım maliyetlerinin önceden tespit edilmesi zorunludur. Bina yapım maliyetlerini planlama aşamasında tahmin etmek üzere kullanılan pek çok yöntem bulunmaktadır. Yapılacak tahmin için geleneksel maliyet tahmin modellerinden imalat miktarlarına dayalı birim, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, alan, bina zarflama modeli, kat kabuğu gibi yöntemler kullanılabileceği gibi, modern maliyet tahmin modellerinden deneysel, regresyon, simülasyon, v.b. gibi matematiksel modellere dayalı yöntemlerin kullanılması da mümkündür (Kanıt ve Baykan, 2004: 360; Yaman ve Taş, 2007: 75; Lowe ve diğerleri, 2006: 750).

Bir inşaat işletmesinin inşaat projesini yapı sahibinin mâli sınırları içinde gerçekçi bir maliyete dayalı olarak sözleşmede belirtilen maddeler doğrultusunda projenin en ekonomik tamamlanacağı şekilde planlaması, tasarlaması ve yapımını bitirmesi temel hedef olmalıdır. Maliyet yönetimi, ön tasarım, tasarım, ihale, yapım ve yapım sonrası aşamalarından oluşan bir süreç olarak değerlendirilmelidir. Maliyetlerin ön tespiti bu aşamalardan ön tasarım, tasarım ve ihale aşamalarında yer almaktadır. Burada inşaat işletmesinin maliyetlerin ön tespitindeki temel amacı, kıt kaynakları en etkin şekilde kullanarak, müşteri tarafından istenilen kalitede bir yapının inşa edilmesi için gereken optimum maliyeti belirlemektir. Bu durumda inşaat işletmesi yapım sürecinde oluşacak harcamaları önceden gerçekçi bir şekilde tahmin etmek ve tespit edilen ön maliyetlere uygun olarak etkin bir maliyet kontrol sistemi ile denetleme yapmak durumundadır. Yapım sürecinde maliyet tahminlerinin proje ilerledikçe yenilenmesi ve proje gerçekleştirilmeden önce artan proje detay bilgisi göz önünde bulundurularak maliyet tahmininin sürekli güncellenmesi sağlanmalıdır (Kuruoğlu ve diğerleri, 2012: 266).

Sonuç olarak, maliyet yönetiminin aslında tasarım, ihale ve yapım aşamalarına ait her bir süreçte tekrar tekrar gözden geçirilerek her aşamanın ardından maliyet tutarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Böylece müteahhit yapım faaliyeti sonunda ne kadar kâr elde edeceğini hesaplayabilirken, inşaat sahibi de binanın ne kadara mâl olacağına ve nakit akışlarına dair bir tahminde bulunabilir. Tasarımcı açısından ise maliyet bilgisi, binanın yapımı sırasında kullanılacak pek çok seçenektan hangisinin en uygun yöntem olduğunu tespit edebilmesi için gereklidir (Yaman ve Taş, 2007: 77). Diğer taraftan, inşaat maliyetlerinin ön tespit çalışmaları gereğinden fazla ek maliyete sebep olmamalıdır. Maliyetlerin ön tespitinde kullanılan yöntemin hızlı, ucuz ve güvenilir olması gerekmektedir. Ayrıca, elde edilen veriler güncellenmeye açık olmalı ve bu verinin hem müşteri yani yapı sahibi hem de inşaat işletmesi açısından kullanışlı olması sağlanmalıdır (Kanıt ve Baykan, 2004: 360).

Bir projede maliyetlerin ayrıntılı tespitine geçilmeden önce malzemeler, işçilik, makine ve teçhizat, genel giderler ve süre tahmini gibi temel unsurların olası tutarları ve miktarları belirlenmelidir. Proje maliyetinin tahminindeki başarı; metrajın ve matematiksel işlemlerin doğruluğu ve kullanılan üretim miktarları ile birim fiyatların seçimine bağlıdır (Akbiyıklı, 2012: 106-107). Literatürde inşaat maliyetinin ön tespitinde kullanılan

yöntemlerden en yaygınları regresyon analizi ve yapay sinir ağı modelleridir (Sönmez, 2008: 1011). Bir inşaat işiyle ilgili maliyet unsurları genel çerçevede kullanılan malzeme maliyetleri, işçilik ve makine-ekipman ile ilgili maliyetler olarak sıralanabilir (Fatzinger, 1997: 53). Yapım maliyetlerinin ön tespitinde kullanılacak yöntemler daha ayrıntılı olarak başlıklar halinde aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Akintoye ve Fitzgerald, 2000: 162, Kuruoğlu ve diğerleri, 2012: 266; Göktürk, 2007: 39-98):

- **İstatistik-Olasılık Analizleri:** Birim yöntem, hacim yöntemi, birim alan yöntemi, kat kabuğu yöntemi, nedensel tahmin yöntemleri, regresyon analizine dayalı parametrik yöntemler, fonksiyonel elemanların analizine dayalı maliyet tahmin yöntemleri, beklenen değer yöntemi, range (aralık) yöntemi, varyasyon indirgeme modeli, simülasyon yöntemi (stokastik modeller), boyutsuz büyüklükler ile maliyet tahmin yöntemi, oran (faktör) yöntemi, maliyet-kapasite faktörleri ile tahmin yöntemi, vb.
- **Benzer Projeler ile Karşılaştırma:** Erken maliyet tahmini, elemanlara dayalı maliyet analizi ile karşılaştırma yöntemi, ilk (ön) tahmin yöntemi, döşeme alanına dayalı eleman modeli, rs means m<sup>2</sup> tahmin yöntemi, rs means m<sup>2</sup> ticari bina modeli yazılımı, rs means konut modeli yazılımı, rs means birim maliyet çarpanı, toplam maliyet çarpanı yöntemi, vb.
- **Yapay Zekâ Teknikleri:** Yapay sinir ağları ile tahmin yöntemi, bulanık mantık metodu, genetik algoritmalar, uzman sistemler ile tahmin, vaka tabanlı gerekçeleme, vb.
- **Simülasyon:** Buluşsal (sezgisel) yöntemler, uzman modelleri, karar verme yöntemleri, vb.
- **Parametrik Yöntemler:** Regresyon, Bayesyen, istatistikî modeller, karar verme yöntemleri, vb.
- **Ayrık Durumlar:** Linear programlama, klasik optimizasyon, network, PERT, CPM, vb.

Akbıyıklı (2012: 131-134) maliyetlerin ön tespitinde kullanılacak yöntemleri; geleneksel (miktarlara dayalı) modeller, birim, alan, küp ve kat kabuğu gibi yöntemlerin kullanıldığı analitik modeller, fonksiyonel elemanlara dayalı modeller ve kaynaklara dayalı modeller olarak sıralamaktadır. Bir inşaat projesi ile ilgili maliyet tahmini yapabilmek için,

ilgili personelin mühendislik, finans ve yönetim kararları gibi birden fazla disiplinle ilgili bilgi sahibi olması gerekmektedir. Buna göre maliyet tahmini ekibinde yine önem sırasına göre maliyet tahmini yapacak personel, taşeronlar, genel müdür, sözleşme yöneticileri, anket yürütücüleri, saha yöneticisi, depo/tedarik yöneticileri ve diğer planlayıcıların görev alması doğru maliyet tahmini için faydalı olabilir (Akintoye ve Fitzgerald, 2000: 169).

### **1.6.2.3. Yapım Maliyetlerinin Ön Tespitinde Karşılaşılan Sorunlar**

İnşaat sektöründe de tıpkı diğer sektörlerde olduğu gibi kaynaklar kıt ve kısıtlıdır. Bu nedenle bir müşteri, inşaat işletmesine ödediği fiyat karşılığında mümkün olan en yüksek değeri elde etmek ister. Müşterilerin daha çok bilgi talep etmesi, inşaat projelerinin daha karmaşık hale gelmesi ve inşaat sektöründe kullanılan tekniklerin ve araçların sayısının teknoloji ile birlikte artması bu sektördeki bilgi ihtiyacını arttırmıştır. Bu gelişmeler projenin, kalite standartları dahilinde, bütçe sınırları içinde ve zamanında tamamlanmasını giderek zorlaştırmıştır (Yaman ve Taş, 2007: 73). Benzer şekilde, bir inşaat yapımı için maliyet tahmini sistemi geliştirmek ve bu tahminden yola çıkarak standart bir maliyet bilgisine ulaşmak inşaat sistemlerindeki, yöntemlerindeki, projelerdeki, tedarikçiler, yükleniciler ve işgücündeki aşırı çeşitlilik nedeniyle çok zordur (Akintoye ve Fitzgerald, 2000: 162).

Belirtilen tüm bu zorlukların aşılabilmesi için ulaşılmak istenen bilgilerin başında strateji belirleyebilmek ve planlama yapabilmek adına maliyet bilgisi gelmektedir. Ancak inşaat sektörü ile ilgili olarak tahmin edilen maliyetlerle gerçekleşen maliyetlerin karşılaştırıldığı ve bunun nedenlerine ilişkin faktörlerin tespit edilmeye çalışıldığı pek çok çalışmada (Kaming ve diğerleri, 1997; Dissanayaka ve Kumaraswamy, 1999; Flyvbjerg ve diğerleri, 2002; Touran, 2003; Iyer ve Jha, 2005; Shane ve diğerleri, 2009; Love ve diğerleri, 2013; Doloi, 2013 Abdul Rahman ve diğerleri, 2013; Shehu ve diğerleri, 2014) maliyetlerin fazla veya çoğunlukla gerçekleşenden eksik tahmin edildiği görülmektedir.

Örneğin, Shehu ve diğerlerinin (2014: 5) Malezyada'ki 359 inşaat projesini inceledikleri çalışmada, projelerin %42'sinin sözleşme tutarının altında, %3'ünün tam olarak bütçelenen tutarda ve %55'inin ise sözleşme tutarının üzerinde gerçek maliyetle sonuçlandığı ifade edilmektedir. İnşaat projelerinin başarısızlığındaki en önemli

nedenlerden biri maliyet aşımıdır ve projelerin başarısı için maliyetlerin başlangıç aşamasında gerçekçi şekilde tahmin edilebilmesi büyük önem taşımaktadır. Bir inşaat projesinde maliyetlerin ön tahminini etkileyen faktörler; projenin tipi ve büyüklüğü, coğrafi konumu, tasarımı, kullanılan teknoloji, sözleşme tipi, ekonomik koşullar, rekabet, finansman olanakları, kullanılan maliyet tahmin modeli, kullanılan bilgi sistemi, tahmini yapan kişinin beceri ve tecrübe düzeyi olarak sıralanabilir (Göktürk, 2007: 27-39).

Al-Harbi ve diğerlerine göre (1994) inşaat projesinde yapım maliyetlerinin ön tespitinde karşılaşılan sorunlar; sıkı rekabet ortamı, sözleşme süresi, henüz tamamlanmamış proje ve şartname, tamamen belirlenmemiş proje sınırlılıkları, malzeme fiyatlarındaki öngörülemez değişiklikler, inşaat sahibinin gereksinimlerindeki değişiklikler, işyükü, hata ve değerlendirmeler, yetersiz veya hatalı üretim süreci verileri, yeterli sayıda benzer inşaat yapımı maliyet bilgisine sahip olmamak ve benzer proje deneyimlerine sahip olmamaktır (Al-Harbi ve diğerleri, 1994'dan aktaran: Akintoye ve Fitzgerald, 2000: 163).

İnşaat yapım maliyetlerinin tahminindeki hataların nedenleri; maliyet tahmini için yetersiz zaman, eksik veya yetersiz ihale evrakı, ihale evraklarının yetersiz analiz edilmesi, proje gereksinimlerini anlamadaki yetersizlik, proje ekibi arasındaki zayıf iletişim, maliyet tahmini sürecine saha çalışanlarının düşük katılımı, yönetim tarafından maliyet tahminlerinin denetimindeki eksiklik, saha gereksinimlerinin yeterince kavranmaması, önceki tahminlerin doğruluğundaki zayıf geri bildirim, yönetim üzerindeki baskı, maliyet tahmini yapan personelin özensizliği, maliyet tahmini için yönerge eksikliği, tahminlerde doğru olmayan üretim bilgisinin kullanılması, geçmiş tahminlerdeki veri eksiklikleri, maliyet verilerinin yeterince analiz edilmemesi, maliyet tahmini yapan personelin denetlenmesindeki eksiklik, maliyet tahmini yapan personelin veri analiz tekniklerindeki yetersizliği, maliyet tahmini değişikliği için sık sık talepte bulunulması, matematiksel hatalar, işçilik için eksik veya fazla süre öngörülmesi, yanlış işçilik ücretlerini kullanmak, taşıma maliyetlerinin unutulması veya yanlış hesaplanması, istenen işgücü kalitesinin doğru öngörülememesi, yetersiz veya çok yüksek genel giderler, bazı iş kalemlerinin gözden kaçması, alt-yüklenici firmaların aynı işleri tekrar tekrar yapması, vb. olarak sıralanabilir (Akintoye ve Fitzgerald, 2000: 167; Akbıyıklı, 2012: 128-131).



Benzer bir çalışmada Lowe ve Skitmore (2001) tecrübeye dayalı öğrenme ile inşaat projelerinde ihale fiyatlarının önceden tahmininin doğruluğu arasındaki ilişkiyi ölçmüşler ve beklenenin aksine bu iki değişken arasında anlamlı bir ilişki olmadığını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda yüksek risk alabilenlerin ihale fiyatını gerçekleştiren daha düşük, daha tutucu olanların ise gerçekleştiren daha yüksek tutarlarda tahmin ettiklerini görmüşlerdir (Lowe ve Skitmore, 2001: 490).

Flyvbjerg ve diğerleri 2002 yılında yapmış oldukları çalışmada ulaşım altyapısı ile ilgili 90 milyar \$ değerindeki 258 ayrı kamu ihalesini incelemiş ve gerçek maliyetlerin tahmin edilen maliyetlerden ortalama %28 daha fazla olduğunu, yapılan eksik maliyet tahminlerinin çalışmada incelenen 20 ülke ve 5 kıtada görüldüğünü ve dolayısıyla maliyetlerin eksik tahmin edilmesi eğiliminin küresel bir fenomen olduğunu, ancak bu eğilimin Kuzey Amerika ve Avrupa'dan çok gelişmekte olan ülkelerde daha çok görüldüğünü ve son 70 yıllık projelerin incelendiği araştırmada 70 yılda bu eğilimde bir azalma görülmediğini, eksik maliyet tahminlerinin hatalardan kaynaklı değil bariz bir şekilde yalan ve yanlış yönlendirmelerden kaynaklandığını, ve son olarak diğer projelerin de en az ulaşım altyapı projeleri kadar eksik maliyet tahminine elverişli olabileceğini belirtmişlerdir. Yazarlar eksik maliyet tahminine neden olabilecek faktörleri aşağıdaki şekilde sıralamışlardır (Flyvbjerg ve diğerleri, 2002: 286-290):

- **Teknik açıklamalar:** Tahmin hataları, yanlış tahmin etme yönteminin seçilmesi, yetersiz veri, affedilebilir basit hatalar, geleceği tahmin etmedeki güçlükler, uzmanların liyakatsizliği, belirsizlik, jeolojik, çevresel veya güvenlikle ilgili problemler, vb. Ancak çalışmada teknik açıklamaların istatistiksel olarak eksik maliyet tahmini için geçerli bir mazeret olamayacağı çünkü böyle olması için zamanla bu tip hataların düzeltilerek eksik maliyet tahminlerinin istatistiksel olarak azalması gerektiği, ancak istatistiklerde böyle bir azalmanın bulunmadığı vurgulanmıştır.
- **Ekonomik açıklamalar:** Ekonomik açıklamaların ilki kişisel çıkarlardır. Buna göre, eksik maliyet veya abartılı fayda tahmini ile kazanılmış bir ihale ile mühendisler, inşaat firmaları ve diğer pek çok ilgili taraf için gelir ve kâr yoluyla ekonomik fayda sağlanmış olacaktır. İkinci neden olarak toplumsal çıkarlar ileri sürülmektedir. Buna göre, “maliyetleri düşük tutmak, onları doğru tahmin

etmekten daha önemlidir” (Merewitz, 1973: 280’den aktaran: Flyvbjerg ve diğerleri, 2002: 288). Bu şekilde daha düşük maliyetli projeler ön plana çıkarılarak halkın vergileri ve vatandaşın parası israf edilmemiş olur. Ancak yazarlar bu açıklamaların teknik açıklamalardan daha tehlikeli olduğunu ifade etmektedirler, çünkü bu şekilde ekonomik olarak uygulanabilir olmayan projelerin kabul edilmesi veya faydası daha yüksek bir projenin gözden kaçırılması mümkündür.

- **Psikolojik açıklamalar:** Deneyimsiz uzmanların iyimser maliyet tahmini. Ancak teknik açıklamalarda olduğu gibi iyimser maliyet tahminlerinde de uzmanlık kazanıldıkça daha gerçekçi tahminlerin yapılması beklenmektedir. Fakat 70 yıl boyunca yapılmış projeleri kapsayan çalışmada istatistiksel olarak uzmanların eksik maliyet tahminlerini düzeltmedikleri, yani geçmiş projelerden edindikleri deneyimleri bilerek kullanmadıkları tespit edilmiştir.
- **Politik açıklamalar:** Amirleri memnun etmek ve projeyi başlatmak için maliyetlerin eksik tahmin edilmesidir.

İnşaat projelerinde maliyetlerde sapmaya neden olan bir diğer önemli sebep ise projelerin tamamlanmasındaki gecikmeler olarak ifade edilmektedir. AlSehaimi ve diğerleri 2013 yılında inşaat projelerinin tamamlanmasındaki gecikmelerle ilgili daha önce yapılmış çalışmaları ayrıntılı olarak incelemişler ve bu çalışmalarda gecikmelere neden olan sebeplerin; etkin olmayan planlama ve kontrol, zayıf saha yönetimi, malzemelerin tedarik edilmesi ve satın alınmasındaki aksaklıklar, işçilik eksikliği ve verimlilik sorunu, finansal sorunlar, tasarımda sonradan yapılan değişiklikler ve zayıf iletişim ve koordinasyon olduğunu belirtmişlerdir (AlSehaimi ve diğerleri, 2013: 410). Yazarlar 2014 yılında yaptıkları bir başka çalışma ile “Nihai Plan Sistemi” adlı bir sistem uygulayarak inşaat sektöründe proaktif bir yaklaşımla planlama sürecinin yeniden organize edilebileceğini ve ayrıca inşaat sahasında çalışanların bu şekilde daha organize, etkili ve verimli çalışarak takım çalışması ve iletişimi geliştirebileceğini ifade etmişlerdir (AlSehaimi ve diğerleri, 2014: 62).

## 1.7. Bina Yapım Maliyeti ile İlgili Literatür Çalışmaları

Bina yapımı ile ilgili gerek uluslararası gerekse ulusal literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların araştırmanın konusu ile ilgili olanlarından bazıları Tablo 6'da sınıflandırılmıştır. Bu tabloda literatürdeki ilgili çalışmaların en genel çerçevede konusuna, yazar(lar)ın ad(lar)ına, kaynağın türüne, veri edinme aracının ne olduğuna (tamamlanmış projeler, vaka analizleri, durum tespitleri, anketler, vb.) ve analiz yöntemlerine yer verilmektedir. Tabloda yeterli alan olmadığı ve görsel olarak tablonun daha anlaşılır ve net olması amaçlandığı için çalışmaların amaçları ve sonuçlarına ilişkin ayrıntılı bilgiler Tablo 6'yı izleyen başlıklarda sunulmaktadır.



**Tablo 6: Bina Yapım Maliyeti İle İlgili Literatürdeki Bazı Çalışmalar**

| <b><u>Konu</u></b>   | <b><u>Yazarlar/Yıl</u></b>   | <b><u>Kaynak Türü</u></b> | <b><u>Veri Edinme Aracı</u></b> | <b><u>Analiz Yöntemi</u></b>                                       |
|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--|
| İnşaat konusu ile ilgili genel teorik çalışmalar   | Koskela, 1999                | Makale                    | Teorik                          | Teorik   |
|  | Kagioglou ve diğerleri, 2001 | Makale                    | Teorik                          | Teorik   |
|  | Gluch, 2009                  | Makale                    | Teorik                          | Teorik   |
| İnşaatlarda yaşam döngüsü maliyeti ile ilgili yapılan çalışmalar                           | El-Haram ve diğerleri, 2002  | Makale                    | Teorik                          | Teorik   |
|  | Minami, 2003                 | Makale                    | Anket (n=1255)                  | Maliyet Analizi, Doğrusal Regresyon                                |
|  | Akintoye ve Fitzgerald, 2000 | Makale                    | Anket (n=84)                    | ANOVA (SPSS)   |
| İnşaat maliyetleriyle ilgili anket, mülakat, vb. yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar | Elhag ve diğerleri, 2005     | Makale                    | Anket (n=68)                    | Severity İndeks (SI)   |
|  | Chan, 2012                   | Makale                    | Anket (n=79)                    | Delphi Metodu, Faktör Analizi                                      |
|  | Cheng, 2014                  | Makale                    | Anket (n=11)                    | Kawakita Jiro Metodu, Düzeltilmiş Delphi Metodu, Önem İndeksi (SI) |
| İnşaat yapım projelerinde kalite maliyetlerinin tespitine yönelik çalışmalar               | Hall ve Tomkins, 2001        | Makale                    | Proje (n=1)                     | PAF Model (Prevention, appraisal, failures)                        |
|  | Newton ve Christian, 2006    | Makale                    | Proje (n=215)                   | Maliyet Analizi  |

**Tablo 6: (Devamı)**

| <b>Konu</b>   | <b>Yazarlar/Yıl</b>        | <b>Kaynak Türü</b> | <b>Veri Edinme Aracı</b> | <b>Analiz Yöntemi</b>   |
|---|----------------------------|--------------------|--------------------------|---|
| <p>Parametrik yöntemler (regresyon, vb.), yapay zeka teknikleri, simülasyon vb. kullanılarak bina yapım maliyeti ya da ihale fiyatı tahminine dayalı çalışmalar</p> | Akintoye ve Skitmore, 1994 | Makale             | BCIS, DL&E, A&S          | Orjinal Model   |
|   | Chau, 1995                 | Makale             | Proje (n=6)              | Monte Carlo Simülasyon, Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Probability Density Function-PDF)   |
|   | Çıracı ve diğerleri, 1996  | Kitap              | Proje                    | Regresyon Analizi   |
|   | Al-Hajj ve Horner, 1998    | Makale             | Proje (n=20)             | Regresyon Analizi   |
|   | Emsley ve diğerleri, 2002  | Makale             | Proje (n=294)            | Yapay Sinir Ağı, Doğrusal Regresyon Analizi   |
|   | Dorum ve diğerleri, 2006   | Makale             | Proje (n=3)              | Regresyon Analizi   |
|   | Lowe ve diğerleri, 2006    | Makale             | Proje (n=286)            | Yapay Sinir Ağı, Doğrusal Regresyon Analizi   |
|   | Yaman ve Taş, 2007         | Makale             | Durum Analizi            | Durum Analizi   |
|   | Uğur, 2007                 | Tez                | Proje                    | Yapay Sinir Ağı   |
|   | Göktürk, 2007              | Tez                | Anket (n=68)             | Tanımlayıcı İstatistikler   |
|   | Sönmez, 2008               | Makale             | Proje (n=20)             | Regresyon Analizi, Bootstrap Tekniği  |
|   | Ökmen, 2008                | Tez                | Simülasyon               | Korelasyonlu Çizelge Risk Analizi Modeli (CSRAM), Korelasyonlu Bulanık Çizelge Risk Analizi Modeli (CFSRAM), Korelasyonlu Maliyet Risk Analizi Modeli (CCRAM) |
|   | Gülçüçek, 2011             | Tez                | Simülasyon               | Yapay Sinir Ağı   |
|   | Wang ve diğerleri, 2012    | Makale             | Proje (n=36)             | Orjinal Model   |

**Tablo 6: (Devamı)**

| <b><u>Konu</u></b>  | <b><u>Yazarlar/Yıl</u></b>       | <b><u>Kaynak Türü</u></b> | <b><u>Veri Edinme Aracı</u></b> | <b><u>Analiz Yöntemi</u></b>   |
|---|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--|
| İnşaatlarda maliyetlerin eksik ya da fazla tahmin edilmesine neden olan faktörlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar   | Elinwa ve Buba, 1993             | Makale                    | Mülakat, Anket (n=110)          | Önem İndeksi (SI)  |
|   | Kaming ve diğerleri, 1997        | Makale                    | Anket (n=31)                    | Önem İndeksi (SI)  |
|   | Dissanayaka ve Kumaraswamy, 1999 | Makale                    | Anket (n=30)                    | Yapay Sinir Ağı, Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi                      |
|   | Flyvbjerg ve diğerleri, 2002     | Makale                    | Proje (n=258)                   | Tahmini/Gerçek Maliyet Karşılaştırması                                 |
|   | Touran, 2003                     | Makale                    | Proje (n=6)                     | Orjinal Model  |
|   | Iyer ve Jha, 2005                | Makale                    | Anket (n=112)                   | Faktör Analizi (SPSS), Önem İndeksi (RII)                              |
|   | Shane ve diğerleri, 2009         | Makale                    | Mülakat (n=20)                  | Durum Analizi  |
|   | Love ve diğerleri, 2013          | Makale                    | Proje (n=276), Anket (n=133)    | ANOVA, Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Probability Density Function-PDF) |
|   | Doloi, 2013                      | Makale                    | Anket (n=94)                    | Doğrulayıcı Faktör Analizi, Çoklu Regresyon Analizi                    |
|   | Abdul Rahman, 2013               | Makale                    | Anket (n=262)                   | Önem İndeksi (RII)   |
| İnşaat yapım sürecinde tekrar yapılmak zorunda kalan işlerin toplam yapım maliyetine etkisinin araştırıldığı çalışmalar | Shehu ve diğerleri, 2014         | Makale                    | Proje (n=359)                   | Sıklık Analizi   |
|   | Love, 2002                       | Makale                    | Proje (n=161)                   | ANOVA  |
|   | Love ve Sing, 2013               | Makale                    | Proje (n=276), Anket (n=133)    | ANOVA  |
|   |                                  |                           |                                 |  |

Tablo 6’da bina yapım maliyetleri ile ilgili ulusal ve uluslararası literatürde bulunan ve araştırma ile ilgili olduğu düşünülen bazı çalışmalar sıralanmıştır. Bu çalışmalarla ilgili ayrıntılı bilgilere ise izleyen başlıklarda yer verilmektedir.

### **1.7.1. Bina Yaşam Döngüsü Maliyetinin Hesaplanmasına Yönelik Çalışmalar**

Uluslararası ve ulusal literatür incelendiğinde inşaat konusu ile ilgili pek çok farklı konuda yapılmış çeşitli çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları teorik olup (Koskela, 1999; Kagioglou ve diğerleri, 2001; Gluch, 2009), bazıları ise inşaatlarda yaşam döngüsü maliyetlemeyi (El-Haram ve diğerleri, 2002; Minami, 2003) inceleyen geniş kapsamlı çalışmalardır.

El-Haram ve diğerleri (2002) çalışmalarında yaşam döngüsü maliyetini; binanın tasarım maliyetleri, işletim maliyetleri, bakım-onarım maliyetleri ve binanın ekonomik ömrü sonundaki imha maliyetlerinden oluşan toplam maliyet olarak tanımlamış ve bir binaya ait yaşam döngüsü maliyetini ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Minami (2003) ise anket yoluyla Japonya’da gerçekleştirdiği çalışmasında bir postane binasının yaşam döngüsü maliyetini hesaplamıştır.

Bir binanın yaşam döngüsü maliyetleri; binanın yapım maliyeti, ekonomik ömrü içerisindeki bakım, onarım, güçlendirme, vb. gibi faaliyetlerine ait maliyetler ve ekonomik ömrü sonundaki yıkım maliyetlerinin tümünü kapsadığından konunun bu araştırma ile ilgili olduğu düşünülmüş ve literatür taramasında bu çalışmalara yer verilmiştir.

### **1.7.2. Bina Yapım Maliyetlerinin Anket ve Mülakat Yöntemleri ile İncelendiği Çalışmalar**

Uluslararası çalışmalardan anket, mülakat, vb. gibi yöntemler kullanılarak inşaat projeleriyle ilgili kısmî ya da tam maliyetlerin tahmin edilmesine yönelik yapılan çalışmalardan biri Akintoye ve Fitzgerald (2000) tarafından yapılan çalışmadır. Çalışmada öncelikle maliyet tahmini ile ilgili daha önce yapılan araştırmalara yer verilmiş ve önceki araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular sıralanmıştır. Ardından, İngiltere’de faaliyet gösteren mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli olmak üzere dört gruba ayrılmış inşaat

firmalarının yöneticilerine bir anket uygulanmış ve veriler ANOVA ile analiz edilmiştir. Anketlerde, şirket ve şirket büyüklüğü ile ilgili bilgiler verildikten sonra maliyet tahmin etme nedenleri ve metotları, maliyet tahminindeki hataların nedenleri, maliyet tahmini yapan ekipte bulunması gereken kişilerin kimler olduğu, vb. konular araştırılmış ve burada belirtilen alt unsurlar ankete yanıt verenler tarafından önem derecelerine göre sıralanmıştır.

Benzer bir çalışmada Elhag ve diğerleri (2005) literatür taraması ve mülakatlar sonucu elde ettikleri 67 değişkeni anket yoluyla İngiltere'deki 68 inşaat metraj uzmanına sunmuş ve önem indeksi metodu (SI) ile inşaat maliyetlerini etkileyen en önemli faktörlerin proje tasarımı, müşteri özellikleri, proje özellikleri ve pazar özellikleri olduğunu tespit etmişlerdir. Cheng (2014) ise inşaat şirketlerinde görev yapan uzmanlardan elde edilen bilgiler ışığında inşaat yapım maliyetlerini etkileyen 42 değişkeni 16 değişkene indirgemiş ve bunları Önem İndekslerine (Severity Index/SI) göre sıralamıştır. İnşaat maliyetleri üzerinde en etkili değişkenler; sözleşmenin kapsamı, proje riskleri, yönetim ve teknikler, çevre ve koşullar olmak üzere toplamda 4 ana faktör altında toplanmıştır.

Bir başka çalışmada Chan (2012), Hong Kong'daki inşaat projelerinde genel yönetim giderlerinin tahmini konusunu araştırmış ve 79 kişi ile yaptığı anket verilerini faktör analizi ile değerlendirerek 27 değişkenin 8 faktör altında toplandığını tespit etmiştir. Bu faktörler; yüklenici firmanın tasarım gereklilikleri, bölgenin ekonomik durumu, sigorta primleri ve faizler, projenin karmaşıklık seviyesi, tedarik anlaşmaları, saha düzeni, ilgili tarafların durumu ve proje süresidir.

Burada incelenen çalışmalar özellikle bina yapım maliyetlerini etkileyen değişkenlerin neler olabileceğinin tespit edilebilmesi açısından incelenmiş ve çalışmalardan araştırma anketinin tasarlanması aşamasında yararlanılmıştır.

### **1.7.3. İnşaatlarda Kalite Maliyetlerinin İncelendiği Çalışmalar**

İnşaat yapım projelerinde kalite maliyetlerinin incelendiği çalışmalardan birinde Hall ve Tomkins (2001) İngiltere'deki bir bina yapım projesinde koruma ve yeniden değerlendirme maliyetlerini de bina kalite maliyetleri içerisine dahil etmişlerdir. Hall ve Tomkins'in inceledikleri projeye göre bir binanın yapım maliyeti unsurları: ön hazırlık



maliyetleri, yıkım maliyetleri, temel ve altyapı maliyetleri, karkas, dış cephe, ince işler, mekanik ve elektrik tesisatı, çatı, harici işler ve tamamlama maliyetleridir.

Bir diğer çalışmada Newton ve Christian (2006) inşaat kalitesinin binanın hem yapımı aşamasında hem de ekonomik ömrü boyunca bakım/onarım, iyileştirme, işletim, vb. gibi maliyetleri etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. Yazarlar, çalışmalarında Kanada'daki 215 adet askeri binada ekonomik ömür boyunca katlanılan maliyetleri bir ölçek ile tespit etmişler ve özellikle ilk 20 yılda tasarım kalitesinin binanın bakım/onarım ve iyileştirme maliyetlerinde oldukça etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Burada incelenen iki çalışma bina kalitesinin toplam yapım maliyetleri üzerinde etkili olup olmadığını tespit etmek amacıyla incelenmiş ve araştırma anketinin tasarımı aşamasında bina kalitesinin bina yapım maliyetini etkileyen değişkenlerden biri olarak alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

#### **1.7.4. Bina Yapım Maliyetlerinin Yapay Zeka, Simülasyon ve Parametrik Yöntemler ile İncelendiği Çalışmalar**

Uluslararası düzeyde regresyon, yapay sinir ağları, vb. gibi alternatif maliyetleme teknikleri kullanarak bina yapım maliyeti ya da ihale fiyatı tahmini ile ilgili yapılan çalışmalardan biri Akinyote ve Skitmore tarafından 1994 yılında yapılmıştır. Akinyote ve Skitmore (1994) inşaat sürecinde ihale fiyat indeksi ile ilgili; Bina Maliyet Bilgi Servisi Sistemi (the Building Cost Information Service System/BCIS), Davis-Langdon-Everest Sistemi (DL&E) ve kendi geliştirmiş oldukları Akitoye ve Skitmore'un indirgenmiş-düzye eşzamanlı eşitliği (A&S Reduced-Form Simultaneous Equation) olmak üzere 3 farklı makro fiyat tahmin yöntemini güvenilirlik ve tahmin başarısı açılarından karşılaştırmışlardır. Yazarlar, tahminin başarısını kullanım amacı, tahmin yöntemi, zaman periyodu ve verinin elde edilebilmesinin bir kombinasyonu olarak değerlendirmişlerdir.

Bir diğer çalışma Chau (1995) tarafından yapılmış ve bu çalışmada Monte Carlo simülasyon yöntemi kullanılarak olasılıklı maliyet tahmini yapılmıştır. Wang ve diğerleri (2012) Tayvan'da yapmış oldukları benzer bir çalışma ile simülasyon tekniği kullanarak üç ayrı inşaat projesi üretmiş ve bu projelere ait ihale fiyatlarının tespiti için orjinal bir model

kurmuşlardır. Yazarlar çalışmalarında 36 adet tamamlanmış projeden elde edilmiş veri ile konut tipi bir binanın 9 maliyet unsurundan oluştuğunu ve bunlara ait maliyetleri etkileyen faktörlerin neler olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda yazarların kurdukları model aracılığıyla tahmin ettikleri 3 ayrı projenin tahmini ihale fiyatları ile gerçekleşen ihale fiyatları arasında yalnız %3,21, %1 ve %1,08'lik fark olduğu görülmüştür.

Başka bir çalışmada Al-Hajj ve Horner (1998) yaptıkları çalışmada York Üniversitesi'ne ait 20 binanın bakım-onarım ve işletim maliyetlerini tahmin etmek için regresyon analizine dayalı bir model kurmuşlardır. Emsley ve diğerleri (2002) ise yapay sinir ağları kullanarak inşaat yapım maliyetlerinin hem maliyetler hem de müşteriye mal oluşunun tahmin edilebileceği bir model oluşturmayı hedeflemişler ve araştırmada veri seti olarak yaklaşık 300 adet bina projesini incelemişlerdir. Diğer taraftan bina yapım maliyetlerini dolaylı olarak etkileyen değişkenlerin tespiti için anket yöntemine başvurmuşlardır. Araştırmada 41 değişken belirleyerek değişkenlerin toplam bina maliyeti ile olan ilişkisini doğrusal regresyon ve yapay sinir ağı modelleri kullanarak incelemişlerdir. Araştırma sonucunda bina yapım maliyetinin yapay sinir ağı modeli kullanarak doğrusal regresyon modellerine göre daha düşük MAPE değeri ile tahmin edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Benzer bir çalışma ile Lowe ve diğerleri (2006) henüz proje aşamasında bulunan bir binanın nihai yapım maliyetlerinin tespit edilebilmesi için regresyon ve yapay sinir ağı modeli kullanmışlar ve yapım maliyetlerini proje ile ilgili değişkenler, inşaat alanı ile ilgili değişkenler ve inşaatın tasarımı ile ilgili değişkenler olarak üç ana başlıkta gruplandırmışlardır. Yazarlar araştırmaları sonucunda 41 değişkenden brüt iç zemin alanı, fonksiyon, süre, mekanik tesisat ve temel olarak üzere 5 değişkenin maliyet üzerinde etkili olduğunu, regresyon analizi ve yapay sinir ağı ile oluşturulan modeller karşılaştırıldığında ise Emsley ve diğerleri (2002) tarafından yapılan çalışma bulgularının aksine regresyon analizi ile elde edilen modelin yapay sinir ağı ile oluşturulan modele göre az da olsa daha üstün olduğunu bulmuşlardır.

Yapım maliyetlerini etkileyen faktörlerle ilgili yapılan ulusal çalışmalardan biri Çıracı ve diğerleri (1996) tarafından yapılmış ve yazarlar konutlarda maliyet tahmini için doğrusal çoklu regresyon analizine dayalı bir model tasarlamışlardır. Çalışmada konutlarda

maliyetleri etkileyen faktörlerden ilk olarak çevre düzenleme ve altyapı ile ilgili faktörler incelenmiş, ardından binanın özellikleri ile maliyetler arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Benzer bir çalışma Dorum ve diğerleri tarafından (2006) yapılmış ve yazarlar zemin sınıfı ve deprem bölgelerindeki farklılıkların kaba yapı maliyetlerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Z1 ve Z4 zemin sınıfı arasında %22, deprem bölgesi açısından ise 1. ve 4. bölge arasında %14 seviyelerinde maliyet farklılığı olduğu tespit edilmiştir.

Ulusal düzeyde yapılan bir diğer çalışmada Yaman ve Taş (2007), bina yapım maliyetlerini tahmin etmek için bir model geliştirmiş ve bunun Türkiye inşaat sektöründe uygulanmasını amaçlamışlardır. Bu çalışmada öncelikle yapım maliyeti kavramı, geleneksel ve bilgisayar destekli bina maliyet tahmini modellerinin tarihçeleri kısaca açıklanmıştır. Daha sonra araştırmanın asıl konusu olan bina maliyet bilgi sisteminin bir kısmı olan fonksiyonel elemanlara dayalı bina maliyeti tahmin modeli incelenmiştir. Bir diğer çalışma Sönmez (2008) tarafından yapılmış ve yazar parametrik ve olasılık tekniklerin avantajlarını içeren ve bu tekniklerin bir arada kullanılabileceği bir metod geliştirmeyi amaçlamış ve bunun için regresyon analizi ve bootstrap (yeniden örnekleme) tekniklerini birleştirmiştir. Yazar çalışmasında veri seti olarak ABD’de yapılan 20 bina projesini kullanmış ve toplam bina alanının binanın iç işleri, mekanik ve elektrik maliyetleri üzerinde önemli bir etkisi olduğunu tespit etmiştir.

Konu ile ilgili ulusal düzeyde yapılan tez çalışmaları incelendiğinde inşaat yapım maliyetlerini ayrıntılı şekilde inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, inşaat konusu ile ilgili genel çalışmalara (Adiloğlu, 2006; Ocakçı, 2007; Uğur, 2007; Ökmen, 2008; Yağmurlu, 2009; Gülçiçek, 2011) literatürde rastlamak mümkündür. Bu çalışmaların çoğunda inşaat faaliyetleri ile ilgili teknik bilgilere yer verilmiş, maliyet bilgisine ise kısaca değinilmiştir. Örneğin, Adiloğlu (2006) yaptığı çalışmada inşaat taahhüt işletmelerinde muhasebe kayıtları ve birim maliyetleme konusunu irdelemiştir. Diğer taraftan, Ocakçı (2007) çalışmasında inşaat işletmelerinde maliyet kontrol aracı olarak esnek bütçeleme konusunu araştırmış ve bir alışveriş merkezi inşaatı projesi üzerinde esnek bütçeleme çalışması yapmıştır.

Benzer bir çalışmada Uğur (2007) öncelikle maliyet, yapı maliyeti, yapay zeka ve yapay sinir ağları gibi kavramların kuramsal çerçevesini belirlemiş, ardından Başbakanlık Toplu Konut İdaresi (TOKİ) ve Türkiye Konut Yapı Kooperatifleri Birliği (TÜRKKONUT) kuruluşlarından sağlanan çok katlı toplu konutların proje ve metrajlarından yararlanarak bir uygulama çalışması yapmıştır. Uğur (2007) projelerin inşaat maliyetlerini Bayındırlık Bakanlığı 2005 yılı birim fiyat rayiçlerini esas alarak hesaplamış ve tezinde yapay sinir ağı modelini kullanmıştır. Göktürk (2007) ise çalışmasında öncelikle inşaatlarda maliyetlerin ön tahmininde kullanılan yöntemleri ayrıntılı olarak incelemiş; ardından 68 firma yetkilisi ile yaptığı anket uygulaması ile katılımcıların maliyetlerin ön tahmini, maliyetlerin ön tahmininde karşılaşılan zorluklar ve bu zorluklarla ilgili çözüm önerileri hakkındaki görüşlerini edinmiş ve anket sonuçlarını frekans ve yüzde analizleri ile değerlendirmiştir.

Bir başka çalışmada Ökmen (2008), inşaat projelerinin belirsizlik altında faaliyet şebeke çizelgelemesi ve erken maliyet tahminini incelemiş ve risk analizine dayalı bir model önerisinde bulunmuştur. Benzer bir çalışma ile Yağmurlu (2009), çağdaş maliyetleme sistemlerinden olan faaliyet tabanlı maliyetleme ile geleneksel maliyet sistemlerinin inşaat sektörü örneğinde karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada bir inşaat işletmesine ait dört farklı inşaat projesi her iki sisteme göre incelenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, belirlenen maliyetlerde ufak miktarlarda da olsa farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Gülçiçek (2011) ise yapı parametrelerinin değişimi ile yaklaşık kaba inşaat maliyet tahmini konusunu araştırmış ve Uğur (2007) tarafından yapılan çalışmaya benzer olarak inşaat maliyetlerini yapay sinir ağlarını kullanarak hesaplamaya çalışmıştır. Gülçiçek, çalışmasına deprem faktörünü de ekleyerek bir binanın 7 ve 15 katlı simülasyonlarını yapı maliyeti açısından analiz etmiştir.

Bu araştırmada bina yapım maliyetlerinin yapay zeka, simülasyon ve regresyon analizi gibi parametrik yöntemler ile analiz edildiği çalışmalar; özellikle bir inşaat sürecinde yer alan faaliyetlerin neler olduğu ve bunlara ait maliyetlerin nasıl gruplandırılabilirliğinin görülmesi, araştırma anketinin hazırlanması aşamasında değişkenlerin tespiti ve değişkenler arasındaki olası ilişkilerin belirlenmesi, araştırmada kullanılacak analiz metodunun tespit edilmesi ve araştırma sonuçlarının yorumlanması açısından oldukça faydalı bulunmuştur.

### 1.7.5. İnşaat Maliyetlerinin Hatalı Tahminine Yönelik Çalışmalar

İnşaat maliyetlerinin eksik ya da fazla tahmin edilmesine neden olan faktörlerin belirlenmesine yönelik uluslararası literatürde yapılan çalışmalardan birinde Elinwa ve Buba (1993), anket ve mülakat yöntemiyle belirledikleri inşaatlarda maliyet aşımı ve ertelemeye neden olan 31 değişkeni önem indeksi ile analiz etmişlerdir. Analiz sonucu maliyet aşımına neden olan en önemli üç değişkenin; malzeme maliyetleri, hileli uygulamalar ve malzeme fiyatlarındaki dalgalanmalar olduğunu belirlemişlerdir. Kaming ve diğerleri (1997) ise Endonezya’da yaptıkları çalışma ile çok katlı bina yapım projelerinde zaman ve maliyet aşımına neden olan faktörleri anket ve önem analizi (SI) ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda proje süresinde uzamaya neden olan 11 değişken ve maliyet aşımına neden olan 7 değişkenden en önemlisinin malzeme maliyetlerindeki fiyat artışları olduğu tespit edilmiştir.

Benzer bir çalışma ile Dissanayaka ve Kumaraswamy (1999) Hong Kong’daki bina yapım projelerinde zaman ve maliyet performansını etkileyen faktörlerin neler olduğunu araştırmışlardır. Yazarlar, anket sonucu elde ettikleri verileri yapay sinir ağı ve çoklu doğrusal regresyon analizi ile test etmişler ve üretim ve üretim dışı faktörlerin maliyet aşımında etkili olduğunu, özellikle ödeme yönteminin maliyet performansını etkilediğini ve yapay sinir ağı analizinin çoklu doğrusal regresyon analizine nazaran maliyet tahmininde daha başarılı sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Bir diğer çalışmada Flyvbjerg ve diğerleri (2002) 258 kamu ulaştırma altyapı projesini incelemiş ve tahmin edilen maliyetlerin gerçek maliyetlerden çok daha az olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Yazarlar, eksik maliyet tahmininde teknik, ekonomik, psikolojik ve politik açıklamaların neler olabileceğini incelemişlerdir. Ancak, çalışma sonucunda bu açıklamalardan hiçbirinin eksik maliyet tahmini için geçerli bir mazeret olamayacağını, maliyet tahmini uzmanlarının veya projeyi sunanların çoğunlukla bilinçli olarak eksik maliyet tahmininde bulduklarını öne sürmüşlerdir.

İnşaat projelerine ait maliyetlerdeki sapmaların tahmin edilmesi konusunda yapılan bir başka çalışmada Touran (2003), bir model kurarak maliyet sapmalarını gerçek maliyetlerin bir yüzdesi olarak tespit etmiştir. Iyer ve Jha (2005) ise Hindistan’da

yaptıkları çalışma ile inşaat projelerine ait maliyet performansının başarısını olumlu ve olumsuz yönde etkileyen değişkenleri faktör analizi ve önem indeksi ile tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda yazarlar, anket ve literatür taraması sonucu elde ettikleri maliyetleri olumlu/olumsuz yönde etkileyen 55 değişkeni 7 olumlu ve 7 olumsuz yönde etkileyen faktöre indirgemişlerdir. Shane ve diğerleri benzer bir çalışma ile (2009) yüksek bütçeli kamu inşaat projelerinde maliyet aşımına neden olan faktörleri incelemişlerdir. Yazarlar 20 eyalet otoyol acentası ile yaptıkları mülakat sonucu her tip inşaat projesi için geçerli olmak üzere maliyetleri yükselten 18 faktör tespit etmişlerdir.

Bir başka çalışmada Love ve diğerleri (2013) Avustralya'daki 276 inşaat projesinden ve 133 anket katılımcısından elde ettikleri verileri ANOVA ile analiz etmişler ve proje değerlerine göre yapılan olasılık tahminlerinde tahmini maliyetlerin gerçek maliyetlerden ortalama %12,22 daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Dolo (2013) ise anket yöntemi ile 94 katılımcıdan elde ettiği verileri doğrulayıcı faktör analizi ve çoklu regresyon analizi uygulayarak incelemiş ve maliyet aşımı konusuna inşaat projelerindeki ilgili taraflar açısından bakmıştır. Yazar, araştırma sonucunda başlangıçta tespit edilen 48 değişkenden 36'sını 8 faktör altında toplamıştır. Çoklu regresyon analizi ile 8 faktörden en önemli 5 tanesi: projeyi doğru planlama ve izleme, etkili saha yönetimi, yüklenici firmanın etkinliği, tasarım etkinliği ve iletişim olarak tespit edilmiştir.

Diğer bir çalışma ile Abdul Rahman ve diğerleri (2013) Malezya'daki yüksek bütçeli inşaat projelerinde maliyet aşımına neden olan faktörlerin neler olduğunu tespit etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla yazarlar literatür taraması sonucu konuyla en çok ilgili 35 değişken belirlemişler ve 262 anketten elde ettikleri veriler yardımıyla bu değişkenleri önem derecesine (Relative Importance Index/RII) göre sıralamışlardır. Çalışma sonucunda maliyet aşımına neden olan en önemli üç faktörün: malzeme fiyatlarındaki dalgalanmalar, yüklenici firmanın karşı karşıya olduğu nakit akışı ve finansal güçlükler ve son olarak zayıf saha yönetimi olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir çalışma Shehu ve diğerleri (2014) tarafından yine Malezya'da yapılmış ve yazarlar 150 şirketle anket yaparak elde ettikleri 359 proje verisindeki maliyet aşımı sorununu proje tipi, proje sektörü, tedarik, ihale yöntemi ve ihale bedeli gibi çeşitli yönlerden incelemişlerdir.

İnşaat maliyetlerinin eksik ya da fazla tahmin edilmesine neden olan faktörler maliyetleri olumlu veya olumsuz yönde etkilemekte, dolayısıyla inşaat maliyetleri üzerinde bir şekilde etkili olmaktadır. Bu faktörlerin neler olduğunun bilinmesi halinde daha doğru ve gerçekçi maliyet tahmini yapılabilecektir. Bu araştırmanın temel konusu inşaat maliyetlerinin tahmin edilmesine yönelik bir model kurulması olduğundan, maliyetleri olumlu veya olumsuz yönde etkileyen her değişken model açısından ilgili görülmüş ve bu nedenle literatürdeki ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur. Burada sıralanan tüm çalışmalar, araştırma anketinde kullanılacak değişkenlerin tespiti, analiz yönteminin seçimi ve bulguların değerlendirilmesi aşamalarında yol gösterici olmaları açısından dikkatle incelenmiştir.

#### **1.7.6. İnşaatlarda Tekrarlanan Faaliyetlerin Maliyet Üzerindeki Etkisinin İncelendiği Çalışmalar**

İnşaat yapım sürecinde tekrar yapılmak zorunda kalınan faaliyetlerin toplam inşaat maliyeti üzerindeki etkisinin araştırıldığı uluslararası çalışmalara ilk olarak Love (2002) tarafından yapılan araştırma örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmaya göre kalite sorunu vb. gibi nedenlerden dolayı inşaat sürecinde tekrarlanan faaliyetler toplam inşaat maliyetlerinin yaklaşık %2-3 oranında artmasına neden olmaktadır (Love, 2002). Benzer şekilde Rischmoller ve diğerleri (2006) ileri düzey bilgisayarlı görselleştirme araçları veya bilgi teknolojilerinin inşaat sektöründe kullanımını inceledikleri araştırmalarında, inşaatın tasarımı aşamasında projenin 3D ile görselleştirilmesi halinde tasarım hatası nedeniyle yeniden yapılan işlere ait maliyetlerin toplam bütçe içerisindeki payının %5'ten %1'e düşeceğini ifade etmişlerdir. Love ve Sing (2013) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise inşaat projelerinin uygulanması aşamasında tasarım hatası, değişikliği veya ihmali sebebiyle tekrarlanan işlerin proje maliyetlerindeki aşımın yaklaşık %52'sini oluşturduğu ifade edilmektedir.

İnşaatlarda tekrarlanan faaliyetler maliyetlerin artmasına neden olup, yapılan literatür çalışmasında bunların genellikle proje tasarım aşamasında yapılan hatalardan kaynaklı olduğu görülmüştür. Araştırmada inşaat maliyetleri ile ilgili bütün maliyet kalemleri dikkate alındığından bu başlık altında incelenen çalışmaların da incelenmesi gerektiği düşünülmüştür.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE YIKIM MALİYETLERİNİN TESPİTİ

#### 2.1. Genel Açıklama

İnşaat sektörünün insanlık tarihi kadar eski olduğu düşünüldüğünde, yıkım faaliyetlerinin de bu kadar eskiye dayandırılması mümkündür. Şehir planlama ve kentsel dönüşüm çalışmaları göz önüne alındığında, yıkım faaliyetlerinde dünya genelinde artış yaşanmaktadır. Aynı şekilde deprem kuşağında yer alan Türkiye’de özellikle son onbeş yılda yapı güvenliğinin sağlanması veya güvenilir yaşam alanlarının kurulması amacıyla toplu yapı yıkım faaliyetlerinin gerçekleştirildiği görülmektedir.

Bir binanın yaşam döngüsü düşünüldüğünde bu döngünün planlama, tasarım, yapım, bakım/onarım ve kullanım ömrü sonrası yıkım olmak üzere beş aşamadan oluştuğu görülmektedir (Liu ve diğerleri, 2012: 33). Betonarme bir yapının kullanım ömrü genel olarak 40-90 yıl arasında değişmekle birlikte depremler, vandalizm, patlamalar, yangınlar, diğer doğal afetler, kentsel dönüşüm veya yapı sahiplerinin talepleri gibi nedenlerle çoğu zaman yapının kullanım ömrünü tamamlamadan yıkılması söz konusu olabilmektedir. Dahası bir binanın yıkım nedeni genellikle binanın malzeme veya yapısal sorunlarından değil, sosyal, ekonomik, yaşamsal veya çevresel faktörlerden de kaynaklanabilmektedir (Ashworth, 2006: 206; Huang, 2007:1-2; Coelho ve Brito, 2011: 382).

Yapı yıkım kararı genel olarak, mevcut yapıların ihtiyaca cevap vermemesi, depreme dayanıklılık açısından güvenilirliğin azalması, kullanım ömrünü tamamlaması, çarpık kentleşme ya da değişen ve gelişen kent koşulları karşısında yetersiz kalma gibi nedenlerle verilmektedir. Diğer taraftan bir binanın yıkılarak yeniden yapılması veya yenilenmesi kararı yapı unsurlarının yıkılması, bozulması, zarar görmesi veya kullanılamamasının yanı sıra binanın hem tasarım hem de teknolojik olarak modasının geçmesi ile de ilgili olabilir (Ashworth, 1996: 4).



Yıkıma alternatif olarak eski yapıların güçlendirilmesi de yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Ancak, bu tür yapıların bakım-onarım gibi faaliyetlerle yenilenmeye çalışılması çoğu zaman çevresel bir yük getirebilmekte ve enerji kaybına yol açabilecek olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu açılarından değerlendirildiğinde, eski bir yapının hem yapısal, hem de mekanik ve elektrik performansı açısından geliştirilebilmesi için yıkım kararı daha mantıklı olabilir. Diğer taraftan yıkım kararının bir diğer alternatifi binanın kendi haline terkedilmesidir. Bu kararın verilmesi için ekonomik açıdan yıkımın doğru bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu kararda, binanın konumu, yaşı, kalitesi, yüksekliği ve yapı alanı, kanunlar, gayrimenkul vergileri ve o bölgedeki konut ihtiyacı da göz önünde bulundurulmalıdır (Bender, 1979: 132).

## **2.2. İnşaat Sektöründe Yıkım**

Teknolojideki gelişmeler, kıt kaynakların giderek daha fazla kısıt oluşturması ve çevreci yaklaşımların son yıllarda daha çok dikkate alınması, hemen hemen yaşamın her alanında etkili olduğu gibi inşaat sektöründe de etkisini göstermektedir. Daha kaliteli, çevre dostu, konforlu ve ihtiyaçlara cevap veren yerleşim alanlarının inşası, inşaat sektörünün geldiği son noktayı gözler önüne sermektedir. Bu noktada, yeni yerleşim alanlarının kurulmasının yanı sıra, eski yerleşim alanlarının yıkılması veya yenilenmesi faaliyetleri, inşaat sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. Büyük çapta kentsel dönüşüm faaliyetleri, küçük çapta ise güçlendirme ve onarım çalışmaları inşaat sektöründe giderek daha fazla paya sahip olmaktadır. Özellikle son yıllarda Türkiye’de yıkım faaliyetlerinin inşaat sektöründeki en yaygın faaliyetler arasında yer aldığı görülmektedir.

Dünyadaki durum değerlendirildiğinde binaların yıkımı ile ilgili her geçen gün yeni nedenlerin ortaya çıktığı söylenebilir. Bu nedenlerden en önemlisi deprem bölgelerindeki binaların yenilenmesi olarak görülürken, eski binaların gaz emisyonu, enerji etkinliği gibi çevresel nedenler (Matsumoto, 1999: 13) ile kullanım kalitesinin arttırılması, demode olmuş binaların yenilenmesi, vb. gibi kullanıcı isteklerinden kaynaklanan nedenler de bina yıkımında etkilidir. Örneğin; ABD’de konut ile ilgili enerji tüketiminin ABD’nin toplam enerji tüketiminin yaklaşık %11’ine karşılık geldiği ifade edilmektedir (Keoleian, 2000: 136). Bir diğer örmekte Power (2008) hükümetin sürdürülebilirlik planı çerçevesinde binaların yıkılıp yeniden yapılmasını tartışmaya açtığını belirtmektedir. Oxford

Üniversitesi'nin Ekolojik Değişim Enstitüsü (the Environmental Change Institute) tarafından hazırlanan projeksiyonda sıkı bir enerji tasarrufu için 2050 yılına kadar İngiltere'deki konutların yaklaşık %40'ının yıkılması gerekmektedir (Power, 2008: 4487).

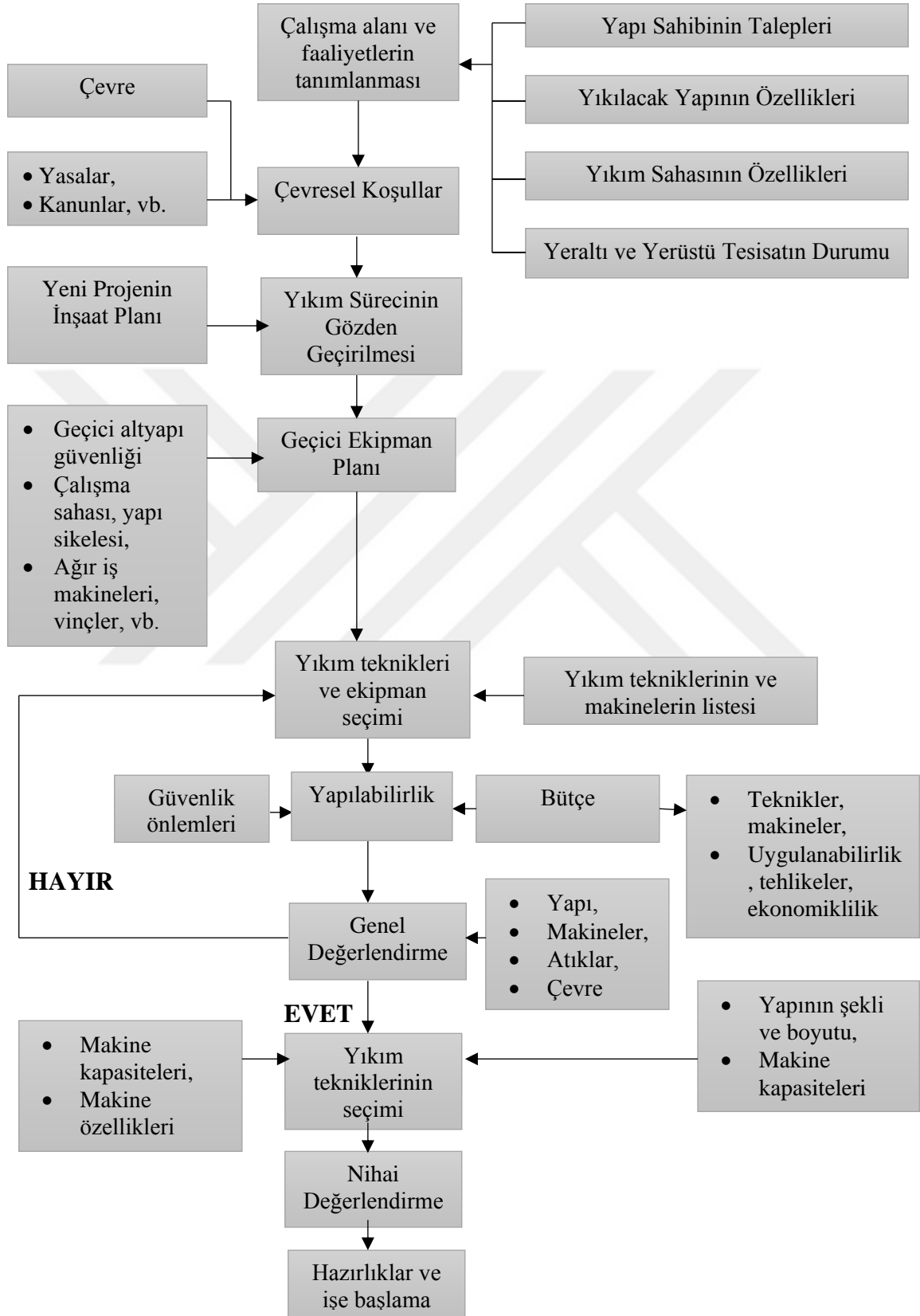
Pek çok ülke yıkım faaliyetleri sırasında uyulması gereken kuralları kanunlar, yönetmelikler, tüzükler veya benzeri hukuki yaptırımlarla belirlemiştir. İngiltere, bina yıkımı sırasında uyulması gereken kuralları Yıkım Teknikleri Yasası (Code of Practice for Demolition) adı altında 1982 yılında kabul etmiştir. Bu kurallar, yapı yıkım teknikleri, teknolojileri, iş güvenliği, çevre koruma ve yıkım ekipmanları gibi yıkım faaliyetleri sırasında karşılaşılabilecek pek çok durumu kapsamaktadır. Benzer şekilde Yeni Zelanda 1994 yılında kabul edilen kanun ile (Approved Code of Practice for Demolition) yıkım faaliyetleri sırasında taşeronların, yapı sahibinin, devletin, işçilerin ve firmaların uyması gereken kuralları belirlemiştir. Çin'de ise yıkım faaliyetleri 2005 yılında çıkarılan bir kanun (Buildings Demolition Safety and Techniques Code) ile yürütülmektedir (Huang, 2007: 8-10). Türkiye'de T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2004 yılında yayımlanan “Hafriyat Toğrağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” ile yıkım faaliyetleri denetim altına alınmıştır.

Pun ve diğerleri (2006) yıkım tekniklerini mekanik yıkım, karma yıkım ve yapı söküm olmak üzere üç ana grup altında toplamaktadır. Bir binanın yıkım maliyeti binanın yapım malzemeleri ve tekniğinden, yıkım tekniğine kadar pek çok unsurdan etkilenmektedir. Yapı yıkım teknikleri izleyen başlıklarda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### **2.3. Yıkım Teknikleri**

Yıkım tekniğinin seçimine geçilmeden önce yıkımın planlanması ve yıkılacak yapı ve çevresinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gereklidir. Bu seçimde yapısal ve çevresel etkenlerle birlikte yapı sahibinin talepleri ve bütçesi, yapının bulunduğu ülke veya bölgede yürürlükte olan kanunlar, özellikle güvenlik açısından alınması gereken önlemler, vb. gibi pek çok etken yıkım tekniği seçimini etkilemektedir. Pek çok firma, yıkım işi üzerinde pek fazla durmamakta ve yıkım işini basit bir iş planına göre yapmaya çalışmaktadır (Cha ve diğerleri, 2012: 295). Bir yapının yıkım tekniği belirlenirken aşağıda verilen Şekil 3'teki şemanın kullanılması yıkım tekniğinin seçimini kolaylaştırabilir.

Şekil 3: Yıkım Tekniğinin Seçimi



Kaynak: Huang, 2007:12

Şekil 3'te yapı yıkım tekniğinin seçimine dair bir plan sunulmaktadır. Yıkıma geçilmeden önce yapı, saha ve altyapıya ait özellikler tespit edilmeli ve yapı sahibinin talepleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu şekilde çevresel özellikler de belirlendikten sonra yıkım faaliyetleri tanımlanır. Yıkım işine dair yasal ve hukuksal süreçlerin tamamlanmasının ardından yıkım süreci planı hazırlanarak gerekli güvenlik önlemleri alınır. Geçici yıkım projesine ait makine ve ekipman planları hazırlanır ve yıkım tekniği seçilerek asıl yıkım planı oluşturulur. Seçilen yıkım tekniğine göre yeni bir makine ve ekipman planı hazırlanarak genel bir değerlendirme yapılır. Değerlendirme sonucunda eğer yıkım projesinde herhangi bir eksiklik veya yapılabirlik açısından sorun yoksa seçilen yıkım tekniğine göre makine kapasiteleri ve özellikleri, yapının şekli ve boyutu tekrar gözden geçirilerek nihai bir değerlendirme yapılarak yıkım için hazırlıklara başlanır.

Yapı yıkımı 1950'lere kadar kolgücü ile yapılırken, günümüzde özellikle hızla gelişen inşaat sektörü mekanik araçların da kullanımı ile bu alanda yeni tekniklerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Yıkım tekniklerini pek çok farklı açıdan sınıflandırmak mümkün iken en genel çerçevede bu teknikler; elle yıkım, mekanik yıkım, yapı söküm, patlayıcılarla yıkım ve karma yıkım olarak sınıflandırılmaktadır (Pun ve diğerleri, 2006: 968; Onal, 2009: 26; Cha ve diğerleri, 2012: 295).

Liu ve diğerleri (2012: 33) yapı söküm ve mekanik yıkımı maliyetler açısından karşılaştırmışlar ve yapı söküm tekniğinin daha kârlı olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer bir çalışma ile Coelho ve Brito (2011) geleneksel yıkım teknikleri ile yapı söküm yıkım tekniğini karşılaştırmışlar ve yıkım maliyetlerini oluşturan temel kalemlerin toplam maliyet üzerindeki etkilerini Tablo 7'deki gibi tespit etmişlerdir.

**Tablo 7: Maliyet Kalemlerinin Toplam Yıkım Maliyeti Üzerindeki Ortalama Etkisi (%)**

| <u>Maliyet Kalemi</u> | <u>Geleneksel Yıkım</u> | <u>Yapı söküm</u> |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| Şantiye kurulumu      | 3,13                    | 2,81              |
| İşçilik               | 4,91                    | 22,10             |
| Ekipman               | 9,47                    | 20,00             |
| Nakliye               | 6,05                    | 27,10             |
| Tasfiye               | 75,80                   | 28,00             |

**Kaynak:** Coelho ve Brito, 2011: 390

Tablo 7’de maliyet kalemlerinin, yapının toplam yıkım maliyeti üzerindeki ortalama yüzdesel etkisi görülmektedir. Geleneksel yıkım tekniklerinde tasfiye giderleri toplam yıkım maliyeti içerisinde %75,8’lik paya sahipken, yapısöküm tekniğinde bu maliyet kaleminin ağırlığı %28’lere düşmektedir. Diğer taraftan ekipman, nakliye ve işçilik giderleri geleneksel yıkım tekniklerinde kısmen daha düşük bir paya sahipken, bu kalemlere ait giderler yapısöküm tekniğinde oldukça yükselmektedir. Örneğin işçilik giderleri açısından durum değerlendirildiğinde geleneksel yıkım tekniklerine nazaran yapısökümde bu giderin daha yüksek olma nedeni, geri dönüşüme elverişli malzemelerin sökülmesi için daha çok işçilik saatine ihtiyaç duyulmasıdır. Benzer şekilde söküm işlemi için daha fazla ekipmana ihtiyaç duyulmakta ve yeniden kullanıma elverişli malzemelerin depolara veya ikinci el pazarlara ulaştırılması için daha yüksek nakliye giderlerine katlanması gerekmektedir. Tablo 7’den de anlaşıldığı gibi yapı yıkım tekniğinin seçimi maliyetler üzerinde oldukça etkilidir.

Bir yapının yıkımı sırasında kullanılacak yıkım teknikleri aşağıdaki başlıklarda ayrı ayrı incelenmekte ve bu tekniklerin yıkım maliyeti üzerindeki olası etkileri analiz edilmektedir.

### **2.3.1. Elle Yıkım**

İnsan gücü yardımıyla yapılan bu yıkım türünde faaliyetler genel olarak bina yapım aşamalarının tersi yönünde yapılmaktadır. Yıkım faaliyetleri sırasında elle kullanılan matkap, testere, keser, balyoz, hilti, vb. gibi aletlerin kullanılması yaygındır. Diğer taraftan, gerekli görüldüğünde küçük iş makinelerinin de elle yıkım tekniğinde kullanıldığı görülmektedir. Yapının yıkımına yukarıdan aşağıya doğru gelinecek şekilde başlanır ve yapının ana taşıyıcı sistemine yapı desteklenmeden önce dokunulmaz.

Bu yıkım tekniğinin olumsuz yönleri incelendiğinde yıkım süresi açısından en fazla zaman gerektiren teknik olduğu görülmektedir. Maliyetler açısından değerlendirildiğinde ise bu teknik diğer tekniklere göre en fazla işgücü giderine neden olan tekniktir. Elle yıkım tekniğinin olumlu yönü ise geri dönüşümü mümkün olan yıkıntı atıklarının isteğe bağlı olarak yıkım sırasında ayıklanabilmesidir (Onal, 2009: 26).

### 2.3.2. Mekanik Yıkım

Genel olarak bina yıkımının buldozer, kazı makinesi (ekskavatör), vb. gibi gelişmiş mekanik makine ve teçhizat yardımıyla yapılmasıdır (Pun ve diğerleri, 2006: 968). Bu yıkım türünde betonu parçalamak için genellikle basınçlı hava ile çalışan (pinömatik) veya hidrolik etki yaratan kırıcı araçlar kullanılır (Walker, 1996: 225). Bu araçların yanı sıra bunlara yardımcı olarak darbe çekiçleri, matkap, delici ve kesici aletlerin de kullanımı yaygındır. Mekanik yıkım kullanılan makine ve teçhizat türüne göre altı başlık altında incelenebilir (Onal, 2009: 27-28):

- Yüksek erişimli makinelerle yıkım
- Tabla çökertme yöntemi ile yıkım
- Çelik top ile yıkım
- Su jeti ile yıkım
- Kesme / delme yöntemi ile yıkım
- Mini makinelerle yıkım.

Bu tekniğin olumsuz yönü, yıkım işinin kısa sürede tamamlanmasına rağmen geri dönüşüm veya yeniden kullanıma elverişli bir teknik olmadığı için yıkım alanında fazla miktarda moloz (yıkıntı atığı) ortaya çıkmasına sebep olmasıdır. Geri dönüşüme olanak sağlamaması ve atık sahası maliyetlerini yükseltmesi bu tekniğin başlıca olumsuz özelliğidir. Diğer taraftan, kısa süreli veya bütçenin kısıtlı olduğu projelerde, işgücüne fazla ihtiyaç duyulmaması ve bu nedenle işçilik giderlerinin az olması bu tekniğin en olumlu özelliğidir (Pun ve diğerleri, 2006: 968). Elle yıkım tekniği ile karşılaştırıldığında mekanik yıkım sonrası yapı malzemesinin geri dönüşümünün sağlanması daha düşükken, patlatmalı yıkım tekniği ile karşılaştırıldığında malzeme geri dönüşüm olanağının daha fazla olduğu görülmektedir (Onal, 2009: 28).

### 2.3.3. Yapısöküm

**Yapısöküm**, genel olarak yeniden kullanıma veya geri dönüşüme azami düzeyde olanak sağlayan ve atık miktarını asgari düzeyde tutan sistemli ve planlı bir yıkım tekniğidir. Yapısöküm tekniği, inşaat yani diğer bir deyişle yapım faaliyetinin tersi

şeklinde de açıklanabilir. Buna göre yapım faaliyetlerinin tersine işleyişi şeklinde izlenen bir tekniktir (Pun ve diğerleri, 2006: 968). Yapı ayrıştırma olarak da adlandırılan bu teknikte amaç yapı malzemelerinin özenle sökülerek mümkün olduğu kadar geri kazanılmasıdır (Onal, 2009: 37).

2003 Yılında Çevre Koruma Ajansı (EPA, Environmental Protection Agency) tarafından hazırlanan rapora göre, ABD’de yapı ile ilgili inşaat ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atık miktarı yaklaşık 170 milyon ton olup, bunun %49’unu yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar oluşturmaktadır. Diğer taraftan yıkıntı atıklarının ancak %40’ı beton, asfalt, metal ve tahta olarak geri dönüşüme kazandırılmaktadır (Cha ve diğerleri, 2012: 295). Bu oranı yükseltebilmek ve geri dönüşüme daha fazla atık kazandırabilmek için yapı yıkım faaliyetlerinin planlı yapılması ve yapısöküm tekniğinin daha fazla kullanılması gerekmektedir.

Franklin Associates (1998) tarafından yapılan bir diğer araştırmaya göre, bu tekniğin kullanıldığı yıkım çalışmaları sonucu elde edilen atıkların %90’ ı geri dönüşüm açısından kaliteli materyaller olarak değerlendirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında yıkıntı atıklarının sadece %10’u atık sahalarına gönderilmekte, bu da hem atık depolama maliyetlerini düşürmekte, hem de çevreci bir yaklaşımın sergilenmesinde faydalı olmaktadır. İnşaat sektöründe çevresel değerlere sahip ilgili taraflar genellikle kendilerini zaman ve verimlilik gibi ticari zorunluluklarla karşı karşıya bulabilmekte ve bu da çevreci bir yaklaşım sergilemelerinde gizli bir engel teşkil edebilmektedir (Gluch, 2009: 960). Düşük maliyetli projelerde çevrenin yeterince korunamadığı diğer taraftan yüksek maliyetli projelerin çevre üzerinde daha düşük olumsuz etkisi olduğu gerekçesiyle çevresel amaçlarla maliyetlerin kısa dönemde bağdaşmadığı düşünülebilmektedir (Seo ve diğerleri, 2004: 415). Ancak projelerde çevreci bir yaklaşım sergilenmesi özellikle verimlilik ve kârlılık açısından atıkların geri kazanımı ile daha avantajlı görülmektedir.

Yapısöküm tekniğinin en büyük avantajı, ikinci el atık malzeme ve hurda pazarının canlanmasına olanak sağlamasıdır. Diğer yandan, bu tekniğin maliyeti diğer tekniklere göre çok daha yüksektir. Bunun temel nedeni, bu tekniğin kaliteli ikinci el malzeme edinilmesi için yıkım işinin sistemli ve planlı yapılması gerektiğinden insan gücüne bağlı olmasıdır (Pun ve diğerleri, 2006: 968). Ayrıca, süre açısından değerlendirildiğinde diğer

tekniklere nazaran yapısöküm tekniği daha fazla zaman almaktadır. Bu teknikte işçilik giderleri yüksek tutarlardadır. Ancak işçilik saati ücretlerinin, makine ve teçhizat saat ücretlerine oranla daha az olduğu da göz ardı edilmemelidir (Cha ve diğerleri, 2012: 296). Ahşap yapılar bu teknik için en elverişli yapılardır. Ayrıca tarihsel açıdan öneme sahip yapıların yıkımında da bu tekniğin kullanılması daha çok yapı bileşenin kurtarılabilmesi açısından en uygun yıkım tekniğidir (Onal, 2009: 40).

#### **2.3.4. Patlayıcılarla Yıkım**

*Patlayıcılarla yıkım*, patlayıcı maddeler yardımıyla bir yapının önceden belirlenmiş bir noktasındaki taşıyıcı elemanın patlatılmasıyla yapının o noktanın üzerinde kalan kısmının o nokta üzerine düşürülmesi şeklinde uygulanan tekniktir. Patlayıcılar yapının tek bir kısmı tek bir tarafa yıkılacak şekilde yerleştirilerek, her bir kısmın merkeze doğru çökmesi sağlanır. Yapının ne şekilde yıkılacağı yıkım ekibi tarafından yerleştirilen dinamitler vasıtasıyla belirlenir. Yapı kısım kısım yıkılabileceği gibi, merkezde patlatılan bir patlayıcı vasıtasıyla da yıkılabilir. Patlayıcı miktarı ve çeşidi yapı malzemesine göre belirlenir. Betonarme yapılarda dinamit veya benzeri patlayıcı maddeler kullanılırken, betonarme yapılarla karşılaştırıldığında yıkımı daha güç olan çelik yapıları yıkmak için siklotrimetilenetrinitramin (RDX) kullanılabilir (Onal, 2009: 34).

Patlayıcı kullanarak yapılan yıkımın diğer yıkım tekniklerine göre üstün olduğu noktalar; yıkımın kısa sürede yapılabilmesi, özellikle yüksek yapılar için işgücü, makine, vb. gibi ekipmanlar açısından daha az kaynak tüketmesi ve son olarak diğer yöntemlere nazaran daha ekonomik olmasıdır (Huang, 2007: 14-15). Bu yıkım türü diğer yıkım türlerine nazaran daha kısa zaman alırken, kurtarılabilecek pek çok yapı malzemesi yapısal atık haline gelir ve kullanılması mümkün olmaz. Bu durumda tercih edilmesi halinde tekrar kullanılacak yapı malzemelerinin patlayıcılarla yıkım aşamasına geçilmeden önce ayrıştırılması ve yıkım alanından uzaklaştırılması gerekir (Onal, 2009: 34).

#### **2.3.5. Karma Yıkım**

*Karma yıkım*, genel anlamda mekanik yıkım ve yapısöküm tekniğinin bir arada kullanıldığı bir tekniktir. Bu nedenle bu teknik bir taraftan mekanik yıkım tekniğinin

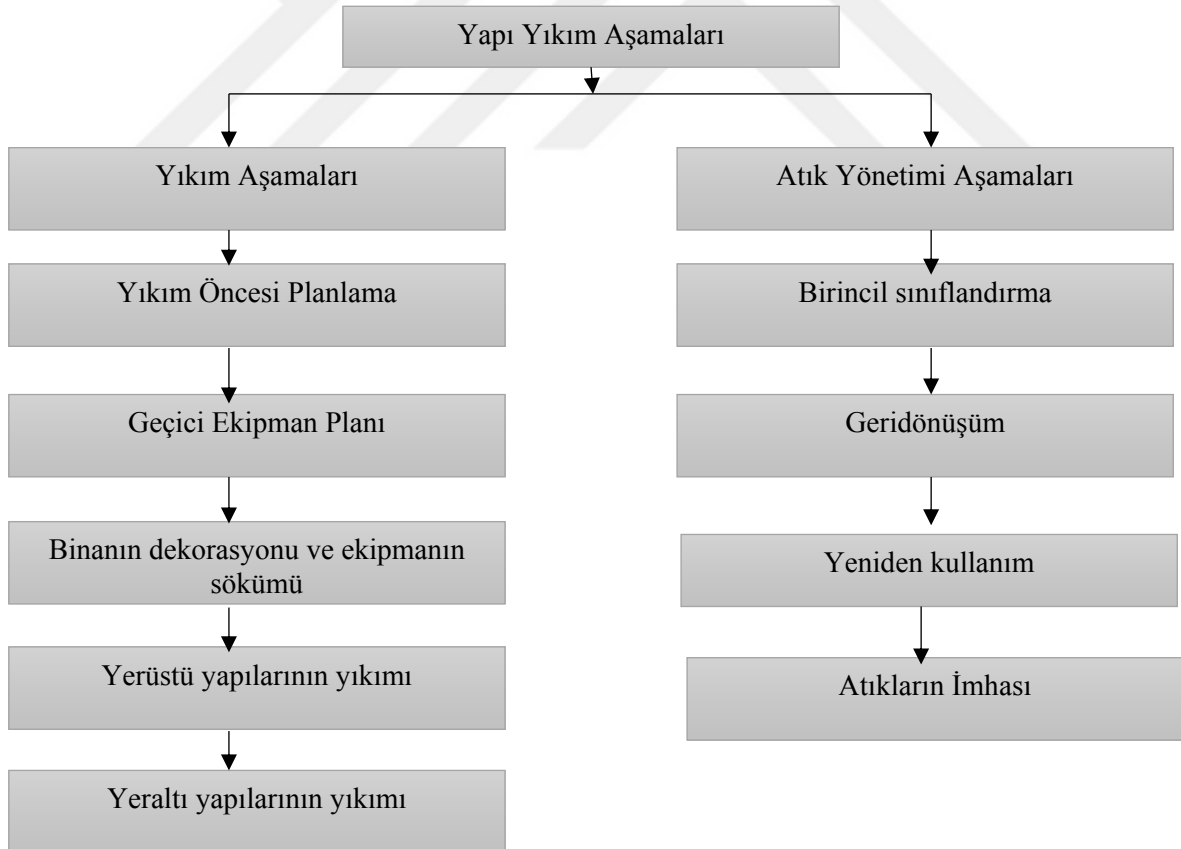


sağladığı düşük maliyet avantajını yapısında barındırırken, diğer taraftan yapı söküm tekniğinin en büyük avantajı olan atık ve hurda malzemelerin ikinci el kullanımına olanak sağlar. Yüklenici firmalar açısından bu iki yıkım tekniğinin avantajlarının tümünü içermesi, karma yıkım tekniğinin zaman, bütçe ve yıkım riski gözönünde bulundurulduğunda yıkım şartları el verdiği takdirde ekonomik açıdan en uygun teknik olmasını sağlar (Pun ve diğerleri, 2006: 969).

## 2.4. Yıkım Aşamaları

Bir yapının yıkımı genel olarak yapının tersi olarak gerçekleştirilir. Bu nedenle bir yapının inşası ve bu inşanın aşamalarının bilinmesi, yıkım işinin planlanması açısından önem taşımaktadır. Yapı yıkım aşamalarını Şekil 4’teki gibi özetlemek mümkündür.

**Şekil 4: Yapı Yıkım Aşamaları**



**Kaynak:** Huang, 2007:15

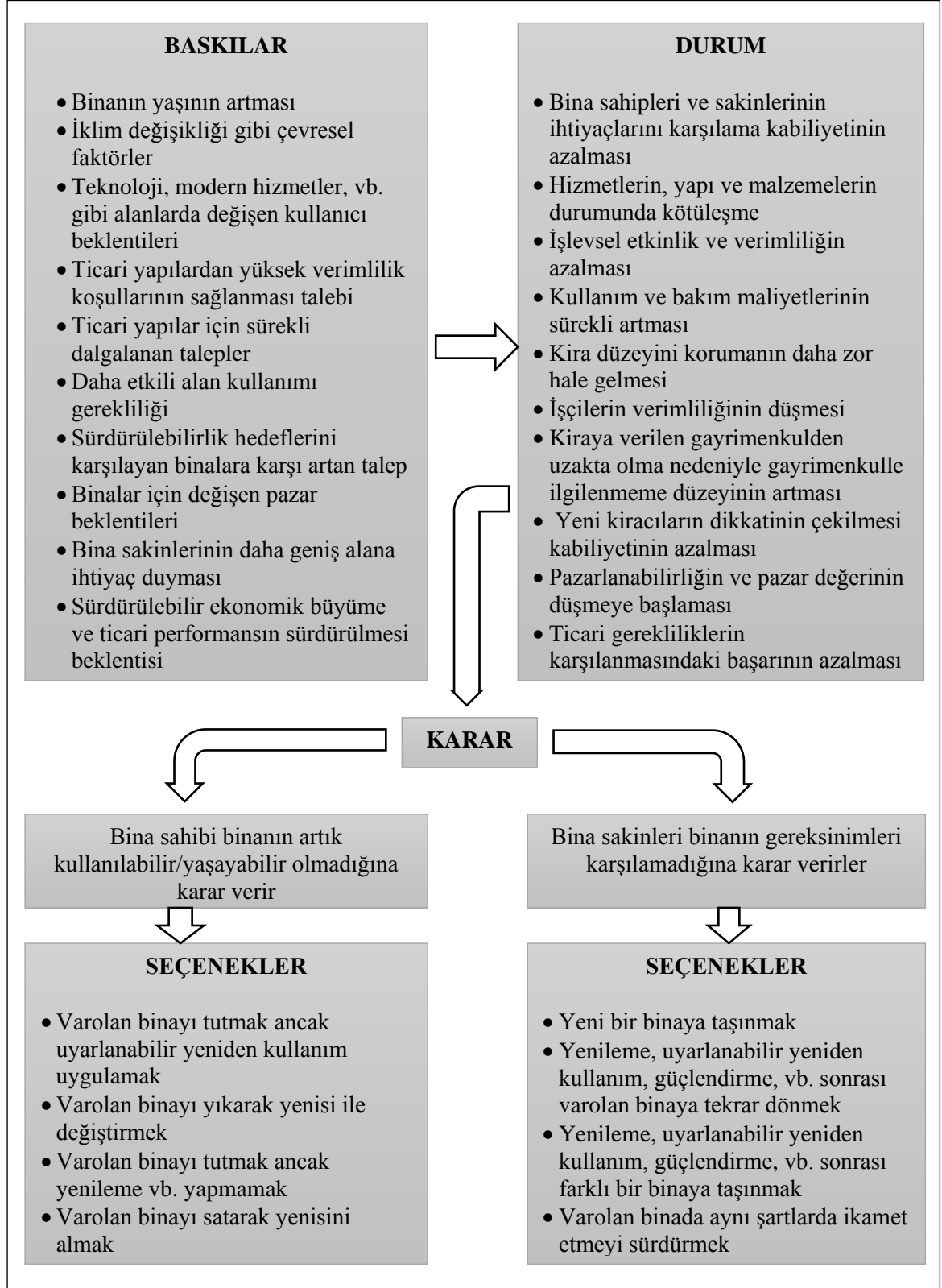
Şekil 4’te bir yapının yıkım aşamalarına yer verilmektedir. Bir yıkım projesi, yıkım ve atıkların yönetimi şeklinde iki aşamadan oluşmaktadır. Bir yapının yıkımına başlanmadan önce mümkünse yapının projesi incelenmeli ve yapı mimari, statik, mekanik ve elektrik gibi teknik açılardan incelenmelidir. Eğer yapının projesine ulaşılamamışsa, uzman kişiler aracılığıyla sıralanan bu teknik bilgilere yapı tekrardan incelenerek ulaşılmalıdır (Onal, 2009: 43). Ardından yıkım planlanmalı, gerekli ekipman, makine ve teçhizata dair planlama yapılmalı, tercih edilirse yıkım alanındaki geri kazanıma elverişli malzemeler sökülmesi ve son olarak sırasıyla yerüstü ve yeraltı yapıların yıkımı tamamlanmalıdır. Atık yönetimi açısından ise öncelikle atıklar sınıflandırılmalı, geri dönüşüme elverişli olanlar ayırt edilmeli, yeniden kullanım için elverişli olanlar ikinci el pazarlara veya ilgili depolara ulaştırılmalı, geriye kalan atıklar ise imha edilmelidir. Yıkım aşamaları ile ilgili ayrıntılı açıklamalara izleyen başlıklarda yer verilmektedir.

#### **2.4.1. Yıkım Öncesi Aşamalar**

Bir yapının yıkımına başlanmadan önce planlanması ve belirlenmesi gereken pek çok belirsizlik mevcuttur. Başarılı ve hedeflere uygun bir yıkım sürecinin tamamlanabilmesi için yıkım işlerinin önceden projelendirilmesi gerekmektedir. Yıkım projesi hazırlanırken öncelikle yıkım hedeflerinin belirlenmesi, daha sonra yıkıma dair fizibilite çalışmalarının yapılması, yapının bu çalışmalar ışığında değerlendirilmesi, yapının bulunduğu çevrenin değerlendirilmesi, gerekli izinlerin alınması ve hukuksal işlemlerin tamamlanması, yıkım sahasına ilişkin koşulların hazırlanması, yıkım tekniğinin belirlenmesi ve yıkımın planlanarak yapının yıkıma başlanması için hazır hale getirilmesi sağlanmalıdır. Bu aşamalar ayrıntılı bir şekilde aşağıdaki gibi açıklanabilir (Onal, 2009: 43; Bullen ve Love, 2010).

- **Yıkım Kararının Verilmesi:** Bir binanın yıkımı veya güçlendirilmesi kararı söz konusu olduğunda maliyetlerin en önemli faktör olduğu görülmektedir (Bullen ve Love, 2010: 219). Ayrıca, Hochman ve Pines (1980: 18)’ a göre binanın durumu ve şehrin yerleşim şekli de yıkım kararında etkilidir. Diğer taraftan Şekil 5’te verilen diğer faktörlerin de yıkım kararı verilirken dikkate alınması bu kararın isabetli bir şekilde verilmesine olanak sağlamaktadır.

**Şekil 5: Bir Binanın Yaşam Kararının Verilmesi Süreci**



**Kaynak:** Bullen ve Love, 2010: 221

Şekil 5'te görüldüğü gibi bir binanın yıkım veya yaşam kararının verilebilmesi için çevre, teknoloji, vb. gibi faktörlerden kaynaklanan baskılar ve bu baskılar karşısında bina sahibi ve kullanıcıların durumu dikkate alınarak bir karara varılması gerekir. Ardından bu karara göre yıkım, yenileme, güçlendirme, binayı elden çıkarma, vb. gibi seçeneklerin değerlendirilmesi söz konusu olur.

- **Yıkım Hedeflerinin Belirlenmesi:** Bir yıkım projesine başlanmadan önce yapılması gereken ilk iş yıkım hedeflerinin belirlenmesidir. Bu şekilde yıkım hedeflerine uygun olarak bazı yapıların tamamen yıkımı gerçekleştirilebileceği gibi, yapıdan mümkün olduğunca fazla yapı bileşeninin geri kazanılması da sağlanabilir. Yıkım hedeflerinin tespit edilmesi, yıkım tekniğine karar verilmesinden, kaynak kullanımına kadar yıkım projesinin oluşturulmasında önem taşıyan tüm unsurları etkiler. Bu nedenle yıkım hedeflerinin mümkün olduğunca doğru tespit edilmesi ve kararlaştırılması projenin başarısı açısından çok önemlidir (Onal, 2009: 44).
- **Yıkım Fizibilite Çalışmalarının Yapılması:** Yıkıma dair fizibilite çalışmasında yapı alanının fiziksel koşulları ve yıkımın ekonomik boyutları incelenmektedir. Bu iki kriter birbiri ile yakından ilişkili ve neden sonuç ilişkisine sahiptir. Yıkım alanının özellikleri, yıkımın ekonomik ve fiziksel koşullarını da etkiler. Yıkıma başlamadan önce binanın fiziksel durumu ile ilgili olarak; bina tipi (müstakil veya apartman oluşu, bitişik nizam olup olmaması), kullanım durumu (terk edilmiş, kullanılmakta, satılık, kiralık, yenilenme halinde, vb.), konumu (binanın yerleşim yerine yakınlığı, şehir içinde veya şehir dışında oluşu, bulunduğu yerleşim birimi), fiziksel durumu (deprem, yangın, sel, vb. gibi olumsuz etkenlerden etkilenmiş olup olmadığı), yapımında kullanılan malzemeler (yapı malzemelerinin geri kazanım için elverişli olup olmaması) gibi bilgiler edinilmelidir (Onal, 2009: 45).
- **Yapının Değerlendirilmesi:** Yıkım planının yapılabilmesi için öncelikle yıkımı yapılacak binanın ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesi gerekir. Genel olarak bir yapı konut, fabrika binası, ofis vb. gibi kullanım amacına göre, binanın konumu veya önemine göre, bina sahibinin niteliğine göre, binanın yüksekliğine göre ve taşıyıcı sisteminin yapısına göre değerlendirilebilir (Huang, 2007:18; Coelho ve Brito, 2011: 383). Binanın yapısı, yıkımın planlanması ve

fizibilitenin hazırlanmasında yol gösterici olacağından uzman raporlarına ihtiyaç vardır. Bina ile ilgili olarak taşıyıcı sistemin değerlendirilmesi, geri kazanılacak yapı elemanlarının tespit edilmesi, tesisatın incelenmesi ve yapıda bulunan tehlikeli maddelerin tespit edilmesi gerekir (Onal, 2009: 46).

- **Yapı Çevresinin Değerlendirilmesi:** Yıkım sırasında herhangi bir tehlikeli durumun ortaya çıkmaması için yıkımı yapılacak yapının çevresi özellikle elektrik, doğalgaz, su bağlantıları açılarından kontrol edilmeli ve bu bağlantıların gerekli izinler alınarak uzman personel tarafından kesilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca yıkım sırasında oluşacak kazaları önlemek açısından yıkım etrafının nasıl çevrileceği, güvenlik alanının belirlenmesi, perde yüksekliğinin ne kadar olması gerektiği gibi konularda karar verilmesi gerekmektedir (Onal, 2009: 50).
- **Yıkım İzninin Alınması ve Hukuki İşlemlerin Tamamlanması:** Yıkım işlemlerine başlanmadan önce yıkımı yapılacak yapı için mücavir alan sınırları içerisinde ise ilgili belediyeden, dışında ise mahallin en büyük mülki amirinden yıkım izninin alınması gerekmektedir. Yıkım izni yıkım faaliyetini gerçekleştirecek kişi, kurum veya firmalar tarafından alınır ve yapı yıkım ruhsatı için çeşitli işlemler yapılarak ilgili belgeler ilgili mülki amire sunulur (Onal, 2009: 52).
- **Güvenlik Önlemlerinin Alınması:** Yıkım çalışmalarına geçilmeden önce saha, iş ve işçi güvenliğine dair tüm önlemlerin alınmalıdır. Özellikle işgücü ağırlıklı yıkımlarda işçilerin korunması amacıyla koruyucu şapkalar, göz koruyucuları, vb. gibi işçilerin korunmasına yönelik önlemler alınmalı, yıkım sırasında zehirli maddelere maruz kalınması halinde işçilerin kurşun tanıma testi gibi testlerle sağlıklarını tehlikeye düşürecek maddelerin kontrolü sağlanmalı, yıkım sırasında oluşabilecek iş kazalarını önlemek için yıkım öncesi işçilere eğitimlerin verilmesi, geri kazanılabilecek yapı bileşenlerinin istem dışı çöküntü ya da yıkım kazası gibi nedenlerle atık haline dönüşmesi engellenmelidir (Onal, 2009: 53-54).
- **Yapı Yıkım Tekniğinin Seçilmesi:** Yıkım öncesi aşamalardan ilki olan yıkım hedefleri belirlendikten sonra, bu aşamada belirlenen hedefler doğrultusunda yıkım tekniğinin hangisi olacağına karar verilir. Yıkım tekniğinin seçilmesinde; yıkım hedefleri, binanın yapısı, yıkımın büyüklüğü, yapının konumu, güvenlik, zaman ve maliyet gibi faktörler etkilidir (Onal, 2009: 55).

- **Yapı Yıkım Planının Hazırlanması:** Yapı yıkım öncesi aşamaların tümü tamamlandıktan sonra, en son aşama olarak yıkım planı hazırlanır. Bu planın hazırlanmasında yukarıda sıralanan tüm aşamalarda elde edilen bilgiler veri olarak kullanılır ve yıkım tekniğinin de seçilmesiyle birlikte yıkım planının hazırlanması aşamasına geçilir. Yıkım planında yıkım süreci için bir takvim hazırlanır. Yıkım ekibi ve yapacakları işler sırasıyla belirlenir. Geri kazanılabilecek yapı bileşenlerinin yıkım alanından nakliyesi ve depolanması da yapı yıkım planında ayrıntılı olarak belirtilmesi gereken işlerdendir (Onal, 2009: 56; Huang, 2007:16).

#### 2.4.2. Yıkım Sırasındaki Aşamalar

Yıkım öncesinde yapılması gereken tüm işlemler yapıldıktan ve yıkım planı hazırlandıktan sonra yapı yıkımına başlanır. Yıkım sırasındaki aşamaları; yıkım alanının hazırlanması, yapının desteklenmesi ve yıkımın gerçekleştirilmesi olarak üç aşamada sıralamak mümkündür (Onal, 2009: 57-60).

- **Yıkım Alanının Hazırlanması:** Yıkım öncesi aşamalar sonrasında, hazırlanan yıkım planına göre öncelikle yapı alanında daha önceki aşamalarda tespit edilmiş tehlike oluşturacak durumların açıkça sınırlandırılması, uyarı levhaları konması, tavan veya döşemelerdeki boşluk ve tehlikelerin korkuluklarla işaretlenmesi, çatı ve duvarlarda işlemler yapılırken yapı iskelelerinin korkuluklarla çevrilmesi, vb. gibi faaliyetlerle yıkım alanı hazırlanır ve saha yıkıma hazır hale getirilir.
- **Yapının Desteklenmesi:** Yapıda kısmi ve ani çöküşlerin olabileceği ihtimaline karşı işçi güvenliğinin sağlanabilmesi için yapının desteklenmesi ve bu tür çökme olaylarında zarara uğranmaması sağlanmalıdır. Yapı bileşenlerinin sökümü sırasında binanın sağlamlığını arttırmak, çökmeleri önlemek, nakliye ve güvenlik için iskeleler kurulmalıdır.
- **Yıkımın Gerçekleştirilmesi:** Yapı yıkım alanı hazırlandıktan ve yapı desteklendikten sonra yıkım planı çerçevesinde ve bu plan sırasında hazırlanmış iş planlarına uyularak yıkım işlemi gerçekleştirilir. Seçilen yıkım tekniğine uygun olarak öncelikle yapıdan tehlike oluşturabilecek asbest, kurşun, vb. gibi

tehlikeli maddeler uzaklaştırılarak imha edilir. Ardından geri kazanımı planlanan yapı bileşenleri sökülerek ve ayrıştırılarak önceden belirlenmiş depolara nakliye edilir. Daha sonra yapının çatı vb. gibi ayrıştırılabilen kısımları yapının tersine olacak şekilde yıkılır. En son olarak yapının taşıyıcı sistemlerinin yıkımı yapılır ve böylece yıkım işi tamamlanmış olur.

### 2.4.3. Yıkım Sonrası Aşamalar

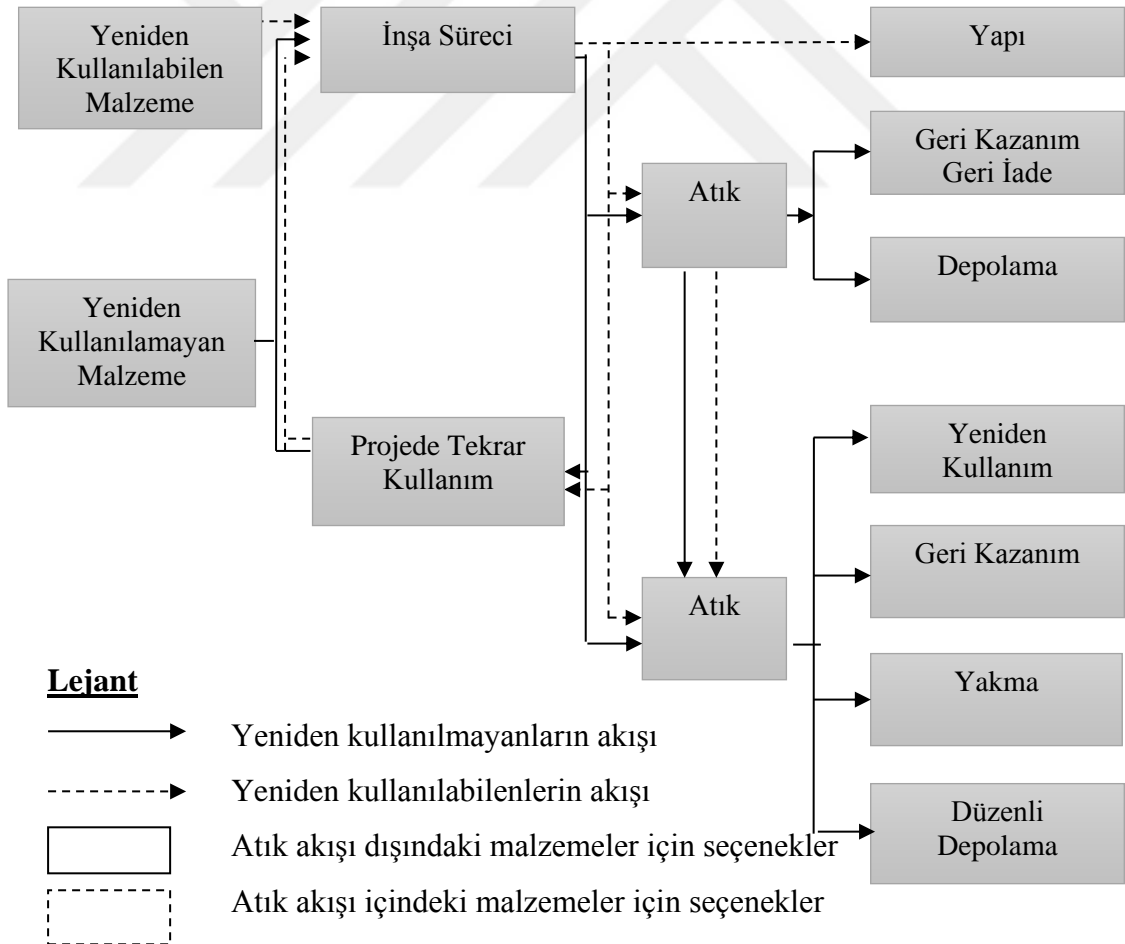
Yıkım planına göre yıkım işlemlerinin tamamlandıktan sonra, geri kazanılabilecek yapı bileşenlerinin değerlendirilmesi, nakliye ve depolama ve yıkım alanının temizlenmesi gibi yıkım sonrası çalışmalara başlanır (Onal, 2009: 61).

- **Geri Kazanılabilecek Yapı Bileşenlerinin Değerlendirilmesi:** Geri kazanılabilecek yapı bileşenleri taşındıkları depolarda özelliklerine ve kullanım amaçlarına göre sınıflandırılır ve ekonomik açıdan değerleri tespit edilir. Yapı bileşenlerinin temizlenerek ikinci el pazarlarda satılması ya da yıkım sahibi tarafından diğer projelerde kullanılması amaçlanıyorsa nakliyesi sağlanır. Ekstra işlem gerektiren yapı bileşenleri geri dönüşüm tesislerine ulaştırılır (Huang ve diğerleri, 2002: 35).
- **Nakliye ve Depolama:** Geri kazanılabilecek tüm yapı bileşenleri yıkım alanından uzaklaştırıldıktan sonra geriye kalan yıkıntı atıkları daha önceden planlanmış ve gerekli izinleri alınmış depolama sahalarına nakliye edilir. Burada dikkat edilecek hususlar çevreye zarar verebilecek yıkıntı atıklarının uygun ve gerekli önlemler alınarak depolanmasının sağlanması ve nakliye sırasında oluşabilecek tehlikeleri önlemek amacıyla uygun taşıma araçlarının kullanılmasıdır.
- **Yıkım Alanının Temizlenmesi:** Yıkım işleminin son aşaması olarak yıkım alanı oluşabilecek tüm tehlikelerin önlenebileceği şekilde temizlenmelidir. Yıkıntı atıklarının yıkım alanından uzaklaştırılmasının ardından yıkım alanında oluşabilecek hendek, çukur, vb. gibi boşluklar doldurulmalı ve güvenli bir şekilde kapatılmalıdır. Son olarak şantiye kurulmuşsa şantiye taşınmalı ve geride insan sağlığı ve çevreye zarar verebilecek hiç bir atık bırakılmamalıdır.

## 2.5. Yıkıntı Atıkları

İnşaat ve yıkım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkların miktarının faaliyete başlanmadan önce tespiti, faaliyetlerin tamamlanmasının ardından ortaya çıkacak nakliye ve depolama gibi maliyet kalemlerinin tahmin edilmesinde belirleyicidir. 2004 Yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yapı yıkımı sonrasında oluşan atıklarla ilgili olarak “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” yayınlanmış ve yıkıntı atıkları genel olarak; bitkisel toprak, hafriyat, inşaat atığı, yıkıntı atığı, asfalt atığı ve tehlikeli atıklar şeklinde sıralanmıştır (Mamur, 2012: 3-7). İnşaat ve yıkıntı atıklarının miktarının tahmin edilebilmesi için Şekil 6’ daki gibi bir akış diyagramı oluşturulması ilgili faaliyetlerin net olarak görülebilmesinde kolaylık sağlar.

**Şekil 6: İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Akış Diyagramı**



**Kaynak:** Mamur, 2012: 32.



Şekil 6’da görüldüğü gibi yeniden kullanılabilen ve kullanılamayan malzemeler; yeniden kullanım, geri kazanım, depolama vb. gibi yöntemlerle değerlendirilir, eğer bu mümkün değilse atıkların imhası ile yıkım işlemi tamamlanır. Genel olarak inşaat yapım ve yıkıntı atıkları beton, tuğla, blok, metal, fazla harç ve beton, kereste ve ürünleri, plastik, sıva, kağıt, bitki örtüsü, asfalt ve topraktan oluşmaktadır (Lawson ve diğerleri, 2001: 148). Cochran ve Townsend (2010) ABD’de yaptıkları araştırmada inşaat atıklarının %42-59’unun portland çimentolu beton, %26-43’ünün asfalt beton, %6-7’sinin tahta, %1-3’ünün tuğla ve künk (beton su borusu), %2-3’ünün asfalt çatı malzemesi, %1-2’sinin alçı ürünleri ve %1’den daha azının ise çelik ve demirden oluştuğunu ifade etmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise yıkıntı atıkları inşaat yapımı, yenileme ve yıkım faaliyetleri açısından ayrı ayrı tespit edilmiş ve yıkım faaliyeti sonucu ortaya çıkan atıkların %0,4’ ünün taş malzemeden, %49,1’inin beton ve molozdan, %42,3’ünün seramikten, %2,1’inin metalden, %4,3’ünün tahtadan, %0,1’inin camdan, %0,1’inin zift türü maddelerden, %0,8’inin alçıdan ve %0,8’inin diğer malzemelerden oluştuğu tespit edilmiştir (Lage ve diğerleri, 2010: 644). Bir yıkım projesinin ardından geri kazanılabilecek ve tekrar kullanılabilir yapı bileşenleri Tablo 8’de gösterilmektedir.

**Tablo 8: Geri Kazanılabilecek Yapı Bileşenleri ve Kullanım Alanları**

| <b>Malzeme</b>  | <b>Geri Kazanılabilecek Yapı Bileşenleri</b>   | <b>Kullanım Alanları</b>   |
|-----------------|--|--|
| Beton           | Geri dönüşümlü agregalar, yerinde dökme beton, precast beton, dekoratif beton bloklar                                      | Yol inşaatı, dolgu malzemesi, temeller için altlık, drenaj, çimento hammaddesi                         |
| Tuğla           | Geri dönüşümlü agregalar, ikinci el tuğlalar   | Dolgu malzemesi, kaldırım kaplama malzemesi, dekoratif bina cepheleri                                  |
| Moloz           | Geri dönüşümlü agregalar   | Yol inşaatı, dolgu malzemesi   |
| Ahşap           | Ahşap kirişler, klasik ahşap iskelet, ağır keresteler, ahşap kapılar, ahşap pencereler, dolaplar                           | Yapı bileşenleri, geçici konutlar, enerji, ahşap ürünler, yakıt, peyzaj malzemeleri, diğer kullanımlar |
| Asfalt          | Geri dönüşümlü asfalt  | Yol kaplaması, park alan kaplaması, asfalt kaldırım, tenis kortları                                    |
| Metal           | Geri dönüşümlü metal, takviye çelik donatı, taşıyıcı çelik, döküm demir, bakır, alüminyum pencereler, metal asma sistemler | Yapı bileşenleri, makineler, aletler, arabalar, diğer kullanımlar                                      |
| Cam             | Cam, geri dönüşümlü cam  | Cam yapı ürünleri, cam donatılı beton, diğer yapı ürünleri   |
| Plastik         | Gerş dönüşümlü plastik, beton polimer  | Plastik yapı ürünleri, kompozitler, diğer plastik ürünler, polimer beton                               |
| Kağıt ve karton | Geri dönüşümlü kağıt, geri dönüşümlü karton  | Kağıt, karton, diğer kullanım alanları   |

**Kaynak:** Onal, 2009: 49; Mamur, 2012: 45; Coelho ve Brito, 2011: 383

Tablo 8’de görüldüğü gibi yıkım öncesi yapıdan ayrıştırılan beton, tuğla, metal, ahşap, cam, plastik, kağıt ve kartonların çeşitli şekillerde geri kazanılabilmesi mümkündür. Lawson ve diğerleri (2001: 146-147) araştırmalarında inşaatlarda ortaya çıkan atıkların %51,2’sinin direkt olarak atık sahalarına gönderilmekte, %39,6’sının arsa düzenlemek için kullanılmakta ve %9,2’sinin ya ezilerek yeniden üretilmekte ya da direkt geri kazanıma gönderilmekte olduğunu tespit etmişlerdir. Bir diğer araştırmada bu tür atıkların katı atık depolama sahalarının Hong Kong’da %44’ünü, İngiltere ve Galler’de %42,2’sini, Kuveyt’te %15-30’unu, Tayvan’da %15-20’sini ve ABD’de %13-29’unu oluşturduğu görülmektedir (Lu ve diğerleri, 2006: 1212). 2009’da yapılan benzer bir araştırmada Avrupa Birliği içindeki toplam atıkların %30’unu yıllık 850 milyon ton ile inşaat atıklarının oluşturduğu ifade edilmektedir (Hiete ve diğerleri, 2011: 334). EPA (1998) raporuna göre ABD’de 1996 yılı inşaat atıklarının 136 milyon tonu inşaat yenileme veya yıkım faaliyetlerinden kaynaklanmakta olup (Da Rocha ve Sattler, 2009: 105; Wang ve diğerleri, 2004: 989), bu atıklarının yaklaşık %48’i (65 milyon ton) yıkım, %44’ü (60 milyon ton) yenileme ve %8’i (11 milyon ton) site alanındaki inşaat faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Da Rocha ve Sattler, 2009; 105).

Yapı yıkım atığı miktarının belirlenmesi, bu atıkların yönetimi ve atık maliyetlerinin ve geri dönüşüm, vb. gibi faaliyetlerden kaynaklı kazançların hesaplanabilmesi için gereklidir. Avustralya İstatistik Bürosu tarafından 2003 yılı için yapılan bir araştırmaya göre Avustralya’da kişi başına yıllık yaklaşık 1 ton katı atık oluşmakta ve bu atıkların yaklaşık %30-40’ı yapım veya yıkım gibi inşaat faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Liu ve diğerleri, 2012: 33). Çin’de ise şehir içi inşaat ve yıkıntı atıklarının miktarının toplam atık miktarının %30-40’ına karşılık geldiği ifade edilmektedir (Zhao ve diğerleri, 2011). Massachusetts’de yıkıntı atıklarının miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmada sadece 1999 yılında bu bölgede 4,7 milyon ton inşaat ve yıkıntı atığı ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Wang ve diğerleri, 2004: 990). Cochran ve diğerleri (2007: 924) Florida’da yaptıkları benzer bir araştırmada bina yapım ve yıkım unsurlarını incelemişler ve yıkım sonucu ortaya çıkacak atık miktarını aşağıdaki formül ile hesaplamışlardır:

$$D = \frac{(a_d \times \alpha)}{g} \sum_{n=1}^i (f_n \times \phi_n)$$

Formüldeki notasyonlar aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır:

D = Yıkım (demolition) sonucu ortaya çıkan atık miktarı

$a_d$  (\$) = Yıkım faaliyetlerine ait toplam maliyet

$g$  (\$/m<sup>2</sup>) = Birim yıkım alanı maliyeti

$\alpha$  (%) = İkamete mahsus alan yüzdesi

$f_n$  (kg/m<sup>2</sup>) = Birim alana düşen atık ağırlığı

$\phi_n$  = Bina çeşidine göre yıkım oranı

$n$  = Bina yapım çeşidi

$i$  = Çeşit sayısı.

## 2.6. Yıkım Maliyetleri

Projenin seçimi ve başlangıç aşamasında yıkım maliyetinin belirlenmesi, yüklenici firma açısından ihaleye giriş aşamasında en doğru teklifi verme, yıkım tekniğinin seçimi ve yıkıntı atıklarının yeniden kullanımı ya da geri dönüşümünün yapılıp yapılamayacağı konularında karar verilebilmesi için büyük önem taşımaktadır (Pun ve diğerleri, 2006: 968). Yıkımı yapılacak binanın yapı malzemelerinin tespiti de yine yıkım maliyetlerini belirlenebilmesi için gerekli görülmektedir (Cochran ve diğerleri, 2007: 930).

Bir projede yıkım maliyetlerinin asgari düzeyde tutulması ve yeniden kullanım ya da geri dönüşümden azami oranda fayda sağlanabilmesi için en uygun maliyet modelinin seçilmesi oldukça önemli bir karardır. Diğer taraftan, yıkımın özellikleri, yıkım projesinin benzersizliği ve seçilen yıkım yöntemine göre proje süresinin uzunluğu yıkım maliyetlerinin değerlendirilmesi yöntemlerini de etkiler (Antohie ve Iacob, 2013: 10).

Avustralya'da yapılan bir çalışmada yıkım maliyetleri araştırılmış ve en çok kârlılık getiren yıkım tekniğinin yapısöküm olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada, karma yıkım tekniğinin daha az kâr getirdiği ve en pahalı yıkım tekniğinin mekanik yıkım olduğu tespit edilmiştir (Pun ve diğerleri, 2006: 967). Benzer bir çalışma Dantata ve diğerleri (2005: 1) Massachusetts'te yapılmış ve yıkıntı atıklarının en az olduğu yıkım tekniğinin yapısöküm

tekniki olduğu tespit edilmiştir. Sıralanan üç tür yıkım tekniği incelendiğinde genel olarak yıkım maliyetlerinin yönetim, işçilik, tesis ve atık imhası ve nakliyesi gibi unsurlardan oluştuğu görülmektedir (Pun ve diğerleri, 2006: 967; Dantata ve diğerleri, 2005: 1). Bir yapının yıkımının ardından ortaya çıkan atıkların bir kısmı geri kazanım için elverişli iken bu atıkların kalan kısmının ise nakliye, depolama, imha gibi süreçlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bu süreçler ise yapı yıkımında önemli bir maliyet unsurudur.

Amerikan Nüfus Sayımı İdaresi (1999) tarafından Florida'da yıkım faaliyeti yürüten müteahhitlere yapılan ankete göre, yıkım maliyetinin ortalama %28'i ( $\alpha$ ) ikamete mahsus binalar, %72'si ise ikamete mahsus olmayan binalara aittir. Ayrıca birim yıkım alanı için ortalama maliyet (g, \$/m<sup>2</sup>) ikamete mahsus binalar için 2,73 \$ ve ikamete mahsus olmayan binalar için 2,39 \$'dır.

Alani ve diğerleri (2001: 217) çalışmalarında bir binanın m<sup>2</sup> başına yapım maliyetinin £800/m<sup>2</sup>, yıkım maliyetinin ise £24/m<sup>2</sup> olduğunu belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada Antohie ve Iacob (2013: 15) yıkım maliyetlerini; direkt maliyet unsurları (malzemeler, işçilik, tesis, nakliye), yasalar tarafından zorunlu kılınan diğer direkt maliyet unsurları (sosyal yardımlar, işsizlik tazminatı, kazalara karşı alınan önlemlerle ilgili fonlar, diğer vergiler), dolaylı maliyetler ve kâr olmak üzere dört maliyet grubu başlığı altında toplamışlardır. Liu ve diğerleri (2012) çalışmalarında toplam yıkım maliyetlerinin aşağıdaki formül ile hesaplanabileceğini ifade etmişlerdir (Liu ve diğerleri, 2012: 35).

$$C = C_i - B_m + C_p + C_e + C_a$$

Formüldeki notasyonlar aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır:

- C = Yıkım Maliyeti
- C<sub>i</sub> = İşçilik Giderleri
- B<sub>m</sub> = Malzeme Maliyeti (Hurda değerinden kaynaklanan faydalar)
- C<sub>p</sub> = Fabrika (tesis) Giderleri
- C<sub>e</sub> = Çevresel Uyumluluk Giderleri
- C<sub>a</sub> = Yönetim Giderleri

Benzer bir çalışmada Pun ve diğerlerinin (2006) yıkım maliyetini iki ana gruba ayırdıkları görülmüştür. Buna göre bir yıkım projesinin maliyetleri ilk olarak girdi ve çıktı maliyetlerinden oluşmaktadır. Yıkım projesi bir iş olarak düşünüldüğünde proje maliyetlendirilmesi sipariş maliyetleme ile ilişkilendirilebilir. Yıkım öncesi maliyetler girdileri oluştururken, yıkım sonrası ortaya çıkan maliyetler de çıktı maliyetini ifade etmekte ve ayrıntılı açıklamalar izleyen başlıklarda yapılmaktadır. Toplam yıkım maliyeti ise aşağıdaki formülle ifade edilebilir (Pun ve diğerleri, 2006: 969-970).

Toplam Yıkım Maliyeti = Yıkım Öncesi (Girdi) Maliyetler + Yıkım Sonrası (Çıktı) Maliyetler

### **2.6.1. Yıkım Öncesi Maliyetler**

Bir yıkım projesinde yıkım öncesi maliyetler; faaliyet giderleri, genel yönetim giderleri, işçilik giderleri, tesis giderleri vb. gibi giderlerden oluşmaktadır. Bu giderler bir araya getirildiğinde yıkım öncesi maliyetler aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Pun ve diğerleri, 2006: 970):

$$\text{Yıkım öncesi maliyetler} = \text{Genel yönetim giderleri} + \text{İşçilik giderleri} + \text{Tesis, makine ve cihaz giderleri}$$

Genel yönetim giderleri içerisinde, yıkım projesinin planlanması, gerekli bürokratik işlemlerin tamamlanması, fizibilite, vb. gibi raporların hazırlanması, yıkım alanının keşfi, pazarlama, finansal raporlama, büro giderleri, seyahat giderleri vb. gibi yıkım yönetimi ile ilgili tüm giderler sıralanabilir. İşçilik giderleri, yıkım projesinde görevli tüm personelle ilgili giderlerdir. Yıkım ekibi, saha çalışanları, makine operatörleri, kamyon sürücüleri, vb. gibi işçilerin ücretleri ve işçilere yapılan diğer ödemelere ait toplam giderler işçilik giderlerini oluşturur. Tesis, makine ve cihazlarla ilgili maliyetler ise, ulaşım giderleri, makinelerin operasyon giderleri, araç ve donanım kiralama giderleri, bakım-onarım, yakıt, amortisman, yıkım sahasının korunmasına dair giderler, tesis kiralama giderleri vb. gibi yıkım projesi ile ilgili tüm sabit giderlerin bir araya getirilmesi sonucu tespit edilir.

### 2.6.2. Yıkım Sonrası Maliyetler

Bir binanın yıkımı sonrasında ortaya çıkan yıkıntı atıkları, yıkım faaliyetinin çıktısı olarak değerlendirilir. Yıkım artığı yani çıktı maliyetleri, yıkım faaliyetleri tamamlandıktan sonra ortaya çıkan atıkların taşınması, yeniden kullanılabilir materyallerin tespiti ve ayrıştırılması, geri dönüşüme gönderilecek materyallerin tespiti ve taşınması, atık saha giderleri, vb. gibi giderlerden oluşmaktadır (Pun ve diğerleri, 2006: 970). Formülde yer alan atık maliyetleri, yeniden kullanımı mümkün olmayan veya hurda değeri taşımayan atıkların imhası, taşınması ve atık saha alanları giderleri gibi tutarlardan oluşmaktadır.

Yıkım sonrası maliyetler = Atık maliyeti - Yeniden kullanımdan kaynaklanan gelirler

Gluch ve Baumann (2004: 575), araştırmalarında bina maliyetlerini yaşam döngüsü maliyetleme açısından incelemekte ve yıkım maliyetlerinin de binanın yaşam döngüsü maliyetlerine eklenmesi gerektiğini savunmaktadır. Yeniden kullanım sonucu elde edilen gelirler ise, hurda değeri olan veya geri dönüştürülebilir niteliği taşıyan atıkların satışı veya kullanımından kaynaklanan gelirlerdir. Bir yıkım projesi sonucu elde edilen demir, tahta, beton, vb. gibi tekrar kullanılabilir atıkların ikinci el piyasalarının varlığı, bu tür materyallerin kolayca satışına olanak sağlamaktadır (Pun ve diğerleri, 2006: 970).

### 2.6.3. Yıkıntı Atıklarının Nakliyesiyle İlgili Maliyetler

Türkiye’de yıkıntı atıklarının nakliyesiyle ilgili maliyetler, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın “Sabit Nakliye Birim Fiyatları” ndan hafriyat ve inşaat yıkıntı atıklarının taşınması için kullanılabilir “Şantiye Dışına Kamyonla Kazı Malzemesi ve Moloz Nakli (SNBF.27)” birim fiyatlarına göre hesaplanır. Buna göre moloz ve yıkıntı atıklarının birim nakliye maliyeti aşağıdaki formüller aracılığıyla hesaplanmaktadır (Mamur, 2012: 27; Gözü, 2014: 33; Akbıyıklı, 2012: 182-183; Birecikli, 2011: 70). Eğer taşıma mesafesi 10 km den az ise birim nakliye maliyeti aşağıdaki formül ile hesaplanır ve mesafe metre olarak formüle alınır;

$$F = A \times K \times (0,00017 \times K / \sqrt{M}) \times G$$

Eğer taşıma mesafesi 10 km den fazla ise birim nakliye maliyeti aşağıdaki formül ile hesaplanır ve mesafe kilometre olarak dikkate alınır;

$$F = A \times K \times (0,0007 \times M + 0,001) \times G$$

Formüldeki notasyonlar aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır:

A = Zorluk katsayısı

G = Taşınan malzemenin yoğunluğu

K = Taşıma katsayısı (aracın cinsine göre Bakanlıkça yayınlanır)

M = Taşıma yolunun uzunluğu.

#### **2.6.4. Yıkıntı Atıklarının Depolanması İle İlgili Maliyetler**

Yıkıntı atıklarının depolanması pek çok yıkım işinde depolama alanı bulunamamasından dolayı önemli bir problem teşkil etmektedir. Ancak bu problemin çözümü için pek çok şehirde yıkıntı atıkları depolama sahaları oluşturulmuştur. Bu sahalara yıkım atığının dökülebilmesi için ton başına sabit depolama ücretleri mevcuttur.

Uluslararası düzeyde bakıldığında yıkıntı atıklarının depolama ücretlerinde farklılık olduğu görülmektedir. Bu farklılık yalnız ülkeden ülkeye değil şehirden şehire de değişebilmektedir. Coelho ve Brito (2011) yaptıkları çalışmada literatür taraması yaparak çeşitli ülkelerde yıkıntı atıklarının depolama ücretlerinin ne kadar olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmaya göre ton başına yıkıntı atıklarının depolama ücreti Portekiz’de 20 €; Almanya’da 213 €; ABD/Washington’da 18,7 €; ABD/Florida’da 6,6 €; Kuveyt’te 0,6 €; Kanada’da 63,5 €; Brezilya’da 13,2 €; İsveç’te 30,1 €; İspanya’da 6,4 €; Fransa’da 6 € ve İtalya’da 1 € civarlarındadır (Coelho ve Brito, 2011: 390).

Yıkıntı atıklarının depolanması Türkiye’de de sorun teşkil etmekte olup bunun çözümü için diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de yıkıntı atık sahaları oluşturulmaktadır. Bu depolama sahalarına ait ücretler her belediyenin kendi bünyesinde tespit edilmektedir. Örneğin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi harfiyat ve yıkıntı atıklarının

depolanması için kantarlı sahalar ve kantar bulunmayan sahalar olmak üzere iki farklı depolama alanı oluşturmuş ve ayrı ayrı ücret tayin etmiştir. Bu ücretlerin tutarı kantarlı sahalara hafriyat depolanması için ton başına KDV dahil 2,00 TL'den 6,50 TL'ye kadar değişirken, kantar bulunmayan sahalarda bu tutar 18 m<sup>3</sup> üzeri taşıma kapasitesi olan tırlar için tır başına 90,00 TL'den 150,00 TL'ye kadar değişmektedir (www.istac.com.tr).

## **2.7. Yıkım Maliyetleri İle İlgili Literatür Çalışmaları**

Yapı yıkımı ile ilgili gerek ulusal gerekse uluslararası literatürde pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışmalarda yıkım maliyetlerinin direkt olarak incelendiği az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalardan araştırma konusu ile ilgili olduğu görülenler Tablo 9'da listelenmiştir.



**Tablo 9: Bina Yıkımı ile İlgili Literatürdeki Bazı Çalışmalar**

| <b><u>Konu</u></b>  | <b><u>Yazarlar/Yıl</u></b>     | <b><u>Kaynak Türü</u></b> | <b><u>Veri Edinme Aracı</u></b> | <b><u>Analiz Yöntemi</u></b> |
|---|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Yıkım süreci ve mevzuatın incelenmesiyle ilgili çalışmalar  | Bender, 1979                   | Makale                    | Proje (n=84)                    | Regresyon                    |
|   | Huang, 2007                    | Tez                       | Teorik                          | Durum Analizi                |
| İnşaat ve yıkım sırasında ortaya çıkan atıkların miktarını ve unsurlarını tespit etmeye yönelik çalışmalar    | Cochran ve diğerleri, 2007     | Makale                    | Proje                           | Orijinal Model               |
|   | Cochran ve Townsend, 2010      | Makale                    | Proje                           | Durum Analizi                |
|   | Lawson ve diğerleri, 2001      | Makale                    | Teorik                          | Durum Analizi                |
|   | Corinaldesi ve diğerleri, 2002 | Makale                    | İnşaat malzemesi                | Kimyasal Testler             |
|   | Huang ve diğerleri, 2002       | Makale                    | İnşaat Malzemesi                | Labaratuar Testleri          |
|   | Khalaf ve DeVenny, 2004        | Makale                    | Teorik                          | Durum Analizi                |
|   | Wang ve diğerleri, 2004        | Makale                    | Senaryolar                      | Orijinal Model               |
|   | Lu ve diğerleri, 2006          | Makale                    | Teorik                          | Simülasyon, Mapping          |
|   | Duran ve diğerleri, 2006       | Makale                    | Anket (ROI)                     | Orijinal Model               |
|   | Da Rocha ve Sattler, 2009      | Makale                    | Proje (n=84)                    | Durum Analizi                |
| Yıkım sonrası ortaya çıkan atıkların yönetimi ve tekrar kullanımını ya da geri dönüşümü ile ilgili çalışmalar | Onal, 2009                     | Tez                       |                                 |                              |
|   | Lage ve diğerleri, 2010        | Makale                    | Durum Analizi                   | Orijinal Model               |
|   | Zhao ve diğerleri, 2011        | Makale                    | Anket (n=66)                    | Senaryo Analizi (n=5)        |
|   | Hiete ve diğerleri, 2011       | Makale                    | Senaryo Analizi (n=19)          | Senaryo Analizi              |
|   | Mamur, 2012                    | Tez                       |                                 |                              |

**Tablo 9: (Devamı)**

| <b><u>Konu</u></b>  | <b><u>Yazarlar/Yıl</u></b> | <b><u>Kaynak Türü</u></b> | <b><u>Veri Edinme Aracı</u></b> | <b><u>Analiz Yöntemi</u></b>                        |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|
| Yaşam döngüsü maliyetlemenin binalar açısından değerlendirilmesine ilişkin çalışmalar                           | Gluch ve Baumann, 2004     | Makale                    | Teorik                          | Teorik  |
| Yıkım tekniklerinin neler olduğunun ve bunların avantaj/dezavantajlarının incelenmesine dair yapılan çalışmalar | Pun ve diğerleri, 2006     | Makale                    | Teorik                          | Durum Analizi                                       |
|   | Cha ve diğerleri, 2012     | Makale                    | Tamamlanmış Proje (n=2)         | Karşılaştırmalı Maliyet Analizi                     |
| Yıkım maliyetlerinin tespitine yönelik çalışmalar   | Hochman ve Pines, 1980     | Makale                    | Teorik                          | Orijinal Model                                      |
|   | Dantata ve diğerleri, 2005 | Makale                    | Tamamlanmış Proje (n=2)         | Karşılaştırmalı Maliyet Analizi, Duyarlılık Analizi |
|   | Power, 2008                | Makale                    | Teorik                          | Durum Analizi                                       |
|   | Coelho ve Brito, 2011      | Makale                    | Tamamlanmış Proje (n=1)         | Maliyet Analizi                                     |
|   | Liu ve diğerleri, 2012     | Makale                    | Senaryo Analizi (n=3)           | Karşılaştırmalı Maliyet Analizi                     |
|   | Antohie ve Iacob, 2013     | Makale                    | Teorik                          | Orijinal Model                                      |

Tablo 9’da bina yıkımı ve yıkım maliyetleri ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalara yer verilmiştir. İnşaatlarda yıkım konusu ile ilgili literatürde yıkım maliyetlerinin incelendiği az sayıda çalışmaya rastlanmış, yıkım konusundaki pek çok çalışmanın ise genel olarak yıkıntı atıkları ve bunların yönetimi ile ilgili olduğu görülmüştür. Literatürde yıkım maliyetleri ile direkt ve dolaylı olarak ilgili olduğu düşünülen çalışmalar izleyen başlıklarda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### **2.7.1. Dünya’daki Çalışmalar**

İlk olarak uluslararası literatürde yıkım süreci ve mevzuatın incelenmesine yönelik yapılan bir çalışma ile, Bender (1979), Chicago’da konut sorununu ekonomik açıdan ele almış ve konutların yıkımı ve terkedilmiş yapı konularını ekonomik açıdan değerlendirmiştir. Bender, bir binanın yıkımı ile terkedilmesi arasındaki seçimi etkileyen unsurları araştırmış ve özellikle devlet ve bina sahibinin yıkımı gerçekleştirme oranını regresyon analizi ile araştırmıştır. Sonuç olarak, bina kalitesi fiyatlarındaki değişim, yıkım şekli, binanın konumu ve binanın yerleşim yerindeki konut ihtiyacı, yıkım maliyeti, yasalar ve vergilerin yanı sıra binanın yaşı, hurda değeri, arsa fiyatı, vb. gibi faktörlerin yıkım oranları üzerinde etkili olduğu sonucuna varmıştır. Tezde bu çalışmadan özellikle yıkım maliyetlerini etkileyen faktörlerinin neler olduğunun tespit edilmesi ve ankette yer alacak değişkenlerin belirlenmesi aşamalarında yararlanılmıştır.

İnşaat ve yıkım sırasında ortaya çıkan atıkların miktarını ve unsurlarını tespit etmeye yönelik uluslararası bazda yapılan bir çalışmada Cochran ve diğerleri (2007) ABD’nin Florida eyaletinde bir bina ile ilgili yapım ve yıkıntı atıklarının hesaplanabileceği bir formül oluşturmaya çalışmışlardır. Çalışmada ikamete mahsus binaların yapımı, ikamete mahsus olmayan binaların yapımı, ikamete mahsus binaların onarımı, ikamete mahsus olmayan binaların onarımı ve son olarak ikamete mahsus binaların yıkımı ve ikamete mahsus olmayan binaların yıkımı olmak üzere altı tip faaliyet sonucu ortaya çıkan atıkların miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır. Yine benzer bir çalışma ile Cochran ve Townsend (2010) araştırmalarında materyal akış analizi yöntemini kullanarak geniş bir bölgede ortaya çıkabilecek inşaat yapım ve yıkıntı atık miktarını tahmin etmeye çalışmışlardır.

Yıkım sonrası ortaya çıkan atıkların yönetimi ve tekrar kullanımı ya da geri dönüşümü ile ilgili uluslararası düzeyde pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalardan birinde Lawson ve diğerleri (2001) İngiltere’de inşaat ve yıkıntı atıkları ile ilgili uygulamadaki durumunu incelemişler ve genel olarak inşaat ve yıkıntı atıklarının çoğunun düşük getirili geri dönüşüm faaliyetlerinde kullanıldıklarını tespit etmişlerdir. Yazarlar, bunun nedeni olarak ise dolum yeri maliyetlerini, nakliye giderlerini, zaman yetersizliğini ve geri kazanılabilecek malzemelerin ekonomik değerlerinin düşük olmasını sıralamışlardır. Bir başka çalışma olan Corinaldesi ve diğerlerinin (2002) yapmış oldukları bir çalışmada, bir yıkım projesi sonrası yıkıntı atıklarının geri dönüşümünün yapılarak yeni bir inşaat projesi sırasında harç malzemesi olarak kullanılıp kullanılmayacağını incelenmiştir. Yaptıkları ölçümler ve kimsayasal testler sonucunda, harç yapımında doğal kum kullanmak yerine geri dönüşümden elde edilmiş malzeme kullanılarak m<sup>3</sup> ü yaklaşık 1.35 ton gelen bir harç için € 70 tasarruf sağlanabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, bu çalışmada İtalya’da 100 kg yıkım atığının ortadan kaldırılmasının yaklaşık maliyeti €5 olarak belirtilmiştir (Corinaldesi ve diğerleri, 2002: 898).

Bir diğer çalışmada Huang ve diğerleri (2002) Tayvan’da inşaat yapım/yıkım atıkları ile ilgili programları teknik, kurumsal ve ekonomik açıdan incelemişlerdir. Yazarlara göre inşaat atıkları yapım, yıkım, yenileme, vb. gibi inşaat faaliyetlerinden dolayı ortaya çıkabileceği gibi doğal afetler sonucu da ortaya çıkabilmektedir. Khalaf ve DeVenny (2004) çalışmalarında yıkıntı atıklarının özellikleri ve kullanım alanları ile ilgili bir araştırma yapmışlardır. Wang ve diğerleri (2004) Excel yardımıyla inşaat ve yıkım atığı miktarının ölçülebileceği bir model kurmuş ve bu modeli ABD Massachusetts’te de test etmişlerdir. Lu ve diğerleri (2006) inşaat yapım, onarım veya yıkım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkların simülasyon modeli ile yönetimine dair akış diyagramları oluşturmuşlardır. Araştırmada özellikle yapım, onarım veya yıkım sırasında ortaya çıkan atıkların saha içerisinde sınıflandırılması, seçilmesi, depolanması, atık sahalarına dökümü, nakliyesi, vb. gibi faaliyetlere dair akış diyagramları oluşturulmuştur.

Benzer bir çalışma ile Duran ve diğerleri (2006) İrlanda’da inşaat ve yıkıntı atıkları için oluşturulacak bir pazarın ekonomik işlerliğini atık sahası ve geri dönüşüm istasyonu maliyetlerini karşılaştırarak araştırmışlardır. Bir diğer çalışmada Da Rocha ve Sattler (2009) Brezilya’nın Porto Alegre şehrinde bir vaka analizi yapmış ve bir yapının yıkımı

sırasında ortaya çıkan atıklardan geri kazanımı mümkün olanların kullanımındaki engel ve fırsatları yasal, ekonomik ve sosyal faktörler açısından incelemişlerdir. Çalışma sonucunda inşaat atıklarının tekrar kullanımını etkileyen faktörler; söküm maliyetleri, yıkım süreci ve teslim tarihi, geri kazanılmış ürünlerin satış fiyatları, bu ürünlerin kalitesi konusundaki güvensizlik, müşterilerin ürünleri algılayış şekli, atık vergileri konusundaki düzenlemeler, tedarik zincirindeki bilgi akış problemleri, tedarik zincirindeki kayıtdışılık ve güven, ürün miktarlarındaki tutarsızlık ve tedarik zincirindeki depoların doluluğu olarak belirlenmiştir.

Lage ve diğerleri (2010) İspanya Galiçya’da yaptıkları çalışmalarında yapım, yıkım veya güçlendirme, vb. gibi herhangi bir inşaat faaliyeti sonucu ortaya çıkabilecek atıkların miktarını tespit etmeye çalışmışlar ve bir durum analizinde bulunmuşlardır. Başka bir çalışmada Zhao ve diğerleri (2011) Çin’in Chongqing şehrinde 66 inşaat yapım ve yıkım sahasına anket göndermişler ve 5 senaryo ile atıkların geri dönüşümü ile ilgili maliyetleri incelemişlerdir. Sonuç olarak yazarlar geri dönüşümün ekonomik olarak uygulanabilirliğine ve maliyetlerin azaltımına katkı sağlayabilecek üç faktörün; kâr, birim geri dönüşüm maliyeti ve konum avantajından kaynaklanan ekstra gelir olduğunu tespit etmişlerdir. Hiete ve diğerleri (2011) ise benzer bir araştırma ile Güney Batı Almanya’da inşaat yapım ve yıkıntı atıklarını çeşitli senaryo analizleri ile değerlendirmiş ve optimizasyon modeli ile geri dönüşüme dair tedarik zinciri tarzı bir ağ kurulması halinde bunun maliyetleri nasıl etkileyeceğini araştırmışlardır.

Uluslararası düzeyde yaşam döngüsü maliyetlemenin binalar açısından değerlendirildiği çalışmalardan biri Gluch ve Baumann (2004) tarafından yapılmıştır. Gluch ve Baumann (2004) yaptıkları araştırma ile bina maliyetlerini yaşam döngüsü maliyetleme açısından incelemiş ve yıkım ve geri dönüşüm maliyetlerinin de binanın toplam yaşam döngüsü maliyetlerine dahil edilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Uluslararası literatürde yıkım tekniklerinin neler olduğunun ve bunların avantaj/dezavantajlarının incelenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada Pun ve diğerleri (2006) Avustralya’da bir yıkım projesinin başlangıcından bitiş aşamasına kadar olan maliyetleri incelemişlerdir. Yıkım maliyetleri olarak üç yıkım tekniğinin maliyetleri ölçülmüş ve yıkım projesinin toplam maliyeti karma yıkım tekniği ile – 4.114 AU\$, mekanik yıkım tekniği ile 9.225 AU\$ ve yapısöküm tekniği ile 4.160 AU\$ olarak

hesaplanmıştır. Çalışmada ispatlandığı üzere geri dönüşüme olanak sağlayan teknikler yıkım maliyetlerini azaltmış hatta negatife düşürmüştür (Pun ve diğerleri, 2006: 973).

Benzer bir çalışmada Cha ve diğerleri (2012) 1970 yılında inşa edilmiş bir binanın hem geleneksel (karma) yıkım tekniğine göre, hem de yapısöküm tekniğine göre gerçekleştirilen yıkım faaliyetlerini incelemişlerdir. Yapı apartman tipi bir yapı olup, eşit büyüklüğe sahip bloklardan oluşmaktadır. Araştırmada yapının en sağındaki blok karma yöntemle, en solundaki blok ise yapısöküm tekniği ile yıkılmıştır. Her araştırma grubu yıkım faaliyetlerini verimlilik, maliyet etkinliği ve çevresel etkiler açısından incelemiştir. Sonuç olarak yapı söküm tekniğinin verimlilik ve maliyet etkinliği açısından negatif bir sonuç gösterse de, geleneksel yıkıma göre çevresel faktörler ve pozitif maliyetler (geri dönüşümden sağlanan faydalar) açısından daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Binaların yıkım maliyetlerinin tespitine yönelik olarak uluslararası literatürde yapılan bir çalışmada Dantata ve diğerleri (2005) Massachusetts’de yapılan iki ayrı konut yıkım projesini incelemiş ve maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada yazarlar Boston’da yıkım maliyetinin \$136,2/ton olduğunu tespit etmişlerdir (Dantata ve diğerleri, 2005: 5). Diğer bir çalışmaya göre ise genel olarak bir binanın toplam yıkım maliyeti 17.000 £ - 35.000 £ arasında değişkenlik göstermektedir (Power, 2008).

Benzer şekilde, Coelho ve Brito (2011: 390) bina yıkım maliyetleri ile ilgili daha önce yapılmış pek çok çalışmayı karşılaştırmış ve bina yıkım maliyetlerini yıkım alanının hazırlanması, işçilik, ekipman kurulumu, nakliye ve tasfiye (imha) şeklinde gruplandırmışlardır. Bir diğer çalışma Liu ve diğerleri (2012) tarafından yapılmış ve yazarlar bir bina için gerçek yıkım, yapısöküm ve mekanik yıkım olmak üzere üç simülasyon yapmış ve bunlara ait maliyetleri karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda yapısöküm tekniğinin gerçekleşen durumdan biraz daha kârlı olduğunu tespit etmişlerdir. Antohie ve Iacob (2013) tarafından yapılan çalışmada ise yıkım projelerindeki maliyetlerin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede yıkım maliyetlerinin kontrolü sağlanabilecektir.

Uluslararası literatürde yer alan tez çalışmaları incelendiğinde inşaat maliyetleri ile ilgili az sayıda çalışma yapıldığı görülmüştür. Huang (2007) çalışmasında bir beton binanın yıkım yöntemleri ve bu yıkıma dair yasal düzenlemelerin neler olduğunu

araştırmıştır. Yazar, çalışmasının bir bölümünde bina yıkım metotları ve süreçlerini incelemiş, ardından Tayvan ile diğer ülkelerin yıkım faaliyetleri açısından karşılaştırmasını yapmıştır.

### **2.7.2. Türkiye'deki Çalışmalar**

Ulusal düzeyde yapı yıkımı ile ilgili incelenen ilk çalışma, 2007 yılında yapılan Samsun Canik Belediyesi Yeşilova Mahallesi'nin kentsel yenileme çalışmalarıdır. Bu proje kapsamında, 1 m<sup>2</sup> çimento harçlı kargir ve horasan inşaatın yıkımından çıkabilecek inşaat yıkım atığı ortalama olarak 0.650 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiş ve yıkım bedeli olarak 16,76 TL/m<sup>2</sup> tutarı tespit edilmiştir. 1 m<sup>3</sup> inşaat yıkım artığının 5 km mesafedeki hafriyat döküm sahasına nakli ise 4,33 TL/m<sup>3</sup> olarak ifade edilmektedir.

Literatürde yapı yıkım maliyetleri konusunda ulusal düzeyde yapılmış bir çalışmaya rastlanmamış, ancak yıkımın teknik açıdan incelendiği ve çoğunlukla fen bilimleri enstitülerine bağlı çalışmaların bulunduğu görülmüştür (Onal, 2009; Mamur, 2012). Onal (2009) çalışmasında özellikle son yıllarda kullanım ihtiyacına cevap vermeyen, ekonomik ömrünü tamamlamış ve yıkılmasına karar verilmiş betonarme yapıların yıkım faaliyetlerini incelemiş ve Türkiye koşullarına uygun yapısal atık yönetimi geliştirilmesine yönelik öneriler sunmayı amaçlamıştır. Bir diğer çalışmada Mamur (2012) İstanbul'da oluşan hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi için alternatif bir atık yönetim sistemi hazırlanmıştır.

Literatür taraması sırasında yıkım maliyetlerinin incelendiği çalışmalardan daha çok kentsel dönüşümle ilgili çalışmalara rastlanmıştır. Ancak bu çalışmaların çoğunlukla mimarlık ve şehir planlamacılığı alanlarının konusu olduğu görülmüştür. Yıkım maliyetleri ile ilgili özellikle ulusal düzeyde literatürde çok az çalışmaya rastlanması, bu alanda yapılacak yeni çalışmalara olan ihtiyacı bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Bu araştırma ile literatürdeki bu boşluğun doldurulması için katkı sağlanması hedeflenmektedir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE GÜÇLENDİRME MALİYETLERİNİN TESPİTİ

#### 3.1. Genel Açıklama

Herhangi bir binanın performansı, iklim koşulları veya binanın yapısal özelliklerinden kaynaklanan nedenlerle zamanla azalmaktadır. Binanın performans düzeyi kabul edilebilir minimum düzeye düştüğünde yapı sahibi iki seçenek ile karşı karşıya kalmaktadır. Birinci seçenek; güçlendirme, iyileştirme, vb. gibi bina performansını istenilen düzeye yükseltebilecek uygulamalardır. İkinci seçenek ise binanın tamamen yıkılması ve modern koşulları sağlayacak yeni bir binanın yapılmasıdır (Kusar ve diğerleri, 2013: 652). Ancak genel olarak güçlendirme veya yenileme gibi uygulamaların binanın yıkılıp yeniden yapılmasına nazaran daha az çevre kirliliğine neden olması (Dong ve diğerleri, 2005), güçlendirmenin çoğunlukla daha ekonomik olması (Egbelakin ve diğerleri, 2014), özellikle tarihi değere sahip binalarda yıkımın mümkün olmayıp güçlendirmenin zorunlu olması (Bruce ve diğerleri, 2015: 151), vb. gibi nedenlerle daha tercih edilebilir olduğu görülmektedir. Diğer taraftan bazı durumlarda binanın yaşam döngüsü maliyetleri, daha ucuz enerji kullanımı, yapı sahibinin beklentilerinin karşılanması, vb. gibi nedenlerle binanın yıkılması da tercih edilebilir olabilmektedir.

Bina güçlendirme ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye ve projeden projeye göre çeşitlilik arz etmektedir. Bu açıdan bina güçlendirme ile ilgili faaliyetlerin neler olduğunun sıralanması ve bu faaliyetler sonucu ortaya çıkacak maliyetler ve varsa hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıkları miktarlarının tespitine yönelik bir genelleme yapılması hayli zorlaşmaktadır. Bu nedenle öncelikle faaliyet çeşitleri belirlenmeli, ardından maliyetlerle, inşaat ve yıkım atığı miktarının ne olacağı konuları araştırılmalıdır.



Bir yapının ilk kez inşa edilmesi ile karşılaştırıldığında, yenilenmesi veya güçlendirilmesinin yapıyla ilgili halihazırda varolan sınırlamalar nedeniyle biraz daha zor olduğu görülmektedir (Cha ve diğerleri, 2012: 294). Ancak özellikle deprem bölgelerinde varolan binaların sismik güçlendirmelerinin yapılması herhangi bir sınırlama dikkate alınmaksızın gerekli görülmektedir. Şiddetli bir depremle karşı karşıya kalınması durumunda rutin yaşamı ve ekonomiyi aksatan altyapı ve yapı hasarları, ve en önemlisi pek çok kişinin hayatının tehlikeye girmesi söz konusu olabilir. Örneğin; 1995 yılında Japonya’da meydana gelen Hnashin depreminin ülkeye maliyeti 110 milyar \$ olmuş ve bu ülkenin GSYH’sının %2,3’üne karşılık gelmiştir.

Aynı şekilde 1994 yılında California’da gerçekleşen Northridge depreminde ortaya çıkan dolaylı ve dolaysız maliyetlerin toplamı 20 milyar \$ olarak hesaplanmış ve bunun California Eyaleti’nin o yılki GSYH’sının %2,4’üne karşılık geldiği tespit edilmiştir (Nutti ve Vanzi, 2003: 701-702). Varolan binaların sismik değerlendirilmesinin yapılması ve buna göre gerekli iyileştirme önlemlerinin alınması gereklidir (Landi ve diğerleri, 2015: 79). Ayrıca, sismik güçlendirmeye karar verilmeden önce güçlendirmenin ekonomik olarak uygulanabilir olup olmadığı fayda/maliyet analizi ile değerlendirilmelidir (Williams ve diğerleri, 2009: 191).

Diğer taraftan deprem riskinin bulunduğu gelişmiş veya gelişmekte olan pek çok ülkede depreme karşı bölgesel bazda bir güçlendirme projesinin yapılmasının yüksek maliyetler nedeniyle çok zor olduğu görülmektedir. Örneğin, İtalya deprem açısından riskli bir ülke olmasına rağmen bu konuda sınırlı sayıda yapı veya bölgeyi kapsayan sismik güçlendirmeler dışında ülke genelini kapsayan özel bir devlet politikası geliştirilmediği görülmektedir. Bu konuda bir devlet politikası izlenememesinin temel nedeni ise bu tip projelerin yüksek maliyetler gerektirmesidir (Nutti ve Vanzi, 2003: 702).

Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere deprem, bölge ve ülke ekonomisi üzerinde büyük zararlara neden olabilmekte ve bu zararlara karşı ise genellikle önceden alınan önlemlerin yetersiz olduğu görülmektedir. Bu nedenle güçlendirme faaliyetlerinin önemi daha belirgin şekilde ortaya çıkmakta, yapıların hasar görebilirliğinin azaltılması ile hem can kaybı gibi kayıpların hem de ekonomik kayıpların önüne geçilebilmektedir.

### 3.2. Deprem Kavramı ve Türkiye’de Deprem Riski

2007 Deprem Yönetmeliği’ne göre, binanın deprem performansı belirlenir ve binanın kullanım amacına göre minimum performans düzeyi ölçülür. **Deprem performansı**, tanımlanan deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği durumu şeklinde tanımlanmaktadır (Deprem Yönetmeliği, 2007; Aydınoglu ve diğerleri, 2009: 91). Bina performans durumları; hemen kullanım (HK), can güvenliği (CG), göçmenin önlenmesi (GÖ) ve göçme durumu olarak sınıflandırılır (Williams ve diğerleri, 2009: 190).

Buna göre okul, yurt, kışla, vb. gibi bazı binalar için olası bir deprem sonrası hemen kullanımın sağlanacağı minimum hasar hedeflenirken, konut, işyeri, otel, vb. gibi binalar için can güvenliğinin sağlanacağı en fazla orta hasar hedeflenmektedir. Bir yapının hedeflenen performans düzeyinin sağlanması için; deprem hasarlarına neden olacak kusurların giderilmesi, deprem güvenliğini artırmaya yönelik yeni elemanlar eklenmesi, yapı ağırlığının azaltılması ve kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması gerekir (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 2). Aşağıda verilen Tablo 10’da farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri yer almaktadır.

**Tablo 10: Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri**

| <u>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</u>   | <u>Depremin Aşılma Olasılığı</u> |               |              |
|---|----------------------------------|---------------|--------------|
|   | 50 yılda % 50                    | 50 yılda % 10 | 50 yılda % 2 |
| Deprem sonrası kullanımı gereken binalar (hastaneler, PTT, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, vb.)                                    | -                                | HK            | CG           |
| İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar (okullar, yurtlar, kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.) | -                                | HK            | CG           |
| İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar (spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.)                           | HK                               | CG            | -            |
| Tehlikeli madde içeren binalar (toksik, patlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu binalar, vb.)                                     | -                                | HK            | GÖ           |
| Diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, vb.)   | -                                | CG            | -            |

**Kaynak:** Deprem Yönetmeliği, 2007: Md.1.3.2.3; Severcan ve diğerleri, 2007; 220.

Türkiye’de deprem olgusu özellikle 1999 Kocaeli depremi ile kendini göstermiş ve günlük hayatın kaçınılmaz bir parçası haline gelmiştir. Türkiye Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Hattı olmak üzere iki ayrı fay hattı üzerinde yer almakta ve birinci dereceden beşinci dereceye kadar beş farklı deprem bölgesine ayrılmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 8).

17 Ağustos 1999 Gölcük (Kocaeli) Depremi 7.4  $M_w$  büyüklüğünde olup, bu deprem 1923 Tokyo Depremi’nden sonra modern ve endüstrileşmiş bir bölgede zarara yol açmış en büyük olay olarak kabul edilmektedir. Kocaeli Depremi’nin ardından 12 Kasım 1999’da Düzce’de meydana gelen depremin büyüklüğü ise 7.2  $M_w$  olarak hesaplanmıştır. Bu iki deprem Kocaeli, Sakarya, Bolu ve Yalova’yı direkt, Bursa, Eskişehir ve İstanbul’u ise dolaylı olarak etkilemiştir. Bahsi geçen 7 il toplamda ülke GSYH’sının %35’ine ve ulusal endüstriyel çıktılarının hemen hemen %50’sini karşılamaktadır. İki deprem sonucu ortaya çıkan bina kayıplarının tutarı yaklaşık 5 milyar \$, endüstriyel kuruluş ve KOBİ’lere ait bina kayıplarının tutarı ise sırasıyla 2 milyar \$ ve 1 milyar \$ olarak raporlanmıştır. Depremlerin Türkiye sosyo-ekonomisi üzerindeki dolaylı etkileri hesaplandığında bu tutarın yaklaşık 16 milyar \$ olduğu tahmin edilmekte ve bu da Türkiye GSYH’sının yaklaşık %7’sine karşılık gelmektedir (Erdik, 2001: 149). Bir diğer çalışmaya göre, bu depremlerin ülke ekonomisine verdiği fiziksel, sosyal ve ekonomik zarar 20 milyar \$ olarak tahmin edilmektedir (Boylu, 2005:1).

1999 Kocaeli ve Düzce depremleri’nde, %70’i orta ve hafif, %25’i ağır hasar görmüş ve %5’i tamamen yıkılmış olmak üzere yaklaşık 52.000 bina hasar görmüştür. Hasarlı binaların %45’i kullanılamaz duruma gelmiştir (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 13). Erdik (2001) tarafından yapılan çalışmaya göre, Kocaeli ve Düzce depremlerinde toplam yaklaşık 16.400 bina çökmüş veya ağır hasar görmüştür. Bu da 93.000 konut ve 15.000 küçük işletme binasına karşılık gelmektedir. Diğer taraftan 220.000 konut ve 21.000 küçük işletme binası depremlerde hafif/orta düzeyde hasara uğramıştır. Bu iki depremde hayatını kaybedenlerin sayısı 18.373 olarak raporlanırken, 48.901 kişi yaralanmış ve yaralananların %40’ı kalıcı olarak engelli hale gelmiştir. Depremler sonucu evlerini kaybeden ya da terketmek zorunda kalanların sayısı toplamda 600.000 kişi olarak tespit edilmiştir (Erdik, 2001: 165). Boylu çalışmasında (2005: 1) bu iki depremdeki can kaybının 30.000’leri bulduğunu ifade etmektedir. Bu depremlerden etkilenen binaların %90’ının son 30 yıl içinde yapıldığı ve dolayısıyla binaların 1961 ve 1975 Deprem Yönetmelikleri’ne göre

tasarlandığı görülmüş ve depreme karşı dayanıksızlık nedenleri bina yapım malzemelerinin kalitesizliği, yumuşak kat (pencere/kapı vb. gibi boşlukların duvara olan oranında hata), güçlü kiriş-zayıf kolon bağlantı türü, yetersiz betonarme çerçeve ve kısa kolonlar olarak sıralanmıştır (Erdik, 2001: 167-169).

Türkiye’de son yıllarda gerçekleşen bir diğer deprem Van’da yaşanmıştır. 23 Ekim 2011 tarihinde 7.2  $M_w$  büyüklüğündeki deprem özellikle Erciş’te büyük hasara yol açmış, deprem sonucunda resmi rakamlara göre 604 vatandaş hayatını kaybetmiş ve 2.608 kişi yaralanmıştır. Artçı deprem olarak gerçekleşen 9 Kasım 2011 tarihli ve 5,6  $M_w$  büyüklüğündeki depremde 40 kişi hayatını kaybetmiştir. Depremin ülke ekonomisine zararı 1-2 milyar \$ olarak tahmin edilirken, deprem sonrası 861 binanın tamamen çöktüğü, 3.713 binanın ise içinde yaşanılmayacak düzeyde hasar gördüğü tespit edilmiştir. Binaların yapısı ve deprem karşısındaki tutumu incelendiğinde 1999 Kocaeli depreminde binalarda bulunan sorunların aynı şekilde Van depreminde de hasara neden olduğu görülmüştür (Erdik ve diğerleri, 2012).

Sismik ölçümlerde, Türkiye’nin deprem açısından dünyadaki en aktif ülkelerden biri olduğu görülmektedir. Türkiye’nin en kalabalık ve nüfus açısından en yoğun şehri olan İstanbul’da, gelecek 20 yıl içinde Marmara Denizi’nde % 35-70 olasılıkla gerçekleşmesi muhtemel en fazla 7 büyüklüğündeki bir depremden etkileneceği tahmin edilmektedir (Karaman ve Erden, 2014: 688). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılan açıklamada Türkiye’de yaklaşık 7 milyon binanın depreme karşı dayanıksız olduğu, 14 milyon konutun %15-20’sinin deprem dayanıklılığının yetersiz olduğu ve bu binaların 1975 yılı öncesinde inşa edildiği belirtilmektedir. Ayrıca, Türkiye’de afet riskleri yönünden incelenmesi gereken 14 milyon konutun dönüşüm maliyetinin 500 milyar TL olacağı tahmin edilmektedir. Sadece Bursa’da 2012 yılı rakamlarına göre yaklaşık 700 bin konuttan 200-250 bininin güçlendirilmesi gerekli görülmekte, İstanbul, Kocaeli, Bursa ve İzmir gibi nüfus yoğunluğu fazla ve birinci derece deprem bölgelerinde yer alan illerde bulunan binaların deprem davranışları açısından değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır ([www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr)).

Erdik ve Durukal (2008) yaptıkları çalışmada, İstanbul’da yaklaşık 800.000 bina bulunduğunu ve bu binaların %5’inin yani yaklaşık 35.000-40.000’inin olası bir deprem

sonucunda tamamıyla çökeceğini, yaklaşık 70.000'inin geniş çaplı hasar alacağını, 200.000'inin ise hafif düzeyde hasar göreceğini öngörmektedir. Ayrıca yazarlar, hafif ve orta hasarlı binalar da dikkate alındığında, toplam maddi zararın yaklaşık 11 milyar \$'ı bulacağını ve yaklaşık 500.000 hanehalkının deprem sonrası barınma ihtiyacının ortaya çıkacağını tahmin etmektedirler (Erdik ve Durukal, 2008: 182).

Erdik (2005) tarafından yapılan bir başka çalışmada, İstanbul'da 50 yılda %50 olasılıkla 7.5  $M_w$  büyüklüğünde bir deprem gerçekleşmesi beklenmektedir. İstanbul'da gerçekleşmesi beklenen olası bu deprem senaryosuna göre 40.000 civarında can kaybı olabileceği ve 160.000'e yakın yaralının ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. Aynı senaryoya göre sadece binalardan kaynaklanan ekonomik zarar 10 milyar \$ ve toplam zarar 40 milyar \$ olarak hesaplanmakta ve bu da Türkiye GSYH'sının %20'sine karşılık gelmektedir (Erdik, 2005: 54). Benzer bir çalışma ile Öztürk (2014), bir model aracılığıyla Batı Anadolu Bölgesi için deprem olasılığını tahmin etmiş ve çalışma sonucunda Simav ve Soma grabenleri civarı, Gediz, Küçük ve Büyük Menderes grabenlerinin kesişimi, Acıgöl, Dinar, Çivril Fayları, Sandıklı/Domboyoa grabenleri, Marmara, Köyceğiz, Fethiye ve Aliğa-Dumlupınar fayları civarında 2013-2023 yılları arasında en az 5,0  $M_w$  büyüklüğünde bir depremin gerçekleşme ihtimalini tespit etmiştir (Öztürk, 2014: 88).

Türkiye'de 1980-2010 yılları arasında inşa edilen yapıların %88,8'i konutlardan oluşmaktadır (Demirbaş, 2011'den aktaran: Sancak ve Karaman, 2015: 12). Türkiye'de yapı stoğu genel olarak betonarme çerçevelerden oluşmakta ve betonarme binalarda hasara neden olan en büyük etkenin deprem olduğu bilinmektedir. Bir yapının depreme dayanıklı olması için yeterli düzeyde dayanım, süneklik ve rijitliğe sahip olması gereklidir (Yüksel, 2008: 261). Ek-6'da verilen ve Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü (NVİGM) tarafından belirli periyotlarla hazırlanan istatistikler incelendiğinde, 2008 yılı itibariyle Türkiye'deki toplam konut sayısı 15.514.953 iken bu sayının 01.03.2013 tarihi itibariyle %4,71'lik bir artış göstererek 16.245.901'e yükseldiği görülmektedir. Konut sayısı açısından en fazla bina stoğuna sahip bölge Marmara Bölgesi olup, 2008 yılında bölgedeki konut sayısı 3.045.012 iken 2013 yılında bu sayı 3.274.023 olarak tespit edilmiştir (www.milliyetemlak.com). Ayrıca, yaklaşık 5 yıl içinde Bölgedeki konut sayısı artış oranı %7,52 olarak hesaplanmakta ve Bölge'deki konut sayısının Türkiye geneli konut sayısından daha hızlı büyüdüğü görülmektedir. Bu durumda olası bir depremde yıllar

ilerledikçe çok daha fazla sayıda yapının zarar görmesi ihtimali mümkün görülmekte, bu nedenle özellikle yapı güçlendirme çalışmalarına hız ve önem verilmesi gerekmektedir.

2007 Yılı Mart ayında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” ile, yönetmeliğin Resmi Gazete’de yayımlanmasından sonra yapılacak yeni binaların depreme dayanıklı olarak yapılması öngörülmüştür. Yönetmeliğin temel amacı, yönetmelikte belirlenen hususlar dikkate alınarak yapılacak yeni binaların yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının hafif şiddetteki bir deprem karşısında hasar görmemesinin sağlanması, orta şiddetteki bir depremde binanın en fazla onarılabilir düzeyde hasar görmesi ve şiddetli depremlerde ise can kaybının önlenmesi ve binanın kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Diğer taraftan bu tarihten önce yapılmış binalar için ise Yönetmelikte belirlenen yöntemler ışığında değerlendirme yapılması ve değerlendirme sonucunda güçlendirmenin gerekli görülmesi halinde yine Yönetmelikte yer alan hesap kuralları ve ilkeler doğrultusunda güçlendirmenin yapılması gerekmektedir (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 2; Deprem Yönetmeliği, 2009: Md.1.2.1.).

Yönetmeliğe bağlı olarak Türkiye’de pek çok yapının güçlendirilmesi söz konusudur. Güçlendirme kararının verilebilmesi için ise yıkıp yeniden yapma seçeneğinin de değerlendirilmesi, dolayısıyla her iki seçeneğin karşılaştırılabileceği bir bilgi kaynağının bulunması gereklidir. Bu araştırma ile literatüre bu anlamda katkıda bulunulması ve bilgi kullanıcılarının ihtiyaç duyduğu böyle bir kaynağın oluşturularak uygulayıcıların kullanımına sunulması hedeflenmektedir.

### **3.3. Yapıların Güçlendirilmesi**

Yıkıp yeniden yapmanın aksine inşaatlarda güçlendirme faaliyetleri farklı bir prosedür gerektirmekte ve belirli şartlara bağlı bulunmaktadır. Türkiye’de güçlendirme konusu özellikle 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra gündeme gelmiş ve pek çok yerleşim yerinde binalar bu açıdan denetlenmiştir. Denetim sonucunda söz konusu binaların güçlendirilmesi ya da tamamıyla yıkılıp yeniden yapılması söz konusu olmuştur.

Deprem riskinin yüksek olduğu ülkelerde güçlendirme konusunun daha dikkatle ve önemle tartışılabilir ve uygulanabilir olması gereklidir. Deprem bölgesinde yer alan

dayanıksız binalar, ortalama şiddetteki bir depremde dayanabileceği en yüksek deprem performansını aşacak ve büyük ihtimalle çökerek binadaki insanların ölümüne veya yaralanmalarına neden olacak, ayrıca bitişikteki ya da yanındaki binalarda da zarara yol açacaklardır (Egbelakin, 2014: 449). Bu durumda bu tipteki binalarda hem can kaybını ve ekonomik zararları hem de sismik riski azaltmak için güçlendirme yapılması söz konusu olmaktadır. Bir yapının deprem karşısında göstereceği davranış; yapının ağırlığı, taşıyıcı elamanların konumu ve boyutları, zemin tipi, yapı-zemin etkileşimi, vb. gibi yapısal özelliklerin yanı sıra mimari tasarımdan da etkilenmektedir (Altun ve diğerleri, 2003: 1).

### 3.3.1. Güçlendirme Kavramı

Güçlendirme kavramı Türkiye’de özellikle 1999 depreminden sonra önem kazanmış ve olası bir İstanbul veya Marmara depremi için önlem alınması amacıyla binaların güçlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Literatürde bazen iyileştirme olarak da adlandırılan **güçlendirme**, binaların deprem güvenliğini artırmak için yapılan bütün işlemler olarak tanımlanabilir. Binaların güçlendirilmesi gerekliliği, depremden hasar görmüş bir binanın depreme karşı dayanıklı hale getirilmesi amacıyla ortaya çıkabileceği gibi, yapılan depreme dayanıklılık testleri sonucu binanın olası bir depreme karşı güvenli olmayacağı sonucuna ulaşılması ile de ortaya çıkabilir. Bir binanın güçlendirme işlemleri bazı durumlarda binanın tümüne uygulanırken, kimi durumlarda sadece bazı taşıyıcı sistemlerin güçlendirilmesi ile de tamamlanabilir (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 2). İnşaat açısından ise **güçlendirme**, varolan bir binanın yıpranması nedeniyle ve enerji verimliliği, mimari açıdan çekicilik ve kullanım alanı kalitesinin toplumun yararına olacak şekilde artırılması amacıyla modernizasyonu veya geliştirilmesi olarak tanımlanabilir. Bu geliştirme; modernizasyon, adaptasyon, restorasyon, yenileme, iyileştirme, yeniden kullanım ve onarım süreçlerini içerebilir (Bruce ve diğerleri, 2015: 151).

Bina güçlendirme faaliyetlerinde temel hedef; en uygun ve en iyi teknik yöntemler kullanılarak binanın deprem güvenliğinin artırılması ve bu faaliyetler sırasında zaman, maliyet ve bina sakinlerine minimum düzeyde rahatsızlık verilmesidir. Ayrıca güçlendirme maliyetlerinin binanın yıkım ve yeniden yapım maliyetine oranı kabul edilebilir bir seviyede olmalıdır. Benzer şekilde güçlendirme kararı verilmeden önce sosyal, ekonomik ve hukuksal etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 3).

### 3.3.2. Güçlendirmeye Tabi Yapı Elemanları

**Yapı**, belirli bir kullanım amacına yönelik olarak taşıyıcı sistem ve çeşitli malzemelerle sisteme etki edebilecek her türlü yük ve etkiye karşı koymak amacıyla yapılmış mühendislik ürünü olarak tanımlanmaktadır. Betonarme bir binadaki elemanlar taşıyıcı eleman ve taşıyıcı olmayan eleman olmak üzere iki tür malzemedir. Taşıyıcı sistem elemanları; temeller, kolonlar, kirişler ve perdeler olarak sıralanmakta iken, taşıyıcı olmayan sistem elemanları ise döşemeler, dolgu duvarlar ve çatıdan oluşmaktadır. (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 9-13). Yapı elemanları aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

- **Malzemeler:** Malzemeler beton ve donatıdan oluşmaktadır. Beton, basınç dayanımı yüksek fakat çekme dayanımı düşük gevrek bir malzeme olduğundan güçlendirme çalışmalarında dikkat edilmesi gereken en önemli yapı malzemesidir. Donatı ise betonarme inşaatlarda kullanılan ve daire kesitli olan çelik malzemelerdir. Çelik malzemenin düz yüzeyli olanlarının da bulunmasına karşın, betona daha iyi tutunmasının sağlanması ve dayanımın artırılması amacıyla nervürlü yani yüzeyinde belirli geometrik şekillere sahip olanlarının kullanımı daha yaygındır (Aydınoğlu ve diğerleri, 2009: 45-49).
- **Döşeme Sistemleri:** Döşemeler, sabit yüklerin yoğunlaştığı ve hareketli yüklerin bulunduğu yerlerdir. Deprem yüklerinin döşeme sistemlerinde oluştuğu ve buralardan taşıyıcı sisteme geçtiği varsayılır (Aydınoğlu ve diğerleri, 2009: 51). Deprem Yönetmeliği'nin 2.2.1.2. Maddesine göre döşeme sistemlerinin, deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak düzeyde rijitlik ve dayanıma sahip olması gerekmektedir. Ayrıca, aynı Yönetmeliğin 7.11.2. Maddesine göre bütün deprem bölgelerinde, dolgu ya da dolgusuz yerinde dökme veya prefabrikte dişli döşemeli sistemlerde plak kalınlığı en az 50 mm olmalıdır.
- **Kirişler:** Kiriş, betonarme binalarda dikdörtgen kesitli olarak tasarlanan düşey taşıyıcıları birbirine bağlayan yatay taşıyıcılar olarak tanımlanmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 40). Kirişler, normal kuvvete göre eğilme momentinin çok daha fazla etkin olduğu yapı elemanlarıdır (Aydınoğlu ve diğerleri, 2009: 52). Deprem Yönetmeliği Madde 2.2.1.1'e göre; deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve bu sistemi oluşturan bütün elemanlarda, deprem yüklerinin



temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlilikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır.

- **Kolonlar:** Binaları oluşturan düşey taşıyıcılar olarak tanımlanmaktadır (Aydınoğlu ve diğerleri, 2009: 57).
- **Perdeler:** Betonarme binalarda plan boyutlarının oranı en az yedi olan düşey taşıyıcı elemanlar olarak tanımlanmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 41).
- **Birleşim Bölgeleri:** Deprem yükleri genellikle döşemelerde ortaya çıkar ve buradan kirişlere, kolonlara ve perdelere geçerek temel vasıtasıyla zemine iletilir. Deprem etkilerinin bina elemanları arasındaki geçişlerinde birleşim bölgeleri devreye girmektedir. Bu tür bir geçişin sağlıklı olabilmesi için birleşim bölgelerinin yeterli dayanıma sahip olması gerekmektedir. Birleşim bölgelerine döşeme-kiriş birleşimi, döşeme-kolon ve perde birleşimi, kiriş-kolon birleşimi örnek olarak verilebilir (Aydınoğlu ve diğerleri, 2009: 65).
- **Temeller:** binaların oturdukları zeminde binadan gelen yükleri zemine aktarmak için kullanılan ve farklı büyüklüklerde inşa edilen yapı elemanlarıdır. Tekil temel, sürekli temel, radye temel ve kazıklı temel gibi çeşitli temel türleri bulunmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 18).

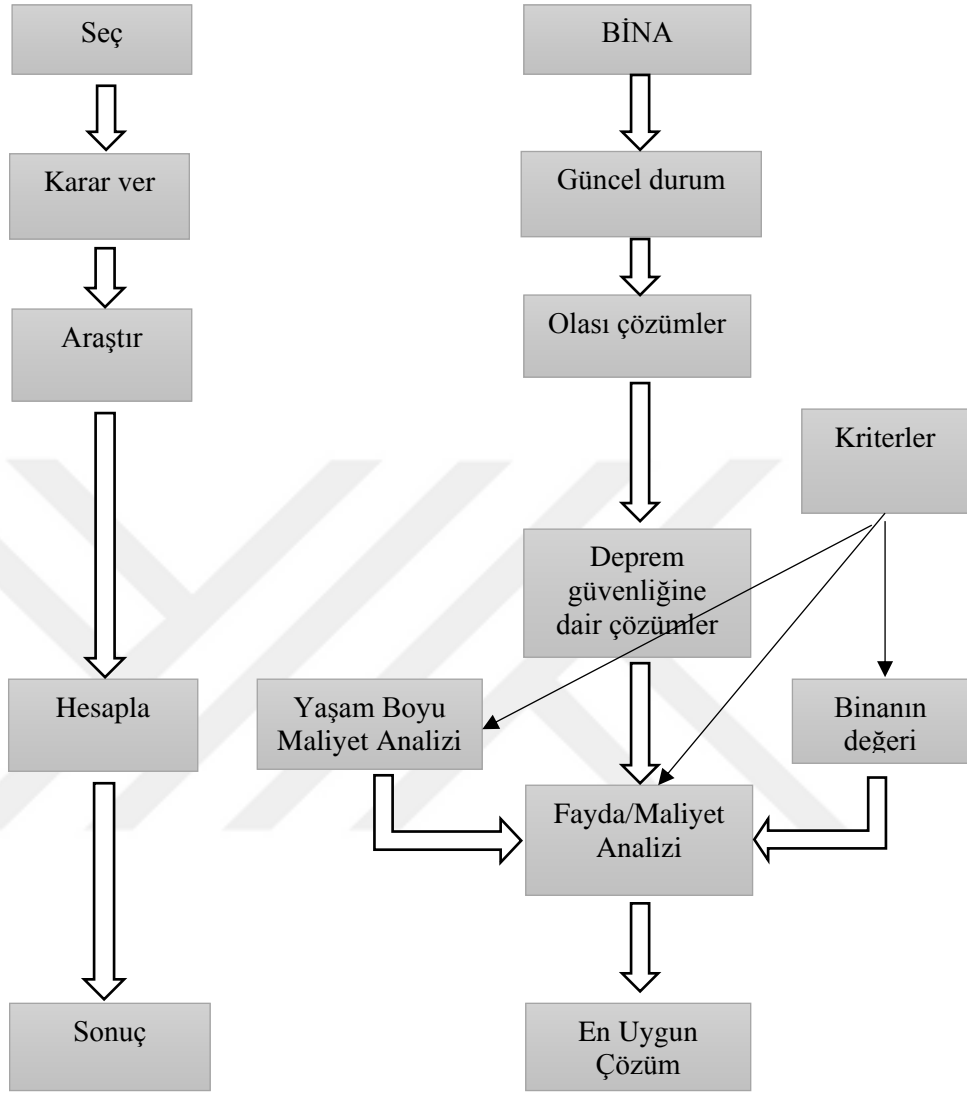
### 3.3.3. Güçlendirme Aşamaları

Güçlendirmeye ilişkin aşamalar ve bu aşamalarda yapılan faaliyetler izleyen başlıklarda sıralanmakta ve kısaca açıklanmaktadır.

#### 3.3.3.1. Güçlendirme Kararının Verilmesi

Güçlendirme kararı genellikle; binanın depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uyulmadan inşa edilmiş olması sonucu olası bir deprem karşısında ağır hasar beklenmesi, proje ve yapım hatası nedeniyle güçlendirmenin gerekli olması, mimari hatalar nedeniyle binanın taşıyıcı sistemlerinde değişiklik yapılması, güncel deprem şartnamelerine uyum sağlanması, binanın konumu, tarihi veya işlevinin güçlendirme gerektirmesi, vb. gibi durumlarda gerekli görülmektedir (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 2-3). Güçlendirme veya iyileştirme kararının verilmesinde Şekil 7’de gösterilen süreç diyagramı dikkate alınabilir.

**Şekil 7: Güçlendirme Kararının Verilmesi**



**Kaynak:** Kusar ve diğerleri, 2013: 654

Şekil 7’de görüldüğü gibi bir binanın güçlendirilmesi kararı verilmeden önce binanın güncel durumu ve olası çözümler değerlendirilmelidir. Özellikle deprem güvenliğine dair çözümlerin değerlendirilmesinde binanın yaşam döngüsü maliyetleri ve fayda/maliyet analizleri gibi kriterlerle binanın değeri tespit edilir ve en uygun çözüm için nihai bir karara varılır.

### 3.3.3.2. Güçlendirme Öncesindeki Faaliyetler

Bir yapı için güçlendirme faaliyetlerine başlanmadan önce yapılması gereken işlemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 35-36; Aydınoglu ve diğerleri, 2009: 91, Deprem Yönetmeliği, 2007):

- **Güçlendirme ile ilgili hukuksal işlemler:** İlgili belediyeden izin alınması, tarihi bir yapı ise Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan izin alınması.
- **Deprem güvenliğinin belirlenmesi:** Binanın yapım projesi ile taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların boyutları ve yerleşim yerlerinin karşılaştırılması, kullanılan malzemelerin dayanımlarının alınan örneklerle laboratuvarlarda test edilmesi, hesap yönteminin seçimi ve Deprem Yönetmeliği'ne uygun hesaplamaların yapılması, bina deprem performansının ve performans hedeflerinin belirlenmesi, sonuç raporunun hazırlanması, vb.
- **Binaya ait genel bilgilerin edinilmesi ve saha incelemelerinin yapılması:** Binanın yapım projesinin incelenmesi ve bina geometrisinin çıkarılması, binanın mimari ve statik röleve çalışmasının yapılması, karot alımı ve beton sınıfının tespiti, kolon ve kirişlerdeki donatının tespiti, korozyon incelemesinin yapılması, çatı dayanıklılığının tespiti, temel tipinin ve boyutlarının belirlenmesi, vb.
- **Güçlendirme projesinin hazırlanması.**

### 3.3.3.3. Güçlendirme Sırasındaki Faaliyetler

Bina ile ilgili yapılan değerlendirmeler, depreme dayanım raporlarının hazırlanması ve elde edilen sonuçlara göre güçlendirme projesinin oluşturulmasının ardından güçlendirme faaliyetlerine geçilir. Bu faaliyetler; kolonların ve kirişlerin sarılması, kolonların eğilme kapasitelerinin artırılması, dolgu duvarların güçlendirilmesi, pencere, kapı ve dolap boşluklarının kapatılması ile duvarın kesme kapasitesinin artırılması, düz yüzeyli betonarme kalıbının yapılması ve betonun atılması, filiz ekimi, hazır beton dökülmesi, kirişlerin güçlendirilmesi, kireç-çimento karışımı harçla düz sıva yapılması, astar çekimi ve boya yapımı, iç mekânlardaki döşeme kaplaması, sıhhi tesisatın yenilenmesi, elektrik tesisatının yenilenmesi, vb. gibi çok sayıda faaliyetten oluşmaktadır (Aydınoglu ve diğerleri, 2009: 104, Deprem Yönetmeliği, 2007).

### **3.3.3.4. Güçlendirme Sonrasındaki Faaliyetler**

Güçlendirme faaliyetlerine ilişkin tüm işlemler tamamlandıktan sonra güçlendirme sonrasındaki faaliyetlerin de tamamlanarak projenin bitirilmesi gerekmektedir. Bu faaliyetlere ilişkin olarak geri kazanılabilecek malzemelerin nakliyesi ve kırılan duvar ve döşeme molozlarının nakliyesi gibi faaliyetler örnek olarak gösterilebilir.

### **3.3.4. Güçlendirme Yöntemleri**

Güçlendirme işlemi bir binanın kolon, giriş, perde, birleşim bölgeleri gibi taşıyıcı sistem elemanlarının desteklenmesi ile gerçekleştirilir. Güçlendirme işlemi yapılmadan önce binanın depreme dayanıklılığının güncel yönetmeliklere uygun olarak değerlendirilmesi ve güçlendirme projesinin boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir. Güçlendirme yöntemleri aşağıdaki gibi iki grupta toplanmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 4).

#### **3.3.4.1. Eleman Güçlendirmesi**

Eleman güçlendirmesi, bir binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi elemanlarında dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerini artırmaya yönelik işlemlerin tümüdür (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 4). Bu işlemler aşağıda başlıklar halinde incelenmiştir.

##### **3.3.4.1.1. Kirişlerin Güçlendirilmesi**

Betonarme kirişlerin güçlendirilmesinde taşıma gücünün veya süneklik kapasitesinin artırılması, dıştan etriye eklenmesi, çelik plaka yapıştırılması, lifli polimerlerle sarma ve tam ya da kısmi mantolama uygulanması yöntemleri kullanılmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 4). Süneklik kapasitesi, deprem etkisi altındaki bir taşıyıcı sistemin veya sistem elemanının elastik şekilde yer değiştirme yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Aydınoglu ve diğerleri, 2009: 22). Çeşitli güçlendirme yöntemleri aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 4-5).

- ***Dıştan Etriye Ekleme:*** Güçlendirme projesine göre gerekli sayıdaki etriye çubuğu kiriş dayanak bölgelerinde kirişin iki yüzünü kaplayacak şekilde dıştan eklenerek kesme dayanımının artırılması yoluyla yapılır. Kirişin altına yerleştirilmiş olan çelik profile bağlanan etriye çubukları, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşemenin üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülür ve boşluklar betonla doldurularak güçlendirme işlemi tamamlanmış olur. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken husus ankrajlama işleminin doğru yapılmasıdır. ***Ankraj,*** bir yapı elemanının bir başka malzeme veya elemanın içine sokulup sabitlenerek beraber çalışır hale getirilmesi işlemidir.
- ***Çelik Levha Yapıştırılması:*** Kirişlerin alt ve yan yüzeylerine çelik levha yapıştırılarak gerçekleştirilen bir güçlendirme yöntemidir.
- ***Lifli Polimer Sargı:*** Kirişlerin çevresi lifli polimerle sarılarak yapılır. Burada bahsi geçen ***lifli polimer,*** yapısında bulunan karbon sayesinde yüksek dayanım özelliği olan kumaş görünümündeki bir malzeme türüdür.
- ***Mantolama:*** Bu yöntemde ilave donatı ve etriyeler konularak kiriş betonarme mantoyla sarılır. Betonarme manto, bir yapı elemanının boyutlarının boyuna ve enine donatılı beton tabakayla sarılarak büyütülmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken nokta, eski ve yeni donatının kaynakla birleştirilmesidir.

#### 3.3.4.1.2. Kolonların Güçlendirilmesi

Betonarme kolonların güçlendirilmesinde betonarme sargı, çelik sargı ve lifli polimer sargıyla sarılması yöntemleri kullanılmaktadır (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 6):

- ***Betonarme Sargı:*** Kolonun mantolanması olarak da bilinen bu yöntemde kolonun çevresi en az 10 cm kalınlığındaki beton mantoyla sarılır ve bu manto içine yeni boyuna ve enine donatılar yerleştirilir.
- ***Çelik Sargı:*** Bu yöntemde kolonların çevresi çelik köşebentler yardımıyla çelik levhalarla sarılır ve yatay plakalarla kaynaklanır.
- ***Lifli Polimer Sargı:*** Kolonların çevresine lifler enine donatılara paralel olacak şekilde yapıştırılarak sarılır. Bu yöntemin uygulanması sırasında Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşullara uyulmalıdır.

### 3.3.4.2. Sistem Güçlendirilmesi

Eleman güçlendirilmesi yönteminde yapının varolan elemanlarının güçlendirilmesi yapılırken, sistem güçlendirilmesi yönteminde binanın taşıyıcı sisteminin dayanım ve şekil değiştirme kapasitesinin artırılması ve sürekliliğin sağlanması için binaya yeni elemanlar eklenmesi söz konusudur. Bu yöntem, dolgu duvarların güçlendirilmesi, betonarme taşıyıcı sistemlerinin perde duvarlarla güçlendirilmesi ve yığma binaların güçlendirilmesi olmak üzere üç ana başlıkla aşağıdaki gibi izah edilebilir (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 10-15).

#### 3.3.4.2.1. Dolgu Duvarların Güçlendirilmesi

Bu yöntem bodrum hariç en fazla üç katlı olan binalarda uygulanabilir. Bu yöntemde hasır çelik donatılı özel sıva, lifli polimer ve prefabrike beton panel kullanılmaktadır.

- **Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva:** Bu yöntemde kullanılan özel sıva tabakasının karışımı, kalınlığı, hasır donatının aralıkları, malzeme özellikleri ve yapılacak uygulamanın tasarımı Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşulları sağlamalıdır.
- **Lifli Polimer:** Köşegen lifli polimer uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan duvarlara şeritler halinde ankrajlanır. Bu yöntemin uygulanması sırasında Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen koşullara uyulmalıdır.
- **Prefabrike Beton Panel:** Binanın güçlendirme projesi kapsamına alınan dolgu duvarlar öndökümlü (prefabrike) paneller kullanılarak ve bu panellerin çerçeve içinde kalacak şekilde, tam ortalanarak ve ankrajlanarak yerleştirilmesi şeklinde güçlendirme işlemi yapılır.

#### 3.3.4.2.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Perde Duvarlarla Güçlendirilmesi

Yapıya daha fazla yatay yük taşıyacak elemanların konulması amacıyla yapının mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeveye bitişik olarak perde duvarlarla güçlendirilmesi yöntemidir. Yöntem, çerçeve düzlemi içinde ve çerçeve düzlemine bitişik olarak betonarme perde eklenmesi şeklinde iki yöntem kullanılarak uygulanır.

- **Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi:** Yapının mevcut duvar çerçevelerinin içine betonarme perde duvar ekleyerek taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi işlemidir. Eklenen perde duvarlar binanın temelinden en üst kata kadar aralıksız olarak eklenir ve bitişik oldukları çerçeveye ankrajlanarak bağlanır.
- **Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi:** Bu yöntem çerçeve düzlemi içinde betonarme perde eklenmesi yöntemiyle hemen hemen aynı uygulama yöntemi ve koşullara sahiptir. Yöntemin tek farkı perde duvarın çerçeve içerisine değil de çerçeveye bitişik olarak eklenmesidir.

#### **3.3.4.2.3. Yığma Binaların Güçlendirilmesi**

Yığma binalarda binanın taşıyıcı elemanları tamamen duvarlardan oluşmaktadır. Bu nedenle bu tür binalarda güçlendirme işlemi bütün duvarların yatay ve düşey yük taşıma kapasitelerinin artırılması şeklinde yapılmaktadır. Yığma bina duvarları, donatıyla bağlanarak güçlendirilebileceği gibi tümüyle dıştan güçlendirme de yapılabilir.

#### **3.3.4.3. Güçlendirmede Yeni Yöntemler**

Gelişen teknolojiye bağlı olarak son yıllarda yapı güçlendirmede yeni teknolojilerden yararlanıldığı görülmektedir. Bu teknolojilerden biri ve en çok kullanılmakta olanı yalıtım sistemleridir. Bu sistemler, binanın yatay yük taşıyıcı sistemine gelen deprem kuvvetlerini azaltabilen ve binanın temel üstü seviyesine yerleştirilen sistemlerdir. Bir diğer yeni güçlendirme yöntemi olarak deprem sırasında yapıyı etkileyen kuvvetlerin yaratacağı enerjinin önceden belirlenen noktalarda sönmülmesini sağlayan özel üretilmiş araçlar kullanılabilir (Tüzün ve diğerleri, 2009a: 16).

#### **3.3.5. Güçlendirme Maliyetleri**

Binaların güçlendirilmesi genel olarak pek sık karşılaşılan bir faaliyet değildir. Ancak deprem riski veya diğer doğal afet risklerinin bulunduğu bölgelerde özellikle sismik güçlendirme konusu ön plana çıkmaktadır. Ancak pek çok ülkede ekonomik kaygılar nedeniyle güçlendirme çalışmalarının devlet politikası olarak benimsenmediği

görülmektedir. Genel olarak bir binanın geliştirilmesi çalışmaları bu nedenle sismik güçlendirme şeklinde olmayıp daha çok kullanım alanının artırılması, demode olmuş yapıların yenilenmesi veya kısmi iyileştirmeler şeklinde yapılmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında ise iyileştirme faaliyetlerinden çok sismik güçlendirme konusu ve bu tip güçlendirme faaliyetlerine ilişkin maliyetlerin hesaplanması ele alınmaktadır.

Güçlendirme maliyetleri, diğer inşaat faaliyetlerine ait maliyetler gibi, işgücü maliyetleri (ek ücretler, aylıklar, yasal ve sosyal maliyetler, ücret ve aylıklara ilişkin ek maliyetler, vb.), malzeme maliyetleri (yapı malzemeleri ve üretim malzemeleri maliyetleri, iskele, kalıp ve benzeri malzeme maliyetleri, yardımcı ve işletme malzemeleri maliyetleri, vb.), araç-makina maliyetleri (satın alma maliyetleri, amortismanlar, araç-makina kiralari, vb.), taşeronluk hizmetleri maliyetleri (yabancı işçilik maliyetleri, taşeronluk hizmetleri maliyetleri, vb.), genel yönetim maliyetleri, proje maliyetleri, vb. olmak üzere güçlendirmenin boyutu ve tekniğine göre çok çeşitli maliyetlerden oluşmaktadır.

Güçlendirme faaliyetleri özellikle deprem bölgelerinde bulunan yapılar düşünüldüğünde binanın yapısal özellikleri ve bulunduğu konumun niteliği gibi pek çok değişkene bağlı olarak oldukça yüksek maliyetlere katlanılmasını gerektirebilmektedir. Ancak binanın yıkılıp tekrar yapılması söz konusu olduğunda güçlendirme maliyetleri katlanılabilir maliyetler olarak görülmektedir. Güçlendirme ya da yıkıp yeniden yapma kararının verilmesi aşamasında dikkate alınacak en önemli faktörlerden biri de maliyetlerdir. Diğer taraftan, olası bir deprem senaryosu karşısında, ortaya çıkacak can kayıpları ve depremin ülke ekonomisinde ortaya çıkaracağı yüksek maliyetler “önlemin tedavi etmekten daha iyi olduğu” gerçeğini akıllara getirmelidir. Bir binanın güçlendirilmesi söz konusu olduğunda ortaya çıkacak en belirgin iki konu “güçlendirme katlanılacak maliyete değer mi?” ve “Güçlendirme maliyeti nasıl hesaplanabilir?” sorularıdır (Nutti ve Vanzi, 2003: 702). Williams ve diğerleri (2009: 191) Memphis ve San Francisco’da bulunan iki ayrı binanın güçlendirilmesini ekonomik fayda ve kayıplar açısından değerlendirmişler ve herhangi bir sismik olay karşısında ortaya çıkabilecek tahmini yıllık zararı aşağıdaki formül ile hesaplamışlardır.



$$EAL = V \int_{S_a=0}^{\infty} y(S_a) v(S_a) d S_a$$

Formüldeki notasyonlar aşağıdaki gibidir:

EAL = Tahmini yıllık zarar (Estimated Annual Loss)

V = Binanın yeniden yapım maliyeti

$S_a$  = Spektral ivme

$y(S_a)$  = Binanın ilgili spektral ivme noktasındaki toplam zarar faktörü

$v(S_a)$  = Spektral ivmenin yıllık ortalama sıklığı.

Williams ve diğerleri (2009), bu çalışma sonucunda 10 yıllık süreçte tahmini yıllık zararı %50'ye düşürebilecek bir güçlendirme projesinin maliyetini Memphis'te bulunan bina için yeniden yapım maliyetinin %1,78 ine karşılık gelecek, San Francisco'da bulunan bir bina için ise yaklaşık %17,7'sine karşılık gelecek şekilde hesaplamışlardır. Minami (2003) anket yoluyla Japonya'daki 1.255 postane binasının yaşam döngüsü maliyetini hesapladığı çalışmasında, bir postane binasının 2000 yılı için m<sup>2</sup> başına tamir ve geliştirme maliyetini 4.213 Yen olarak tespit etmiştir.

Kusar ve diğerleri (2013) yaşam döngüsü maliyet ve yapı güvenilirliğini kriter olarak aldıkları benzer bir çalışmada, kamu binaları için kullanılacak en uygun güçlendirme tekniğinin ne olduğunu çeşitli senaryo analizleri ile tespit etmeye çalışmışlardır. Yazarlar aşağıdaki net bugünkü değer formülü ile maliyetler açısından en uygun güçlendirme tekniğinin ne olabileceğine karar vermişlerdir.

$$NPV = NPV_{LLC} + NPV_S + NPV_{RES}$$

Formüldeki notasyonlar aşağıdaki gibidir:

NPV = Seçilen güçlendirme yönteminin net bugünkü değeri

$NPV_{LLC}$  = Enerji iyileştirme, işletim ve yönetim maliyetlerinin net bugünkü değeri

$NPV_S$  = Deprem sonrası zararlar ve sismik güçlendirme maliyetlerinin net bugünkü değeri

$NPV_{RES}$  = Binaya ait malzeme ve ekipmanların hurda değerlerinin net bugünkü değeri.

Severcan ve diğerleri (2007: 229), 12 katlı bir binanın farklı tekniklere göre güçlendirme projesini hazırlamış ve depreme dayanıklılık açısından karşılaştırmasını yapmışlardır. Çalışma sonucunda kolonların beton mantolama ile güçlendirilmesi, çelik kullanımına göre daha ucuz iken, kirişlerde fiber karbon kullanımı yoluyla güçlendirilme yapılmasının daha az maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Naja ve Baytiyeh (2014) ise farklı güçlendirme tekniklerinin ortalama maliyetlerini Tablo 11'deki gibi belirlemiştir.

**Tablo 11: Farklı Güçlendirme Tekniklerine Göre Ortalama Maliyetler**

| <u>Güçlendirme Tekniği</u>                   | <u>Maliyet / m<sup>2</sup> (\$)</u> | <u>Açıklama</u>  |
|--|-------------------------------------|--|
| Çelik çapraz takviye                         | 81                                  | En düşük maliyetli yöntemdir. Uygulama sürecinde bina kullanılmaya devam edilebilir.                           |
| Kolonların genişletilmesi                    | 103                                 | Mimari açıdan görünümü hoş değildir ve uygulama sürecinde binanın kullanımını engeller.                        |
| Perde duvar                                  | 123                                 | Maliyet açısından avantajlıdır fakat uygulama sürecinde binanın kullanımını engeller.                          |
| Çelik mantolama                              | 154                                 | Pahalı bir tekniktir. Estetik açıdan avantajlıdır fakat uygulama sürecinde binanın kullanımını engeller.       |
| Kolonların lifli polimer sargı ile sarılması | 196                                 | En pahalı ve estetik olarak en çok tercih edilen tekniktir. Uygulama sürecinde binanın kullanımını engellemez. |

**Kaynak:** Naja ve Baytiyeh, 2014: 163

Tablo 11'de güçlendirme faaliyetleri sırasında binanın kullanılıp kullanılmaması ve maliyetlere göre yapılan sınıflandırmada en düşük maliyetli tekniğin çelik çapraz takviye, en pahalı tekniğin ise kolonların lifli polimer sargı ile sarılması olduğu görülmektedir. Chi ve diğerleri (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada binanın hasar durumuna göre beklenen onarım maliyetleri Tablo 12'deki gibi gösterilmektedir.

**Tablo 12: Zarar İndeksi Limitleri ve Onarım Maliyeti**

| <u>Zarar Düzeyi</u> | <u>Zarar İndeksi</u> | <u>Onarım Maliyeti (%)</u> |
|---------------------|----------------------|----------------------------|
| Zarar Yok           | < 0,2                | 0                          |
| Hafif düzeyde zarar | 0,2 – 0,4            | 2                          |
| Orta düzeyde zarar  | 0,4 – 0,6            | 10                         |
| Ağır düzeyde zarar  | 0,6 – 0,9            | 50                         |
| Tamamen yıkılma     | >0,9                 | 100                        |

**Kaynak:** Chiu ve diğerleri, 2013: 116.

Tablo 12’de zarar indekslerine göre onarım maliyetleri binanın yeniden yapılması halinde katlanılacak maliyetlerin yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Binada herhangi bir hasar olmaması halinde onarım maliyeti de söz konusu değildir. Binadaki zarar düzeyi ve dolayısıyla zarar indeksi arttıkça onarım maliyeti de artmaktadır.

Diğer taraftan güçlendirme maliyetlerinin hesaplanmaya çalışıldığı bir kaç araştırmada maliyetlerinin tahmin edilebilmesi için farklı yöntemler kullanılmış ancak bu yöntemler genelleştirilememiştir. Bunun nedenleri ise; güçlendirme maliyetlerinin tespiti için kullanılan modellerin genelde ABD’deki projeler dikkate alınarak hazırlanmış olması ve bu nedenle deprem riskinin yüksek olduğu diğer ülkelere ait projelerin kullanıldığı modellerin bulunmaması, bu modellerde potansiyel maliyet yönetiminin etkileri ile ilgili değişkenlere sismik güçlendirme maliyeti içinde yer verilmemesi ve sismik güçlendirme maliyetlerinin tümünü kapsayacak kadar çok değişkenin bulunmaması ve kullanılan modellerin maliyetleri tahmin etme niteliğinin sadece modelin geliştirildiği veri seti için geçerli olması şeklinde sıralanmaktadır (Jafarzadeh ve diğerleri, 2014: 1).

### **3.3.6. Güçlendirmenin Avantajları ve Dezavantajları**

Binanın güçlendirilmesi veya yıkılarak yeniden yapılması kararının verilmesi ekonomik, sosyal, kültürel, vb. açılardan pek çok faktöre bağlıdır. Örneğin, söz konusu bina tarihi değer taşıyan bir bina niteliğinde ise güçlendirme tercih edilir. Diğer taraftan modernizasyon, kullanım alanında yenilik veya yasal zorunluluklar gibi nedenler söz konusu olduğunda binayı yıkıp yeniden yapmak, güçlendirmekten daha mantıklı bir karar olarak görülebilir.

Benzer şekilde, Avrupa Birliği varolan binaların güçlendirilmesi veya yenilenmesini enerji tüketiminin ve petrol kullanımının azaltılmasında stratejik bir faaliyet olarak görmekte, yine bazı çalışmalarda “yeşil” bina kavramı ortaya atılarak enerji tasarrufu konusu gündeme getirilmektedir. Ancak güçlendirme kararının verilmesi aşamasında genellikle ekonomik faktörlerin daha etkili olduğu bir gerçektir. Bir binanın güçlendirilmesi ile ilgili avantajları aşğıdaki gibi sıralamak mümkündür (Bruce ve diğerleri, 2015: 153-155):

- **Ekonomik Avantajlar:** Enerji etkinliğinin artması, personel verimliliğinin artması, bakım-onarım maliyetlerinin azalması, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalara daha az maruz kalma, kiralama oranının artması ve bu şekilde kazancın artması, pazarlanabilirliğin artması, binanın boş kalma süresinin azalması, yıkıp yeniden yapmaya oranla daha az maliyetli olması,
- **Yasal Avantajlar:** Yürürlükteki yasal mevzuat ve zorunluluklarla uyumun sağlanmış olması,
- **Sosyal Avantajlar:** Bina sahibi eğer bir şirket ise şirket imajının güçlenmesi,
- **Çevresel Avantajlar:** Binaların yeşil enerji kullanımına elverişli hale getirilmesi ile sera gazı emisyonunun azaltılması, bina kullanım alanının daha kaliteli olması.

Diğer taraftan güçlendirme faaliyetleri sonucu karşılaşılan engeller ve güçlendirmenin dezavantajları da söz konusudur. Bunlar aşğıdaki gibi listelenebilir (Bruce ve diğerleri, 2015: 155):

- **Ekonomik Dezavantajlar:** Güçlendirme teşviğinin bina sahibi ve kullanıcı arasında bölüşümü, uzun geri ödeme süresi, batık maliyetler, yüksek işlem maliyetleri, vb.
- **Yasal Dezavantajlar:** Hizmet değişimlerdeki belirsizlikler, davranışsal değişiklikler, hükümet politikaları ve mevzuat, vb.
- **Sosyal Dezavantajlar:** İşlemlerin kesintiye uğraması, güçlendirme faaliyeti süresince kiracıların iyi niyetinin kaybedilmesi, kullanıcıların rahatının bozulması.

### 3.4. Bina Güçlendirme ile İlgili Literatür Çalışmaları

Yapıların güçlendirilmesi konusunda teknik konularla ilgili yapılmış pek çok çalışma mevcut olup, bu araştırmada bu çalışmalardan ziyade maliyetlerle ve tezin konusu ile ilgili olan çalışmalara yer verilmiştir. Tablo 13'te güçlendirme ile ilgili uluslararası ve ulusal literatürde yapılan çalışmalardan; tezin konusu ile doğrudan ilgili olan, anket formu hazırlanırken değişkenlerin belirlenmesi aşamasında katkı sağlayan ve metot açısından tezde örnek olarak kullanılacak çalışmaların bazılarına yer verilmektedir.



**Tablo 13: Bina Güçlendirme Konusu İle İlgili Literatürdeki Bazı Çalışmalar**

| <u>Konu</u>  | <u>Yazarlar/Yıl</u>              | <u>Kaynak Türü</u> | <u>Veri Edinme Yöntemi</u>   | <u>Analiz Yöntemi</u>                                |
|--|----------------------------------|--------------------|------------------------------|--|
| Betonarme yapılarda güçlendirme ile ilgili teknik konulara yönelik çalışmalar  | Landi ve diğerleri, 2015         | Makale             | Teknik                       | Durum Analizi  |
|  | Agha Beigi ve diğerleri, 2015    | Makale             | Teknik                       | Durum Analizi  |
| Sismik dayanıklılığın en uygun maliyetle artırılması ve ekonomik analiz, fayda/maliyet analizi ile ilgili çalışmalar                                 | Boylu, 2005                      | Tez                | Proje (n=2)                  | Fayda-Maliyet Analizi                                |
|  | Yanmaz ve Luş, 2005              | Makale             | Proje (n=1)                  | Fayda-Maliyet Analizi                                |
|  | Özkan ve Muratoğlu, 2005         | Makale             | Simulasyon                   | Regresyon Analizi                                    |
|  | Severcan ve diğerleri, 2007      | Makale             | Proje (n=1)                  | Maliyet Analizi                                      |
|  | Williams ve diğerleri, 2009      | Makale             | Proje (n=2)                  | Orijinal Model                                       |
|  | Ray-Chaudhuri ve Shinozuka, 2010 | Makale             | Proje (n=1)                  | Durum Analizi  |
|  | Bilen, 2010                      | Tez                |                              |  |
|  | Kusar ve diğerleri, 2013         | Makale             | Teorik                       | Senaryo Analizi, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri |
|  | Nuti ve Vanzi, 2003              | Makale             | Proje (n=2)                  | Orjinal Model  |
|  | Altun ve diğerleri, 2003         | Makale             | Proje (n=1)                  | Durum Analizi  |
| Yenileme, güçlendirme, uyarlanabilir yenden kullanım vb. gibi yöntemler kullanılarak yapının geliştirilmesi kararının verilmesine yönelik çalışmalar | Bullen ve Love, 2010             | Makale             | Derinlemesine Mülakat (n=81) | Durum Analizi  |
|  | Egbelakin ve diğerleri, 2014     | Makale             | Mülakat (n=48)               | Durum Analizi  |
|  | Bruce ve diğerleri, 2015         | Makale             | Yarı Yapılandırılmış Mülakat | Durum Analizi  |

**Tablo 13: (Devamı)**

| <u>Konu</u>  | <u>Yazarlar/Yıl</u>            | <u>Kaynak Türü</u> | <u>Veri Edinme Yöntemi</u> | <u>Analiz Yöntemi</u>            |
|--|--------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Okul binaları vb. gibi kamu binalarının güçlendirilmesi maliyetleri ve gerekliliği ile ilgili çalışmalar | Nakano, 2004                   | Makale             | Durum Analizi              | Durum Analizi                    |
|  | Chiu ve diğerleri, 2013        | Makale             | Proje (n=16)               | Orijinal Model                   |
|  | Sayar ve diğerleri, 2013       | Bildiri            | Proje (n=294)              | Maliyet Analizi                  |
|  | Naja ve Baytuyeh, 2014         | Makale             | Durum Analizi              | Durum Analizi                    |
|  | Jafarzadeh ve diğerleri, 2014  | Makale             | Proje (n=158)              | Çoklu Regresyon Analizi          |
|  | Erdik, 2001                    | Rapor              | Tamamlanmış Vaka           | Durum Analizi                    |
| Yapıların deprem karşısında gösterdikleri davranışların teknik anlamda incelendiği çalışmalar            | Korkmaz, 2007                  | Makale             | Simülasyon                 | Durum Analizi                    |
|  | Kavşut ve Yerli (2012)         | Makale             | Proje (n=1)                | Durum Analizi                    |
|  | Erdik ve Durukal, 2008         | Makale             | Durum Analizi              | Durum Analizi                    |
| Deprem hasarlarının ortaya çıkaracağı zararların tahmini ilgili çalışmalar                               | Tekeli Yeşil ve Dedeoğlu, 2011 | Makale             | Anket (n=1123)             | Çoklu Lojistik Regresyon Analizi |
|  | Çaktı, 2013                    | Makale             | Durum Analizi              | Durum Analizi                    |
| Deprem karşısında yapısal risklerin azaltılması ve mevzuat ilgili çalışmalar                             | Tüzün ve diğerleri, 2009       | Kitap              |                            |                                  |
|  | Aydinoğlu ve diğerleri, 2009   | Kitap              |                            |                                  |

Tablo 13'te literatürdeki güçlendirme ve güçlendirme maliyetlerine ilişkin bazı çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmalar konularına, veri edinme ve analiz yöntemlerine göre listelenmiştir. Çalışmaların ayrıntılarına uluslararası ve ulusal literature olmak üzere takip eden başlıklarda yer verilmektedir.

### **3.4.1. Dünya'daki Çalışmalar**

Inşaatlarda güçlendirme konusu ile ilgili uluslararası literatürde çok sayıda çalışmaya rastlanmıştır ancak bunların sadece bir kısmında güçlendirme maliyetlerine değinildiği görülmüştür. Bir yapının sismik dayanıklılığının en uygun maliyetlerle artırılmasına veya ekonomik analizine yönelik yapılan çalışmalardan birinde Williams ve diğerleri (2009) Memphis ve San Francisco'da bulunan birbirine benzer iki ayrı binanın sismik risklere karşı yapısal güçlendirmesini, güçlendirmenin beklenen ekonomik faydaları açısından incelemiştir. Araştırma sonucunda yazarlar, yüksek ihtimalle pek çok durum için San Francisco'da bulunan bir binanın sismik güçlendirmesinin Memphis'te bulunan bir binadan daha çok finansmana ihtiyacı olduğunu tespit etmişlerdir.

Bir diğer çalışmada Ray-Chaudhuri ve Shinozuka (2010), bir hastane binasını vaka analizi olarak incelemiş ve hastane, itfaiye, vb. gibi önem taşıyan binaların deprem gibi doğal afetler karşısında sadece yapısal elemanlar açısından değil, diğer elemanları açısından da işlevselliğini korumaları için en uygun maliyetle dayanıklılığının nasıl sağlanabileceğini araştırmışlardır. Yazarlar öncelikle binanın yapısal sistemini incelemişler ve kırılma davranışını test etmişler ve ardından beş çeşit güçlendirme projesi yapıldığını varsayarak binanın çeşitli deprem düzeylerinde nasıl bir davranış sergileyeceğini test etmişlerdir. Buna göre varsayılan güçlendirme projelerinden en uygununun bütün önemli yapı elemanlarının geliştirilmesi olduğunu görmüşlerdir.

Benzer bir çalışmada Kusar ve diğerleri (2013) net bugünkü değer yöntemini kullanarak özellikle maliyetler ve yapı bütünlüğü açısından çeşitli güçlendirme tekniği senaryolarından hangisinin daha uygun olduğunu tespit etmeye çalışmışlardır. Yazarlar, çalışmalarında bir çok kriterli karar verme modeli kurmaya çalışmışlar ve özellikle binanın yaşam döngüsü maliyetini ve yapısal güvenliğini kriter olarak almışlardır. Deprem riskinin



yüksek olduğu Slovenya’da yapılan çalışma sonucunda bu modelin kamu binaları ile sınırlı olduğunu ve modelin diğer binalar için de kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Güçlendirme konusu ile ilgili literatürde en fazla rastlanan çalışma konularından biri de yenileme, güçlendirme, uyarlanabilir yeniden kullanım, vb. gibi yöntemler kullanılarak yapının geliştirilmesi kararının verilmesiyle ilgili konulardır. Buna göre, yapılan uluslararası bir çalışmada Nuti ve Vanzi (2003) güçlendirme yapmak mı yapmamak mı sorusunu İtalya’da bir anayol köprüsünü ve bir hastaneyi inceleyerek cevaplamaya çalışmışlardır. Yazarlar, çalışmada bir model yardımıyla önce halihazırda varolan yapının olası bir deprem karşısında kırılma eğrisini, daha sonra ise yapının güçlendirme sonrası kırılma eğrisini hesaplamışlardır. Ardından, güçlendirme maliyetlerine katlanıp katlanılmaması sorusuna ise, güçlendirme yapılması ve yapılmaması halinde bir deprem sonrası yapıyla ilgili ortaya çıkacak maliyetleri hesaplamış ve karşılaştırmışlardır.

Diğer bir çalışmada Bullen ve Love (2010) Avustralya’nın Perth şehrinde bir binanın uyarlanabilir yeniden kullanımı veya yıkımı kararını etkileyen faktörleri derinlemesine mülakat yöntemi ile tespit etmişlerdir. Ayrıca, çalışmada binanın uyarlanabilir yeniden kullanımının, malzeme, nakliye ve enerji tüketimini azaltarak kirliliği azaltması ve sürdürülebilirliği sağlaması sebebiyle son on yılda yaygınlaştığı ifade edilmektedir. Çalışmada yapılan literatür araştırmalarında genel olarak binanın yeniden kullanımının yıkımdan daha düşük maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan yeni yapılan bir binanın ömrü ile tekrar kullanımı sağlanmış bir binanın ömrü aynı olmayacaktır, bu da yıkım için öne sürülen en belirgin avantajdır.

Benzer konuda bir diğer çalışma Egbelakin ve diğerleri tarafından 2014 yılında Yeni Zelanda’da yapılmıştır. Yazarlar, deprem bölgesinde bulunan binalarla ilgili sismik riski azaltma kararının verilmesi konusunda vaka analizleri yapmışlar ve mülakat yöntemi ile bu bölgelerde yaşayan bina sahibi veya ilgili taraflardan veri elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda, katılımcının karakteristik özellikleri, güçlendirme maliyetleri, yüksek sigorta primleri ve vergi avantajları ve yapının pazar koşulları gibi faktörlerin güçlendirme kararının verilmesinde etkili olduğu görülmüştür. Benzer bir çalışma Bruce ve diğerleri (2015) tarafından Avustralya’da yapılmış ve yine mülakat yöntemi ile güçlendirme

kararının verilmesinde etkili olan faktörler araştırılmıştır. Araştırma sonucunda en etkili faktörün enerji etkinliğinin artırılması olduğu, bunu devlet teşviklerinin ve mevzuatla getirilen zorunlulukların takip ettiği tespit edilmiştir.

Uluslararası literatürde okul binaları gibi kamu binalarının güçlendirilmesi konusu ile ilgili yapılmış çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu çalışmalara ilk olarak Nakano'nun (2004) çalışması örnek olarak gösterilebilir. Nakano (2004) çalışmasında 1995 Kobe depremi sonrası zarar gören okulların maddi zararlarını, okulların hasar görebilirliğini etkileyen faktörleri, güçlendirme için verilen devlet teşviklerini ve çeşitli güçlendirme uygulamalarını incelemiştir. Bir diğer çalışma Tayvan'da Taipei şehrinde yapılmış ve 16 okul binasının güçlendirilmesi ekonomik ve ekolojik etkiler yönünden incelenmiştir. Çalışmada her iki yönden de güçlendirmenin pozitif şekilde geri ödeme süresine sahip olduğu tespit edilmiştir (Chiu ve diğerleri, 2013: 112).

Benzer bir çalışma Naja ve Baytiyeh (2014) tarafından yapılmış ve yazarlar yapmış oldukları araştırmada Lübnan'daki okul binalarının güçlendirilmesi gerekliliği üzerinde durmuşlardır. Ayrıca yazarlar, olası bir deprem karşısında ortaya çıkabilecek onarım ve yeniden yapım maliyetleri ile deprem öncesi sismik güçlendirme maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmadan çıkarılan sonuç ise depremin açacağı sosyal yaralar da dikkate alındığında deprem öncesi okul binalarının güçlendirilmesinin her açıdan çok daha avantajlı olduğudur (Naja ve Baytiyeh, 2014). Başka bir çalışmada Jafarzadeh ve diğerleri (2014) İran'da deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde 158 okulun sismik güçlendirmesine dair projeyi analiz etmişler ve güçlendirme maliyetini hesaplamak için çoklu regresyon analizini kullanmışlardır. Yazarların kurduğu modele göre güçlendirme maliyeti ile en çok ilişkili olan değişken binanın toplam alanıdır. Bunu takip eden diğer değişkenler ise; binanın oda sayısı, ağırlığı, sismik durumu, zemin tipi, bina planındaki değişiklik ve binanın yapısal özellikleridir (Jafarzadeh ve diğerleri, 2014; 3-4).

Literatürde incelenen ve özellikle okul güçlendirme ile ilgili olan çalışmalardan araştırmanın analizler ve bulguların değerlendirilmesi aşamasında oldukça yararlanılmıştır. Diğer çalışmalar ise güçlendirme maliyetleri ile ilgili anket değişkenlerinin belirlenmesi ve genel olarak güçlendirme konusunun kavranması açısından faydalı bulunmuştur.

### 3.4.2. Türkiye’deki Çalışmalar

Bir yapının güçlendirilmesi ile ilgili ulusal düzeyde yapılan literatür çalışmalarına geçmeden önce “Deprem Yönetmeliği” olarak da bilinen Mart 2007 tarihli ve 26454 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu yönetmelikte bir binanın güçlendirilmesini gerektirecek durumlar ve yapı elemanlarında bulunması gereken minimum özelliklerin neler olduğu sıralanmış, aynı şekilde yapının durumunun ortaya çıkarılabilmesi için yapılabilecek değerlendirme metodlarına yer verilmiştir. Yönetmelik, oldukça teknik bir dille yazılmış olup, değerlendirme kriterlerinin özellikle alt limitler açısından sayısal değerleri açıkça belirtilmiştir.

Sismik dayanıklılığın optimum maliyetle artırılmasında fayda/maliyet analizi konusu ile ilgili Yanmaz ve Luş tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada, yazarlar Kadıköy’de bulunan örnek bir binanın deprem karşısında olası hasar düzeyini tespit etmiş, ardından buna yönelik güçlendirme projesi hazırlayarak fayda/maliyet analizi yapmışlardır. Yazarlar deprem maliyetlerini; tamir maliyetleri, acil barınma maliyeti, güçlendirme maliyeti, can kaybı ve yaralanma maliyetleri olarak sıralamışlardır. Bir diğer çalışma Özkan ve Muratoğlu (2005) tarafından yapılmış ve çalışmada diğer tüm koşullar aynı kalmakla birlikte sadece deprem bölgesinin farklılaşmasının bina maliyetine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda bir paket program yardımıyla simüle edilen binanın farklı deprem bölgelerindeki maliyetleri regresyon analizi ile karşılaştırılmış ve deprem bölgesi ile maliyet arasında bir ilişki olduğu sonucu elde edilmiştir. Buna göre, 1. derece deprem bölgesinde maliyetler daha fazla iken, 4. derece deprem bölgesinde daha düşük maliyet söz konusudur.

Benzer bir çalışma Severcan ve diğerleri tarafından (2007) yapılmış ve yazarlar çalışmalarında 12 katlı bir binanın deprem güvenilirliğinin sağlanmasında kullanılabilen güçlendirme yöntemlerini ve bunların maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda kolonların güçlendirilmesinde beton mantolama tekniğinin, kirişlerin güçlendirilmesinde ise fiber karbon uygulamalarının daha az maliyetli olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapının geliştirilmesi ile ilgili ulusal çalışmalara ise Altun ve diğerleri tarafından 2003 yılında yapılan çalışma örnek verilebilir. Altun ve diğerleri (2003) bu çalışmada 1999 Marmara depreminde hasar görmüş bir yapının güçlendirilmesini yapmış ve çalışmada özellikle beton dayanımı, zemin özellikleri, donatı durumu gibi konular ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Okul binaları gibi kamu binalarının güçlendirilmesi maliyetleri ile bina yapı özelliklerinin incelendiği ulusal çalışmalara Sayar ve diğerleri (2013) tarafından yapılan çalışma örnek olarak gösterilebilir. Yazarlar çalışmalarında 294 adet okul ve idare binasının güçlendirme maliyetleri ile binaların yapı özellikleri arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya koymaya çalışmışlardır.

Ulusal bazda yapıların deprem karşısında gösterdikleri davranışların teknik olarak incelendiği araştırmalara ilk olarak Erdik tarafından 2001 yılında hazırlanan Kocaeli Depremi Raporu örnek gösterilebilir. Bu raporda Erdik (2001), Kocaeli Depremi ile ilgili ekonomik ve teknik durum tespitlerinde bulunmuştur. Bir diğer çalışmada Korkmaz (2007), çelik çapraz elemanlarla güçlendirilen betonarme bir yapının deprem karşısındaki davranışlarını analiz etmiştir. Benzer bir çalışma Kavşut ve Yerli (2012) tarafından yapılmış ve çalışmada bir Emniyet Amirliği binasının güçlendirme projesi hazırlanmıştır.

Olası bir deprem vakası karşısında ortaya çıkacak zararların tahmini ile ilgili yapılan çalışmalardan birinde Erdik ve Durukal (2008), olası bir İstanbul depreminde sosyal, ekonomik ve endüstriyel kayıplarının neler olabileceğini araştırmışlardır. Çalışmada İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından olası bir deprem karşısında ortaya çıkabilecek zararların önlenmesi için Boğaziçi Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi ile ortak hazırlanan stratejik planlar değerlendirilmektedir. Tekeli Yeşil ve Dedeoğlu'nun (2011) yılında yaptıkları bir anket ile İstanbul'da yaşayan 1.123 kişinin deprem farkındalıkları ve risk algıları ölçülmüştür. Çalışmada sonucunda katılımcıların %67'sinin deprem yönetmeliğindeki bina koşullarına uyduğu ancak sadece %26'sının yaşadıkları binanın deprem karşısında dayanıklılığını test etmiş oldukları görülmüştür. Benzer bir çalışma Çaktı (2013) tarafından yapılmış ve çalışmada 2008 yılı itibarıyla İstanbul'da yaklaşık 1.164.000 bina bulunduğu ve bu binaların 197.000'inin 1999 Kocaeli depreminden sonra inşa edildiği belirtilmiştir.

Çalışmada bu binaların 1997 ve 2007 Deprem Yönetmeliğine uygun olarak inşa edildiği ve bu nedenle depreme karşı dayanıklı oldukları algısının mevcut olduğunu vurgulamakta fakat bu binaların çok katlı ve yüksek binalar olduğu için deprem davranışlarının beklendiği gibi olmayabileceğini vurgulamaktadır.

Ulusal bazda yapılan bir diğer çalışma ise İstanbul Valiliği İl Özel İdaresi tarafından yapılmış olup, “İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi (İSMEP-İstanbul Seismic Risk Mitigation and Emergency Preparedness Project)” şeklinde yürütülmektedir. Bu proje İstanbul’u olası bir depreme hazırlamak amacıyla yürütülmekte olup, afet öncesi, afet sırası ve afet sonrası olmak üzere çeşitli hazırlık, zarar azaltma, müdahale ve iyileştirmeye yönelik destekleyici ve önleyici uygulamalara dair eğitimlerin verilmesini hedeflemektedir. Proje kapsamında konu ile ilgili çeşitli yayınlar ve rehber kitaplar hazırlanmıştır. Bu yayınlardan özellikle Tüzün ve diğerleri tarafından hazırlanan “Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması” (2009) ve “Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme” (2009) (www.guvenliyasam.org) konulu kitaplardan bu araştırmada oldukça yararlanılmıştır. 2009 Yılında Aydınoglu ve diğerleri tarafından “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” hakkında açıklamaların ve örneklerin bulunduğu bir kitap ortaya çıkarılmıştır. Bu kitapta hem yönetmelikte belirtilen hususlar incelenmiş, hem de örnek uygulamalar sunulmuştur.

Ulusal bazda binaların güçlendirilmesi ile ilgili yapılan çeşitli tez çalışmalarına ulaşılmıştır. Bu çalışmalardan birinde Boylu (2005) İzmir’de bulunan betonarme yapıların sismik güçlendirmelerinin fayda/maliyet analizini çıkarmıştır. Bir diğer çalışmada Atay (2010) depremde hasar görmüş yapıların güçlendirme yöntemlerini ve güçlendirmede kullanılan malzemeleri incelemiştir. Aynı şekilde Bilen (2010) çalışmasında bir sitenin bir bloğu üzerinde güçlendirme uygulaması yapmış ve bu blogun sıfırdan yapılmasının maliyeti ile güçlendirme maliyetlerini karşılaştırmış ve bu oranı %13 olarak hesaplamıştır. Uygulama sonucunda güçlendirme işleminin ekonomik olduğu sonucuna varmıştır.

Ulusal düzeyde yapılan çalışmalardan özellikle anket değişkenlerinin tespiti ve analiz metodunun seçimi aşamalarında yararlanılmıştır. Ancak literatürde yapım, yıkım ve güçlendirme konularının her üçünü kapsayan bir çalışmaya rastlanmamış ve bu araştırma ile literatürdeki bu boşluğun doldurulması için katkı sağlanması hedeflenmiştir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

#### 4.1. Genel Açıklama

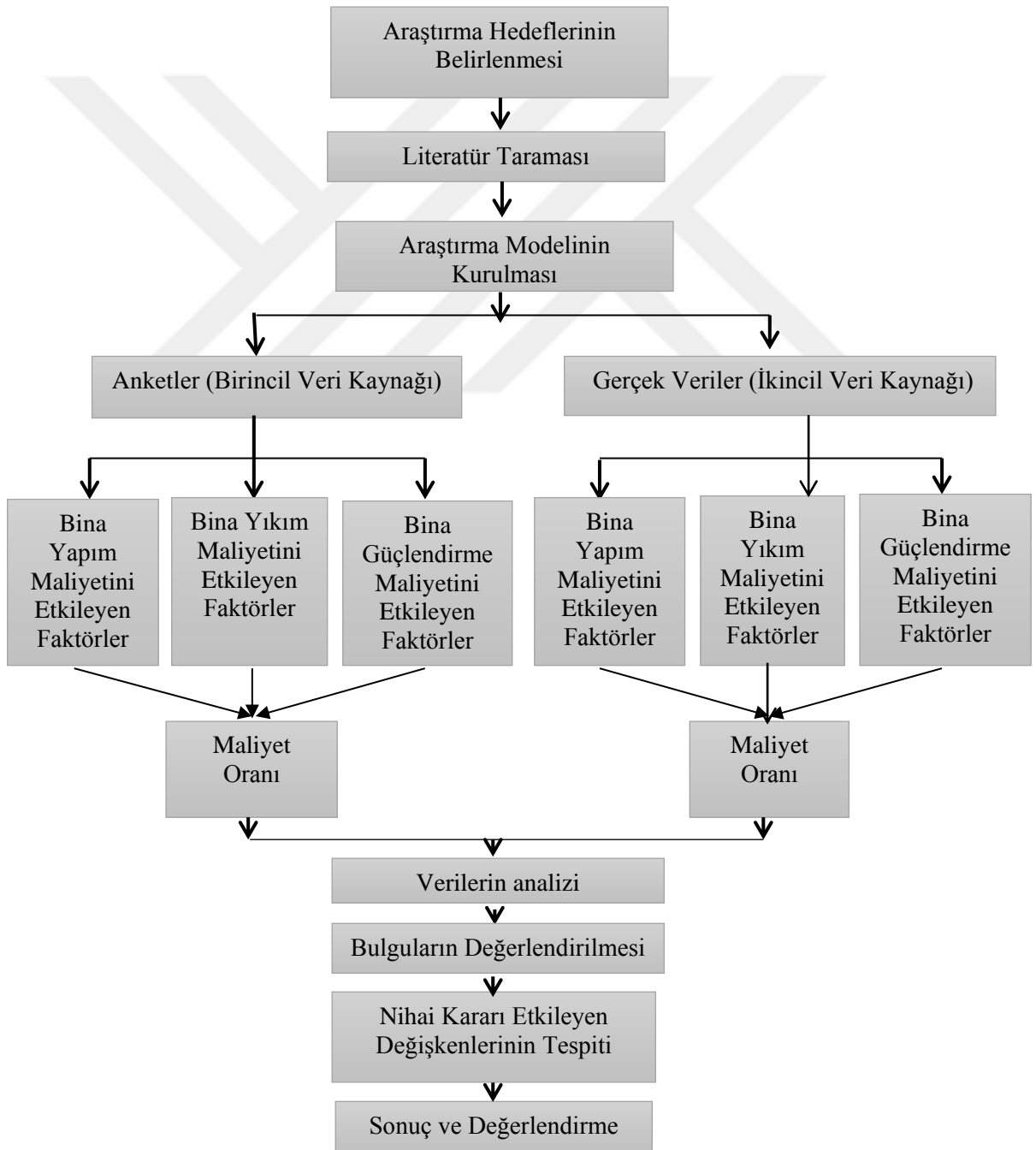
İnşaatlarda yapım, yıkım, güçlendirme maliyetlerini ve güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ile ilgili bu araştırmanın metodolojisi aşağıda özetlenmiş ve araştırma modeli Şekil 8’de diyagram halinde gösterilmiştir.

- **Literatür Taraması:** İnşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme faaliyetleri ile ilgili yapılmış olan çalışmalar derlenerek, maliyetler ile ilgili olanların belirlenmesi,
- **Uzman Görüşlerinin Alınması:** İnşaat alanında uzmanlaşmış kişilerle inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetleri ve bu maliyetleri etkileyen değişkenlerin neler olduğu ve maliyetlerin toplam maliyet içindeki öneminin hangi seviyede olduğu konularında mülakat yapılması,
- **Anket Formunun Hazırlanması:** Mülakat yöntemi ile elde edilen verilerin gözden geçirilmesi, literatürdeki ilgili değişkenlerin derlenmesi ve literatürle uyumlu bir anket formu oluşturulması,
- **Model Kurulması:** Uzman görüşleri ve araştırmanın amaçları doğrultusunda araştırma hipotezlerinin oluşturulması ve model kurulması,
- **Araştırma Verilerinin Toplanması:** Gerçek inşaat projeleri elde ederek, bu projelerde maliyetleri etkileyen unsurların tespit edilmesi. Yapım, yıkım ve güçlendirme konularında deneyim sahibi inşaat mühendislerinin bu faaliyetlere ait maliyetleri etkileyen değişkenlerin neler olduğu konusundaki görüşlerini edinmek üzere anket uygulanması.
- **Veri Analizi:** Projelerden elde edilen verilerinin derlenerek bir veri seti haline dönüştürülmesi. Aynı şekilde anketlerden elde edilen verilerden ikinci bir veri seti oluşturulması. Her iki veri setine ait verilerin tanımlayıcı istatistikler, faktör

analizi ve regresyon analizi yöntemleri ile değerlendirilerek modelin test edilmesi.

- **Sonuç ve Değerlendirme:** Binalarda güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen değişkenlerin tespit edilmesi, anket ve proje verilerinin analizi sonucu elde edilen bulguların karşılaştırılması ve değerlendirilmesi, sonuç ve tartışma bölümü yazılarak araştırmanın tamamlanması.

**Şekil 8: Araştırma Süreci**



Şekil 8’de görüldüğü gibi araştırmada öncelikle hedefler belirlenmiş, ardından bu hedeflerle ilgili literatür taramaları yapılarak araştırmanın çerçevesi çizilmiş ve araştırma modeli kurulmuştur. Uygulama ile ilgili birincil veriler anket çalışması sonucu, ikincil veriler ise gerçek projelerin elde edilmesi yoluyla sağlanmıştır. Hem anketlerden hem de projelerden elde edilen veriler inşaatlarda bina yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Her bir veri seti için ayrı bir güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı tespit edilmiştir. Verilerin analizi, bulguların değerlendirilmesi ve nihai maliyet değişkenlerinin tespit edilmesinin ardından, anket verilerinin analizi sonucu elde edilen değişkenlerle, proje verilerinin analizi sonucu elde edilen değişkenler karşılaştırılmış, her iki veri setine ilişkin bulgular benzerlikleri ve farklılıkları yönünden değerlendirilmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

#### **4.2. Araştırmanın Hedefleri ve Önemi**

1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri’nin Türkiye sosyo-ekonomisi üzerindeki dolaylı etkilerinin yaklaşık 16 milyar \$ olduğu ve bu tutarın Türkiye GSYH’sının yaklaşık %7’sine karşılık geldiği (Erdik, 2001: 149), yine bir başka çalışmaya göre bu depremlerin ülke ekonomisine verdiği fiziksel, sosyal ve ekonomik zararın 20 milyar \$ olarak tahmin edildiği (Boylu, 2005:1), depremlerde yaklaşık 52 bin binanın hasar gördüğü (Tüzün ve diğerleri, 2009b: 13) ve bu binaların 93 bin konut ve 15 bin küçük işletme binasına karşılık geldiği, diğer taraftan 220 bin konut ve 21 bin küçük işletme binasının hafif/orta düzeyde hasara uğradığı ve en önemlisi depremlerde hayatını kaybedenlerin sayısının 18.373 ve yaralı sayısının 48.901 olarak raporlandığı (Erdik, 2001: 165), bir başka çalışmaya göre ise raporlanmayanlar da dahil toplam can kaybı sayısının 30 binleri bulduğu (Boylu, 2005:1) dikkate alındığında İPKB tarafından yürütülen İSMEP Projesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Türkiye’nin deprem projeksiyonu çizildiğinde, sismik ölçümlerde ülkenin deprem açısından dünyadaki en aktif ülkelerden biri olduğu bilinmekte ve ülkenin en kalabalık ve nüfus açısından en yoğun şehri olan İstanbul’un gelecek 20 yıl içinde Marmara Denizi’nde %35-70 olasılıkla gerçekleşmesi muhtemel 7 büyüklüğündeki bir depremden etkileneceği tahmin edilmektedir (Karaman ve Erden, 2014: 688). Türkiye’de yaklaşık 7 milyon binanın depreme karşı dayanıksız olduğu, 14 milyon konutun %15-20’sinin deprem



dayanıklılığının yetersiz olduğu, sadece Bursa'da 2012 yılı rakamlarına göre yaklaşık 700 bin konuttan 200-250 bininin güçlendirilmesi gerektiği (www.csb.gov.tr), 2002 yılında Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) tarafından hazırlanan bir rapora göre İstanbul'da yaklaşık 350 bin binanın depreme karşı risk altında bulunduğu (www.ipkb.gov.tr), yine İstanbul'da bulunan yaklaşık 800 bin binadan 35-40 bininin olası bir deprem sonucunda tamamıyla çökeceği, yaklaşık 70 bininin geniş çaplı hasar alacağı, 200 bininin ise hafif düzeyde hasar göreceği, deprem sonrası 500 bin hanehalkının barınma ihtiyacının ortaya çıkacağı (Erdik ve Durukal, 2008: 182), bir başka çalışmaya göre ise 40 bin civarında can kaybı ve 160 bine yakın yaralı olabileceği (Erdik, 2005: 54) ifade edilmektedir.

Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü (NVİGM) tarafından 2013 yılı itibariyle Türkiye'de toplam konut sayısı 16.245.901 olarak belirlenmiş, bunun 3.274.023'ünün Marmara Bölgesi'nde bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yaklaşık 5 yıl içinde Bölge'deki konut sayısında %7,52'lik artış olacağı ve konut sayısının Türkiye geneli konut sayısından daha hızlı büyüdüğü ifade edilmektedir (www.milliyetemlak.com). Bu durumda olası bir Marmara Denizi depreminde (Karaman ve Erden, 2014: 688) çok daha fazla sayıda binanın zarar görmesi ihtimali mümkün görülmekte, bu nedenle yapılacak yeni binaların 2007 Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak inşa edilmesi, mevcut binaların ise güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma yoluyla depreme karşı dayanıklı hale getirilmesi, özellikle 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri'nin sonuçları göz önünde bulundurulduğunda hayati derecede önemli görülmektedir.

Diğer taraftan özellikle 1999 Kocaeli ve Düzce Depremlerinin ardından deprem olgusu Türkiye'de önem kazanmaya başlamış ve 2007 yılında yayınlanan Deprem Yönetmeliği ile hem bu tarihten sonra yapılacak yeni binaların hem de bu tarihten önce yapılmış eski binaların yönetmeliğe uygun olarak inşa edilmesi veya uygun hale getirilmesi zorunlu kılınmıştır. Bu açıdan hem yeni bir binanın yapımı hem de eski binaların güçlendirilmesi konusunda uyulması gereken yeni standartlar ortaya çıkmıştır. Böylece depreme dayanıklı binaların inşası veya bina güçlendirme faaliyetleri inşaat sektörünün önemli bir alt çalışma alanı haline gelmiştir.

Bir projedeki inşaat maliyetleri, projenin türü, yıkım, güçlendirme veya yapım tekniği, ülkenin ekonomik koşulları, işgücü maliyetleri, malzeme fiyatları ve kalitesi, malzemelerin geri kazanıma elverişliliği, binanın bulunduğu bölge ve yer şekilleri, vb. gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Aynı şekilde her bina boyutları, şekli, ekonomik ömrü, konumu ve çeşitli çevresel koşullara dayanıklılığı gibi pek çok özelliği açısından diğer binalardan farklılaşmakta (Kusar ve diğerlerinin, 2013: 652), bütün bu farklılıklar ise binaların proje maliyetinin tahmin edilmesinde bir genelleme yapılmasını zorlaştırmaktadır. Her bina kendine has niteliklere sahip olduğu için binaya özgü maliyetler de her bina için farklılaşmaktadır. Bu aşamada maliyetler açısından bir genelleme yapabilmek için maliyetleri etkileyen faktörler ve bu faktörlerin maliyetler üzerindeki etki derecelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araştırmanın birinci ve temel hedefi; bir binanın gerek yıkılıp yeniden yapılması gerekse güçlendirilmesi projeleri ile ilgili olarak, yapım, yıkım ve güçlendirme faaliyetlerine ait maliyetlerin neler olduğunun belirlenmesi ve bu maliyetleri etkileyen faktörlerin tespit edilmesidir.

Bir binanın güçlendirme maliyeti eğer o binanın yıkılıp yeniden yapılması için sarf edilecek toplam maliyetin belirli bir yüzdesine sahip ise, bu maliyet oranı yıkıp yeniden yapma veya güçlendirme kararının verilmesinde temel bir gösterge olarak kullanılabilir. Bu oran ülkeden ülkeye farklılık göstermekle birlikte, Türkiye için T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı %40'tır. Bu oranın hangi maliyet kalemlerinden ve nasıl oluşturulduğuna dair literatürde herhangi bir çalışma veya yönetmeliğe rastlanmamıştır. Araştırmanın temel hedefine ek olarak başka hedefleri de bulunmaktadır. Buna göre araştırmanın ikinci hedefi, halihazırda var olan, depremde zarar görmüş ve güçlendirilmesi söz konusu olan bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararında kullanılan %40'lık oranın isabetli olup olmadığının ve hangi faktörlerden etkilendiğinin tespit edilmesidir.

Ülke koşulları değerlendirildiğinde ve özellikle olası bir İstanbul depremi sonucu ortaya çıkabilecek durumlar öngörüldüğünde, üçüncü bölümde de ayrıntılı olarak incelendiği üzere depremin ülke ekonomisi açısından ağır kayıplara neden olmasının yanı sıra, pek çok can kaybına ve yaralıya da neden olacağı tahmin edilmektedir. Bu öngörüler sonucu özellikle güçlendirme kavramı günümüzde daha çok ön plana çıkmakta ve bir binayı güçlendirme ya da yıkıp yeniden yapma kararının verilmesi önemli bir sorun haline

gelmektedir. Hem literatürde yapılan çalışmalara hem de resmi kaynaklara bakıldığında bina sahipleri, yüklenici firmalar ve inşaat mühendisleri gibi güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma kararı verme konumunda bulunan kişilere rehberlik sağlayacak bir çalışmaya rastlanmaması büyük bir eksiklik olarak görülmektedir. Bu araştırma ile bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen faktörlerin neler olduğunun ve bu faktörlerin karar üzerindeki etkilerinin incelenmesi, araştırmanın üçüncü hedefi olarak görülmektedir. Bu araştırma ile gerçekleştirilmesi hedeflenen dördüncü ve son hedef ise, araştırma sonucunda elde edilen bulguların bina sahipleri, devlet, müteahhitler, inşaat mühendisleri, vb. gibi uygulayıcılara sunulması ve böylece hem inşaat alanındaki uygulamalarda kullanıcılara rehberlik sağlaması, hem de literatürde bu anlamda görülen boşluğun doldurulmasına bir katkıda bulunulmasıdır.

#### **4.3. Araştırma Değişkenlerinin Tespiti ve Anket Formunun Oluşturulması**

Araştırmanın veri setinin oluşturulması aşamasında, ilk olarak gerçek projelerden elde edilen veriler sınıflandırılmıştır. Ardından, literatürdeki çalışmalar ve alanında uzman inşaat mühendisleri, akademisyenler ve müteahhitler ile yapılan mülakatlar sonucu belirlenmiş değişkenler her bir projeden tek tek derlenerek bir veri seti haline getirilmiştir.

Araştırmada bir diğer veri edinme aracı olarak anket yöntemi seçilmiştir. Literatürde araştırma konusu ile doğrudan ilgili bir ölçeğe rastlanmamış, bu nedenle bu araştırma için yeni bir anket ölçeği geliştirilmiştir. Geliştirilen ilk anket formunda inşaat mühendislerine inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin neler olduğunu ve bunların toplam maliyetler içindeki ağırlıkları sorulmuştur. Ancak 2015 yılı Nisan ayında yapılan pilot uygulama sonrası, geliştirilen anket formunun bu haliyle hem uygulanamaz hem de çok uzun bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle anket soruları revize edilmiştir. Sonuç olarak, ankette sorulacak sorular ve dolayısıyla araştırmada kullanılacak değişkenler üç farklı yöntem izlenerek elde edilmiştir. İlk olarak ulusal ve uluslararası literatür taranarak inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme konularında özellikle maliyetlere ilişkin yapılan çalışmalar incelenmiştir. Yapılan literatür taraması sonucu ilgili görülen değişkenler biraraya getirilerek yeni bir anket formu oluşturulmuştur. Anket sorularının oluşturulmasında yararlanılan literatür çalışmaları Tablo 14'te listelenmiştir.

**Tablo 14: Anketin Oluşturulmasında Yararlanılan Literatür Çalışmaları**

| <b><u>Değişkenler</u></b>                                | <b><u>Kaynaklar</u></b>  |
|--|--|
| Kat sayısı (yapı yüksekliği)                             | Çıracı ve diğerleri, 1996; Emsley ve diğerleri, 2002; Lowe ve diğerleri, 2006; Huang, 2007; Yaman ve Taş, 2007; Severcan ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2012                                   |
| Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                 | Özkan ve Muratoğlu 2005; Dorum ve diğerleri, 2006; Severcan ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2012; Jafarzadeh ve diğerleri, 2014   |
| Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, kırsal alan, vb.) | Emsley ve diğerleri, 2002; Lowe ve diğerleri, 2006; Chan, 2012; Kusrar ve diğerleri, 2013; Cheng, 2014   |
| Bina beton basınç dayanımı (MPa)                         | Severcan ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2012; Sayar ve diğerleri, 2013   |
| Önem katsayısı   | Severcan ve diğerleri, 2007; Williams ve diğerleri, 2009   |
| Donatı çeliği sınıfı                                     | Severcan ve diğerleri, 2007  |
| Binanın deprem hasar düzeyi                              | -----  |
| Bina statığı   | -----  |
| Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                   | Çıracı ve diğerleri, 1996; Emsley ve diğerleri, 2002; Lowe ve diğerleri, 2006; Yaman ve Taş, 2007; Severcan ve diğerleri, 2007; Sönmez, 2008; Wang ve diğerleri, 2012                                  |
| Binanın yapı tipi  | Wang ve diğerleri, 2012; Cheng, 2014   |
| Binanın yaşı   | Bender, 1979; Nuti ve Vanzi, 2003; Kusrar ve diğerleri, 2013; Sayar ve diğerleri, 2013; Jafarzadeh ve diğerleri, 2014; Bruce ve diğerleri, 2015  |
| Zemin tipi   | Çıracı ve diğerleri (1996); Altun ve diğerleri, 2003; Dorum ve diğerleri, 2006; Severcan ve diğerleri, 2007; Dikmen ve Özek (2011); Chan, 2012; Wang ve diğerleri, 2012; Jafarzadeh ve diğerleri, 2014 |
| Binanın kalitesi   | Bender, 1979; Emsley ve diğerleri, 2002; Lowe ve diğerleri, 2006; Newton ve Christian, 2006; Chan, 2012; Cheng, 2014   |
| Korozyon Durumu  | -----  |

Literatür taranarak oluşturulan anket formu, ikinci aşamada inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme konularında bilgi ve deneyim sahibi çok sayıda inşaat mühendisi, bir kaç müteahhit ve bir kaç mimar ile yapılan derinlemesine görüşmelerde tartışılmıştır. Derinlemesine görüşme, açık uçlu ve keşif odaklı bir veri edinme aracıdır (Baş ve Akturan, 2013: 112). Yapılan görüşmeler sonucu elde edilen yorumlar, öneriler ve eleştiriler doğrultusunda anket formunda değişiklikler yapılarak sorular revize edilmiştir.

Üçüncü ve son aşamada, beş farklı üniversitenin inşaat mühendisliği bölümü yapı anabilim dalı veya yapı işletmesi biriminde görev yapan 8 öğretim üyesi ile tezin konusu ve amaçları ayrıntılı olarak tartışılmış ve öğretim üyelerinin tezin amaçlarına yönelik olarak yukarıdaki süreçler sonucunda son haline getirilmiş anket formu hakkındaki görüş ve önerileri dikkate alınarak anket uygulanmaya hazır son haline getirilmiştir.

Sonuç olarak anket formu iki bölümden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. İlk bölümde katılımcıların demografik özelliklerini öğrenmeye yönelik 4 soru ve güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının kaç olması gerektiğine dair 1 soru, ikinci bölümde ise inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme konularının her biri ile ilgili ayrı ayrı sorulardan oluşan 8 ölçek bulunmaktadır. Anket formu, toplamda 13 sorudan oluşmakta ve ikinci bölümde yöneltilen sorularda 5'li likert ölçeği kullanılmaktadır. Katılımcılara, ölçeklerde yer alan değişkenlerle ilgili önem dereceleri sorulmuş ve katılımcıların her bir değişken için "1- en az önemli" ve "5- en çok önemli" olacak şekilde 1'den 5'e kadar derecelendirme yapmaları istenmiştir. Anket formu Ek-1'de verilmekte olup, ankette yer alan değişkenlere ait tanım ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

**Kat Sayısı:** Araştırmada binanın yüksekliğini göstermesi açısından bir referans olarak kat sayısının kullanılmasına karar verilmiştir. Binadan binaya kat yüksekliği değişmekle beraber farklılık az olup genel olarak kat yüksekliği bitişik ve blok nizam yapılmış olan konutlarda eğer konutun tamamı konut olarak tasarlanmışsa zemin kat 3,50 metre, normal katlar 3,00 metre yüksekliğindedir.

Diğer taraftan zemin katın ticari amaçlı kullanılması amaçlanıyorsa zemin kat yüksekliği 4,00 metreye kadar yapılabilir. Bitişik ve blok nizam yapılaşmanın söz konusu olmadığı konutlarda zemin kat 4,00 metre, normal katlar ise 3,50 metre yüksekliğe kadar yapılabilir. İstanbul İmar Yönetmeliği 15.06.2007 tarihli 1512 Sayılı Meclis Kararı'na göre ayırık nizam yapılaşma koşuluna sahip konut alanlarında eğer binanın tamamı konut olarak tasarlanmışsa zemin kat 4,00 metre, normal katlar 3,80 metre, bunun dışında kalan diğer binalarda ise zemin kat 5,50 metre, normal katlar 4,00 metre yüksekliğe kadar yapılabilir ([www.emlakansiklopedisi.com](http://www.emlakansiklopedisi.com)).

Araştırmada bina yüksekliği ayrı bir değişken olarak kullanılmayacağı için her bir kat yüksekliğinin 3,80 metre olduğu varsayılmıştır. Kat sayısı, Tablo 16’da listelenen çalışmalarda bina maliyetlerini etkileyen değişkenlerden biri olarak kabul edilmiş, ayrıca alanında uzman kişilerle yapılan derinlemesine görüşmelerde kat sayısının inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin tümü açısından önemli bir değişken olduğu görülmüştür. Bu nedenle “kat sayısı”nın ankette maliyetleri etkileyen değişkenlerden biri olarak yer almasına karar verilmiştir.

**Deprem sınıfı:** Bu değişken, Türkiye’deki deprem bölgelerinin 1, 2, 3, 4 ve 5. derece olması nedeniyle bu şekilde sınıflandırılmış ve araştırmada değişken olarak yine 5 sınıf halinde incelenmiştir. 1. Derece deprem bölgesi deprem riskinin en yüksek olduğu, 5. derece deprem bölgesi ise deprem riskinin en düşük olduğu bölge olarak kabul edilmektedir. Ek-2’de verilen Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Bakanlar Kurulu’nun 18.4.1996 tarihli ve 96/8109 sayılı kararı ile olasılık metodu hesaplarına göre çizilen eşivme kontur haritası esas alınarak oluşturulmuştur. Sonuç olarak, normal bir yapının 50 yıllık ekonomik ömrü içinde %90 ihtimal ile bu ivme değerlerinden fazla bir yüklenmeye maruz kalmayacağı tahmin edilmektedir ([www.deprem.gov.tr](http://www.deprem.gov.tr)).

Bir yapının hangi deprem bölgesinde bulunduğu yapıyla ilgili yasal izinlerde ve hukuksal süreçte farklı adımlar atılmasını gerektirmektedir. Bu farklılıkların özellikle güçlendirme ve yeniden yapım faaliyetlerinde maliyetleri de etkilemesi beklenmektedir. Bu açıdan binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı, bu araştırmada incelenen maliyetler üzerinde etkili olan en önemli değişkenlerden biri olarak kabul edilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında, deprem sınıfının çeşitli çalışmalarda değişken olarak kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca, anketin hazırlanması aşamasında yapılan görüşmelerde deprem sınıfının bina maliyetlerini etkileyen önemli bir değişken olduğu ifade edilmiştir.

**Konum:** Bir yapının konumu, yapının bulunduğu yeri ifade etmekte olup, inşaat maliyetleri ile ilişkili olması nedeniyle bu araştırmada değişkenlerden biri olarak ele alınmıştır. Yapının ana cadde üzerinde bulunması, şehir merkezinde yer alması, ilçe veya kırsal alanda bulunması, vb. gibi değişik konumlarda yer alması halinde inşaat maliyetlerinin çeşitli alt kalemler açısından farklılık göstermesi beklenmektedir. Literatürde bina konumunun inşaat maliyetlerini etkileyen bir değişken olarak incelendiği

çalışmalara rastlanması ve yine uzman kişilerle yapılan görüşmeler sonucu bu değişkenin ankette bulunması gereken önemli bir değişken olduğu kanısına varılmıştır.

**Beton basınç dayanımı (MegaPascal-MPa):** Beton sınıfları, beton (concrete) kelimesinin baş harfi "C" ile ifade edilmektedir. Gerilme cinsinden ifade edilen beton basınç dayanımı, kırılma yükünün silindir alanına bölünmesi ile elde edilmektedir. Betonlar, dayanıklılıklarına göre sınıflandırılmakta olup, dayanıklılık ölçümü için belirli standartlar bulunmaktadır. Buna göre, betonun standart basınç dayanımı; 28 gün boyunca, 20 derece sıcaklıkta, yüzde yüz nemli ortamda ve kireçli su içerisinde, çapı 150 mm ve boyu 300 mm olan bir silindir altında bırakılması ile belirlenir. Örneğin C 35 beton,  $\text{cm}^2$ 'si 325 kilo yüke dayanabilen beton anlamına gelmektedir (www.emlakansiklopedisi.com). Beton basınç dayanımı, hem literatürdeki bazı çalışmalarda hem de ziyaret edilen kurumlardaki ve üniversitelerdeki bu konuda uzman kişiler ile yapılan görüşmelerde inşaatla ilgili hemen hemen tüm faaliyetler açısından son derece önemli bir değişken olarak görülmüş ve anket formunda yer alması gerektiğine karar verilmiştir.

Beton basınç dayanımı, beton örneği (karot) alınarak yapılan testler sonucunda ölçülür. Karot alımının ise TS EN 12504-1'de belirlenen standartlara göre uygun sayıda ve binanın uygun deney bölgeleri belirlenerek numune alınması şeklinde yapılması gerekmektedir (Akakin, 2013: 62). 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyinde mevcut beton dayanımı her katta kolonlardan ya da perdelerden TS-10465'e göre koşullara uygun şekilde en az iki karot alınarak yapılmak zorundadır (Deprem Yönetmeliği, 2007, Md.7.2.4.3).

Yönetmeliğe göre kullanılacak minimum beton dayanımı  $20 \text{ MPa} = 200 \text{ kg/cm}^2$  olmak zorundadır (Deprem Yönetmeliği, 2007, Md.3.2.5.1; Tüzün ve diğerleri, 2009b: 24). Karot alımı ve testler sonucu beton basınç dayanımı  $5 \text{ MPa}$ 'dan  $50 \text{ MPa}$ 'ya kadar çıkabilir. C50'den fazla beton basınç dayanımına sahip betonlar yüksek dayanımlı kabul edilirler ve Deprem Yönetmeliği hükümleri bu tip betonlardan inşa edilen yapılar için geçerli değildir (Doğangün, 2008: 86). Tablo 15'de beton sınıflarından bazıları ve basınç dayanımları verilmektedir.

**Tablo 15: Beton Sınıfları ve Mekanik Özellikleri**

| <u>Özellik</u>  | <u>Normal Beton Sınıfları</u> |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|---|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Beton Sınıfı</b>   | <b>C14</b>                    | <b>C16</b> | <b>C18</b> | <b>C20</b> | <b>C25</b> | <b>C30</b> | <b>C35</b> | <b>C40</b> | <b>C45</b> | <b>C50</b> |
| $f_{ck}$ Karakteristik Basınç Dayanımı (MPa=N/mm <sup>2</sup> ) | 14                            | 16         | 18         | 20         | 20         | 25         | 30         | 35         | 40         | 45         |
| $f_{ck, küp}$ Eşdeğer Küp Karakteristik Basınç Dayanımı (MPa)   | 16                            | 20         | 22         | 25         | 30         | 37         | 45         | 50         | 55         | 60         |

**Kaynak:** www.yildiz.edu.tr; Doğangün, 2008: 86.

**Önem Katsayısı:** Yapıların tasarımında kullanılan elastik deprem yükünün büyütülmesi için çarpıldığı birden büyük bir katsadır (Kırçıl ve Hancıoğlu, 2005: 13). Önem katsayısına literatürdeki bazı çalışmalarda rastlanmış, ayrıca inşaat mühendisleri ile yapılan görüşmelerde yine özellikle bina yapım ve güçlendirme maliyetleriyle ilgili bir değişken olduğu görülmüştür. Bina önem katsayısı Tablo 16 yardımıyla açıklanmaktadır.

**Tablo 16: Bina Önem Katsayısı**

| <u>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</u>   | <u>Bina Önem Katsayısı (I)</u> |
|---|--------------------------------|
| Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar (Hastaneler, PTT, Ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, toksik, patlayıcı vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu binalar, vb.) | 1.5                            |
| İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar (Okullar, yurtlar, kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.)   | 1.4                            |
| İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar (spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.)   | 1.2                            |
| Diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, vb.)   | 1                              |

**Kaynak:** Deprem Yönetmeliği, 2007: Md.2.4.2

**Donatı çeliği sınıfı:** Betonda oluşan çekme kuvvetini betonun karşılamaması üzerine 1849 yılında betonu donatmak fikri doğmuş ve böylece bu kuvvetleri karşılamak ve betonda oluşan çatlakları sınırlandırmak için çelik çubuklar kullanılmaya başlanmıştır. Betonarme çelik çubukları TS 708'e göre standartlaştırılmış ve 2010 yılında donatı sınıfları



en küçük akma dayanımlarına göre “S220”, “S420”, “B 420B”, “B 420C”, “B 500A”, “B 500B” ve “B 500C” olarak sınıflandırılmıştır (<http://mmf2.ogu.edu>, 03.03.2016). Literatürde donatı çeliği sınıfının önemli bir değişken olarak kullanıldığı bir çalışmaya rastlandığı ve yapılan görüşmelerde donatının önemi vurgulandığı için donatı çeliği sınıfı “mevcut donatı tipi” adı ile değişkenlerden biri olarak ankete eklenmiştir.

***Binanın deprem hasar düzeyi:*** Genel anlamda hasar bir yapının kullanımı sırasında meydana gelen herhangi bir durumun, hoşgörü sınırlarını aşması olarak tanımlanabilir. Yapısal hasar ise, bir yapının veya yapı elemanının kullanım sırasında herhangi bir neden sonucu standart ya da tanımlanmış özelliklerini kısmen kaybetmesidir. Türkiye’de, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan “Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu” nda yapının durumu belirli niteliklere göre tespit edilir ve puanlanır. Bu puana göre bir yapı “hasarsız”, “az hasarlı”, “orta hasarlı” ve “ağır hasarlı” olarak sınıflandırılır (Yüksel, 2008: 261-263).

Literatürde deprem konusu ve inşaat teknikleri ile ilgili pek çok çalışmaya rastlanmakla birlikte, deprem hasar düzeyi ve inşaat maliyetleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak anket ölçeğinin oluşturulması sırasında pek çok inşaat mühendisi ve akademisyen ile yapılan görüşmelerde deprem hasar düzeyinin binaların özellikle güçlendirme maliyeti üzerinde oldukça önemli bir etkisi olduğu bilgisi edinilmiştir. Bu nedenle bina deprem hasar düzeyinin anket ölçeğinde değişkenlerden biri olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

***Bina statığı:*** Bina statığı inşaat mühendisleri tarafından hazırlanan proje ile belirlenir. Statik proje; yapının türüne göre taşıyıcı sistemleri göstermekte olup, proje hazırlarken Bakanlıkça yayımlanan “Zemin ve Temel Etüdü Raporlarının Hazırlanmasına İlişkin Esaslara” uyulması gerekmektedir. Statik proje, betonarme yapının ayakta durması için gerekli bir hesaplama yönetimidir ve bilgisayar programları ile belirlenir ([www.emlakansiklopedisi.com](http://www.emlakansiklopedisi.com)). Anket ölçeğinin hazırlanması sırasında pek çok inşaat mühendisi ile yapılan görüşmelerde bina statığının inşaat faaliyetlerinde büyük bir öneme sahip olduğu ve özellikle bina yapım maliyeti üzerinde etkili olduğu öğrenilmiştir. Bu nedenle bu değişkenin anket ölçeğine konulmasına karar verilmiştir.

**Binanın toplam alanı:** Bu çalışmada binanın toplam alanı m<sup>2</sup> olarak ifade edilmiştir. Alan, literatürdeki hem inşaat konusundaki teknik konularla ilgili pek çok çalışmada hem de inşaat maliyetleri ile ilgili çalışmalarda değişken olarak kullanılmıştır. Bina alanının maliyetlerle ilişkisi genel kabul görmekte olup, bina alanı bazı çalışmalarda kullanım alanı, taban alanı, vb. gibi pek çok kısma ayrılarak bölümlenmiş halde de incelenmiştir. Bu çalışmada alandan kasıt, binanın toplam alanıdır.

**Binanın yapı türü:** Binanın yapı türünden kasıt binanın taşıyıcı elemanları yönünden sınıflandırılmasıdır. Buna göre binalar; yığma yapılar (masif yapılar), karkas yapılar (iskelet yapılar), ahşap yığma yapılar, kargir yığma yapılar, ahşap karkas yapılar, betonarme karkas yapılar, çelik karkas yapılar ve prefabrik yapılar şeklinde sınıflandırılabilir (www.emlakkulisi.com). Yapılan literatür taramasında bina yapısının inşaat maliyetleri ile ilişkisinin vurgulandığı çeşitli çalışmalara rastlanmış, ayrıca inşaat mühendisleri ile yapılan görüşmelerde de bina yapısının özellikle bina yapım ve güçlendirme maliyetleri üzerinde etkili bir değişken olduğu görülmüştür. Bu nedenlerden dolayı bina yapısının ankette yer almasına karar verilmiştir.

**Binanın yaşı:** Bina yaşı binanın yapım tarihine göre belirlenmiştir. Bina yaşı, literatürdeki hem teknik konularla ilgili bazı çalışmalarda hem de inşaat maliyetleri ile ilgili bazı çalışmalarda değişken olarak kullanılmıştır. İnşaat mühendisleri ile yapılan ön görüşmelerde bina yaşının özellikle güçlendirme kararında etkili bir değişken olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenlerle, bina yaşı güçlendirme ve yıkım maliyetlerini etkileyen bir değişken olarak ölçeğe eklenmiştir.

**Zemin Sınıfı:** Aynı bina yakın bölgelerde inşa edilmesine rağmen özellikle zemin tabakasının cins, kalınlık, yeraltı su seviyesi, vb. gibi özellikleri farklılık gösterebileceğinden, binada deprem durumunda farklı hasarlar ortaya çıkabilir. Zemin sınıfı “Z1”, “Z2”, “Z3” ve “Z4” olarak sınıflanmaktadır (Dorum, 2006). Z1 zemin sınıfından Z4 zemin sınıfına doğru gidildikçe zemin dayanımı azalmaktadır. Basınç dayanımlarına göre zemin grupları; A, B, C ve D grubu zemin olarak sınıflandırılmıştır. A grubu zemin: yüksek dayanımlı, kayalık veya çok sıkı çakıl bulunan zeminler; B grubu zemin: ayrılmış kayalardan veya sıkı kumdan oluşan zemin; C grubu zemin: orta sıklıkta

kum ve değişime uğramış taşlardan oluşan zemin ve son olarak D grubu zemin: dolgu, çamur, balçık, organik madde, vb. içeren sulu zeminlerdir.

Üst zemin tabakası kalınlığına göre: Z1 zemin sınıfı, A grubu ve 15 metreden küçük B grubu zeminden; Z2 zemin sınıfı, 15 metreden küçük C grubu ve 15 metreden büyük B grubu zeminden; Z3 zemin sınıfı, 10 metreden küçük D grubu ve 50 metreden küçük C grubu zeminden; Z4 zemin sınıfı ise, 10 metreden büyük D grubu ve 50 metreden küçük C grubu zeminden oluşur (www.nasilkolay.com). Yapılan literatür taramasında zemin tipinin inşaat tekniklerinin seçimi ve dolayısıyla inşaat maliyetleri ile ilişkisinin vurgulandığı çeşitli çalışmalara rastlanmıştır. Bu nedenlerden dolayı bu değişkenin anket ölçeğinde yer alması gerektiğine karar verilmiştir.

**Bina kalitesi:** Binaların kalitelerine göre sınıflandırılması 15.12.1982 tarihli ve 17899 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Bina İnşaat Sınıflarının Tespitine Dair Cetvel” kullanılarak yapılmıştır. Buna göre binalar; “lüks inşaat”, “1. sınıf inşaat”, “2. sınıf inşaat”, “3. sınıf inşaat” ve “basit inşaat” olmak üzere beş kalite sınıfına ayrılmaktadır (www.intvd.gib.gov.tr). Anket ölçeğinin hazırlanması sırasında inşaat mühendisleri ve müteahhitlerle yapılan görüşmelerde bina kalitesinin inşaat faaliyetlerinde büyük bir öneme sahip olduğu ve özellikle bina yapım maliyetleri üzerinde etkili olduğu öğrenilmiştir. Diğer taraftan yapılan literatür taramasında bina kalitesi ile ilgili yapılmış çalışmalara rastlanmış ve bu nedenle bina kalitesi değişkeni ankete formuna eklenmiştir.

**Korozyon Durumu:** Binalarda metalin kalitesi, betonun kalitesi, binanın bulunduğu bölgedeki iklim koşulları, binanın yaşı, binanın kullanım şekli, vb. gibi pek çok etken binanın donatı durumunu etkilemekte ve donatıyı oluşturan metallerin korozyona uğramasına neden olmaktadır. **Korozyon**, metallerin bulunduğu ortamda kimyasal ya da elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması olarak tanımlanmaktadır (Yüzer, 2003:134). Korozyon, içinde bulunduğu betonda çatlamalara ve kırılmalara neden olmakta, bu da betonun deprem karşısındaki mukavemetini azaltmaktadır (Üstün ve Dal, 2016: 10). 1994 Yılında yapılan bir çalışmada Türkiye’deki korozyon kayıplarının GSYH’nın %4,36’sına karşılık geldiği görülmüştür (Yüzer, 2003:134). 2007 Deprem Yönetmeliği’ne göre; betonarme binalarda donatı sınıfının binada sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel incelemelerle tespit edilmesi ve donatısında korozyon görülen yapı

elemanlarının planda işaretlenerek eleman kapasite hesaplarında dikkate alınması gereklidir (Deprem Yönetmeliği, 2007, Md.7.2.4.3).

Bir binanın yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin alt kalemlerinin hangi değişkenlerden oluştuğu inşaat mühendisleri ile yapılan görüşmeler ve gerçek projelerinin incelenmesi sonucu belirlenmiştir. Malzeme maliyetleri, yasal izin maliyetleri, yapısal güçlendirme maliyetleri, mimari güçlendirme maliyetleri, elektrik tesisatı güçlendirme maliyetleri, mekanik tesisat güçlendirme maliyetlerine ek olarak, Tablo 14’te verilen literatür çalışmalarında işçilik maliyetleri, geri kazanılabilir malzemelerin ayrıştırılması, depolanması ve nakliyesiyle ilgili maliyetler, yıkıntı atıklarının dökümü ve nakliyesiyle ilgili maliyetler ve idari maliyetlere (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.) rastlanmış ve bu değişkenlerinin ölçüğe eklenmesine karar verilmiştir.

#### **4.4. Araştırmanın Kapsamı, Evreni ve Örneklemi**

Araştırma genel anlamda kuramsal bir çerçeveye dayandırılmış olup, bir inşaat projesinde yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin önceden tahmin edilebilmesi için bu maliyetleri etkileyen faktörlerin neler olduğunun tespitine dayanmaktadır. Bu tür maliyetler dünya genelinde düşünüldüğünde ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar inşaat sırasında kullanılan malzeme ve tekniklerdeki çeşitlilikten, işgücü ve diğer unsurlara ait maliyetlerdeki çeşitliliğe kadar pek çok faktörden etkilenmektedir. Bu araştırmada bu çeşitlilik göz ardı edilmiştir.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 6 Mayıs 2014 tarihinde ve 28992 sayılı Resmi Gazetede’de yayımlanan “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ” ine göre yapılar çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Bu tebliğde belirtilen yapı sınıflarından IV. sınıf yapılar içerisinde yer alan ilkökul, ortaokul ve lise binaları gibi A tipi yapılar araştırma kapsamına alınmıştır. Araştırmada kullanılan iki ayrı veri seti aşağıdaki başlıklarda açıklanmaktadır.

#### 4.4.1. Projelere Ait Veriler

Araştırmanın veri seti iki ayrı çalışma ile edinilmiştir. Bunlardan ilki, ikincil veri kaynağından elde edilen gerçek proje verileridir. Buna göre araştırmanın proje verilerine dayandırılarak elde edilen ilk veri seti birinci derecede deprem bölgesinde yer alan ve deprem beklentisinin yüksek olduğu İstanbul'u kapsamaktadır. Bu verilerin edinilmesi için İstanbul Proje Kooordinasyon Birimi (İPKB) ile görüşmeler yapılmış ve MEB'e bağlı yaklaşık 450 okul binasının güçlendirme/yıkım-yapım projesine ulaşılmıştır.

Okul binaları deprem sonrası hemen kullanımı gereken binalardan hastaneler vb. gibi yapılardan (önem katsayısı:1,5) sonraki en önemli yapılardan biridir ve bina önem katsayısı 1,4'dür. Deprem performans düzeyleri açısından ise okulların olası bir deprem sonrası hemen kullanım ve can güvenliği düzeyinde performans sergilemeleri beklenmektedir (Chiu ve diğerleri, 2013: 112). Okul binalarının önemi ve Türkiye'nin deprem riski yüksek olan bir ülke olduğu dikkate alındığında güçlendirme projesi yatırımlarının okul binaları, hastaneler, yurtlar, kırsal alanlar, vb. gibi yüksek önemdeki binalarda öncelikli olarak yapılması doğal ve gereklidir.

Literatürde okul binalarının güçlendirilmesi konusunda az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Nakano (2004) çalışmasında 1995 Kobe depreminde 4.500 okul binasının zarar gördüğünü ve Japon Hükümetinin bu zararı karşılamak için 94 milyar Yen harcadığını belirtmiştir (Nakano, 2004: 219). Bir diğer çalışma 2013 yılında Chiu ve diğerleri (2013) tarafından yapılmış ve çalışmada 1999 Chi-Chi depreminde 656 ilk ve orta derecedeki okulun zarar gördüğü belirtilmiştir (Chiu ve diğerleri, 2013: 112).

Benzer şekilde Sayar ve diğerleri (2013) çalışmalarında 294 okul ve idari binanın güçlendirme maliyeti ve yapı özelliklerini incelemiştir. Yazarlar çalışmaları sonucunda yeni binaların eski binalara nazaran daha az güçlendirme maliyeti gerektirdiğini bulgulamışlardır. Bir diğer çalışmada Naja ve Baytiyeh (2014) 7.0 şiddetindeki olası bir depremde Lübnan'da bulunan 1.280 okulun %80'inin kısmen veya tamamen tahrip olacağını tahmin etmektedirler. Tahrip olan okul binalarının yeniden yapımı ve onarımı maliyeti toplam 1.131.520.000 \$ olarak, olası bir depremden önce okul binalarının güçlendirilmesi için gereken toplam güçlendirme maliyeti ise 200.000.000 – 250.000.000

\$ olarak tahmin edilmiştir (Naja ve Baytiyeh, 2014: 162). Benzer bir çalışma Jafarzadeh ve diğerleri (2014) tarafından İran’da yapılmış, yazarlar deprem riskinin olduğu yerleşim yerlerindeki 158 okul binasını incelemiş ve net güçlendirme maliyetlerini hesaplamak için bir model geliştirmeye çalışmışlardır.

Araştırma için gereken verilerin toplanmasının ardından her proje tek tek incelenerek veri setinde bulunması hedeflenen değişkenler belirlenmiş ve bu değişkenlere proje maliyet tutarları ve yapıya ait ölçümler de eklenerek veri seti son haline getirilmiştir. Sonuç olarak 444 adet verinin uygulamada kullanılacak tüm değişkenleri içerdiği görülmüştür. Tüm değişkenlerin yer almadığı eksik veriye sahip projeler ve yığma yapılara ilişkin projeler ise veri seti dışında bırakılmıştır.

Veri setinin çeşitli yıllara ait projelerden oluşması analizlerde karşılaştırılabilirliği olumsuz yönde etkileyeceğinden maliyetlerle ilgili tüm veriler eskalasyon katsayısı kullanılarak 2014 yılına taşınmıştır. Benzer bir uygulama Jafarzadeh ve diğerleri (2014) tarafından da yapılmış ve yazarlar çalışmalarında verileri 2008 yılına taşımışlardır (Jafarzadeh ve diğerleri, 2014: 3). İnşaat sözleşmelerinde yüklenici firmayı yüksek enflasyonun olumsuz etkilerinden korumak için çeşitli maddeler bulunmaktadır. Bu maddelerden biri de yıl içinde malzeme veya işçilik fiyatlarında herhangi bir artış olması halinde, fiyat artışlarının nasıl hesaplanacağı ve hesaplanan yüzdenin birim ya da götürü fiyatlara nasıl yansıtılacağına ayrıntılı bir şekilde gösterildiği ve formülasyonların belirtildiği maddelerdir. İnşaat fiyatlarına eklenecek miktara *eskalasyon*, eskalasyonun hesaplanmasında kullanılan faktöre ise *eskalasyon katsayısı* denir (Galipoğulları, 2001: 250). Araştırmada kullanılan eskalasyon katsayıları T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 06.11.2014 tarihli ve 28992 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “Yapı, Tesis ve onarım İşleri İhalelerinde Kullanılan Müteahhitlik Karneleri ve İş Bitirme Belgelerinin 2014 Yılına Ait Değerlendirme Katsayıları Hakkında Tebliğ”den edinilmiştir.

#### **4.4.2. Anket Verileri**

Birincil veri toplama yöntemlerinden anket yoluyla oluşturulan çalışmanın bir diğer veri setinde, İstanbul’un yanı sıra diğer bölgelerdeki tesadüfi örnekleme yöntemi ile seçilmiş bazı illerdeki TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Şubeleri kapsama dâhil

edilmiştir. Buna göre, çalışmanın anketler bazında evrenini, deprem riski bulunan bölgelerde faaliyetlerini sürdürmekte olan inşaat yapım, yıkım ve güçlendirme firmalarında çalışan inşaat mühendisleri ve yine aynı bölgelerde bulunan üniversitelerdeki inşaat mühendisliği bölümünde yapı alanında uzman akademisyenler oluşturmaktadır.

Anketin uygulanacağı İnşaat Mühendisleri Odası Şubeleri 1. derece deprem bölgesinde bulunan iller öncelikli tutularak seçilmiş ve tezin veri kapsamına alınmıştır. Ancak İç Anadolu Bölgesi'nde 1. derece deprem bölgesinde bulunan Kırşehir ve Kırıkkale illerinin bağlı olduğu herhangi bir şube bulunmadığından İç Anadolu Bölgesi'nden sadece Yozgat, Samsun Şubesi'ne bağlı olarak örnekleme dahil edilmiştir. 2014 yılı sonu itibariyle Türkiye'de TMMOB İnşaat mühendisleri odalarına kayıtlı inşaat mühendisi sayısı 95.209'dur. Örnekleme olarak, Marmara Bölgesi için İstanbul, Bursa, Kocaeli ve Sakarya; Ege Bölgesi için İzmir; Karadeniz ve İç Anadolu Bölgesi için Samsun; Doğu Anadolu Bölgesi için Erzurum ve Van, Akdeniz Bölgesi için Hatay İnşaat Mühendisleri Odası Şubesi'ne bağlı inşaat mühendisleri seçilmiştir. Ancak TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Erzurum, Hatay ve Van Şubeleri'nden anketlerin uygulanması konusunda yardımcı olamayacakları şeklinde geri bildirim alınmış ve bu Şubeler örneklemeden çıkartılmıştır. Aşağıda verilen Tablo 17'de örnekleme yer alan Şubelere bağlı iller ve kayıtlı üye sayıları yer almaktadır.

**Tablo 17: Anketin Uygulandığı İller**

| <b><u>İnşaat Mühendisleri Odası Şubesi</u></b> | <b><u>Bölge</u></b>     | <b><u>Odaya Bağlı Olan Diğer İller</u></b> | <b><u>Üye İnşaat Mühendisi Sayısı</u></b> | <b><u>Anketi Yanıtlayanların Sayısı</u></b> | <b><u>Geri Dönüş Oranı %</u></b> |
|--|-------------------------|--|---|---|----------------------------------|
| İstanbul                                       | Marmara                 | Kırklareli, Edirne                         | 25.171                                    | 263   | 1,04                             |
| Bursa  | Marmara                 | Bilecik, Kütahya, Yalova                   | 3.454                                     | 25  | 0,72                             |
| Kocaeli  | Marmara                 | -  | 1.950                                     | 1   | 0,05                             |
| Sakarya  | Marmara                 | -  | 919                                       | 5   | 0,54                             |
| İzmir  | Ege                     | -  | 7.288                                     | 89  | 1,22                             |
| Samsun   | Karadeniz ve İç Anadolu | Amasya, Ordu, Sinop, Tokat, Yozgat         | 2.307                                     | 14  | 0,60                             |
| <b>Toplam</b>                                  |                         |  | <b>41.089</b>                             | <b>397</b>                                  | <b>41.089</b>                    |

Örnekleme alınacak katılımcı sayısının belirlenmesi için aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır (Baş, 2010: 40). Buna göre ana kütle büyüklüğü (N) 95.209, %95 güvenilirlik aralığında ( $\alpha=0,05$ )  $t=1,96$  kabul edilebilir örnekleme hatası olarak  $d=0,05$ ,  $p=0,20$  ve  $q= 0,80$  değerleri formülde kullanılmıştır.

$$n = N t^2 p q / (d^2 (N-1) + t^2 p q)$$

Formüldeki notasyonlar aşağıdaki gibidir (Çabuk ve Yücel, 2012: 74):

N = Evrendeki birey sayısı,

n = Örnekleme alınacak birey sayısı,

p = İncelenecek olayın görülüş sıklığı,

q = İncelenecek olayın görülmemiş sıklığı,

t = Belirli bir anlamlılık düzeyinde, t tablosuna göre bulunan teorik değer,

d = Olayın görülüş sıklığına göre istenen + sapma.

Sonuç itibariyle örnek büyüklüğü 384 olarak tespit edilmiştir. Bu sayıya ulaşabilmek için Tablo 17’de belirtilen şubelerdeki bütün üyelere yani toplamda 41.089 inşaat mühendisine ulaşılmış, Şubelerin Sekreterlikleri yardımıyla online olarak hazırlanmış anket formu üyelerin e-posta adreslerine gönderilmiştir. Şubelerle iletişimde kullanılan dilekçe örneği Ek-3’de, Şubeler tarafından dilekçelere verilen yanıt örnekleri ise Ek-4 ve Ek-5’de verilmektedir. Anketlerin uygulanmasına 13 Kasım 2015 itibariyle başlanmış ve 5 Mart 2016 itibariyle sonlandırılmıştır.

Anketlerden daha yüksek sayıda geri dönüş beklenmesine rağmen, geri dönüş oranlarının oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bu süreç sonunda, 397 inşaat mühendisi ve inşaat mühendisi akademisyenden geri dönüş sağlanmış, eksik yanıtların olduğu anketler elendikten sonra geriye kalan 385 anket geçerli kabul edilerek modelin test edilmesinde veri setini oluşturmuştur.

#### **4.5. Araştırmada Kullanılan Analiz Yöntemleri**

İnşaat konusu hem ekonomik önemi hem de barındırdığı pek çok faaliyet nedeniyle mühendislikten ekonomiye, yönetimden sosyolojiye kadar ulusal ve uluslararası literatürde



pek çok açıdan incelenen ve üzerinde çok sayıda araştırma yapılan bir konu olmuştur. Araştırmanın konusu ile ilgili olabilecek literatürdeki bazı çalışmalarda kullanılan metotlara literatür taraması başlığı altında yer alan Tablo 6, Tablo 9 ve Tablo 13'te değinilmiştir.

Yapılan bu araştırmanın uygulama kısmı iki farklı metottan oluşacak şekilde tasarlanmıştır. İlk olarak mümkün olduğu kadar farklı projeden elde edilen veriler ışığında bir binanın yıkımı ve yeniden yapımı sırasında ortaya çıkabilecek maliyet kalemleri belirlenmiş, bu kalemlerin hangi oranlarda toplam yıkım ve yeniden yapım maliyetini etkilediği araştırılmıştır. Daha sonra kullanımı mümkün olmayan veya herhangi bir nedenden dolayı güçlendirilmesi planlanan belirli sayıda güçlendirme projesine ulaşılarak bir binanın güçlendirme maliyetleri tespit edilmiştir. Burada sıralanan tüm yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetini etkileyen faktörlerin tespitinin ardından bir binanın yıkılıp yeniden yapılması veya güçlendirilmesi kararında kullanılan güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı incelenmiş ve bu kararın verilmesinde etkili olan faktörler çoklu doğrusal regresyon ve lojistik regresyon yöntemleri ile analiz edilmiştir.

Araştırmanın bir diğer uygulama ayağında ise veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmış olup, bir binanın yapım, yıkım ve güçlendirilmesi ile ilgili maliyetlerin toplam proje maliyeti içerisindeki önemi konusunda alanında uzman kişilerin görüşleri alınmıştır. Anket sorularının oluşturulması aşamasında inşaat yapımı, yıkımı ve güçlendirilmesi konusunda uzman inşaat mühendisleri, akademisyenler, mimarlar, firma sahipleri ve kamu görevlisi ile görüşmeler yapılmış ve elde edilen değişkenler niteliklerine göre çeşitli gruplara ayrılmıştır. Daha sonra oluşturulan anket, pilot çalışma niteliğinde 15 inşaat mühendisi ve 8 akademisyenin görüşleri doğrultusunda revize edilmiştir.

Elde edilen anket verileri öncelikle tanımlayıcı istatistikler kullanılarak frekans, yüzde oranları ve önem dereceleri açısından incelenmiştir. Daha sonra faktör analizi kullanılarak her inşaat faaliyeti ile ilgili değişken belirli faktör grupları altında toplanmıştır. Faktör analizinin ardından çoklu doğrusal regresyon analizi uygulanarak inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen değişkenler tespit edilmiştir.

#### 4.5.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Tanımlayıcı istatistikler, bir araştırmada istatistiksel analizlerin yanı sıra verilerin özelliklerinin de ortaya konulması, verilerin daha iyi yorumlanmasını ve dolayısıyla sonuçların daha anlamlı ve ayrıntılı şekilde değerlendirilmesini sağlar. **Tanımlayıcı istatistikler**, verilerin sayısal veya grafiksel olarak analiz edilmesi şeklinde tanımlanmış olup, basitçe uygulanabilmekte ve kolay yorumlanabilmekte olduğundan en çok kullanılan analiz yöntemlerinden biri olarak görülür. Tanımlayıcı istatistiklerle merkezi eğilim ölçüleri ve yaygınlık ölçülerinin değerlendirilmesi sağlanır. Merkezi eğilim ölçüleri, veri dağılımının toplandığı yeri gösterir, yaygınlık ölçüsü ise standart sapma, standart hata, aralık, çeyrek ve yüzdeler ve çeyrekler arası genişlik analizlerini gösterir (Akgül ve Çevik, 2003: 61-67). Bu istatistikler, ortalama, medyan ve mod gibi merkezi eğilim ölçütlerini verebileceği gibi, standart sapma, çarpıklık, basıklık, varyans gibi sapma ölçütlerinin de görülmesine olanak sağlar (Çiçek, 2010: 51). Tanımlayıcı istatistikler, özellikle anket analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### 4.5.2. Güvenirlilik Analizi

Faktör analizine geçilmeden önce ölçeklerin güvenirliliği test edilmiştir. **Güvenirlilik**, bir veri setinde yer alan bütün ifadelerin birbiriyle olan tutarlılığını ve ele alınan sorunu ölçmedeki homojenliğini ortaya koyan bir kavram olarak tanımlanmaktadır. **Güvenirlilik analizi** ise, ölçmede kullanılan anketlerin, ölçeklerin ya da testlerin özelliklerini ve güvenirliliklerini test etmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Güvenirlilik analizi; norm-referans güvenirliliği ve iç tutarlılık yöntemleri ile yapılmaktadır. Norm-referans güvenirliliği için; formun tekrar gönderilmesi ve eşdeğer formlar yöntemi (Paralel Yöntem, Kesin (Strict) Paralel Yöntem) kullanılır (Ercan ve Kan, 2004: 213). İç tutarlılık yöntemleri için ise; Cronbach Alfa Güvenirlilik Katsayısı, Teta Güvenirlilik Katsayısı, Omega Güvenirlilik Katsayısı, Yarıya Bölme Yöntemi (Split Half), Kuder-Richardson Güvenirlilik Katsayısı, Guttman Güvenirlilik Katsayıları ve Kriter-Referans Güvenirliliği-Livingston Formülü (Akgül ve Çevik, 2003: 434-436; Ercan ve Kan, 2004: 213-214; Kayış, 2010: 405-406) gibi farklı yöntemler kullanılır.

Cronbach Alfa Güvenirlik Katsayısı, Cronbach tarafından 1951 yılında geliştirilmiş ve ölçekteki ifadeler 1-3, 1-4, 1-5 gibi puanlandığında iç tutarlık tahmin yöntemi olarak bu katsayının kullanılması uygun görülmüştür (Ercan ve Kan, 2004: 213). Bu yöntem Likert tipi ölçekler için literatürde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı bu araştırmada anket ölçeğinin güvenilirliğini tespit etmek amacıyla Cronbach Alfa Güvenirlik Katsayısı'nın kullanılmasına karar verilmiştir. Eğer Cronbach Alfa Güvenirlik Katsayısı;

$0,00 \leq \alpha < 0,40$  ise ölçek güvenilir değildir,

$0,40 \leq \alpha < 0,60$  ise ölçek düşük güvenilirliktedir,

$0,60 \leq \alpha < 0,80$  ise ölçek oldukça güveniliridir,

$0,80 \leq \alpha < 1,00$  ise ölçek yüksek derecede güveniliridir,

şeklinde verilerin güvenilirlik seviyeleri hesaplanır. İlgili ölçeğin alfa katsayısı ne kadar yüksek olursa ölçekte bulunan ifadelerin o derecede birbiriyle tutarlı olduğu ve birlikte çalıştıkları sonucuna varılır (Alpar, 2013: 849). Bu araştırmada anket verilerinin güvenilirliği test edildikten sonra diğer analizlere başlanmıştır.

#### **4.5.3. Faktör Analizi**

**Geçerlik**, bir ölçme aracının ölçmesi amaçlanan özelliği, diğer herhangi bir özellikle karıştırmadan doğru ölçebilme derecesi olarak tanımlanmaktadır. Geçerlik analizinin, güvenilirlik analizi kadar net sayısal ölçütleri yoktur. Bir ölçeğin geçerliği içerik geçerliği (content validity), kriter geçerliği (criterion validity), yordama geçerliği (predictive validity), halihazır geçerlik (concurrent validity) uyum geçerliği, yüzeysel geçerlik (face validity), uygulama geçerliği (empirical validity), yapı geçerliği (construct validity) gibi yöntemlerle test edilmektedir (Ergin, 1995: 127-129; Ercan ve Kan, 2004: 213-215).

Ölçeğin yapı geçerliğinin test edilmesi için faktör analizinin yapılması gereklidir. **Faktör analizi**, en basit tanımıyla veri setini küçülterek daha kolay analiz edilebilir ve kolay açıklanabilir hale getirmek için birbiri ile ilişkili birçok değişkenin en az bilgi kaybıyla, bağımsız ve anlamlı bir kaç başlık altında toplanması olarak tanımlanır (Akgül ve Çevik, 2003:417; Çankaya ve Hatipoğlu, 2011: 74; Alpar, 2013: 269). Faktör analizinde

bir veri setinde aralarında yüksek korelasyon olan değişkenlerin bir araya getirilmesi ve faktör adı verilen genel bir ya da birden fazla değişkenin oluşturulması söz konusudur.

Faktör analizi için Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis), Temel Faktör Analizi (Principal Factor Analysis), En Çok Olabilirlik Yöntemi (Maximum Likelihood Factoring), Temel Eksen Faktörleştirme Yöntemi (Principal Axis Factoring), Görüntü Faktörleştirme Yöntemi (Image Factoring), Alfa Faktörleştirme Yöntemi (Alpha Factoring), Ağırlıksız En Küçük Kareler Yöntemi (Unweighted Least Squares Factoring), Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (Generalized Least Squares Factoring), vb. gibi farklı teknikler bulunmakla beraber en yaygın kullanılan teknik Temel Bileşenler Analizidir (Kalaycı, 2010: 321; Alpar, 2013: 272).

Faktör analizinde çeşitli döndürme yöntemleri bulunmakla beraber en çok kullanılan yöntem varimax rotasyonlu faktör analizidir (Ergin, 1995: 130). Ancak varimax rotasyonlu faktör analizi, faktörler arasında korelasyon olmadığı düşünülüyorsa yani faktörler dik (orthogonal) ise uygulanır. Eğer faktörler arasında bir korelasyonun varlığı söz konusu ise, yani faktörler dik değil de eğik (oblique) ise, bu durumda örneklem sayısının çok fazla olduğu veri setlerinde promax rotasyonlu, normal örneklem büyüklüğüne sahip veri setlerinde ise direkt oblimin rotasyonlu faktör analizi tercih edilir (Kalaycı, 2010: 323; Alpar, 2013: 301).

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) örneklem yeterliği ölçütü, gözlenen korelasyon katsayıları büyüklüğü ile kısmi korelasyon katsayıları büyüklüğünün karşılaştırıldığı bir indeks olarak tanımlanmakta ve açıklayıcı faktör analizinde veri setinin yeterliliği KMO örneklem yeterliliği testi ile ölçülmektedir. KMO değeri 0,50'nin altında ise veri seti faktör analizi yapmak için elverişli değil, 0,50-0,59 arasında ise zayıf, 0,60-0,69 arasında ise orta, 0,70-0,79 arasında ise iyi, 0,80-0,89 arasında ise çok iyi ve 0,90'dan büyük ise mükemmel düzeyde elverişli demektir. Barlett Testi ise (Barlett Test of Sphericity), korelasyon matrisinin birim matris olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılan bir testtir. Veri setinin faktör analizine uygun olması için "korelasyon matrisi birim matristir"  $H_0$  hipotezinin reddedilmesi yani anlamlılık düzeyinin 0,05'ten büyük olması gereklidir (Kalaycı, 2010: 322; Akgül ve Çevik, 2003: 428; Çankaya ve Dinç, 2012: 92; Alpar, 2013: 294).

Değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü görmek için kısmi korelasyon katsayılarına bakılması gereklidir. Kısmi korelasyon katsayılarının negatifi ters görüntü korelasyondur (anti-image correlation). Ters görüntü korelasyon matrisinin diyagonal değerleri örneklem yeterliliğini gösterdiğinden bu değer 0,5'ten büyük olması istenir. Bir diğer dikkat edilmesi gereken değer ise ortak varyans (communality), yani bir değişkenin analizdeki diğer değişkenlerle paylaştığı varyans değeridir. Eğer bir değişken düşük seviyede (0,50'nin altında) ortak varyans değerine sahip ise bu değişken analizden çıkarılarak analiz tekrarlanır. Bu şekilde hem KMO değeri hem de açıklanan toplam varyans değeri artırılmış olur. Literatürdeki bazı kaynaklara göre açıklanan toplam varyans yüzdesinin %66 olması, bazılarında göre ise fen ve doğa bilimleri için %95, daha az kesinlik gösteren sosyal bilimler için ise %60 olması yeterli görülmektedir (Kalaycı, 2010: 328; Alpar, 2013: 296).

Faktör analizi açıklayıcı ve doğrulayıcı olmak üzere iki tiptir. Açıklayıcı faktör analizi, değişkenlerin ilişkilerinden yararlanılarak değişkenlerden daha az sayıda faktör elde edilmesini amaçlar. Açıklayıcı faktör analizi genellikle ölçek geliştirilirken kullanılır ve faktör analizi denildiğinde ilk akla gelen analiz tipidir. Açıklayıcı faktör analizinde tümevarım stratejisi izlenirken, doğrulayıcı faktör analizinde tümdengelim stratejisi uygulanır. Açıklayıcı faktör analizinde araştırmanın başlangıcında hangi değişkenlerin birlikte faktörleşeceği belirli değilken, doğrulayıcı faktör analizinde başlangıçta hangi değişkenlerin birlikte faktörleşeceğine dair bir varsayım yapılır ve değişkenlerin varsayılan bu kuramsal yapıya ne derecede uyduğu araştırılır (Alpar, 2013: 288-289). Bu çalışmada, literatürde araştırma konusu ile direkt ilgili bir ölçeğe rastlanmadığı için yeni bir ölçek oluşturulmuş, dolayısıyla açıklayıcı faktör analizinin kullanılması uygun görülmüştür.

Literatürde faktör analizi ile yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Araştırma konusu ile yakından ilgili olan çalışmalardan birinde, Iyer ve Jha (2005) inşaat proje maliyetinin performansını olumlu ve olumsuz yönde etkileyen faktörleri faktör analizi ile tespit etmiştir. Benzer şekilde Doloj (2013) inşaat projelerinde maliyet aşımı konusu ile ilgili yaptığı çalışmada 94 katılımcıya anket uygulamış ve anket sonucunda 48 değişkenden 36'sının 8 faktör altında toplandığını tespit etmiştir. Bir diğer benzeri çalışmada Shehu ve Akintoye (2010) program yönetiminin inşaat sektöründe uygulanması konusunu incelemiş ve çalışmada 119 katılımcıdan gelen anket sonuçlarını ve 17 katılımcı ile yaptıkları

mülakat sonuçlarını kullanarak program yönetiminin inşaat sektöründe başarılı bir şekilde uygulanmasını etkileyen faktörleri açıklayıcı faktör analizi ile analiz etmişlerdir.

#### 4.5.4. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi

**Regresyon analizi**, açıklanan veya bağımlı bir değişkenle, açıklayıcı veya bağımsız bir ya da birden fazla değişken arasındaki ilişkinin analiz edilmesi olarak tanımlanır. Analiz sonucu iki değişken arasında mükemmel bir ilişki olduğu tespit edilmişse (+1 ya da -1), bağımsız değişkene ait değerler bilindiğinde bağımlı değişken de mükemmel şekilde tahmin edilebilir.

Regresyon analizi genel olarak; bağımlı ve bağımsız değişken/ler arasında bir ilişki olup olmadığı, eğer bir ilişki varsa bu ilişkinin şiddeti ve matematiksel açıdan ifadesi, bağımlı değişkene ait ileriye dönük değerlerin tahmin edilip edilemeyeceği ve belirli şartların kontrol edilmesi durumunda bir değişken veya değişkenler grubunun diğer değişken/ler üzerindeki etkilerinin neler olacağı ve nasıl değişeceği sorularına yanıt aramak için kullanılır (Altunışık ve diğerleri, 2004: 200).

Regresyon analizi bağımsız değişkenlerin sayısına göre basit veya çoklu doğrusal regresyon olarak adlandırılır. **Basit doğrusal regresyon modelinde** bağımlı değişken sadece bir bağımsız değişkenin fonksiyonu olup, bu regresyon modeli iki değişkenli regresyon olarak da adlandırılır (Gujarati ve Porter, 2009: 21). **Çoklu doğrusal regresyon modelinde** ise bağımlı değişkenin davranışını açıklamak için birden daha fazla sayıda bağımsız değişken kullanılır (Gujarati ve Porter, 1999: 33). Çoklu doğrusal regresyon ile basit doğrusal regresyonu birbirinden ayıran özellik; çoklu doğrusal regresyonda bağımlı değişken ile her bir bağımsız değişken arasındaki ilişkinin eşanlı olarak belirlenmesidir (Alpar, 2013: 473).

İki değişkenli regresyon modelinde regresyon katsayılarının tahmin edilmesinde en çok kullanılan teknik En Küçük Kareler tekniğidir. Artıkların kareleri toplamı ne kadar küçük olursa modelin o kadar uyumlu olduğu sonucu ortaya çıkar. Bu nedenle artıkların sıfır olması istenir (Dougherty, 2002: 52). Artık kareler toplamını minimize eden yani en küçük hale getiren parametre değerlerini belirleyen tahminci basit **En Küçük Kareler** tahmincisi olarak adlandırılır (Kennedy, 2006: 14).

En Küçük Kareler regresyonunun varsayımları; hataların beklenen değeri sıfırdır, hatalar arasında korelasyon yoktur, hataların varyansı sabittir, hatalar ve bağımlı değişken arasında korelasyon yoktur, hatalar ve bağımsız değişkenler birbirinden bağımsızdır, bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişki yoktur, doğrusal regresyon analizinde bağımlı değişken tesadüfi iken bağımsız değişkenler sabittir, değişkenler hatasız bir şekilde ölçülmüştür, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki doğrusaldır, bağımsız değişkenlerin varyansı sıfırdan büyük olmalıdır ve model doğru tanımlanmış olmalıdır şeklindeki varsayımların karşılanmış olması gerekmektedir (Gujarati ve Porter, 1999: 54-57; Albayrak, 2005: 107-108; Stock ve Watson, 2007: 126-130).

Regresyonda model yeterliğinin belirlenmesi için çeşitli ölçüler ve yaklaşımlardan yararlanılır. Bu yaklaşımlardan bazıları; açıklayıcılık katsayısının bulunması, artıkların incelenmesi, artık grafiklerinin çizimi, değişen varyanslılık sorunu olup olmadığının saptanması, hataların normal dağılım gösterip göstermemesi, çoklubağlantı sorunu olup olmadığının tespit edilmesi ve hataların ilişkili olup olmadığının belirlenmesidir (Alpar, 2013: 501-502).

Regresyon analizinde belirleme katsayısı olarak bilinen  $R^2$  değeri, bağımlı değişkendeki değişimin (varyansın) % kaçının bağımsız değişken tarafından açıklandığını göstermektedir. Regresyon modelinin anlamlı olup olmadığı ANOVA testi sonucunda F değerine karşılık gelen anlamlılık seviyesi ile değerlendirilir. F testi anlamlılık seviyesinin 0,05'ten küçük olması, modelin bağımlı değişkeni açıklamada katkı sağladığını gösterir. Bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisi Beta Katsayısı ile değerlendirilir. Bağımsız değişkene ait Beta katsayısına karşılık gelen t değerinin anlamlılık seviyesi 0,05'ten küçük ise değişkenin modelin açıklayıcılığına istatistiki açıdan anlamlı bir katkı sağladığı kabul edilir (Altunışık ve diğerleri, 2004: 204-207).

İnşaat maliyetlerinin tahmininde regresyon analizlerinin literatürde en sık kullanılan metotlardan biri olduğu görülmektedir (Sönmez, 2008: 1011). Literatürde, bu araştırma ile ilgili konularda regresyon analizi ile yapılan çok sayıda çalışmaya (Bender, 1979; Çıracı ve diğerleri, 1996; Al-Hajj ve Horner, 1998; Dissanayaka ve Kumaraswamy, 1999; Emsley ve diğerleri, 2002; Minami, 2003; Dorum ve diğerleri, 2006; Lowe ve diğerleri, 2006;

Sönmez, 2008; Tekeli Yeşil ve Dedeoğlu, 2011; Doloi, 2013; Jafarzadeh ve diğerleri, 2014) rastlanmıştır.

Bu araştırmada gerçek projelerden elde edilen verilerde “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı”, “güçlendirme maliyeti”, “yıkım maliyeti” ve “yeniden yapım maliyeti”nin önceki başlıklarda açıklanan değişkenlerle ilişkili olup olmadığı çoklu doğrusal regresyon analizi ile test edilmiştir. Benzer şekilde anketlerden elde edilen verilerde yine “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı”nın aynı değişkenlerden etkilenip etkilenmediği yine çoklu doğrusal regresyon analizi ile ölçülmüştür. “Güçlendirme/yıkım-yapım nihai kararı” ile “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” ve diğer değişkenler arasındaki ilişki ise lojistik regresyon analizi ile incelenmiştir.

#### **4.5.5. Lojistik Regresyon Analizi**

*Lojistik regresyon*, bir olayın gerçekleşme olasılığının test edildiği bir modeldir (Dougherty, 2002: 283). Modelin adı, olayın gerçekleşme olasılığının logaritması ( $L_i$ ) alındığı için buradaki ifadeden gelmektedir (Gujarati, 2001: 555). Bağımlı değişkenin binary yani iki kategorili niteliksel değişken olması durumunda iki kategorili lojistik regresyon yöntemi kullanılır (Alpar, 2013: 637). Model, gözlemlerin gruplara atanmasında en sık kullanılan metotlardan biri olup, modelde verilerin grup sayısı bilinmekte ve bu şekilde ayırsama modeli elde edilmektedir.

Lojistik regresyon modeli verilerin normal dağılmaması veya ortak kovaryansa sahip olmaması gibi durumlarda diskriminant analizi ve çapraz tablo analizine alternatif bir model olarak kullanılırken, bağımlı değişkenin 0 ve 1 gibi ikili (binary) kesikli değişkenden oluşması durumunda normallik varsayımı ortadan kalkacağı için doğrusal regresyon analizine de alternatif olarak kullanılmaktadır. Doğrusal regresyon modeli ve lojistik regresyon modeli arasındaki en önemli farklar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Coşkun ve diğerleri, 2004: 42-43):

- Doğrusal regresyon modelinde tahmin edilecek bağımlı değişken sürekli iken, lojistik regresyon modelinde bağımlı değişken kesikli verilerden oluşur.



- Doğrusal regresyon modelinde bağımlı değişkenin değeri tahmin edilirken, lojistik regresyon modelinde bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden birinin gerçekleşme olasılığı tahmin edilir.
- Doğrusal regresyon modelinde bağımsız değişkenlerin çoklu normal dağılım koşulunu sağlaması istenirken, lojistik regresyon modelinde dağılımla ilgili herhangi bir ön koşul aranmamaktadır.

Lojistik regresyon modelinde regresyon katsayılarının kestirimi çoğunlukla en çok olabilirlik yöntemi ile hesaplanır. En çok olabilirlik yönteminde gözlenen verileri elde etme olasılığını en büyük yapan parametre değerleri üretilir. Bu şekilde bir olayın gerçekleşme olasılığı en çok yapılmaya çalışılır. Bu yöntemde değişkenlerin önemlilik seviyesi Olabilirlik Oranı, Wald veya Skor testlerinden biri ile ölçülür. Ayrıca bir olayın olma olasılığının olmama olasılığına oranı yani Odds Oranı ile geriye yönelik olgu-kontrol amaçlı çalışmalarda risk ölçümü yapılabilir (Alpar, 2013: 643-648).

Bu çalışmada bir binanın “güçlendirme/yıkım-yapım kararı”, güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma olarak iki ayrı seçenekten oluştuğu, dolayısıyla kesikli (binary/0-1) bir veri olduğu için, bu karar ile önceki başlıklarda sunulan değişkenler arasındaki ilişkinin lojistik regresyon kullanılarak ölçülmesi uygun görülmüştür.

#### **4.6. Araştırmanın Hipotezleri**

Araştırmada gerçek projelerden elde edilen veriler ve inşaat mühendislerine uygulanan anketlerden elde edilen veriler olmak üzere iki veri seti kullanılmış ve araştırma hipotezleri de bu kapsamda belirlenmiştir. Araştırma hipotezleri, değişkenlerin tespiti aşamasında ifade edilmiş olan çalışmalardan yararlanılarak oluşturulmuştur.

Projelerden elde edilen verilere ait hipotezler beş grup altında toplanmaktadır. İlk grupta güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile önceki başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanan bağımsız değişkenler arasındaki ilişki ölçülmüştür. İkinci grupta güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının daha iyi yorumlanabilmesi için bu oranı oluşturan maliyetlerden güçlendirme maliyeti ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki, üçüncü grupta yıkım maliyeti ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki, dördüncü grupta

yeniden yapım maliyeti ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir. Son grupta ise güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı da bağımsız değişkenlerden biri olarak kabul edilmiş ve bağımsız değişkenlerin tümünün binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılmasına ilişkin nihai karar üzerinde etkili olup olmadığı araştırılmıştır. Son olarak anket verileri ile ilgili hipotezlere yer verilmiştir. Araştırma hipotezleri aşağıda sıralanmıştır.

- ***Proje verilerine ilişkin hipotezler:***

- **H<sub>1</sub>:** Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>2</sub>:** Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>3</sub>:** Güçlendirme maliyeti ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>4</sub>:** Güçlendirme maliyeti ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>5</sub>:** Yıkım maliyeti ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>6</sub>:** Yıkım maliyeti ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>7</sub>:** Yeniden yapım maliyeti ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>8</sub>:** Yeniden yapım maliyeti ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>9</sub>:** Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>10</sub>:** Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>11</sub>:** Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasında bir ilişki vardır.

- ***Anket verilerine ilişkin hipotezler***

- **H<sub>12</sub>:** Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin deprem özellikleri arasında bir ilişki vardır.

- **H<sub>13</sub>**: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin bina yapısal özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>14</sub>**: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>15</sub>**: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yıkımın bina yapısal özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>16</sub>**: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yıkımın bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>17</sub>**: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yapımın deprem özellikleri arasında bir ilişki vardır.
- **H<sub>18</sub>**: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yapımın bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır.

Gerçek proje verilerine ait hipotezlerdeki “bina özellikleri” ifadesi; “kat sayısı”, “binanın toplam alanı”, “korozyon durumu”, “mevcut donatı tipi”, “beton basınç dayanımı” ve “bina yaşı” değişkenlerini, “zemin ve deprem sınıfı” ifadesi “zemin sınıfı” ve “deprem sınıfı” değişkenlerini kapsamaktadır. Anket verilerine ilişkin gruplandırma ise araştırmanın beşinci bölümünde, faktör analizi başlığı altında açıklanmaktadır. Araştırmada proje verilerine ilişkin hipotezler çoklu doğrusal regresyon ve lojistik regresyon modeli ile, anket verilerine ilişkin hipotezler ise çoklu doğrusal regresyon modeli ile test edilmiştir.

#### **4.7. Araştırmanın Kısıtları**

Bir inşaat projesinde maliyetleri etkileyen faktörlerin ülkeden ülkeye, projeden projeye veya yapım, yıkım ya da güçlendirme tekniğinin seçimine kadar pek çok değişkenden etkilenmekte olması bu tezin en önemli kısıtı olarak görülmektedir. Ayrıca her binanın kendine has niteliklerde olması, her binanın maliyetinin de farklı olmasına neden olmaktadır. Bu durumda çok sayıda değişkenin kullanıldığı ve en doğru maliyet tutarını veren genel bir model kurmak oldukça yüksek bir çaba ve yeterli miktarda veri gerektirmektedir.

Kavramsal olarak inşaat maliyetlerinin çok sayıda, çok çeşitli ve ayrıntı düzeyinde faktöre bağlı olması (Bruce ve diğerleri, 2015; 150) ve özellikle yıkıp yeniden yapmak mı yoksa güçlendirmek mi sorusuna basit bir şekilde cevap verilememesi ve bu konunun çok boyutlu ve bütüncül olarak ele alınmasını gerektirmektedir. Bina yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin genellenebilmesi için bu maliyetlerin oluşmasında etkili olabilecek faktörlerin aracı olarak kullanılması gerekmekte, ancak maliyetleri etkileyen bütün faktörlere ait bilgilerin edinilmesi oldukça zor görülmektedir.

Bu araştırmanın bir diğer kısıtı olarak her proje için ayrı bir özellik ve tutar içeren maliyetler üzerinde etkili olan değişkenlere karar verilmesi, genel bir model oluşturulmasında en büyük engel olarak görülmektedir. Her ülkenin kendi finansal koşulları ve kendine özgü inşaat sektörü durumunun da değişkenlerin belirlenmesi aşamasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yapılan bu çalışmada Türkiye koşulları ve belirli sayıda ve nitelikte proje incelenmiş ve bulunan sonuçlar mümkün olduğu kadar genellenmeye çalışılmıştır.

Araştırmadaki bir diğer ve en önemli kısıt ise gerekli ayrıntı düzeyinde veriye ulaşılamamasıdır. Gerçek projelerden elde edilen veriler sadece MEB'e bağlı ilk ve ortaöğretim düzeyindeki okul binalarına ait projelerden oluşmakta ve bu durum çalışmada önemli bir sınırlılık teşkil etmektedir. Anketler düzeyinde sınırlılıklara bakıldığında ise inşaat maliyetlerinin direkt sorulduğu ayrıntılı anket formunun katılımcılar tarafından doldurulmaktan kaçınılması, bu nedenle revize edilmiş ve kısaltılmış anket formu oluşturulmak zorunda kalınması önemli bir sınırlılık olarak görülmektedir.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 5.1. Genel Açıklama

Araştırmanın uygulama bölümü iki başlıkta raporlanmıştır. İlk olarak gerçek projelerden elde edilen veriler analiz edilmiş, ardından anketlerden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Araştırmanın dördüncü bölümünde açıklanan analiz yöntemlerinin uygulanması sonucu elde edilen bulgular takip eden başlıklarda sunulmuştur.

#### 5.2. Bulgular

Veri analizi bulguları başlığında ilk olarak İstanbul Proje Koordinasyon Birimi'nden (İPKB) elde edilen 444 adet gerçek proje verisi tanımlayıcı istatistikler, çoklu doğrusal regresyon modeli ve lojistik regresyon modeli ile analiz edilmiştir. İkinci alt başlıkta ise inşaat mühendislerine uygulanan anketlerden elde edilen 385 veri; tanımlayıcı istatistik analizleri, faktör analizi ve çoklu doğrusal regresyon modeli ile analiz edilerek sonuçlar tablolar halinde verilmiştir. Araştırma bulguları izleyen başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

##### 5.2.1. Proje Verilerinin Analizi

Proje verilerinin analizi araştırmanın ilk üç bölümünde belirtilen kavramsal çerçeveye dayalı olarak üç alt başlıkta incelenmiştir. Araştırmanın temel amacına uygun olarak bir inşaat işletmesinin yürütmekte olduğu yapım, yıkım ve güçlendirme faaliyetlerine dair gerçek projeler elde edilerek, analizler sonucu elde edilen bulgular takip eden başlıklarda verilmiştir. Elde edilen projeler çoğunlukla okul binalarının güçlendirme projesi olup, bazı projelerde yıkıp yeniden yapma kararının verildiği görülmüştür.

Analizlerde öncelikle projelere ait tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiş, ardından dördüncü bölümde açıklanan bağımsız değişkenlerin çoklu doğrusal regresyon modeli ile güçlendirme/yıkım-yapım karar oranı, güçlendirme maliyeti, yıkım maliyeti, yapım maliyeti ve nihai karar ile arasındaki ilişki tahmin edilmiştir. Uygulama çalışmasının sonunda, araştırmanın temel hedefi olan “bir binanın toplam güçlendirme maliyeti, aynı binayı yıkıp yeniden yapma maliyetinin yüzde kaç olursa, yıkıp yeniden yapmak tercih edilir?” sorusuna yanıt aranmıştır. Bu amaçla projelere ait veriler ve anket verilerinin analizi sonucu elde edilen bütün bulgular karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir ve analitik bir şekilde yorumlanmıştır.

### **5.2.1.1. Proje Verilerinin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları**

Araştırmanın bu bölümünde İPKB'den temin edilen 444 adet okul güçlendirme / yıkım-yapım projesine ait gerçek veri; tanımlayıcı istatistiklerden frekans, yüzde dağılımları ve ortalamalar ile değerlendirilmiştir. Tablo 18'de her soru için en fazla yüzdelik değere sahip seçenek koyu olarak gösterilmiştir. Araştırmada incelenen bütün projelerdeki binalar T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 28992 sayılı Resmi Gazetede'de yayımlanan “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ” de belirtilen IV. sınıf yapılar içerisinde yer alan ilkokul, ortaokul ve lise binaları gibi A tipi yapılardır. Proje verilerinde bina yaşı, binanın toplam alanı (m<sup>2</sup>), güçlendirme / yıkım-yapım karar oranı ve beton dayanımı değişkenleri yeniden kodlanarak sınıflandırılmıştır. Bu şekilde bu değişkenlerin daha kolay analiz edilmesi sağlanmıştır. Tablo 18'de bu değişkenlerin sınıflandırılma aralıkları verilmiştir.

Tablo 18'de görüldüğü gibi toplamda 444 okul binasının 151'i (%34,01) 16-20 yıllık yapı ömrüne sahiptir. Maliye Bakanlığı tarafından hazırlanan, 28.04.2004 tarihli ve 25446 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği'nin (Sıra No: 333) ekinde yer alan listeye göre beton, kargir, demir ve/veya çelikten oluşan bir binanın faydalı ömrü 50 yıldır. Tablo 18'de okul binalarının sadece 19'unun (%4,28) 51 yıl ve üzeri bina yaşına sahip olduğu görülmüştür. Verilerin sınıflandırılmamış (yeniden kodlanmamış) haliyle bina yaşları değerlendirildiğinde veri setindeki binaların ortalama yaklaşık 26 yıllık ömre sahip olduğu tespit edilmiştir (Ek-7).

**Tablo 18: Projelerdeki Binaların Özelliklerine Göre Frekans Dağılımları (N=444)**

| <u>Binanın Yaşı (Yıl)</u>               | <u>F</u>           | <u>%</u>     | <u>Binanın Toplam Alanı (m<sup>2</sup>)</u> | <u>F</u>   | <u>%</u>     |
|---|--------------------|--------------|---|------------|--------------|
| 15 ve altı                              | 54                 | 12,16        | 1.000 ve altı                               | 66         | 14,86        |
| <b>16 – 20</b>                          | <b>151</b>         | <b>34,01</b> | <b>1.001 – 2.000</b>                        | <b>105</b> | <b>23,65</b> |
| 21 – 30                                 | 118                | 26,58        | 2.001 – 3.000                               | 72         | 16,22        |
| 31 – 40                                 | 52                 | 11,71        | 3.001 – 4.000                               | 99         | 22,30        |
| 41 – 50                                 | 50                 | 11,26        | 4.001 – 5.000                               | 42         | 9,46         |
| 51 yıl ve üzeri                         | 19                 | 4,28         | 5.001 ve üzeri                              | 60         | 13,51        |
| <u>Korozyon Durumu</u>                  | <u>F</u>           | <u>%</u>     | <u>Mevcut Donatı Tipi</u>                   | <u>F</u>   | <u>%</u>     |
| Yok                                     | <b>254</b>         | <b>57,21</b> | S220  | <b>325</b> | <b>73,20</b> |
| Var                                     | 190                | 42,79        | S420  | 119        | 26,80        |
| <u>Deprem Sınıfı</u>                    | <u>F</u>           | <u>%</u>     | <u>Beton Basınç Dayanımı (MPa)</u>          | <u>F</u>   | <u>%</u>     |
| 1.Bölge                                 | 207                | 46,62        | 9,99 ve altı                                | 137        | 30,09        |
| <b>2.Bölge</b>                          | <b>220</b>         | <b>49,55</b> | <b>10,00-19,99</b>                          | <b>253</b> | <b>57,00</b> |
| 3.Bölge                                 | 17                 | 3,83         | 20,00 ve üzeri                              | 54         | 12,01        |
| <u>Kat sayısı</u>                       | <u>F</u>           | <u>%</u>     | <u>Zemin Sınıfı</u>                         | <u>F</u>   | <u>%</u>     |
| 1 Katlı                                 | 6                  | 1,35         | Z-1   | 29         | 6,53         |
| 2 Katlı                                 | 50                 | 11,26        | <b>Z-2</b>                                  | <b>217</b> | <b>48,87</b> |
| 3 Katlı                                 | 121                | 27,25        | Z-3   | 184        | 41,44        |
| <b>4 Katlı</b>                          | <b>198</b>         | <b>44,59</b> | Z-4   | 14         | 3,15         |
| 5 Katlı                                 | 61                 | 13,74        | <u>Maliyet Oranı</u>                        | <u>F</u>   | <u>%</u>     |
| 6 Katlı                                 | 4                  | 0,90         | %20 ve altı                                 | <b>185</b> | <b>41,70</b> |
| 7 Katlı                                 | 4                  | 0,90         | %21 - %39                                   | 177        | 39,90        |
| <u>Nihai Karar</u>                      | <u>F</u>           | <u>%</u>     | %40   | 13         | 2,90         |
| <b>Güçlendirme</b>                      | <b>367</b>         | <b>82,70</b> | %41 - %50                                   | 53         | 11,90        |
| Yıkıp Yeniden Yapma                     | 77                 | 17,30        | %51 - %70                                   | 15         | 3,40         |
| Toplam                                  | 444                | 100,0        | % 71 ve üzeri                               | 1          | 0,20         |
| <u>Maliyet Oranına Göre Nihai Karar</u> | <u>Güçlendirme</u> |              | <u>Yıkıp Yeniden Yapma</u>                  |            |              |
|   | <u>F</u>           | <u>%</u>     | <u>Toplam Sayı</u>                          | <u>F</u>   | <u>%</u>     |
| %20 ve altı                             | 185                | 100,00       | 185   | 0          | 0,00         |
| %21 - %39                               | 162                | 91,53        | 177   | 15         | 8,47         |
| %40                                     | 1                  | 7,69         | 13  | 12         | 92,31        |
| %41 - %50                               | 14                 | 26,42        | 53  | 39         | 73,58        |
| %51 - %70                               | 4                  | 26,67        | 15  | 11         | 73,33        |
| %20 ve altı                             | 1                  | 100,00       | 1   | 0          | 0,00         |

Yine Tablo 18’de binaların 105’inin (%23,65) 1.001-2.000 m<sup>2</sup> arasında toplam bina alanına, çoğunluğunun ise 1.000 ve 4.000 m<sup>2</sup> toplam bina alanına sahip olduğu görülmüştür. Veri setindeki binaların ortalama toplam bina alanı 2.997,86 m<sup>2</sup> olup, ayrıntılı

bilgi Ek-7’de verilmiştir. Okullara ait binaların çoğunluğu 4 katlı olup (%44,59), sadece 8 tanesi 6 ve üzeri kat sayısına sahiptir.

IPKB Projelerindeki okul binaları yapısal özellikleri açısından değerlendirildiğinde %57,21’inde korozyon olmadığı, ancak binaların %42,79’unda korozyon sorunu olduğu tespit edilmiştir. Deprem açısından durum değerlendirildiğinde donatısında korozyon bulunan binalar, korozyondan kaynaklı tahribat nedeniyle riskli binalar olarak kabul edilmektedir. Aynı tabloya binalara deprem bölgeleri açısından bakıldığında, binaların %46,62’sinin 1. derece deprem bölgesinde, %49,55’inin 2. derece deprem bölgesinde yer aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere okul binalarının neredeyse tamamı deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde yer almaktadır. Hem korozyon sorunu bulunan hem de deprem bölgesinde yer alan bu binalar deprem açısından oldukça yüksek risk taşımaktadır. Bu nedenle önem katsayısı konutlara (1) göre daha yüksek olan okul binalarının (1.4) güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma yoluyla depreme karşı dayanıklılığının artırılması elzemdir.

Tablo 18’e göre okul binalarının %73,20’sinde S220 tipli donatı çeliği kullanıldığı görülmüştür. Beton basınç dayanımlarına bakıldığında ise binaların toplamda %87,09’unda beton basınç dayanımının 20,00 MPa’dan küçük olduğu, sadece %12,01’inin 20,00 MPa ve üzeri beton basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür. Sınıflandırılmamış veriler dikkate alınarak veri setindeki binaların ortalama beton basınç dayanımına bakıldığında, bu değer 13,25 MPa olduğu ve 4 MPa’dan 43 MPa’ya kadar beton basınç dayanım değerine sahip binalar bulunduğu tespit edilmiştir (Ek-7). Oysa, 2007 Deprem Yönetmeliği’ne göre bir binanın minimum beton basınç dayanımının 20 MPa olması zorunludur (Deprem Yönetmeliği, 2007, Md.3.2.5.1; Tüzün ve diğerleri, 2009b: 24). Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere veri setindeki binaların %87’si bu yasal zorunluğu karşılamamakta olup, binaların %30’unun 10 MPa’nın da altında beton basınç dayanımına sahip oldukları ve bu nedenle deprem açısından büyük risk taşıdıkları ortaya çıkmıştır.

Yine Tablo 18’e göre binalar buldukları zemin sınıfları açısından değerlendirildiğinde, binaların toplamda yaklaşık %90’ının Z-2 ve Z-3 şeklinde orta düzeyde bir zemin dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir. Zemin kayalık veya çok sıkı olduğunda yani Z-1 zemin sınıfına yaklaşıldıkça depreme karşı dayanım da artmış olur.



Diğer taraftan zemin dolgu, çamur, balçık, vb. şekilde olduğunda yani Z-4 sınıfına doğru yaklaşıldıkça zeminin dayanımı azalır ve zemin üzerindeki bina deprem hareketlerinden daha çok etkilenir. Projelerdeki okul binalarının çoğunun ne çok sağlam zeminde, ne de çok sulu zeminde bulunmadıkları, sadece 14 okul binasının bu açıdan dezavantajlı olduğu görülmüştür.

Binaların güçlendirme maliyetlerinin yıkılarak yeniden yapma maliyetlerinin toplamına olan oranına bakıldığında 185 binada bu oranın %20'nin altında olduğu, toplamda 375 binada bu oranın %40 veya altında olduğu, 69 binada ise bu oranın %41 ve üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sınıflandırılmamış güçlendirme / yıkım-yapım maliyet oranlarına bakıldığında bu değerlerin ortalamasının %26 olduğu görülmektedir (Ek-7). Projelerde verilmiş nihai karara, yani güçlendirmek mi yoksa yıkıp yeniden mi yapmak kararına ilişkin analiz sonuçlarına bakıldığında binaların %83'ünde güçlendirme kararının, %17'sinde ise yıkıp yeniden yapma kararının verildiği görülmüştür.

Tablo 18'e göre nihai karar, güçlendirme / yıkım-yapım maliyeti oranları açısından değerlendirildiğinde %20 ve altı maliyet oranına sahip 185 projenin tamamında güçlendirme kararı verildiği, %21 - %39 arasında maliyet oranına sahip 177 projeden 162'sinde güçlendirme 15'inde yıkıp yeniden yapma kararı verildiği, %40 maliyet oranına sahip 13 projenin sadece 1'inde güçlendirme 12'sinde ise yıkıp yeniden yapma kararı verildiği, %41 - %50 arasında maliyet oranına sahip 53 projenin 14'ünde güçlendirme kararı verilirken 39'unda yıkıp yeniden yapma kararı verildiği, %51 - %70 arasında maliyet oranına sahip 15 projenin 4'ünde güçlendirme 11'inde ise yıkıp yeniden yapma kararı verildiği ve son olarak %71'den fazla maliyet oranına sahip 1 projenin (%112) güçlendirilmesine karar verildiği tespit edilmiştir.

Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere güçlendirme / yıkım-yapım maliyet oranı, bir binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılmasına ilişkin nihai karar üzerinde oldukça etkili bir değişken olarak görülmekte iken bazı durumlarda nihai kararın verilmesinde bu oranının dikkate alınmadığı görülmüştür. Sonuç olarak nihai karar üzerinde güçlendirme / yıkım-yapım maliyet oranının yanı sıra başka faktörlerin de etkisi olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmanın ilerleyen bölümlerinde bu faktörlerin neler olduğu çeşitli analiz yöntemleri ile ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Böylece uygulamada T.C. Çevre

ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının binaların güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılmasına ilişkin nihai kararın verilmesinde ne kadar etkili olduğu incelenmiştir. Bu yönüyle araştırmanın hem literatürdeki boşluğu doldurmada, hem de inşaat mühendisi, müteahhit, bina sahibi, vb. gibi uygulayıcılara rehberlik sunmada katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Tablo 19’da projeler veri setinde yer alan binaların güçlendirme, yıkım ve yeniden yapım maliyetleri ile ilgili frekans ve yüzde dağılımlarına yer verilmiştir.

**Tablo 19: Binaların Güçlendirme, Yıkım ve Yeniden Yapım Maliyetlerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 444), (TL)**

| <b><u>Yeniden Yapım Maliyeti</u></b>        | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> | <b><u>Yıkım Maliyeti</u></b>               | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
|---|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|
| 1.000.000 ve altı                           | 115             | 25,90           | 10.000 ve altı                             | 146             | 32,88           |
| 1.000.001 - 2.000.000                       | 122             | 27,48           | <b>10.001 – 20.000</b>                     | <b>166</b>      | <b>37,39</b>    |
| <b>2.000.001 - 3.000.000</b>                | <b>129</b>      | <b>29,05</b>    | 20.001 – 30.000                            | 61              | 13,74           |
| 3.000.001 - 4.000.000                       | 27              | 6,08            | 30.001 – 40.000                            | 39              | 8,78            |
| 4.000.001 - 5.000.000                       | 32              | 7,21            | 40.001 – 50.000                            | 15              | 3,38            |
| 5.000.001 ve üzeri                          | 19              | 4,28            | 50.001 ve üstü                             | 17              | 3,83            |
| <b><u>Yapısal Güçlendirme Maliyeti</u></b>  | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> | <b><u>Mimari Güçlendirme Maliyeti</u></b>  | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
| 100.000 ve altı                             | 88              | 19,82           | <b>50.000 ve altı</b>                      | <b>136</b>      | <b>30,63</b>    |
| <b>100.001 - 200.000</b>                    | <b>141</b>      | <b>31,76</b>    | 50.001 - 100.000                           | 113             | 25,45           |
| 200.001 - 300.000                           | 85              | 19,14           | 100.001 - 150.000                          | 74              | 16,67           |
| 300.001 - 400.000                           | 41              | 9,23            | 150.001 - 200.000                          | 35              | 7,88            |
| 400.001 - 500.000                           | 41              | 9,23            | 200.001 - 250.000                          | 29              | 6,53            |
| 500.001 ve üzeri                            | 48              | 10,81           | 250.001 ve üzeri                           | 57              | 12,84           |
| <b><u>Elektrik Güçlendirme Maliyeti</u></b> | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> | <b><u>Mekanik Güçlendirme Maliyeti</u></b> | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
| <b>25.000 ve altı</b>                       | <b>171</b>      | <b>38,51</b>    | <b>25.000 ve altı</b>                      | <b>193</b>      | <b>43,47</b>    |
| 25.001 - 50.000                             | 147             | 33,11           | 25.001 - 50.000                            | 107             | 24,10           |
| 50.001 - 75.000                             | 41              | 9,23            | 50.001 - 75.000                            | 55              | 12,39           |
| 75.001 - 100.000                            | 19              | 4,28            | 75.001 - 100.000                           | 22              | 4,95            |
| 100.001 - 150.000                           | 28              | 6,31            | 100.001 - 150.000                          | 27              | 6,08            |
| 150.001 ve üzeri                            | 38              | 8,56            | 150.001 ve üzeri                           | 40              | 9,01            |
| <b><u>Nakliye Güçlendirme Maliyeti</u></b>  | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> | <b><u>Toplam Güçlendirme Maliyeti</u></b>  | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
| <b>Belirsiz</b>                             | <b>410</b>      | <b>92,34</b>    | 100.000 ve altı                            | 39              | 8,78            |
| 1.000 - 5.000                               | 11              | 2,48            | 100.001 - 200.000                          | 46              | 10,36           |
| 5.001 - 10.000                              | 8               | 1,80            | 200.001 - 300.000                          | 66              | 14,86           |
| 10.001 - 15.000                             | 9               | 2,03            | 300.001 - 400.000                          | 88              | 19,82           |
| 15.001 - 20.000                             | 4               | 0,90            | 400.001 - 500.000                          | 42              | 9,46            |
| 20.001 ve üzeri                             | 2               | 0,45            | <b>500.001 ve üzeri</b>                    | <b>163</b>      | <b>36,71</b>    |

Tablo 19'a göre, binaların toplamda %82,43'ünün yeniden yapım maliyeti 3.000.000 TL'nin altında iken %17,57'sinin yeniden yapım maliyeti bu tutarın üzerindedir. Binaların yeniden yapım maliyetlerinin ortalamasına bakıldığında bu tutarın 2.102.402 TL olduğu görülmüştür. Binaların yıkımı için harcanan tutarlar değerlendirildiğinde, binaların toplamda %70,27'si için bu tutarın 20.000 TL'nin altında olduğu, ortalama yıkım maliyetinin ise 18.792 TL olduğu tespit edilmiştir. Toplam güçlendirme maliyetleri açısından analizler yorumlandığında, binaların %36,71'inin toplam güçlendirme maliyetinin 500.001 TL ve üzerinde olduğu belirlenmiştir. Toplam güçlendirme maliyetinin ortalama tutarı ise 505.790 TL'dir. Güçlendirme maliyetlerine dair ayrıntılı bilgiler Tablo 20 ve Ek-8'de sunulmuştur.

**Tablo 20: Güçlendirme Maliyetini Oluşturan Kalemlerinin Toplam Güçlendirme Maliyeti İçindeki Ağırlıkları**

| <u>Maliyet Kalemleri</u>           | <u>Ort.</u>       | <u>Standart Sapma</u> | <u>Ağırlıkların % Ortalaması</u> |
|------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b><u>Güçlendirme Maliyeti</u></b> |                   |                       |                                  |
| Yapısal güçlendirme maliyeti       | 262.500,39        | 229.927,25            | 55,15                            |
| Mimari güçlendirme maliyeti        | 132.265,99        | 158.542,98            | 23,54                            |
| Elektrik güçlendirme maliyeti      | 55.826,26         | 76.390,63             | 10,94                            |
| Mekanik güçlendirme maliyeti       | 54.427,34         | 72.625,00             | 9,93                             |
| Nakliye güçlendirme maliyeti       | 770,31            | 3.279,64              | 0,44                             |
| <b>Toplam Güçlendirme Maliyeti</b> | <b>505.790,28</b> | <b>431.563,03</b>     | <b>100,00</b>                    |

Tablo 20'de projelerde yer alan her bir güçlendirme maliyeti kaleminin toplam güçlendirme maliyeti içerisindeki ağırlıkları verilmiştir. Güçlendirme maliyeti içindeki en büyük ağırlığı %55,15'lik değerle yapısal güçlendirme maliyeti, ardından %23,54'lük değerle mimari güçlendirme maliyeti almaktadır. Güçlendirme ile ilgili nakliye maliyetleri ise toplam güçlendirme maliyeti içerisinde sadece %0,44'lük bir paya sahiptir. Ancak burada pek çok projenin güçlendirme faaliyetlerinden kaynaklı nakliye giderleri belirsiz olduğundan bu tutar gerçek durumu yansıtmayabilmektedir. İlgili kurumda yetkili kişi ile yapılan mülakatta nakliye giderlerinin binanın konumu, bağlı olduğu Belediye'nin uygulamaları, döküm yerinin uzaklığı, vb. durumlara göre toplam güçlendirme maliyeti içerisindeki payının %5'lere kadar varabileceği ifade edilmiştir.

### 5.2.1.2. Proje Verilerinin Regresyon Modeli Analizi Sonuçları

Bu başlık altında gerçek projelerden elde edilen veriler çoklu doğrusal regresyon modeli ile analiz edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Projelerden elde edilen verilerle anketlerden elde edilen verilerdeki bağımsız değişkenler hemen hemen aynıdır. Ancak anket verilerinde yer alan yasal izin maliyetleri ve idari maliyetler gibi güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyebilecek değişkenlere ve bina kalitesi, binanın yapısı, bina statüğü, binanın konumu, vb. gibi bazı değişkenlere ait verilere ulaşılamadığı için proje verilerinin regresyon modeli ile analizinde bu değişkenler kapsam dışı bırakılmıştır.

Proje verilerine ilişkin olarak araştırmada öncelikle “deprem sınıfı”, “kat sayısı”, “korozyon durumu”, “mevcut donatı tipi”, “zemin sınıfı”, “beton basınç dayanımı”, “bina yaşı” ve “toplam bina alanı” bağımsız değişkenlerinin “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” bağımlı değişkeni üzerindeki etkisi çoklu doğrusal regresyon modeli ile analiz edilmiştir. Regresyon analizine başlanmadan önce bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlara bakılmış ve sonuçlar Tablo 21’de verilmiştir.

**Tablo 21: Bağımsız Değişkenler Arası Korelasyonlar**

| <u>Değişkenler</u>                          | <u>Deprem Sınıfı</u> | <u>Kat sayısı</u> | <u>Korozyon</u> | <u>M. Donatı Tipi</u> | <u>Z. Tipi</u> | <u>MPa</u> | <u>Yaş</u> | <u>Alan</u> |
|---|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|----------------|------------|------------|-------------|
| <b>Deprem Sınıfı</b>                        | 1,000                |                   |                 |                       |                |            |            |             |
| <b>Kat sayısı</b>                           | -0,002               | 1,000             |                 |                       |                |            |            |             |
| <b>Korozyon Durumu</b>                      | 0,068                | -0,016            | 1,000           |                       |                |            |            |             |
| <b>Mevcut Donatı Tipi</b>                   | 0,077                | 0,208             | 0,021           | 1,000                 |                |            |            |             |
| <b>Zemin Sınıfı</b>                         | 0,053                | -0,131            | 0,081           | -0,016                | 1,000          |            |            |             |
| <b>Beton Basınç Dayanımı (MPa)</b>          | 0,006                | 0,103             | -0,034          | 0,378                 | 0,037          | 1,000      |            |             |
| <b>Binanın Yaşı</b>                         | -0,040               | -0,261            | 0,080           | -0,480                | -0,106         | -0,514     | 1,000      |             |
| <b>Binanın Toplam Alanı (m<sup>2</sup>)</b> | -0,030               | 0,607             | 0,006           | 0,394                 | -0,042         | 0,243      | -0,414     | 1,000       |

Tablo 21’de verilen Pearson Korelasyonlarına bakıldığında bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon bulunmadığı ve bu nedenle modelde çoklu bağlantı sorunu olmadığı görülmüştür.

Çoklu doğrusal regresyon analizinin varsayımlarından biri de hata terimlerinin varyansının sabit olması ve hata terimleri arasındaki kovaryansın sıfır olmasıdır. Hata terimlerinin varyansı birbirinden farklı olduğunda değişen varyans sorunu ortaya çıkar. Değişen varyans sorunu White Testi, Park Testi, Glejser Testi, vb. gibi testler yardımıyla tespit edilir. Bu araştırmada regresyon analizinde değişen varyans sorunu olup olmadığı Glejser Testi ile analiz edilmiştir. Glejser Testinde (1969) önce regresyon analizi yapılır. Ardından elde edilen hata terimlerinin mutlak değeri bağımlı değişken olarak kabul edilir ve bağımsız değişkenlerle regresyon analizine tabii tutulur. Yapılan regresyon analizi sonucunda t değerine ait anlamlılık seviyeleri 0,05'ten küçük olan değişkenlerde değişen varyans sorunu olduğu kabul edilir (www.spsstests.com).

Bu araştırmada Glejser Testi sonucu değişen varyans sorunu olduğu tespit edilen “bina yaşı”, “deprem sınıfı” ve “beton basınç dayanımı” değişkenleri kukla değişkene dönüştürülerek sorun ortadan kaldırılmıştır. “Bina yaşı” değişkeninde 20 yıla kadar olan bina yaşına sahip projeler için “0”, 21 yıl ve üzeri bina yaşına sahip projeler için “1”; “deprem sınıfı” değişkeninde 1. derece deprem bölgesinde yer alan binalar için “1”, 2. ve diğer derecelerde deprem bölgesinde bulunan binalar için “0”; “beton basınç dayanımı” değişkeninde beton basınç dayanımı 13,25 Mpa'dan küçük binalar için “0”, bu değerden büyük beton basınç dayanımına sahip binalar için “1” şeklinde kodlama yapılmıştır. Değişen varyans sorununun ortadan kaldırılmasının ardından analizlere geçilmiştir.

Tablo 22'ye göre  $R^2$  değeri, modelin bağımlı değişkendeki değişimin %19,30'unu açıkladığını göstermektedir. F değeri 13,014 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Modelde yüksek tolerans değeri ve düşük VIF değeri olduğu görüldüğü için çoklu bağlantı sorunu bulunmadığına karar verilmiştir. Verilerin normallik varsayımının ise, Ek-7 ve Ek-8'de verilen basıklık ve çarpıklık değerlerinin +2 ve -2 aralığında bulunması (George ve Mallery, 2010) nedeniyle karşılandığı kabul edilmektedir. Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranına ilişkin çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen ve modelde kullanılan değişkenlere ait normallik dağılımı histogramı, doğrusal model ve saçılım grafiği Ek-9'da verilmektedir.

**Tablo 22: Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı ve Diğer Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler  | Pearson Korelasyon |           |          |                   |               | Collinearity İstatistiği |                   |          |     |
|--|--------------------|-----------|----------|-------------------|---------------|--------------------------|-------------------|----------|-----|
|  | Katsayı            | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Maliyet Oranı |                          | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF |
| <b>Sabit</b>   | 2,314              | 0,373     | 6,209    | <b>0,000</b>      | 1,000         |                          |                   |          |     |
| <b>Deprem Sınıfı</b>   | 0,436              | 0,098     | 4,456    | <b>0,000</b>      | 0,181         | 0,000                    | 0,981             | 1,019    |     |
| <b>Kat Sayısı</b>  | -0,002             | 0,063     | -0,040   | 0,968             | -0,161        | 0,000                    | 0,614             | 1,627    |     |
| <b>Korozyon Durumu</b>   | -0,546             | 0,099     | -5,515   | <b>0,000</b>      | -0,210        | 0,000                    | 0,975             | 1,026    |     |
| <b>Mevcut Donatı Tipi</b>                                      | -0,089             | 0,131     | -0,678   | 0,498             | -0,188        | 0,000                    | 0,691             | 1,447    |     |
| <b>Zemin Sınıfı</b>  | 0,166              | 0,075     | 2,207    | <b>0,028</b>      | 0,082         | 0,042                    | 0,947             | 1,056    |     |
| <b>Beton Basınç Dayanımı (MPa)</b>                             | -0,282             | 0,116     | -2,441   | <b>0,015</b>      | -0,215        | 0,000                    | 0,710             | 1,409    |     |
| <b>Binanın Yaşı</b>  | 0,212              | 0,128     | 1,660    | 0,098             | 0,210         | 0,000                    | 0,576             | 1,736    |     |
| <b>Binanın Toplam Alanı (m<sup>2</sup>) (Sınıflandırılmış)</b> | -0,121             | 0,042     | -2,902   | <b>0,004</b>      | -0,268        | 0,000                    | 0,528             | 1,896    |     |
| $R^2 = 0,193 / F = 13,014 (0,000 < 0,05)$                      |                    |           |          |                   |               |                          |                   |          |     |

Modele dahil edilen her bir değişkenin 0,05 önemlilik seviyesinde tek tek anlamlı olup olmadığı t testi ile analiz edilmiş ve “deprem sınıfı”, “korozyon durumu”, “zemin sınıfı”, “beton basınç dayanımı” ve “binanın toplam alanı” bağımsız değişkenlerinin “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” bağımlı değişkenini açıklamada anlamlı bulunduğu görülmüştür. Diğer taraftan “kat sayısı”, “mevcut donatı tipi” ve “bina yaşı” değişkenleri “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı”nı açıklamada anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 22’deki bulgular yorumlandığında binanın bulunduğu bölgenin “deprem sınıfı” ile “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” arasında 0,436’lık pozitif yönlü doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu ilişki deprem riski arttıkça, yani 5. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe daha çok güçlendirmeye ihtiyaç duyulacağından güçlendirme maliyetlerinde de bir artış beklendiğini göstermektedir. Deprem riski arttığında güçlendirme maliyetinin artması, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranında bir artış olması araştırmanın hipotez kurma aşamasında tahmin edilen ve mantıklı bir sonuçtur.

“Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” ile pozitif yönlü anlamlı bir ilişkiye sahip bir diğer değişken olan “zemin sınıfı”nda gerçekleşen 1 birimlik artış maliyet oranında 0,166’lık artışa neden olmaktadır. Bu sonuç mantıklı bir sonuçtur. Zemin sınıfındaki artış, zemindeki dayanımın azalışı anlamına gelmektedir. Z-1 tipi zemin sınıfı dayanıklı zemini simgelerken, Z-4 tipi zemin sınıfı dayanıksız zemini simgelediğinden güçlendirme maliyetinin artması, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının da artması olağandır. Zemin sınıfına ilişkin bu bulgu, hipotezlerin kurulması aşamasında tahmin edilen sonuçla da örtüşmektedir.

Tablo 22’deki bulgulara göre “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” ile negatif yönlü anlamlı bir ilişkiye sahip “korozyon durumu” değişkeni incelendiğinde, binada korozyon bulunması halinde maliyetlerde artış olması beklenmektedir. Ancak analiz sonuçlarına göre korozyonda 1 birimlik artış olduğunda, ki bir birimlik artış korozyonun olmamasından korozyonun var olmasına doğru bir artıştır, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranında -0,546 birimlik bir azalış gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu sonuç

hipotezlerin kurulması aşamasında tahmin edilmeyen bir sonuç olup, nedeni ilerleyen analizlerde açıklanmıştır.

Regresyon analizi sonucunda “bina beton basınç dayanımı” değişkenine ait beta katsayısı  $-0,282$  olarak hesaplanmış ve beton basınç dayanımındaki artışın “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı”nı negatif yönde etkilediği görülmüştür. Yüksek beton basınç dayanımına sahip bir binada daha az güçlendirme faaliyeti gerekeceğinden daha düşük güçlendirme maliyetine katlanılması beklenir. Bu durumda elde edilen sonuç, mantıklı ve hipotezlerin kurulması aşamasında beklenen bir sonuçtur.

“Bina alanı” ile “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” arasındaki ilişkiye bakıldığında beklenenden farklı bir sonuçla karşılaşmıştır. Genel olarak binanın toplam alanında gerçekleşen herhangi bir artışın, maliyetleri arttırıcı bir etkisi olması beklenmektedir. Ancak analiz sonucuna göre, binanın toplam alanı ile maliyet oranı arasında  $-0,121$ 'lik negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Yani bina alanı 1 birim arttığında güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranında  $-0,121$ 'lik azalma olacaktır. Ulaşılan bu sonuç hipotezlerin kurulması aşamasında tahmin edilmeyen bir sonuç olup, bu bulgunun nedeni ilerleyen analizlerde açıklanmıştır.

Diğer taraftan “binanın yaşı”, “kat sayısı” ve “mevcut donatı sınıfı” bağımsız değişkenlerinin “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Oysa, anketlerin hazırlanması, değişkenlerin tespiti ve hipotezlerin oluşturulması aşamalarında inşaat mühendisleri, akademisyenler, mimarlar ve müteahhtilerle yapılan ön görüşmelerde bu değişkenlerin de güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerinde etkisi olduğu ifade edilmiştir. Kat sayısı, binanın toplam alanı ile benzer nitelik taşımaya rağmen analiz sonuçlarına göre etkisiz olduğu görülmüştür. Genel olarak kat sayısı arttığında binanın toplam alanı da artacağından güçlendirme maliyetlerinde de artış olması beklenir. Güçlendirme maliyetlerindeki artış ise maliyet oranında artışa neden olmaktadır.

Bu sonuçlar mantık çerçevesinde değerlendirildiğinde akla mantıklı tek bir açıklama gelmektedir. Buna göre kat sayısı ve aynı şekilde binanın toplam alanındaki artış güçlendirme maliyetlerinde bir artışa sebep olmakla birlikte güçlendirme/yıkım-yapım



maliyet oranının paydasında yer alan binayı yıkmaya ve yeniden yapma maliyetlerinde güçlendirme maliyetine nazaran daha fazla bir artışa neden olmaktadır. Ancak bu şekilde güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranındaki azalış anlamlı kabul edilebilir. Binanın donatı tipi projelerde S220 veya S420 olarak belirtilmiş ve projelerde yalnız iki tür donatı tipine rastlanmıştır. Bu açıdan analiz sonuçlarında belirgin bir ilişkinin ortaya çıkmaması normal karşılanabilir.

Sonuç olarak “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı”na ilişkin çoklu doğrusal regresyon analizinde, binanın yapısal özelliklerini oluşturan “korozyon durumu”, “beton basınç dayanımı” ve “binanın toplam alanı” gibi değişkenler istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, “kat sayısı”, “mevcut donatı tipi” ve “bina yaşı” değişkenleri anlamlı bulunmadığı için “H<sub>1</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezi kısmen kabul edilmiştir. Diğer taraftan regresyon analizi sonucunda “deprem sınıfı” ve “zemin sınıfı” değişkenlerinin “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı”nı anlamlı bir şekilde etkilediği tespit edildiği için “H<sub>2</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır” hipotezi kabul edilmiştir.

Tablo 22’de güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile bağımsız değişkenler arasında anlamlı bir ilişkinin var olup olmadığı araştırılmış ve bazı değişkenlerin maliyet oranı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ancak, analiz sonuçlarının daha iyi anlaşılması ve yorumlanabilmesi için maliyet oranını oluşturan güçlendirme maliyeti, yıkım maliyeti ve yeniden yapım maliyetinin de bağımsız değişkenlerle arasındaki ilişkinin ölçülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle izleyen kısımlarda bağımsız değişkenlerin her üç maliyet türü üzerindeki etkisi çoklu doğrusal regresyon analizi ile ölçülmüş ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Maliyetlere ilişkin regresyon analizlerine ilk olarak güçlendirme maliyeti ile başlanmış ve güçlendirme maliyeti ile diğer değişkenler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı çoklu doğrusal regresyon analizi ile test edilerek, bulgular Tablo 23’te verilmiştir. Bu analizde, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranına ilişkin regresyon analizindeki aynı bağımsız değişkenler kullanıldığından, bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar Tablo 21’de verilen Pearson Korelasyonları ile aynıdır.

**Tablo 23: Güçlendirme Maliyeti ve Diğer Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler  | Pearson Korelasyon |           |          |                   | Collinearity İstatistiği |                   |          |       |
|--|--------------------|-----------|----------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------|-------|
|  | Katsayı            | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | T. Güçlendirme M. (S.)   | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF   |
| <b>Sabit</b>   | 0,646              | 0,444     | 1,454    | 0,147             |                          |                   |          |       |
| <b>Deprem Sınıfı</b>   | 0,274              | 0,117     | 2,347    | <b>0,019</b>      | 0,060                    | 0,102             | 0,981    | 1,019 |
| <b>Kat sayısı</b>  | 0,355              | 0,075     | 4,757    | <b>0,000</b>      | 0,527                    | 0,000             | 0,614    | 1,627 |
| <b>Korozyon Durumu</b>   | -0,324             | 0,118     | -2,741   | <b>0,006</b>      | -0,072                   | 0,065             | 0,975    | 1,026 |
| <b>Mevcut Donatı Tipi</b>                                      | 0,087              | 0,157     | 0,557    | 0,578             | 0,231                    | 0,000             | 0,691    | 1,447 |
| <b>Zemin Sınıfı</b>  | 0,260              | 0,090     | 2,892    | <b>0,004</b>      | 0,036                    | 0,227             | 0,947    | 1,056 |
| <b>Beton Basınç Dayanımı (MPa)</b>                             | -0,346             | 0,138     | -2,512   | <b>0,012</b>      | 0,047                    | 0,162             | 0,710    | 1,409 |
| <b>Bina Yaşı</b>   | 0,201              | 0,152     | 1,322    | 0,187             | -0,216                   | 0,000             | 0,576    | 1,736 |
| <b>Binanın Toplam Alanı (m<sup>2</sup>) (Sınıflandırılmış)</b> | 0,616              | 0,050     | 12,441   | <b>0,000</b>      | 0,661                    | 0,000             | 0,528    | 1,896 |
| $R^2 = 0,497 / F = 53,654 (0,000 < 0,05)$                      |                    |           |          |                   |                          |                   |          |       |

Tablo 23'e göre analiz sonucunda  $R^2$  değerinin modelin bağımlı değişkendeki değişimin %49,70'sini açıkladığını görülmektedir. Bu iyi düzeyde bir açıklama oranıdır. F değeri 53,654 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğuna karar verilmiştir. Modelde yüksek tolerans değeri ve düşük VIF değeri olduğu için çoklu bağlantı sorunu bulunmadığına karar verilmiştir. Toplam güçlendirme maliyeti ile ilgili çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen ve modelde kullanılan değişkenlere ait normallik dağılımı histogramı, doğrusal model ve saçılım grafiği Ek-10'da verilmektedir. Modele dahil edilen her bir değişkenin 0,05 önemlilik seviyesinde tek tek anlamlı olup olmadığı t testi ile test edilmiştir. Regresyon analizi sonucunda “deprem sınıfı”, “kat sayısı”, “zemin sınıfı” ve “binanın toplam alanı (sınıflandırılmış)” değişkenlerinin “güçlendirme maliyeti” ile pozitif yönlü anlamlı bir ilişkiye sahi oldukları, “korozyon durumu” ve “beton basınç dayanımı” bağımsız değişkenlerinin “güçlendirme maliyeti”ni açıklamada negatif yönlü etkisi olduğu görülmüştür. Mevcut donatı tipi” ve “bina yaşı” değişkenlerinin “güçlendirme maliyeti” üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 23'e göre binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfındaki 1 birimlik artış binaya ait toplam güçlendirme maliyeti üzerinde 0,274 birimlik artışa neden olmaktadır. Deprem sınıfı arttıkça, yani birinci derecede deprem bölgesine doğru gidildikçe daha çok güçlendirmeye ihtiyaç duyulacağından güçlendirme maliyetlerinde de bir artış olması beklenir. Bu sonuç güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile aynı yönde olup, güçlendirme maliyetindeki artışın diğer maliyetler aynı kalmak şartıyla maliyet oranını arttırması olağandır. “Deprem sınıfı” değişkeni açısından elde edilen bulgular hem mantıklı hem de hipotezlerin kurulması aşamasında beklenen bir sonuçtur.

Bina kat sayısı ile toplam güçlendirme maliyeti arasındaki ilişki değerlendirildiğinde 0,355'lik pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Kat sayısı arttıkça güçlendirme maliyetinde artış olması beklenen bir sonuçtur. Bunun nedeni kat sayısının sadece genellikle bina toplam alanını arttırıyor olması değil aynı zamanda statik açısından da kat sayısı arttıkça güçlendirmeye daha çok özen gösterilmesi gerekliliğidir. Statik açısından değerlendirildiğinde kat sayısı arttıkça genellikle alt katlara binen yük de artar ve bu durumda güçlendirmenin statik hesapları dikkate alınarak planlanması gerekir.

Bir binanın güçlendirme maliyetini pozitif yönde etkileyen bir başka değişken “zemin sınıfı”dır. Regresyon analizi sonucunda zemin sınıfında 1 birimlik artış olduğunda binanın güçlendirme maliyetinde 0,260’lık artış olduğu görülmüştür. Bu sonuç beklenen bir sonuç olup zemin sınıfındaki artışın zemin dayanımında azalışa neden olması ve dolayısıyla güçlendirme maliyetini arttırması beklenir. Analiz sonucu elde edilen bulgular bu beklentiyi destekler yöndedir.

Analiz sonucu binanın toplam alanı ( $m^2$ , sınıflandırılmış) ile güçlendirme maliyeti arasında pozitif yönlü güçlü (0,616) bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu sonuç beklenen ve anlamlı bir sonuçtur. Güçlendirme maliyeti ne kadar yüksekse, diğer maliyetler sabit kaldığında güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının da artması beklenir ve güçlendirme maliyetini pozitif yönde etkileyen bir değişkenin maliyet oranını da pozitif yönde etkilemesi gerekir. Ancak buna karar verebilmek için maliyet oranının paydasını oluşturan yıkım ve yeniden yapım maliyetleri ile ilgili değişkenler arasındaki ilişkinin de ölçülmesi zorunludur. Kat sayısında olduğu gibi bina alanındaki artış güçlendirilecek daha fazla alan anlamına gelmektedir. Bu durumda güçlendirme maliyetlerinde artış olması mantıklı ve hipotezlerin kurulması aşamasında beklenen bir sonuçtur.

Tablo 23’deki “korozyon durumu” ile ilgili sonuçlara bakıldığında binanın “güçlendirme maliyeti” ile bu bağımsız değişken arasında negatif yönlü (-0,324) bir ilişki olduğu görülmektedir. Binada korozyon varsa güçlendirme maliyeti -0,324 birim azalmaktadır. Bu durum mantık ölçülerinde değerlendirildiğinde korozyonlu binalarda korozyon olmayan binalara göre daha çok güçlendirme çalışması gerekeceğinden güçlendirme maliyetinin de artması beklenir.

Ancak bir binada korozyon görülmesi, özellikle orta ve yüksek düzeyde ise, binada güçlendirme yapılmasının genellikle anlamsız olduğunu gösterir. İnşaat mühendisleri ile yapılan mülakatlarda korozyon, yani donatıda görülen pas kansere benzetilmiştir. Korozyonun görülmesi ilerleyen zamanlarda korozyon düzeyinin artarak devam edeceğinin bir göstergesi olarak kabul edilir ve bunun önlenmesi oldukça güçtür. Bu nedenle korozyonlu binalarda güçlendirme yerine genellikle yıkıp yeniden yapma seçeneği tercih edilir. Bütün bu açıklamalar dikkate alındığında korozyon arttıkça güçlendirme maliyetinin azaldığına dair elde edilen bulguların anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 23'te görüldüğü gibi “bina beton basınç dayanımı” ile “güçlendirme maliyeti” arasında -0,346'lık negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Beton basınç dayanımı düşük bir binada basınç dayanımını 2007 Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen minimum seviyeye (20 MPa) çıkarmak için daha çok güçlendirme çalışması yapılması, dolayısıyla daha çok maliyete katlanılması gerekir. Diğer taraftan, binanın beton basınç dayanımı zaten yeterli seviyede ise güçlendirme maliyetinde azalış olması beklenir ve analiz sonucu elde edilen negatif yönlü ilişki bu beklentiyi doğrulamaktadır.

Tablo 23'te görüldüğü üzere, analiz sonucunda “bina yaşı” ve “mevcut donatı tipi” değişkenleri ile bina güçlendirme maliyeti arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır. Bina yaşı arttığında binanın daha çok yıpranacağı tahmin edildiğinden güçlendirme maliyetlerinde de artış olması beklenir. Ancak bina yaşı her zaman güçlendirme açısından binanın durumunu doğru yansıtmayabilir. Zira her ne kadar Türkiye'de bir binanın ekonomik ömrü 50 yıl olarak kabul edilse de bir çok Avrupa ülkesinde 100 yıllık binaların sağlam olduğu görülmektedir. Bu durumda binanın güçlendirme açısından mevcut durumunun bina yaşından daha çok binanın yapım malzemeleri, kalitesi, tekniği, vb. gibi diğer nedenlere bağlı olduğu ifade edilebilir.

“Mevcut donatı tipi” değişkeni açısından sonuçlar değerlendirildiğine, güçlendirilen bir binada genellikle yeni donatı eklendiği görülmektedir. Ancak eklenen yeni donatı tipinin eski donatı ile aynı tipte olması halinde elde edilen bulguların anlamlı olduğu kabul edilebilir.

Tablo 23'te verilen çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen bulgular doğrultusunda, “H<sub>3</sub>: Güçlendirme maliyeti ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezi kısmen kabul edilirken, “H<sub>4</sub>: Güçlendirme maliyeti ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır” hipotezi kesin olarak kabul edilmiştir.

Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen bir diğer unsur olan “yıkım maliyeti” ile “deprem sınıfı”, “kat sayısı”, “korozyon durumu”, “mevcut donatı tipi”, “zemin sınıfı”, “beton basınç dayanımı”, “bina yaşı” ve “toplam bina alanı” bağımsız değişkenleri arasındaki ilişki yine çoklu doğrusal regresyon analizi ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 24'te verilmiştir.

**Tablo 24: Yıkım Maliyeti ve Diğer Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler   | Pearson Korelasyon |           |          |                   |                     | Collinearity İstatistiği |                   |          |
|---|--------------------|-----------|----------|-------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|----------|
|   | Katsayı            | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Yıkım Maliyeti (S.) |                          | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans |
| Sabit   | -0,014             | 0,262     | -0,052   | 0,959             |                     |                          |                   |          |
| Deprem Sınıfı   | 0,274              | 0,069     | 3,976    | <b>0,000</b>      | 0,096               | 0,021                    | 0,981             | 1,019    |
| Kat sayısı  | 0,001              | 0,044     | 0,027    | 0,978             | 0,495               | 0,000                    | 0,614             | 1,627    |
| Korozyon Durumu   | 0,278              | 0,070     | 3,987    | <b>0,000</b>      | 0,118               | 0,006                    | 0,975             | 1,026    |
| Mevcut Donatı Tipi  | 0,235              | 0,092     | 2,538    | <b>0,011</b>      | 0,403               | 0,000                    | 0,691             | 1,447    |
| Zemin Sınıfı  | 0,002              | 0,053     | 0,029    | 0,977             | -0,018              | 0,356                    | 0,947             | 1,056    |
| Beton Basınç Dayanımı (MPa)                               | -0,069             | 0,081     | -0,851   | 0,395             | 0,205               | 0,000                    | 0,710             | 1,409    |
| Bina Yaşı   | -0,075             | 0,090     | -0,833   | 0,405             | -0,373              | 0,000                    | 0,576             | 1,736    |
| Binanın Toplam Alanı (m <sup>2</sup> ) (Sınıflandırılmış) | 0,632              | 0,029     | 21,617   | <b>0,000</b>      | 0,817               | 0,000                    | 0,528             | 1,896    |
| R <sup>2</sup> = 0,700/ F = 126,695 (0,000 < 0,05)        |                    |           |          |                   |                     |                          |                   |          |

Bu tabloya göre  $R^2$  değeri, modelin bağımlı değişkendeki değişimin %70'ini açıkladığını ifade etmektedir. Bu açıklama oranı iyi düzeydedir. F değeri 126,695 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış olup, modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Modelde çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır. Yıkım maliyeti ile ilgili çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen ve modelde kullanılan değişkenlere ait normallik dağılımı histogramı, doğrusal model ve saçılım grafiği Ek-11'de sunulmaktadır. Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonlar ise yine Tablo 21'deki ile aynıdır. T testi sonucunda “deprem sınıfı”, “korozyon durumu”, “mevcut donatı tipi” ve “binanın toplam alanı” bağımsız değişkenlerinin “yıkım maliyeti” üzerinde pozitif yönlü anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür.

Tablo 24'de görüldüğü gibi “deprem sınıfı” bağımsız değişkeni “yıkım maliyeti” üzerinde pozitif yönlü anlamlı bir etkiye sahiptir. Buna göre, deprem bölgesinde 1 birimlik artış olduğunda yıkım maliyetinde 0,274'lük artış olmakta, daha az deprem riski olan bölgelerde yıkım maliyeti de daha düşük olmaktadır. İnşaat mühendisleri ile yapılan görüşmelerde deprem sınıfının yıkım maliyeti üzerinde etkili bir faktör olmadığı ifade edilmekle birlikte, deprem riski olan bölgelerde inşaatların daha sağlam yapılması gerektiği ve genellikle daha çok donatı konulduğu için yıkım işleminin daha zor olması ve dolayısıyla yıkım maliyetinde de bu anlamda artış görülmesi anlamlı bir sonuçtur.

Binadaki “korozyon durumu” ile “yıkım maliyeti” arasında pozitif yönlü 0,278'lik anlamlı bir ilişki vardır. İnşaat mühendisleri ve yıkım işi yapmış müteahhitlerle yapılan görüşmelerde korozyonlu binalarda yıkımın daha zor olduğu dolayısıyla maliyetlerin artabileceği ifade edilmiştir. Korozyon sonucu binadaki donatının çabuk kopması ve parçalanması, özellikle yapı söküm sırasında donatının betonun içerisinden ayrıştırılmasının zorlaşmasına neden olup daha fazla işgücü maliyetine katlanılmasını gerektirmektedir.

Tablo 24'te “mevcut donatı tipi” bağımsız değişkeni ile “yıkım maliyeti” arasındaki ilişki incelendiğinde 0,235'lik pozitif yönlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Araştırmada mevcut donatıdaki 1 birimlik artış S220 tipi çelikten, S420 tipi çeliğe geçiş olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda 1 birimlik artış olması ilgili binada S420 tipi çeliğin kullanılmış olduğu anlamına gelmektedir. Çelik miktarı arttığında yıkımın daha zor olacağı beklendiğinden yıkım maliyetinin artması anlamlı bir sonuçtur.

“Binanın toplam alanı” bağımsız değişkeni ile “yıkım maliyeti” bağımlı değişkeni arasında diğer değişkenlerle karşılaştırıldığında beklenenden çok daha yüksek bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (0,632). Bina toplam alanının güçlendirme maliyeti üzerinde etkili olduğu gibi yıkım maliyeti üzerinde de etkili olduğu görülmüştür. Ancak bir noktada bu etki birbirinden ayrılmaktadır. Güçlendirmede bina toplam alanı doğrudan yapılan faaliyetleri etkilemekte iken, uygulamada güçlendirme yapılan binaların gerçek yıkım maliyetine ulaşamadığı için yıkım maliyetinin yaklaşık bir değer olarak tahmin edildiği görülmektedir. Uygulamada yıkım maliyetinin tahmininde genel olarak binanın toplam alanı kullanıldığından, binanın toplam alanı ile yıkım maliyeti arasında yüksek bir ilişki tespit edilmesi beklenen ve anlamlı bir sonuçtur.

Tablo 24’te görüldüğü gibi “kat sayısı” ile “yıkım maliyeti” arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu araştırmadaki okul binaları hemen hemen aynı kat sayısına sahip olduğu için bu değişkenin yıkım maliyeti üzerinde etkili olmaması sadece bu araştırma açısından normal karşılanabilir. Ancak, çok katlı binaların yıkımında farklı statik hesaplamaları ve farklı yıkım teknikleri gerektiğinden kat sayısı ile yıkım maliyeti arasında bir ilişki olması beklenmektedir. Araştırmada “zemin sınıfı” ve “bina yaşı” değişkenlerinin de yıkım maliyeti üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

Diğer taraftan beklenenin aksine yapılan analiz sonucu “beton basınç dayanımı” ile “yıkım maliyeti” arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. İnşaat mühendisleri ile yapılan mülakatlarda beton basınç dayanımı arttıkça yıkım işinin zorlaşmasından kaynaklanan nedenlerle yıkım maliyetinin artması gerektiği ifade edilmiştir. Ancak gerçek projelerden elde edilen verilerde bu yönde bir ilişkinin mevcut olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak güçlendirilmesi tercih edilen binaların yıkım maliyeti tahmin edilirken yalnızca binanın toplam alanının değerlendirilmeye alınması diğer faktörlere ise gereken dikkatin verilmemesi gösterilebilir. Bu sonuçlar uygulamada maliyetlerin eksik ve kısıtlı verilerle hesaplandığını bir kez daha gözler önüne sermektedir.

Sonuç olarak; “H<sub>5</sub>: Yıkım maliyeti ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır” ve “H<sub>6</sub>: Yıkım maliyeti ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır” hipotezleri kısmen kabul edilmiştir.



**Tablo 25: Yeniden Yapım Maliyeti ve Diğer Bağımsız Değişkenlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler   | Pearson Korelasyon |           |          |                   |                             | Collinearity İstatistiği |                   |          |     |
|---|--------------------|-----------|----------|-------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|----------|-----|
|   | Katsayı            | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Yeniden Yapım Maliyeti (S.) |                          | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF |
| Sabit   | -0,010             | 0,215     | -0,048   | 0,962             |                             |                          |                   |          |     |
| Deprem Sınıfı   | 0,069              | 0,056     | 1,217    | 0,224             | 0,010                       | 0,414                    | 0,981             | 1,019    |     |
| Kat sayısı  | 0,030              | 0,036     | 0,845    | 0,398             | 0,554                       | 0,000                    | 0,614             | 1,627    |     |
| Korozyon Durumu   | 0,061              | 0,057     | 1,062    | 0,289             | 0,035                       | 0,233                    | 0,975             | 1,026    |     |
| Mevcut Donatı Tipi  | 0,275              | 0,076     | 3,629    | <b>0,000</b>      | 0,419                       | 0,000                    | 0,691             | 1,447    |     |
| Zemin Sınıfı  | 0,088              | 0,043     | 2,038    | <b>0,042</b>      | 0,005                       | 0,456                    | 0,947             | 1,056    |     |
| Beton Basınç Dayanımı (MPa)                               | -0,177             | 0,067     | -2,658   | <b>0,008</b>      | 0,191                       | 0,000                    | 0,710             | 1,409    |     |
| Binanın Yaşı  | -0,054             | 0,074     | -0,735   | 0,462             | -0,394                      | 0,000                    | 0,576             | 1,736    |     |
| Binanın Toplam Alanı (m <sup>2</sup> ) (Sınıflandırılmış) | 0,725              | 0,024     | 30,255   | <b>0,000</b>      | 0,897                       | 0,000                    | 0,528             | 1,896    |     |
| R <sup>2</sup> = 0,816/ F = 240,539 (0,000 < 0,05)        |                    |           |          |                   |                             |                          |                   |          |     |

Maliyet oranının bir diğer unsuru olan “yeniden yapım maliyeti” ile projelerdeki bağımsız değişkenler arasındaki ilişki yine çoklu doğrusal regresyon analizi ile ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 25’te verilmiştir.

Tablo 25’deki analiz sonuçlarına göre  $R^2$  değeri 0,816 olarak hesaplanmış ve modelin bağımlı değişkendeki değişimin %81,60’ını açıkladığını görülmüştür. F değeri 240,539 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Modelde yüksek tolerans değeri ve düşük VIF değeri olduğu görüldüğü için çoklu bağlantı sorunu bulunmadığına kanaat getirilmiştir. Yeniden yapım maliyeti ile ilgili çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen normallik dağılımı histogramı, doğrusal model ve saçılım grafiği Ek-12’de sunulmaktadır. Modeldeki değişkenler arasında korelasyon olup olmadığı ise yine Tablo 21’deki Pearson Korelasyon Tablosunda görülmektedir. T testi ile modele dahil edilen her bir değişkenin 0,05 önemlilik seviyesinde tek tek anlamlı olup olmadığı analiz edilmiş ve “mevcut donatı tipi”, “zemin sınıfı” ve “binanın toplam alanı (sınıflandırılmış)” bağımsız değişkenlerinin “yeniden yapım maliyeti”ni pozitif yönlü olarak, “beton basınç dayanımı” değişkeninin ise negatif yönlü olarak anlamlı şekilde etkilediği tespit edilmiştir.

Tablo 25’teki sonuçlara göre binanın “mevcut donatı tipi” ile “yeniden yapım maliyeti” arasında 0,275’lik pozitif yönlü anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Buna göre binanın donatısında S220 tipi çelikten S420 tipi çeliğe doğru gidildikçe yeniden yapım maliyetinde de artış gözlemlenmektedir. Bu artışın nedeni iki malzeme arasındaki boyut, dolayısıyla ağırlık ve fiyat farkından kaynaklanıyor olabilir. Benzer şekilde zemin tipi ile yeniden yapım maliyeti arasındaki 0,088’lik pozitif yönlü ilişki, Z-1 tipi yani dayanıklı zeminden Z-4 tipi yani dayanıksız zemine gidildikçe maliyetlerin artması bekleneceğinden anlamlıdır.

Tablo 25’te görüldüğü gibi “binanın toplam alanı” ile “yeniden yapım maliyeti” arasında 0,725’lik pozitif yönlü oldukça yüksek bir ilişki bulunmaktadır. Bunun temel nedeni tıpkı yıkım maliyetlerinde olduğu gibi yeniden yapım maliyetlerinin de güçlendirilmesine karar verilen projelerde yaklaşık değer olarak hesaplanması ve bu değer hesaplanırken genel olarak bina alanının ( $m^2$ ) baz alınmasıdır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından her yıl yayımlanan “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin

Hesabında Kullanılacak ... Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ” de yapı sınıfına göre m<sup>2</sup> bazlı yaklaşık yeniden yapım maliyetleri verilmektedir. Uygulamada bir binanın yıkılıp yeniden yapmak yerine güçlendirilmesine karar verildiğinde maliyet oranının hesaplanabilmesi için bu Tebliğ’den yararlanılmaktadır. Tebliğde, yapılar belirli sınıflara ayrılmakta ve her sınıf için m<sup>2</sup> başına ayrı bir bedel biçilmekle birlikte, bu bedellerin nasıl hesaplandığı veya hangi faktörlerden etkilendiğine dair net bir bilgi sunulmamaktadır. Örneğin; bu bedel 2014 yılı için konutlarda 650 TL/m<sup>2</sup> iken, özelliği olan büyük okul yapıları için 700 TL/m<sup>2</sup>’dir. 50 TL/m<sup>2</sup>’lik farkı oluşturan faktörlerin neler olduğu ise tam olarak bilinmemektedir. Yapılan bu araştırma ile özellikle güçlendirme maliyeti başta olmak üzere, yıkım ve yeniden yapım maliyeti üzerinde etkili olabilecek faktörlerin tespit edilmesi ve uygulamada bu anlamda görülen boşluğun doldurulması için katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

Tablo 25’te “beton basınç dayanımı” ile “yeniden yapım maliyeti” arasındaki -0,177’lik negatif yönlü ilişki beton basınç dayanımı arttıkça yeniden yapım maliyetinde azalış olduğunu göstermektedir. Bu sonuç beklenmeyen bir sonuçtur. Normal şartlarda beton kalitesi arttığında maliyetin de artması beklenir. Diğer taraftan “deprem sınıfı” ve “kat sayısı” değişkenlerinin de “yeniden yapım maliyetini” arttırması gerekirken, analiz sonucunda bu bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Yeni yapılan bir binada korozyon bulunması söz konusu olmadığı için bunun yeniden yapım maliyetini etkilememesi beklenen bir sonuçtur.

Tablo 25’teki bütün sonuçlar dikkate alındığında “H<sub>7</sub>: Yeniden yapım maliyeti ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır” ve “H<sub>8</sub>: Yeniden yapım maliyeti ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır” hipotezlerinin her ikisi kısmen kabul edilmiştir.

### **5.2.1.3. Proje Verilerine Ait Lojistik Regresyon Modeli Analizi Sonuçları**

Literatürde güçlendirme veya buna alternatif olarak binayı tamamen yıkıp yeniden yapma konusu her zaman tartışmalı bir konu olmuştur. Cha ve diğerleri (2012: 302) tarafından proje tarafları üzerinde yapılan anketlerde, yenileme faaliyetlerinin yıkıp yeniden yapma faaliyetlerine nazaran maliyetler, zaman ve kalite açılarından beklenen

performansı sağlayamadığı tespit edilmiştir. Ancak, yapılan bir diğer çalışmada bir binanın yaşam döngüsü değerlendirmesinde (LCA, Life Cycle Assessment) yenileme faaliyetlerinin çevresel açıdan yıkıp yeniden yapmaya göre daha iyi bir seçenek olduğu ifade edilmektedir (Cha ve diğerleri, 2012: 302).

Diğer taraftan Bullen ve Love (2010) çalışmalarında mimar, maliyet uzmanı, şehir planlamacısı, proje yöneticisi, bina yöneticisi, vb. gibi bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararını veren çeşitli taraflarla derinlemesine mülakat yapmış ve bir binanın yıkılıp yeniden yapılması ya da uyarlanabilir yeniden kullanımı, yenilenmesi, güçlendirilmesi gibi seçenekleri değerlendirmişlerdir. Yazarlar, araştırma sonucunda bu kararın sadece ekonomik değişkenler dikkate alınarak değil ekonomik, çevresel ve sosyal açılardan da değerlendirilerek verilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Literatüre paralel olarak araştırma sırasında inşaat mühendisleri, mimarlar, müteahhitler vb. gibi pek çok uygulayıcı ile yapılan mülakatlarda bir binanın güçlendirilmesi ya da yıkıp yeniden yapılmasına ilişkin nihai kararın verilmesinde maliyetler haricinde başka faktörlerin de etkili olduğu görülmüştür. Her ne kadar bu araştırmada inşaatlarda güçlendirme, yıkım ve yapım konuları maliyetler açısından ele alınmışsa da uygulayıcılara tam manasıyla rehberlik sağlanması ve konunun bir bütün olarak ele alınması için nihai kararı etkileyen diğer faktörlerin de tespit edilmesi gerekli görülmüştür. Bu nedenle projeler, güçlendirme kararı verilenler (1) ve yıkıp yeniden yapma kararı verilenler (0) olarak iki kategoride sınıflandırılmış ve veriler lojistik regresyon analizine tabi tutulmuştur. Lojistik regresyon analizi sonuçları Tablo 26'da verilmektedir.

Tablo 26'da görüldüğü gibi Logistik Model katsayıları;  $\chi^2=235,283$ , serbestlik derecesi =9 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış ve model istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Modelde Nagelkerke  $R^2$  değeri %68 olarak hesaplanmış ve modelin iyi seviyede açıklandığı sonucuna varılmıştır. Hosmer-Lemeshow testi sonucunda  $\chi^2=11,725$ , serbestlik derecesi =8 ( $0,164 > 0,05$ ) olarak hesaplanmıştır. Buradaki anlamlılık düzeyinin  $0,05$ 'ten büyük olması, iki değişkenli modelin kabul edilebilir uyuma sahip olduğunu, dolayısıyla model ve veri uyumunun yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir.

Tablo 26'daki sonuçlara bakıldığında “deprem sınıfı”, “korozyon durumu”, “beton basınç dayanımı” ve “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” bağımsız değişkenleri ile “güçlendirme/yıkım-yapım kararı” bağımlı değişkeni arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için odds oranları hesaplanmış ve yine Tablo 26'da bu oranlar her bir değişken için belirtilmiştir.

“Deprem sınıfı” değişkeni açısından analiz sonuçları değerlendirildiğinde, bu değişken ile “güçlendirme/yıkım-yapım kararı” arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfında artış olduğunda, yani 5. derece deprem bölgesinden 1. derece deprem bölgesine doğru yükseliş olduğunda, deprem riski artacağı için binayı güçlendirmek mantıklı olacaktır. Ayrıca Odds oranı, deprem riski bulunan bir bölgede güçlendirmenin, yıkıp yeniden yapmaya göre 3,772 kat daha çok tercih edildiğini göstermiştir.

Analiz sonuçlarına binadaki “korozyon durumu” açısından bakıldığında, korozyonda meydana gelen artisan, güçlendirme/yıkım-yapım kararında azalışa neden olduğu görülmüştür. Donatısında korozyon bulunan binalar deprem açısından çok daha riskli olmakta, bina betonunda çatlaklar ve bozulmalar görülmekte ve her geçen gün korozyon artmakta ve dolayısıyla risk de artmaktadır. Bu durumdaki bir binanın güçlendirilmek yerine yıkılıp yeniden yapılması mantıklı bir karardır. Nitekim analizde de bu doğrultuda bir sonuç ortaya çıkmış ve korozyon arttıkça güçlendirme tercihindan yıkıp yeniden yapma tercihine doğru bir yönelme olduğu tespit edilmiştir. Odds oranına bakıldığında korozyon bulunan bir binada güçlendirmenin, yıkıp yeniden yapmaya göre 0,093 kat daha az tercih edildiği görülmektedir.

Tablo 26'daki sonuçlar “beton basınç dayanımı” bağımsız değişkeni açısından incelendiğinde, bu değişkende meydana gelen artışın güçlendirme/yıkım-yapım kararında azalışa neden olacağı görülmüştür. “Beton basınç dayanımı” değişkeninin Odds oranına bakıldığında, binanın beton basınç dayanımı arttığında, binanın güçlendirilmesinin yıkılıp yeniden yapılması seçeneğine nazaran 0,253 kat daha az tercih edileceği sonucuna varılmıştır.

**Tablo 26: Güçlendirme/Yıkım-Yapım Kararı ve Diğer Değişkenlere Ait Lojistik Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler  | Katsayı | Std. Hata | Wald İst. | Anlamlılık Düzeyi | Odds Oranı |
|--|---------|-----------|-----------|-------------------|------------|
| Sabit  | 7,188   | 1,553     | 21,426    | 0,000             | 1323,089   |
| Deprem Sınıfı  | 1,328   | 0,422     | 9,881     | <b>0,002</b>      | 3,772      |
| Kat sayısı   | 0,145   | 0,235     | 0,380     | 0,538             | 1,156      |
| Korozyon Durumu  | -2,374  | 0,532     | 19,895    | <b>0,000</b>      | 0,093      |
| Mevcut Donatı Tipi   | 0,323   | 0,581     | 0,309     | 0,578             | 1,381      |
| Zemin Sınıfı   | -0,482  | 0,307     | 2,462     | 0,117             | 0,617      |
| Beton Basınç Dayanımı (MPa)  | -1,373  | 0,512     | 7,185     | <b>0,007</b>      | 0,253      |
| Bina Yaşı  | 0,318   | 0,546     | 0,340     | 0,560             | 1,375      |
| Binanın Toplam Alanı (m <sup>2</sup> )   | 0,155   | 0,171     | 0,818     | 0,366             | 1,167      |
| Güçlendirme/Yeniden Yapım (Maliyet Oranı)  | -1,490  | 0,181     | 67,809    | <b>0,000</b>      | 0,225      |
| $\chi^2=235,283$ , serbestlik derecesi =9, (0,000 < 0,05), Nagelkerke R <sup>2</sup> = 0,683 |         |           |           |                   |            |

“Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” açısından analiz sonuçları değerlendirildiğinde, maliyet oranındaki artışın, güçlendirme/yıkım-yapım kararında azalışa neden olacağı tespit edilmiştir. Bu sonuç beklenen ve uygulamada sıkça kullanılan bir yöntem olup, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arttıkça binayı güçlendirmek yerine yıkıp yeniden yapmanın daha tercih edilebilir olması mantıklıdır. Odds oranına bakıldığında, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı daha yüksek olan bir binada güçlendirme seçeneğinin yıkıp yeniden yapma seçeneğine göre 0,225 kat daha az tercih edileceği görülmüştür.

Diğer taraftan modelde anlamlı bulunan bağımsız değişkenler bir bütün olarak değerlendirildiğinde korozyon durumunun güçlendirme/yıkım-yapım kararını maliyet oranından çok daha fazla etkilediği görülmektedir. Oysa uygulamada bir binanın yıkılıp yeniden yapılması veya güçlendirilmesi konusunda genel olarak maliyet oranına göre karar verilmekte olup, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen %40’lık güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı referans alınmaktadır. Analiz sonuçları tekrar göstermektedir ki bir binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması kararının verilmesinde sadece güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının dikkate alınması uygulayıcıların yanlış karar vermesine neden olabilir. Bu nedenle maliyet oranının yanı sıra korozyon, bina beton basınç dayanımı, deprem bölgesi, vb., gibi diğer faktörlerin de bina ile ilgili nihai kararın verilmesi aşamasında göz önünde bulundurulması, uygulayıcıların bu kararı daha doğru verebilmeleri için rehberlik sağlayacaktır.

Lojistik regresyon analizi sonucu elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, “H<sub>9</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile bina özellikleri arasında bir ilişki vardır” ve “H<sub>10</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile binanın zemin ve deprem sınıfı arasında bir ilişki vardır” hipotezleri kısmen; “H<sub>11</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım kararı ile güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasında bir ilişki vardır” hipotezi ise tamamen kabul edilmiştir.

Elde edilen 444 proje verisinin 77’sinde yıkıp yeniden yapma, 367’sinde ise güçlendirme kararı verilmiştir. Modelde referans olarak yıkıp yeniden yapma kararı (0) esas alınmıştır. Buna göre herhangi bir model kurulmadan bütün projelerdeki binalar için güçlendirme kararı verilmesi halinde %82,70 oranında doğru bir nihai karara ulaşılabileceği görülmüştür.

**Tablo 27: Doğru Sınıflandırma Yüzdesi**

| Nihai Karar   |                             | Tahmin Edilen Grup          |                     |        |           |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|--------|-----------|
|               |                             | Yıkıp Yeniden Yapma Tercihi | Güçlendirme Tercihi | Toplam | %Doğruluk |
| Gözlenen Grup | Yıkıp Yeniden Yapma Tercihi | 55                          | 22                  | 77     | 71,40     |
|               | Güçlendirme Tercihi         | 13                          | 354                 | 367    | 96,50     |
|               | Toplam                      | 68                          | 376                 | 444    | 92,10     |

Logistik modelin güçlendirme/yıkım-yapım kararını tahmin etmedeki başarısı incelendiğinde, yıkıp yeniden yapma kararı açısından 22, güçlendirme kararı açısından ise sadece 13 projede yanlış tahmin yaptığı görülmektedir. Tablo 27’de de görüleceği üzere model güçlendirme/yıkım-yapım kararının doğru bir şekilde tahmin edilmesinde %92,10’luk bir başarıya sahip olup, bu oranın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

### 5.2.2. Anketlerden Elde Edilen Verilerin Analizi

Anket verilerinin analizine ilk olarak tanımlayıcı istatistikler ile başlanmıştır. Tanımlayıcı istatistikler aracılığıyla ölçekte bulunan her ifadeye ait frekans ve yüzde değerleri belirlenmiş, ardından ifadeler kendi grupları içerisinde önem derecelerine göre sıralanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Daha sonra yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen faktörlerin neler olduğunu tespit etmek amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Son olarak ise faktör analizi sonucu elde edilen faktörlerle, güçlendirme maliyetinin, yapım ve yıkım maliyeti toplamına bölünmesiyle oluşturulan güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasında ilişki olup olmadığı çoklu doğrusal regresyon modeli ile analiz edilmiştir.

#### 5.2.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmanın bu bölümünde katılımcıların demografik özellikleri ve anketin ikinci bölümünde yer alan bina yapım, yıkım ve güçlendirme konuları ile ilgili ifadeler verilen yanıtlar, frekans, yüzde dağılımları ve ortalamalar açısından incelenmiş ve analiz sonuçları Tablo 28’de verilmiştir.



**Tablo 28: Katılımcıların Demografik Özelliklerine Göre Frekans Dağılımları**

| <b><u>Tecrübe (Yıl)</u></b>     | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> | <b><u>Meslek</u></b>              | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1-5                             | 95              | 24,70           | İnşaat Mühendisi                  | 358             | 93,00           |
| 6-10                            | 87              | 22,60           | İnşaat Mühendisi /<br>Akademisyen | 27              | 7,00            |
| 11-20                           | 96              | 24,90           | Toplam                            | 385             | 100,00          |
| 21-30                           | 44              | 11,40           | <b><u>Şehir</u></b>               | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
| 31 ve üstü                      | 63              | 16,40           | İstanbul                          | 260             | 67,50           |
| <b><u>Kurum</u></b>             | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> | İzmir                             | 82              | 21,30           |
| Üniversite                      | 27              | 7,00            | Bursa                             | 24              | 6,20            |
| Özel Şirket                     | 293             | 76,10           | Sakarya                           | 4               | 1,00            |
| Kamu                            | 40              | 10,40           | Samsun                            | 14              | 3,60            |
| Gayrimenkul<br>Değerleme Uzmanı | 2               | 0,50            | Kocaeli                           | 1               | 0,30            |
| Yapı Denetim                    | 23              | 6,00            | Toplam                            | 385             | 100,00          |

Tablo 28’de görüldüğü gibi katılımcıların 358’i inşaat mühendisi, 27’si ise inşaat mühendisi/akademisyendir. Katılımcıların %24,90’ının 11-20 yıl arası ilgili meslekte deneyimi bulunmakta olup tüm katılımcılar için tecrübe ortalama yaklaşık 15 buçuk yıl olarak hesaplanmıştır. Katılımcıların %76,10’u özel şirketlerde çalışmakta olup, %67,50’si ise İstanbul’da faaliyetlerini sürdürmektedir.

**Tablo 29: Maliyet Oranı Frekans Sonuçları**

| <b><u>Maliyet Oranı =</u></b><br><b><u>(Güçlendirme Maliyeti / (Yıkım Maliyeti + Yapım Maliyeti))</u></b> | <b><u>F</u></b> | <b><u>%</u></b> |
|---|-----------------|-----------------|
| %1 ile %20 arasında   | 24              | 6,23            |
| %21 ile %39 arasında  | 69              | 17,92           |
| <b>%40</b>  | <b>98</b>       | <b>25,45</b>    |
| %41 ile %50 arasında  | 90              | 23,38           |
| %51 ile %70 arasında  | 88              | 22,86           |
| %71 ile %100 arasında   | 16              | 4,16            |
| <b>Toplam</b>   | <b>385</b>      | <b>100,00</b>   |

Katılımcılara “bir binanın güçlendirilmesi ile ilgili maliyetlerin, bu binanın yıkılıp yeniden yapılması sonucu ortaya çıkacak toplam maliyetlere oranı yüzde kaç olursa yıkıp yeniden yapma kararı alırsınız” şeklinde bir ifade yöneltmiş ve verilen yanıtlar Tablo 29’da belirli aralıklar halinde sınıflandırılmıştır. Ancak katılımcıların kaçınının T.C. Çevre

ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen %40'lık oranı belirttiklerinin net bir şekilde görülebilmesi için sınıflandırmada %40 seçeneği tek başına verilmiştir. Tablo 29'da görüldüğü gibi katılımcıların %25,45'i güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı için Bakanlık tarafından tavsiye edilen %40'lık oranı yanıt olarak vermişlerdir. Diğer taraftan katılımcıların toplamda %24,15'i bu oranın %40'tan düşük hesaplanması halinde de binayı yıkıp yeniden yapma kararı alabileceklerini ifade ederken, yine katılımcıların toplamda %50,40'ı bu oran ancak %40'ın üzerinde olursa yıkıp yeniden yapma kararı alabileceklerini ifade etmişlerdir. Bütün katılımcıların bu soruya vermiş oldukları yanıtın ortalaması alındığında güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının %45,75 olduğu görülmüştür.

Diğer taraftan güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı direkt sorulduğunda katılımcıların uygulamadaki oranı dikkate almaları ve yanıtlarını bu şekilde vermeleri bu araştırmanın amaçları açısından istenen bir durum olmadığı için bu oran dolaylı bir şekilde yeniden hesaplanmıştır. Buna göre; katılımcıların yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerinin alt maliyet kalemlerine dair önem derecelerinin (ağırlık) sorulduğu ifadelere verdikleri yanıtlar toplanarak, güçlendirme maliyetinin, yıkım ve yapım maliyetlerinin toplamına oranlanmasıyla yeni bir veri oluşturulmuştur. Bu şekilde elde edilen verilerin ortalaması alındığında ise güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının %40,33 olduğu görülmüştür.

Bu sonuçtan çıkarılacağı üzere, soruların ayrıntı düzeyi arttırıldığında katılımcıların güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının kaç olması gerektiği konusundaki görüşlerinin Bakanlık tarafından tavsiye edilen rakamla hemen hemen örtüştüğü gözlemlenmiştir. Sonuç olarak analizler sonucu elde edilen bulgular, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın tavsiye ettiği %40'lık güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının isabetli olduğunu göstermiştir.

Anketin ikinci bölümünde yer alan önem sorularına verilen yanıtlara ait ortalama değerler ve standart sapmalar ile, her bir sorunun kendi ölçeği içindeki diğer sorulara verilen yanıtların toplamına oranı (ağırlık yüzdesi) aşağıdaki tablolarda verilmiştir. İfadelere ait basıklık ve çarpıklık değerleri ise Ek-13'te sunulmuştur.

**Tablo 30: Binayı Yıkıp Yeniden Yapma Nedenlerinin Tanımlayıcı İstatistik Analizi**  
**Sonuçları (N = 385)**

| <b><u>İfadeler</u></b>   | <b><u>Ort.</u></b> | <b><u>Standart Sapma</u></b> | <b><u>Ağırlıkların % Ortalaması</u></b> |
|--|--------------------|------------------------------|---|
| Binanın ağır hasarlı olması  | <b>4,75</b>        | 0,649                        | 10,63                                   |
| Bina beton basınç dayanımının çok düşük çıkması  | <b>4,66</b>        | 0,733                        | 10,31                                   |
| Korozyon ve yetersiz donatı tespiti  | <b>4,62</b>        | 0,730                        | 10,22                                   |
| Deprem performans düzeylerinin sağlanmaması  | <b>4,56</b>        | 0,843                        | 10,04                                   |
| Taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş, perde, döşeme, vs.) minimum boyutları sağlamaması | <b>4,32</b>        | 0,932                        | 9,50                                    |
| Binada burulma düzensizliğinin tespiti   | <b>4,18</b>        | 0,979                        | 9,17                                    |
| Binanın kullanım ömrünü daha çok artırmak  | <b>4,11</b>        | 1,096                        | 9,03                                    |
| Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla daha makul olması                | <b>3,83</b>        | 1,301                        | 8,54                                    |
| Binanın mimari ve statik projelerinin bulunmamasından kaynaklanan belirsizlik riski            | <b>3,54</b>        | 1,192                        | 7,78                                    |
| Binanın mimari olarak kullanım memnuniyetinin artırılması                                      | <b>3,39</b>        | 1,244                        | 7,40                                    |
| Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)                                | <b>3,37</b>        | 1,220                        | 7,38                                    |

Tablo 30’da inşaat mühendislerine bir binayı güçlendirmek yerine yıkıp yeniden yapmayı tercih etme nedenleri yöneltilmiş ve bu nedenleri önem derecelerine göre sıralamaları istenmiştir. Buna göre, inşaat mühendisleri için bir binayı yıkıp yeniden yapmayı tercih etmede en önemli nedenler binanın ağır hasarlı olması (ortalama=4,75 / ağırlık=%10,63), beton basınç dayanımının çok düşük çıkması (ortalama=4,66 / ağırlık=%10,31) ve binada yetersiz donatı ve korozyon tespit edilmesidir (ortalama=4,62 / ağırlık=%10,22). Diğer taraftan bu konudaki en az önemli neden ise bina sahibinin ekonomik durumu ve kişisel tercihleridir (ortalama=3,37 / ağırlık=%7,38). Sonuçlar yorumlandığında binanın ağır hasarlı olması, düşük beton basınç dayanımına sahip olması ve binada yetersiz donatı bulunması gibi nedenlerin binanın özellikle deprem güvenliğine ait nedenler olduğu görülmüş, can kaybı riskinden dolayı bu tür binaları güçlendirmek yerine yıkıp yeniden yapmanın daha güvenli ve mantıklı olduğu sonucuna varılmıştır. Maliyetler açısından düşünüldüğünde, yine deprem açısından riskli bir binanın güçlendirilmesinin optimum olmayacağı aşikardır.

**Tablo 31: Binayı Güçlendirme Nedenlerinin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları**  
(N = 385)

| <b><u>İfadeler</u></b>  | <b><u>Ort.</u></b> | <b><u>Standart Sapma</u></b> | <b><u>Ağırlıkların % Ortalaması</u></b> |
|---|--------------------|------------------------------|---|
| Hukuksal açıdan (tarihi bina olması, imar problemi, sit alanı, vs.) yıkılıp yeniden yapıma elverişli olmaması                                   | <b>4,37</b>        | 1,004                        | 13,62                                   |
| Deprem performans düzeylerinin sağlanması   | <b>4,12</b>        | 1,045                        | 12,78                                   |
| Binanın yasal zorunluluklar açısından yeterli olması (minimum beton dayanımı, kolon/kiriş boyutları, donatı yeterliliği, bina statığı, vs. ...) | <b>3,93</b>        | 1,079                        | 12,13                                   |
| Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla çok yüksek olması   | <b>3,78</b>        | 1,236                        | 11,64                                   |
| Bina yıkılıp yeniden yapıldığında kat sayısı kaybına uğramamak  | <b>3,56</b>        | 1,292                        | 10,89                                   |
| Binanın hafif / orta hasarlı olması   | <b>3,55</b>        | 1,025                        | 10,98                                   |
| Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)   | <b>3,35</b>        | 1,204                        | 10,31                                   |
| Yeni bina yapımı için alınacak yasal izinlerin yüksek maliyetli olması  | <b>3,03</b>        | 1,303                        | 9,15                                    |
| Binanın bitişik nizam olması  | <b>2,94</b>        | 1,324                        | 8,57                                    |

Tablo 31’de inşaat mühendislerinin bir önceki durumun aksine bir binayı yıkıp yeniden yapmak yerine, güçlendirmeyi tercih etme nedenlerini önem derecesine göre sıralamaları istenmiştir. En önemli 3 neden olarak hukuksal açıdan binanın yıkıp yeniden yapmaya elverişli olmaması (ortalama=4,37 / ağırlık=%13,62), deprem performans düzeylerinin yeterli olması (ortalama=4,12 / ağırlık=%12,78) ve binanın yasal zorunlulukları karşılıyor olması (ortalama=3,93 / ağırlık=%12,13) sıralanmış, en az önemli neden ise binanın bitişik nizam olması (ortalama=2,94 / ağırlık=%8,57) olarak belirtilmiştir. Tarihi nitelik taşıyan bir binanın yıkılıp yeniden yapılması söz konusu değildir. Aynı şekilde binanın bulunduğu arsa ile ilgili hukuksal sorunlar varsa, bina sahibi sahip olduğu yasal haklarını kaybetmemek için maliyet her ne olursa olsun yıkım yerine güçlendirmeyi tercih etmektedir. Diğer taraftan, inşaat mühendisleri ile yapılan ön görüşmelerde bitişik nizam olan binalarda yıkımın pek elverişli olmadığı ve bu nedenle çok fazla tercih edilmediği ifade edilmiş, ancak anketlerden elde edilen sonuçlarda bu değişkenin yıkım kararı üzerinde beklendiği düzeyde etkili olmadığı görülmüştür.

**Tablo 32: Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Analizi Sonuçları (N = 385)**

| <u>İfadeler</u>  | <u>Ort.</u> | <u>Standart Sapma</u> | <u>Ağırlıkların % Ortalaması</u> |
|--|-------------|-----------------------|----------------------------------|
| Binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif)                | <b>4,54</b> | 0,739                 | 8,94                             |
| Bina statığı   | <b>4,38</b> | 0,858                 | 8,61                             |
| Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                       | <b>4,28</b> | 0,958                 | 8,36                             |
| Kat sayısı   | <b>4,18</b> | 1,026                 | 8,19                             |
| Bina beton basınç dayanımı                                     | <b>4,14</b> | 1,063                 | 8,07                             |
| Zemin tipi   | <b>4,05</b> | 1,037                 | 7,91                             |
| Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       | <b>4,03</b> | 1,047                 | 7,86                             |
| Önem katsayısı   | <b>3,95</b> | 1,075                 | 7,69                             |
| Donatı çeliği sınıfı   | <b>3,92</b> | 1,089                 | 7,61                             |
| Binanın yaşı   | <b>3,83</b> | 1,094                 | 7,51                             |
| Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         | <b>3,62</b> | 1,243                 | 7,05                             |
| Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)              | <b>3,17</b> | 1,290                 | 6,23                             |
| Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) | <b>3,14</b> | 1,224                 | 6,15                             |

Tablo 32’de inşaat mühendislerine, bir binanın güçlendirme maliyetlerini etkileyen faktörlerin toplam güçlendirme maliyeti içerisindeki önem derecesi sorulmuş ve en önemli üç faktörün; binanın deprem hasar düzeyi (ortalama=4,54 / ağırlık=%8,94), bina statığı (ortalama=4,38 / ağırlık=%8,61) ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı (ortalama=4,28 / ağırlık=%8,36) olarak sıralandığı görülmüştür. Diğer taraftan inşaat mühendislerine göre toplam güçlendirme maliyeti üzerinde en az etkili faktör ise binanın konumudur (ortalama=3,14 / ağırlık=%6,15). Verilen yanıtlarda görüldüğü üzere güçlendirme maliyetleri deprem olgusu ve deprem güvenliğine yönelik faaliyetlerden oldukça etkilenmektedir.

Yukarıda verilen ve yıkım ve güçlendirme tercihi nedenlerinin yer aldığı Tablo 30 ve Tablo 31’e göre ağır hasarlı olan bir binanın normal şartlar altında yıkılması tercih edilir. Ancak, bu binanın yıkılmayıp güçlendirildiği varsayıldığında güçlendirme maliyetlerinin hafif hasarlı bir binaya göre çok daha yüksek olması beklenir. Deprem riski

bulunan bir bölgede yapılan güçlendirme projesinde yine binanın statik açıdan depreme dayanıklı olması için daha fazla çaba harcanması ve dolayısıyla daha yüksek maliyete katlanması gereklidir. Diğer taraftan elde edilen bulgularda binanın yaşı, alanı, kalitesi ve konumu gibi binanın fiziksel niteliklerinin güçlendirme maliyeti üzerinde beklenenden daha az etkiye sahip olduğu görülmüştür. Özellikle bina alanının güçlendirme maliyeti üzerinde önemli bir etkisi olması beklenmekte iken, anketlerin analizi sonucu elde edilen bulgularda bu tür güçlü bir etkiye rastlanmamıştır.

**Tablo 33: Yıkım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Analizi**  
**Sonuçları (N = 385)**

| <u>İfadeler</u>  | <u>Ort.</u> | <u>Standart Sapma</u> | <u>Ağırlıkların % Ortalaması</u> |
|--|-------------|-----------------------|----------------------------------|
| Kat sayısı   | <b>4,39</b> | 0,918                 | 15,10                            |
| Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vb.) | <b>4,15</b> | 1,065                 | 14,09                            |
| Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         | <b>4,14</b> | 0,970                 | 14,17                            |
| Binanın bitişik nizam olması                                   | <b>4,11</b> | 0,923                 | 14,06                            |
| Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vb.)       | <b>4,05</b> | 0,995                 | 13,20                            |
| Bina beton basınç dayanımı                                     | <b>3,11</b> | 1,280                 | 10,27                            |
| Bina statığı   | <b>3,04</b> | 1,247                 | 10,05                            |
| Binanın yaşı   | <b>2,75</b> | 1,268                 | 9,06                             |

Tablo 33'te katılımcılardan toplam yıkım maliyetini etkileyen değişkenlerin neler olduğunu önem derecesine göre sıralamaları istenmiş ve kat sayısı (ortalama=4,39 / ağırlık=%15,10), binanın konumu (ortalama=4,15 / ağırlık=%14,09) ve binanın toplam alanının (ortalama=4,14 / ağırlık=%14,17) en önemli değişkenler, bina yaşının (ortalama=2,75 / ağırlık=%9,06) ise toplam yıkım maliyeti üzerindeki en az etkili değişken olduğu tespit edilmiştir. Anketlerin hazırlanması aşamasında inşaat mühendisleri, akademisyenler, mimarlar ve müteahhitler ile yapılan görüşmelerde edinilen bilgilerle anket sonucu elde edilen bulgular hemen hemen örtüşmektedir. Kat sayısı ve binanın toplam alanı yıkım alanının büyüklüğü ile ilişkili olduğundan yıkım maliyetlerini artırması, araştırmanın başlangıcından itibaren beklenen bir sonuçtur.

Aynı şekilde binanın konumu özellikle belediyelerden alınan izinler ve yasal maliyetler açısından toplam yıkım maliyetini artırıcı bir nitelik taşımaktadır. Eğer bir bina ana cadde üzerinde ise yıkım sırasında ilgili belediyeye ödenecek işgaliye ücreti de o kadar fazla olmaktadır. Ancak bu binanın herhangi bir kırsal alanda bulunduğu var sayıldığında böyle bir işgaliye ücretine katlanması gerekmemektedir.

Benzer şekilde bina bitişik nizam olduğunda yıkım tekniklerinin de buna göre seçilmesi gerekir ve maliyetler artabilir. Örneğin, bitişik nizamlı bir binayı yıkmak için patlayıcıyla yıkım tekniği seçilemez. Aynı şekilde iş makineleri ile yıkımda da daha fazla önlem alınması gerekebilir. Bu tür binaların yıkımında genellikle elle yıkım ya da küçük iş makineleri ile yıkım tekniklerinin seçilmesi gerekir. Bu ise daha yüksek işgücü maliyetlerine katlanması anlamına gelmektedir.

Diğer taraftan binanın yapısının yıkım maliyetleri üzerinde etkili olması beklenirken bu etkinin beklenenden daha az olduğu görülmüştür. Yığma binaların yıkımı çelik ya da beton binaların yıkımından daha kolaydır. Bu da hem zaman hem de işgücü maliyetlerinde azalış anlamına gelir. Ancak günümüzde yığma binaların sayısının geçmişe nazaran oldukça azaldığı ve varolanların da genellikle Anadolu'nun kırsal bölgelerinde bulunduğu varsayıldığında ve anketin uygulandığı iller genel olarak şehirleşmiş bölgeler olduğundan elde edilen bulguların anlamlı olduğu düşünülebilir.

Benzer şekilde Türkiye'de çelik binalara da oldukça az rastlanmakta olup, en yaygın bina türü betonarme binalardır (Yüksel, 2008: 261). Dolayısıyla araştırmada betonarme yapılar dışındaki binalar katılımcılar tarafından az rastlandığı gerekçesi ile dikkate alınmamış ve bu şekilde bina yapısı faktörünün yıkım maliyeti üzerinde etkili olmadığı düşünülmüş olabilir.

**Tablo 34: Yapım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistik Analizi**  
**Sonuçları (N = 385)**

| <u>İfadeler</u>  | <u>Ort.</u> | <u>Standart Sapma</u> | <u>Ağırlıkların % Ortalaması</u> |
|--|-------------|-----------------------|----------------------------------|
| Kat sayısı   | <b>4,32</b> | 0,896                 | 12,11                            |
| Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         | <b>4,32</b> | 0,902                 | 12,05                            |
| Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)              | <b>4,29</b> | 0,953                 | 11,95                            |
| Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       | <b>4,28</b> | 0,875                 | 11,91                            |
| Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                       | <b>3,98</b> | 0,980                 | 10,98                            |
| Zemin tipi   | <b>3,97</b> | 0,970                 | 11,01                            |
| Bina statüğü   | <b>3,79</b> | 1,017                 | 10,32                            |
| Önem katsayısı   | <b>3,75</b> | 1,028                 | 10,06                            |
| Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) | <b>3,49</b> | 1,206                 | 9,61                             |

Tablo 34’te inşaat mühendislerinden bir binanın yapımı aşamasında toplam yapım maliyetini etkileyen faktörleri önem derecesine göre sıralamaları talep edilmiştir. Buna göre toplam bina yapım maliyetini etkileyen en önemli 3 faktör; kat sayısı (ortalama=4,32 / ağırlık=%12,11), yine aynı derecede önemli olan binanın toplam alanı (ortalama=4,32 / ağırlık=%12,05) ve binanın kalitesi (ortalama=4,29 / ağırlık=%11,95) iken, en az önemli faktör ise binanın konumu (ortalama=3,49 / ağırlık=%9,61) olarak belirtilmiştir. Kat sayısı ve binanın toplam alanı doğrudan bina yapım maliyetleri ile ilişkilidir ve bu beklenen bir sonuçtur. Aynı şekilde, lüks bir binanın yapım maliyetleri ile 3. sınıf veya basit bir binanın yapım maliyetlerinin aynı olması beklenemez. Bina kalitesi arttıkça yapım maliyetlerinin artması beklenen ve uygulamada karşılaşılan bir sonuçtur. Konum değişkeninin yapım maliyeti üzerinde daha az etkisinin olması yine uygulama ile örtüşen bir sonuçtur.

Yine Tablo 34’te görüldüğü gibi yapım maliyetleri genel olarak binanın fiziksel ve niteliksel özellikleri ile ilişkilendirilmiş, deprem özellikleri ise konu dışı bırakılmıştır. Bu sonuçlar inşaat sektöründe yapım aşamasında deprem faktörünün gereği kadar ciddiye alınmadığını da açıkça göstermektedir. Oysa yıkım maliyetlerini etkileyen değişkenlerin



yer aldığı ölçek hariç diğer tüm ölçeklerde deprem özelliklerinin en önemli değişkenler arasında olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere bir binanın yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen faktörler hemen hemen aynı değişkenlerden oluşmakta iken, her bir inşaat faaliyeti için bunların önem dereceleri ve ağırlıkları birbirinden farklıdır. Bina güçlendirme maliyetleri açısından en önemli değişkenler binanın deprem hasar düzeyi, bina statığı ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı iken; yıkım maliyeti açısından bu değişkenler kat sayısı, binanın konumu ve binanın toplam alanı olarak; güçlendirme maliyeti için ise kat sayısı, binanın toplam alanı ve bina kalitesi olarak tespit edilmiştir. Yıkım ve yapım maliyetlerini etkileyen değişkenler birbirine benzemekte iken, güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenler tamamen farklıdır. Benzer şekilde, bina konumunun, güçlendirme ve yapım maliyetini en az etkileyen değişken, yıkım maliyetini ise en çok etkileyen değişkenlerden biri olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 35: Maliyet Kalemlerinin Toplam Maliyetler İçindeki Ağırlıkları**

| <u>Maliyet Kalemleri</u>  | <u>Ortalama %</u> | <u>Std. Sapma</u> |
|---|-------------------|-------------------|
| <b><u>Güçlendirme Maliyeti</u></b>  |                   |                   |
| Yapısal güçlendirme maliyeti  | 25,19             | 6,227             |
| Mimari güçlendirme maliyeti   | 20,26             | 4,389             |
| Elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti  | 18,64             | 4,421             |
| İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.)                                    | 18,06             | 4,199             |
| Yasal izin maliyetleri  | 17,85             | 4,587             |
| <b><i>Toplam</i></b>  | <b><i>100</i></b> |                   |
| <b><u>Yıkım Maliyeti</u></b>  |                   |                   |
| Makine kullanım maliyetleri   | 17,65             | 4,520             |
| Yıkıntı atıklarının dökümü ve nakliyesiyle ilgili maliyetler                                  | 16,45             | 4,313             |
| Geri kazanılabilir malzemelerin ayrıştırılması, depolanması ve nakliyesiyle ilgili maliyetler | 15,04             | 4,064             |
| İşçilik maliyetleri   | 14,09             | 3,710             |
| Yasal izin maliyetleri  | 12,99             | 3,402             |
| İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.)                                    | 12,18             | 3,350             |
| Malzeme maliyetleri   | 11,60             | 4,004             |
| <b><i>Toplam</i></b>  | <b><i>100</i></b> |                   |
| <b><u>Yapım Maliyeti</u></b>  |                   |                   |
| İşçilik maliyetleri   | 22,88             | 4,017             |
| Makine kullanım maliyetleri   | 21,76             | 3,251             |
| İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.)                                    | 20,08             | 3,367             |
| Malzeme maliyetleri   | 17,85             | 3,759             |
| Yasal izin maliyetleri  | 17,43             | 4,339             |
| <b><i>Toplam</i></b>  | <b><i>100</i></b> |                   |

Tablo 35’te inşaat mühendislerinin değerlendirmelerine göre araştırmada incelenen her bir maliyet türüne ait alt maliyet kalemlerinin toplam maliyet içindeki yüzde oranları verilmiştir. Buna göre, toplam güçlendirme maliyeti içinde en yüksek maliyet kalemi yapısal güçlendirme maliyeti (%25,19) iken, en düşük maliyet kalemi idari maliyetlerdir (%17,85). Aynı durum toplam bina yıkım maliyeti için değerlendirildiğinde, makine kullanım maliyetlerinin (%17,65) yıkım maliyeti içinde en yüksek paya, malzeme maliyetlerinin (%11,60) ise en düşük paya sahip maliyet kalemi olduğu görülmüştür. Son olarak toplam bina yapım maliyeti içinde en fazla paya sahip maliyet kaleminin işçilik maliyetleri (%22,88), en düşük paya sahip maliyet kaleminin ise yasal izin maliyetleri (%17,43) olduğu tespit edilmiştir.

İdari ve yasal izin maliyetlerinin uygulamadaki durumları ile ilgili olarak bir Belediye’de görev yapan bir kaç inşaat mühendisi ve mimar ile ve bir inşaat mühendisliği bürosundaki bir mühendis ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerden elde edilen bilgilere göre belediyeler yapı ruhsatının verilmesi aşamasında bina ile ilgili pek çok niteliğe göre ruhsat bedeli ve harç miktarını hesaplamaktadır.

Örneğin ruhsatın verilmiş amacı yeni yapı, restorasyon, yenileme, güçlendirme, ek bina, dolgu, tadilat, vb. olabilmekte; parselin kullanım amacı konut, kamu binası vb. şeklinde değişebilmekte; aynı şekilde yapı sahibinin özel, kamu veya yabancı olması harç miktarını etkileyebilmekte; toplam inşaat alanı, yapının toplam yüksekliği, kat sayısı, yapıdaki bağımsız bölüm sayısı, vb. yapı ile ilgili özellikler yine harç miktarının hesaplanmasında etkili olmakta; yapının ısıtma sistemi, yakıt cinsi, tesisatları, asansör ve otopark gibi ortak kullanım alanları, taşıyıcı sistemi, duvar dolgu maddesi cinsi, döşeme türü, vb. gibi pek çok teknik özelliği yine harç miktarını etkileyebilmektedir.

Sonuç olarak bir yapının ruhsatının alınması aşamasında yol-kanal harcı, bina inşaatı, otopark bedeli, ceza ve diğerleri vb. kalemlerin toplamı toplam harç bedelini oluşturmaktadır. Bu bedel yapıyla ilgili yukarıda sıralanan tüm bu özelliklere göre 8.000 TL’den 80.000 TL’ye kadar değişebilmekte, üstelik eğer binanın bulunduğu il Büyükşehir Belediyesi ise hem Büyükşehir Belediyesine hem de ilgili belediyeye ayrı ayrı harç ödenmesi gerekmektedir. Bu durumda harç bedelleri daha da artmaktadır. Bütün bunlara ek olarak, belediyeden belediyeye harç ve ceza bedelleri de değişebilmektedir.

Diğer taraftan yasal maliyetler sadece harç bedellerinden oluşmamakta, bu bedele binanın durumuna göre eğer metruk bir yapı ise yıkılması, güçlendirilmesi veya restore edilmesi için bir bilirkişi raporu gönderilmekte, rapor sonucunun bina sahibi tarafından 15 gün içinde yerine getirilmemesi halinde bina sahibine ceza kesilmektedir. Benzer şekilde yapının teknik ve yapısal özelliklerine göre yine plan tasdik harcı, zemin açma harcı, yanar veya yıkılan yapılar için çeşitli harçlar, riskli yapılar için harçlar ve cezalar, imar hatalarından kaynaklanan cezalar, projede alan ihlali varsa işgaliye, projede değişiklik varsa bina inşaat harcı, tadilat/onarım ruhsat harcı, vb. gibi pek çok tutar binalarla ilgili yasal maliyetleri oluşturmaktadır.

İdari maliyetler açısından konu değerlendirildiğinde yapılan görüşmeler sonucu bu maliyetlerin yaklaşık tutarları öğrenilmiştir. Ancak bu tutarların da bölgeden bölgeye hatta bürodan büroya değiştiği bilgisi edinilmiştir. 2013 Yılı öncesinde idari maliyetleri oluşturan mimari proje, statik proje, vb. gibi bedeller Mimarlar Odası tarafından belirlenirken, 2013 yılında bu bedeller serbest piyasaya bırakılmıştır. Bu durumda her büro kendi ücretini kendi belirlemektedir. Özel büro sahibi olan bir inşaat mühendisi ile yapılan görüşme sonucu elde edilen bilgilere göre bir binanın yeniden yapımı ile ilgili idari maliyetler; mimari proje bedeli, statik proje bedeli, harita aplikasyonu, zemin etüdü ve jeoloji/jeofizik raporları bedelleri, elektrik, makine, kalorifer, asansör, ısı yalıtımı, vb. tesisat projeleri bedelleri, proje süresince çalıştırılacak şantiye şefi maaşı, müteahhitlik karnesi olan bir yetkilinin maaşı, yapı denetim firması ücreti, vb. gibi pek çok kalemden oluşmaktadır.

Araştırmanın temel çıkış noktalarından biri olan bir binanın güçlendirilmesi açısından durum değerlendirildiğinde, bir binanın güçlendirilmesinin tercih edilebilmesi için güçlendirme maliyetinin mümkün olduğunca düşük olması istenir. Olası bir depremde İstanbul, Bursa, Kocaeli, vb. gibi deprem riskinin yüksek olduğu illerdeki binaların güçlendirilmesi gerektiği ve özellikle 2007 yılı öncesinde yapılmış pek çok binanın 2007 Deprem Yönetmeliği'ndeki minimum yapı koşullarını karşılamadığı göz önünde bulundurulduğunda, idari ve yasal izin maliyetlerinin azaltılarak güçlendirme seçeneğinin devlet tarafından teşvik edilmesi sağlanabilir. Zira yıkıp yeniden yapma seçeneği, güçlendirme seçeneğine nazaran çok daha maliyetli olduğundan genellikle konut sahipleri tarafından tercih edilememektedir.

### 5.2.2.2. Güvenirlik ve Faktör Analizi

Anket ölçeğinin oluşturulması aşaması dördüncü bölümde ayrıntılı olarak anlatılmış, çeşitli görüşmeler, ön testler ve düzeltmelerden sonra oluşturulan nihai anket formu Ek-1'de verilmiştir. Anketin yapı geçerliğinin test edilmesinde faktör analizi kullanılmıştır. Ankette bir binanın yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen faktörlerin önem derecelerinin edinilebilmesinde, her bir inşaat faaliyeti için ayrı ayrı olmak üzere 3 ayrı ölçek oluşturulmuştur. Her ölçekte hemen hemen aynı değişkenler yer almakla birlikte inşaat mühendislerinin farklı inşaat faaliyetleri için aynı değişkene farklı önem derecesi atamaları beklenmektedir. Örneğin, bina yaşının güçlendirme maliyeti açısından kısmen önemli bir değişken iken (ortalama=3,83), bina yıkımında en az öneme (ortalama=2,75) sahip değişken olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde tanımlayıcı istatistikler sonucu elde edilen sonuçlara göre binanın kat sayısı, yıkım ve yapım maliyetleri açısından en önemli değişken olarak görülürken, güçlendirme maliyetleri için kat sayısının kısmen daha az öneme sahip bir değişken olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar anket ölçeğinin tasarımı aşamasında tahmin edildiği için güçlendirme, yıkım ve yapım maliyetlerinin her biri için ayrı ölçek oluşturulmasına karar verilmiştir.

İzleyen başlıklarda hem bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde etkili olan nedenlere ait ölçekler, hem de yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen değişkenlerin yer aldığı ölçekler faktör analizine tabii tutulmuştur. Faktör analizinde, Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis) ve varimax rotasyonu kullanılmıştır. Her bir ölçek için elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara ait yorumlar sırasıyla aşağıda verilmektedir.

#### 5.2.2.2.1. Binayı Yıkıp Yeniden Yapma Nedenlerinin Güvenirlik ve Faktör Analizi

Bir binayı güçlendirmek yerine yıkıp yeniden yapmayı tercih etme nedenlerinin yer aldığı anket ölçeğinin yapı geçerliliğini test etmek amacıyla faktör analizi yapılmıştır. Yapılan ilk analiz sonuçlarına göre, KMO değeri 0,842 ve Barlett Testi 1448,53 ( $p < 0,05$ ) olduğundan ölçek faktör analizi için elverişli görülmüştür. Analiz sonucu üç faktörün ortaya çıktığı, toplam varyans açıklama değerinin %61,294 olduğu ve ölçekteki

değişkenlere ait bütün ters görüntü korelasyon matrisi (anti-image correlation matrix) diyagonal değerlerinin 0,5'in üzerinde olduğu görülmüştür. Ancak ortak varyans değerleri (communality) dikkate alındığında değişkenlerden bazılarının analizden çıkarılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Değişkenlerin analizden çıkarılmasına ortak varyans değeri en düşük olan değişkenden başlanmış ve her bir değişken çıkarma işleminin ardından analizler yinelenerek sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir. Buna göre yapılan ilk analizde “binanın kullanım ömrünü daha çok artırmak” değişkenine ait ortak varyans değerinin 0,397 olduğu görülmüş ve bu değişken ölçekten çıkarılarak faktör analizi tekrar yapılmıştır.

Yapılan ikinci analiz sonuçlarına göre, KMO değeri 0,843, Barlett Testi 1350,33 ( $p < 0,05$ ) ve toplam varyans açıklama değeri %64,811'dir. Ortak varyans değerlerine tekrar bakıldığında “binanın mimari ve statik projelerinin bulunmamasından kaynaklanan belirsizlik riski” ifadesine ait değer 0,448 olduğu görülmüştür. Bu nedenle değişken ölçekten çıkarılarak, faktör analizi tekrarlanmıştır.

Yapılan üçüncü analizde, KMO değeri 0,832, Barlett Testi 1267,52 ( $p < 0,05$ ) ve üç faktör için toplam varyans açıklama değeri %68,861 olarak hesaplanmıştır. Ortak varyans değerlerine bakıldığında bütün değişkenlere ait ortak varyans değerlerinin 0,5'in üzerinde olduğu görülmüştür. Daha sonra her bir faktör için güvenilirlik analizi yapılmış ve analiz sonucunda üçüncü faktörün alfa değerinin 0,195 olduğu görülmüştür. Hesaplanan Cronbach alfa değeri kabul edilebilir düzeyde olmadığı için ve bu faktör “yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla daha makul olması” ve “binanın ağır hasarlı olması” değişkenlerinden oluştuğu için bu değişkenlerin ölçekten çıkarılmasına ve faktör analizinin tekrar yapılmasına karar verilmiştir.

Yapılan dördüncü ve son faktör analizine göre; KMO değeri 0,833, Barlett Testi 1193,27 ( $p < 0,05$ ) ve toplam varyans açıklama değeri %69,90 olarak hesaplanmıştır. Ortak varyans değerlerine bakıldığında bütün değişkenlere ait değerlerin 0,5'in üzerinde olduğu görülmüştür. Böylece ölçeğin son haliyle faktör analizi için uygun olduğuna ve her bir faktöre ait güvenilirlik değerlerinin kabul edilebilir seviyede olduğuna karar verilmiş olup, sonuçlar Tablo 36'da gösterilmiştir.

**Tablo 36: Binayı Yıkıp Yeniden Yapma Nedenlerinin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları**

| <u>Faktörler</u>  | <u>Faktör Yükleri</u> | <u>Özdeğer &gt;1</u> | <u>% Açıklanan Varyans</u> | <u>Cronbach Alfa Katsayısı</u> |
|---|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b><u>F1: Depreme Dayanıklılık</u></b>  |                       |                      |                            |                                |
| • Deprem performans düzeylerinin sağlanmaması   | 0,872                 |                      |                            |                                |
| • Korozyon ve yetersiz donatı tespiti   | 0,866                 |                      |                            |                                |
| • Taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş, perde, döşeme, vs.) minimum boyutları sağlanmaması | 0,802                 | 3,583                | 49,393                     | 0,885                          |
| • Binada burulma düzensizliğinin tespiti  | 0,801                 |                      |                            |                                |
| • Bina beton basınç dayanımının çok düşük çıkması   | 0,799                 |                      |                            |                                |
| <b><u>F2: Bina Sahibine Özgü Durumlar</u></b>   |                       |                      |                            |                                |
| • Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)                                 | 0,848                 | 1,310                | 20,507                     | 0,566                          |
| • Binanın mimari olarak kullanım memnuniyetinin artırılması                                       | 0,809                 |                      |                            |                                |

KMO: 0,833 / Barlett Testi: 1193,27 (0,000 < 0,05)

Tablo 36'ya göre, bir binayı güçlendirmek yerine yıkıp yeniden yapma kararını vermekte etkili olan faktörlerden ilki “depreme dayanıklılık” faktörü olup, bu faktör toplam varyansın %49,393'ünü açıklamaktadır. İkinci faktör “bina sahibine özgü durumlar” faktörüdür ve bu faktör toplam varyansın %20,507'sini açıklamaktadır. Buradan bir binayı yıkıp yeniden yapma kararının verilmesinde en etkili faktörün depreme dayanıklılık faktörü olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Kümülatif olarak her iki faktör toplam varyansın %69,90'ını açıklamakta olup, ölçeğin toplam varyans açıklama oranı yeterli bulunmuştur. Güvenirlilik analizi sonuçlarına bakıldığında “depreme dayanıklılık” faktörünün yüksek derecede, “bina sahibine özgü durumlar” faktörünün ise düşük seviyede güvenilir olduğu görülmüştür.

#### **5.2.2.2.2. Güçlendirme Yapma Nedenlerinin Güvenirlilik ve Faktör Analizi**

Bir binayı yıkıp yeniden yapmak yerine, güçlendirmeyi tercih etme nedenlerinin yer aldığı anket ölçeğinin yapı geçerliliği yine faktör analizi ile ölçülmüştür. Analiz sonuçlarına göre, KMO değeri 0,682 ve Barlett Testi 600,82 ( $p < 0,05$ ) olduğundan ölçeğin faktör analizi için orta düzeyde elverişli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Faktör analizine göre üç faktör ortaya çıkmış, toplam varyans açıklama değerinin %57,397 olduğu ve ölçekteki değişkenlere ait bütün ters görüntü korelasyon matrisi diyagonal değerlerinin 0,5'in üzerinde olduğu görülmüştür. Ancak ortak varyans değerleri dikkate alındığında değişkenlerden bazılarının analizden çıkarılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Buna göre, “binanın hukuksal açıdan (tarihi bina olması, imar problemi, sit alanı, vs.) yıkılıp yeniden yapıma elverişli olmaması” değişkenine ait ortak varyans değeri 0,298 olduğundan, bu değişkenin ölçekten çıkarılmasına ve analizin yenilenmesine karar verilmiştir.

Yapılan ikinci analiz sonuçlarına göre, KMO değeri 0,664, Barlett Testi 554,34 ( $p < 0,05$ ) ve üç faktör için toplam varyans açıklama değeri %62,412'dir. Ortak varyans değerlerine bakıldığında “yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla çok yüksek olması” değişkenine ait ortak varyans değerinin 0,416 olduğu görülmüş ve bu değer 0,5'in altında olması gerekçesiyle değişken ölçekten çıkarılarak faktör analizi yenilenmiştir.

**Tablo 37: Güçlendirme Yapma Nedenlerinin Güvenirlik Faktör Analizi Sonuçları**

| <u>Faktörler</u>  | <u>Faktör Yükleri</u>   | <u>Özdeğer &gt;1</u> | <u>% Açıklanan Varyans</u> | <u>Cronbach Alfa Katsayısı</u> |
|---|-------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b><u>F1: Deprem Özellikleri</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Binanın yasal zorunluluklar açısından yeterli olması (minimum beton dayanımı, kolon/kiriş boyutları, donatı yeterliliği, bina statiği,...)</li><li>• Deprem performans düzeylerinin sağlanması</li><li>• Binanın hafif / orta hasarlı olması</li></ul> | 0,845<br>0,838<br>0,608 | 2,247                | 25,875                     | 0,668                          |
| <b><u>F2: Mâli Nedenler</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bina yıkılıp yeniden yapıldığında kat sayısı kaybına uğramamak</li><li>• Yeni bina yapımı için alınacak yasal izinlerin yüksek maliyetli olması</li></ul>   | 0,848<br>0,830          | 1,429                | 21,834                     | 0,664                          |
| <b><u>F3: Diğer Nedenler</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri</li><li>• Binanın konumu (bitişik nizam olması, vs.)</li></ul>   | 0,794<br>0,772          | 1,035                | 19,594                     | 0,500                          |

KMO: 0,624 / Barlett Testi: 454,05 (0,000 < 0,05)



Yapılan üçüncü faktör analizinde, KMO değeri 0,624, Barlett Testi sonucu 454,05 ( $p < 0,05$ ) ve her üç faktör için toplam varyans açıklama değeri %67,303 olarak hesaplanmıştır. Daha sonra her bir faktör için güvenilirlik analizi yapılmış ve bütün faktörlerin kabul edilebilir güvenilirlik katsayılarına sahip olduğu görülmüştür. Ölçeğin son haliyle faktör analizine uygun olduğu görülmüş ve sonuçlar Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37’de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucu birinci faktörün toplam varyansın %25,88’ini, ikinci faktörün %21,53’ünü ve üçüncü faktörün ise %19,59’unu açıkladığı, toplam varyans açıklama yüzdesinin ise %67,30 olduğu görülmektedir. Buna göre, bir binayı yıkıp yeniden yapmak yerine güçlendirme yapmayı tercih etme nedenleri; ilk olarak binanın deprem özelliklerinden kaynaklanan nedenler, ardından mâli nitelik taşıyan nedenler ve son olarak diğer nedenler halinde sıralanabilir.

#### **5.2.2.2.3. Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi**

Bir binanın güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenlerin yer aldığı anket ölçeğinin yapı geçerliliğini test etmek için faktör analizi ile KMO ve Barlett testleri yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen ilk bulgular KMO değeri için 0,860 ve Barlett Testi 1645,518 ( $0,000 < 0,05$ ) şeklinde olup ölçeğin faktör analizi için çok iyi seviyede elverişli olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, ters görüntü korelasyon matrisinin diyagonal değerlerinin bütün değişkenler için 0,500’ün üzerinde olduğu ve elde edilen 3 faktör ile toplam varyansın %57,718’inin açıklandığı görülmüştür. Ancak ortak varyans değerlerine bakıldığında bazı değişkenlerin analizden çıkarılması ve analizin yinelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. İlk olarak 0,404’lük ortak varyans değerine sahip olması gerekçesi ile “zemin tipi” değişkeni ölçekten çıkarılmış ve faktör analizi tekrarlanmıştır.

Yapılan ikinci faktör analizinde, KMO değeri 0,852 ve Barlett Testi 1478,279 ( $p < 0,05$ ) olarak hesaplanmıştır. Ortak varyans değerlerine bakıldığında bütün değişkenler için bu değer 0,5’in üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca güvenilirlik analizi sonucu her üç faktöre ait Cronbach Alfa katsayılarının kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar Tablo 38’de sunulmuştur.

**Tablo 38: Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları**

| <u>Faktörler</u>   | <u>Faktör Yükleri</u> | <u>Özdeğer</u><br><u>&gt;1</u> | <u>% Açıklanan</u><br><u>Varyans</u> | <u>Cronbach Alfa</u><br><u>Katsayısı</u> |
|--|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b><u>F1: Deprem Özellikleri</u></b>                             |                       |                                |                                      |  |
| • Donatı çeliği sınıfı (donatı tipi)                             | 0,818                 |                                |                                      |  |
| • Bina beton basınç dayanımı                                     | 0,794                 |                                |                                      |  |
| • Önem katsayısı   | 0,755                 | 4,310                          | 31,114                               | 0,856                                    |
| • Bina statüsü   | 0,755                 |                                |                                      |  |
| • Binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif)                | 0,699                 |                                |                                      |  |
| • Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                       | 0,607                 |                                |                                      |  |
| <b><u>F2: Binanın Yapısal Özellikleri</u></b>                    |                       |                                |                                      |  |
| • Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)              | 0,783                 |                                |                                      |  |
| • Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) | 0,694                 | 1,795                          | 15,174                               | 0,533                                    |
| • Binanın yaşı   | 0,544                 |                                |                                      |  |
| <b><u>F3: Binanın Fiziksel Özellikleri</u></b>                   |                       |                                |                                      |  |
| • Kat sayısı   | 0,783                 |                                |                                      |  |
| • Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         | 0,651                 | 1,057                          | 13,390                               | 0,651                                    |
| • Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vb.)       | 0,447                 |                                |                                      |  |

KMO: 0,852 / Barlett Testi: 1478,28 (0,000 < 0,05)

Tablo 38’de görüldüğü üzere birinci faktör olan binanın “deprem özellikleri” faktörü toplam varyansın %31,11’ini, ikinci faktör olan “binanın yapısal özellikleri” faktörü %15,17’sini ve üçüncü faktör olan “binanın fiziksel özellikleri” faktörü %13,39’unu açıklamaktadır. Her üç faktör kümülatif olarak toplam varyansın %59,678’ini açıklamaktadır.

Analiz sonucundan da görüleceği üzere bir binanın güçlendirme maliyetini etkileyen en önemli faktör binanın deprem özellikleri yani temelinde binanın deprem dayanıklılığını etkileyen faktörlerdir. Diğer taraftan kat sayısı, binanın toplam alanı ve bina yapısı gibi değişkenlerden oluşan “binanın fiziksel özellikleri” faktörünün, araştırmanın başlangıcında tahmin edildiğinin aksine, bina güçlendirme maliyetini en az açıklayan faktör olduğu tespit edilmiştir.

#### **5.2.2.2.4. Yıkım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi**

Bir binanın yıkım maliyetini etkileyen değişkenlerin bulunduğu anket ölçeğinin yapı geçerliliğini test etmek amacıyla yine faktör analizi yapılmıştır. Yapılan ilk analizde KMO değeri 0,749 ve Barlett Testi sonucu ise 993,424 ( $p < 0,05$ ) olduğundan ölçeğin faktör analizi için iyi seviyede elverişli olduğuna karar verilmiştir. Ayrıca ters görüntü korelasyon matrisinin diyagonal değerleri de arzulanan şekilde bütün değişkenler için 0,500’ün üzerindedir. Analiz sonucu elde edilen 2 faktörün toplam varyans açıklama seviyesi %59,003’tür. Ancak, ortak varyans değerleri dikkate alındığında bazı değişkenlerin ölçekten çıkarılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. İlk olarak, “binanın bitişik nizam olması” değişkeninin ortak varyans değerinin 0,351 olması gerekçesiyle ölçekten çıkarılması ve analizin tekrarlanmasına karar verilmiştir.

Yapılan ikinci analiz sonuçlarına göre, KMO değeri 0,733, Barlett Testi 899,132 ( $p < 0,05$ ) ve toplam varyans açıklama değeri %63,860’dır. Ancak ortak varyans değerlerine bakıldığında “binanın konumu” ifadesine ait ortak varyans değerinin 0,352 olduğu görülmüştür. Bu nedenle değişken ölçekten çıkarılarak, faktör analizi tekrarlanmıştır.

**Tablo 39: Yıkım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları**

| <u>Faktörler</u>                               | <u>Faktör Yükleri</u> | <u>Özdeğer</u><br><u>&gt;1</u> | <u>% Açıklanan</u><br><u>Varyans</u> | <u>Cronbach Alfa</u><br><u>Katsayısı</u> |
|--|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b><u>F1: Binanın Yapısal Özellikleri</u></b>  |                       |                                |                                      |  |
| • Bina statüğü                                 | 0,900                 | 2,662                          | 41,466                               | 0,873                                    |
| • Binanın yaşı                                 | 0,886                 |                                |                                      |  |
| • Bina beton basınç dayanımı                   | 0,868                 |                                |                                      |  |
| <b><u>F2: Binanın Fiziksel Özellikleri</u></b> |                       |                                |                                      |  |
| • Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )       | 0,847                 | 1,567                          | 29,017                               | 0,642                                    |
| • Kat sayısı                                   | 0,782                 |                                |                                      |  |
| • Binanın yapısı                               | 0,627                 |                                |                                      |  |

KMO: 0,720/ Barlett Testi: 808,68 (0,000 < 0,05)

Yapılan üçüncü faktör analizinde, KMO değeri 0,720, Barlett Testi 808,682 ( $p < 0,05$ ) ve toplam varyans açıklama değeri %70,483 olarak hesaplanmıştır. Değişkenlerin ortak varyans değerlerine bakıldığında bütün değerlerin 0,500'ün üzerinde olduğu ve ölçeğin son haliyle faktör analizine uygun olduğu görülmüş olup, analiz sonuçları Tablo 39'da verilmiştir.

Tablo 39'da görüldüğü üzere analiz sonucu iki faktör ortaya çıkmıştır. İlk faktör olan “binanın yapısal özellikleri” toplam varyansın %41,47'sini, ikinci faktör olan “binanın fiziksel özellikleri” faktörü ise %29,02'sini açıklamakta, her iki faktör ise kümülatif olarak toplam varyansın %70,48'ini açıklamaktadır. İnşaat mühendisleri ile yapılan yüzyüze görüşmelerde binanın bitişik nizam olmasının yıkımda etkili bir değişken olduğu belirtilmiş ancak, yapılan faktör analizinde bu değişkenin herhangi bir faktör altında yer almadığı görülmüştür.

#### **5.2.2.2.5. Yapım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Faktör Analizi**

Bir binanın yapım maliyetini etkileyen değişkenlerin yer aldığı anket ölçeğinin yapı geçerliliğini test etmek için faktör analizi ile KMO ve Barlett testleri yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen 0,789'luk KMO değeri ve 1014,578'lik ( $0,000 < 0,05$ ) Barlett Testi sonucu ölçeğin faktör analizi için elverişli olduğunu göstermiştir. Ters görüntü korelasyon matrisinin diyagonal değerlerinin 0,500'ün üzerinde olduğu görülmüş ve bu anlamda da istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, her bir değişken için ortak varyans değerleri incelendiğinde “konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.)” değişkeninin 0,268'lik ortak varyansa sahip olduğu gerekçesiyle ölçekten çıkarılarak analizin tekrarlanmasına karar verilmiştir.

Yapılan ikinci faktör analizinde, KMO değeri için 0,782, Barlett Testi için 936,968 ( $p < 0,05$ ) ve iki faktöre ayrılan ölçeğin toplam varyans açıklama değeri için %59,609 değerleri elde edilmiştir. Değişkenlerin ortak varyans değerlerine bakıldığında “binanın yapısı” değişkenine ait ortak varyans değerinin 0,445 olduğu görülmüş ve bu değişkenin ölçekten çıkarılarak faktör analizinin yeniden yapılmasına karar verilmiştir.

**Tablo 40: Yapım Maliyetini Etkileyen Değişkenlerin Güvenirlik ve Faktör Analizi Sonuçları**

| <u>Faktörler</u>                                    | <u>Faktör Yükleri</u> | <u>Özdeğer &gt;1</u> | <u>% Açıklanan Varyans</u> | <u>Cronbach Alfa Katsayısı</u> |
|---|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b><u>F1: Deprem Özellikleri</u></b>                |                       |                      |                            |                                |
| • Bina statüğü                                      | 0,816                 |                      |                            |                                |
| • Önem katsayısı                                    | 0,814                 | 3,004                | 36,640                     | 0,818                          |
| • Zemin tipi  | 0,779                 |                      |                            |                                |
| • Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı          | 0,760                 |                      |                            |                                |
| <b><u>F2: Binanın Fiziksel Özellikleri</u></b>      |                       |                      |                            |                                |
| • Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )            | 0,837                 | 1,410                | 26,421                     | 0,666                          |
| • Kat sayısı  | 0,746                 |                      |                            |                                |
| • Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.) | 0,707                 |                      |                            |                                |

KMO: 0,744/ Bartlett Testi: 800,26 (0,000 < 0,05)

Yapılan üçüncü faktör analizinde, KMO değeri 0,744, Barlett Testi 800,260 ( $p < 0,05$ ) ve toplam varyans açıklama değeri %63,061 olarak hesaplanmıştır. Değişkenlerin ortak varyans değerlerine bakıldığında bütün değişkenlere ait değerlerin 0,500'ün üzerinde olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan güvenilirlik analizinde binanın deprem özellikleri faktörünün yüksek derecede güvenilir, binanın fiziksel özellikleri faktörünün ise oldukça güvenilir olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları Tablo 40'ta verilmiştir.

Tablo 40'ta görüldüğü üzere birinci faktör olan “deprem özellikleri” faktörü toplam varyansın %36,64'ünü, ikinci faktör olan “binanın fiziksel özellikleri” faktörü ise %26,42'sini açıklamakta, her iki faktör birlikte toplam varyansın %63,06'sını açıklamaktadır. Faktörler incelendiğinde depreme dayanıklılık faktörünün ilk faktör olarak ortaya çıkması beklenen ve istenen bir sonuçtur. Diğer taraftan zemin tipinin, analizler öncesinde güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenlerden biri olması beklenmekte iken, sadece yapım maliyetini etkileyen faktörlerden “deprem özellikleri” faktörü altında yer aldığının tespit edilmesi tahmin edilmeyen bir sonuçtur.

### **5.2.2.3. Anket Verilerine Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları**

Faktör analizi sonucu elde edilmiş ve bina yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkilediği tespit edilen faktörlerin, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerindeki etkisinin görülebilmesi için çoklu doğrusal regresyon analizinin yapılması uygun görülmüştür. Faktör analizi sonucu güçlendirme maliyetini etkileyen faktörler “Güçlendirmenin Deprem Özellikleri”, “Güçlendirmenin Bina Yapısal Özellikleri” ve “Güçlendirmenin Bina Fiziksel Özellikleri” olarak; yıkım maliyetini etkileyen faktörler “Yıkımın Bina Yapısal Özellikleri” ve “Yıkımın Bina Fiziksel Özellikleri” olarak; yapım maliyetini etkileyen faktörler ise “Yapımın Deprem Özellikleri” ve “Yapımın Bina Fiziksel Özellikleri” olarak tespit edilmiştir.

Çoklu doğrusal regresyon analizinde, faktör analizi ile elde edilen bu faktörler bağımsız değişken, “güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı” ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin var olup olmadığı, öncelikle her bir inşaat faaliyetine ait faktörler için ayrı ayrı, daha sonra bütün faktörler bir arada olacak şekilde çoklu doğrusal regresyon analizi ile ölçülmüştür.

Regresyon analizine geçilmeden önce çoklu doğrusal regresyon modeli varsayımlarının karşılanmış olması gerekmektedir. Bu varsayımlar; normal dağılım söz konusudur, doğrusallık vardır, hata terimlerinin ortalaması sıfırdır, varyans sabittir, bağımsız değişkenler arasında otokorelasyon yoktur ve bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı sorunu yoktur şeklinde sıralanmaktadır (Küçüksille, 2010: 259). Bu varsayımlardan ilki olan verilerin normal dağılımı varsayımı Kolmogorov-Smirnov veya Shapiro-Wilk analizleri yapılarak test edilebilir. Normallik dağılımı için bir diğer analiz metodu ise verilerin çarpıklık ve basıklık değerlerine bakılmasıdır. Tabachnick ve Fidell'e göre (2013) bir veri setinde basıklık ve çarpıklık değerleri +1,5 ile -1,5 arasında olduğunda veri setinin normal dağıldığı varsayılırken, George ve Mallery'e göre (2010) bu değerlerin +2,0 ve -2,0 arasında olması, Eroğlu'na göre (2010: 209) ise +3,0 ve -3,0 arasında olması verilerin normal dağıldığını varsaymak için yeterlidir.

Diğer taraftan bir veri setinin yapı geçerliği faktör analizi ile test edilerek faktör skorları elde edildiğinde veriler doğrudan normal dağılıma dönüştürülmüş olur. Bu durumda faktör analizi skorları tam normal dağılımı sağladığından Kolmogorov-Smirnov veya Shapiro-Wilk analizlerinin yapılmasına ya da basıklık ve çarpıklık değerlerinin kontrol edilmesine gerek yoktur. Yine de anket formunda yer alan her bir değişkene ait basıklık ve çarpıklık değerleri Ek-13'te, çoklu doğrusal regresyon analizi sonucu elde edilen ve modelde kullanılan değişkenlere ait normallik dağılımı histogramları Ek-14'te, doğrusal modeller Ek-15'de ve saçılım grafikleri Ek-16'da verilmektedir.

Çoklu doğrusal regresyon analizi için bir diğer varsayım olan analizde değişen varyans sorunu olup olmadığı yine Glejser (1969) testi ile incelenmiş ve değişkenlerin tümünde t değerine ait anlamlılık seviyeleri 0,05'ten büyük olduğu için değişen varyans sorunu olmadığına karar verilmiştir. Benzer şekilde, analiz sonucunda yüksek tolerans değeri ve düşük VIF değeri görüldüğünden modelde çoklu bağlantı sorunu bulunmadığı görülmüştür.

Çoklu doğrusal regresyon modelinde değişkenlerin tek tek istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığına t testine bakılarak, modelin bütün olarak anlamlı olup olmadığına ise F testi sonuçlarına bakılarak karar verilir. Belirlilik katsayısı ( $R^2$ ), bağımlı değişkenin yüzde kaçının modelde kullanılan bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını gösterir



(Küçüksille, 2010: 259). Çoklu doğrusal regresyon analizinde 0 - 1 arasında yer alan  $R^2$  değerinin mümkün olduğunca 1'e yakın olması istenir. Bu değer 0,4 - 0,6 aralığında ise orta uyum iyiliği, 0,6' dan büyükse çok iyi uyum iyiliği mevcuttur (Biçkici, 2007: 42). İlerleyen başlıklarda verilen tablolarda öncelikle tek tek güçlendirme, yıkım ve yapım maliyetlerini etkileyen faktörlerin, ardından bütün faktörlerin güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile aralarındaki ilişkiye dair regresyon analizi sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 41'e göre  $R^2$  0,096 olarak hesaplanmış ve modelin bağımlı değişkendeki değişimin yalnız %9,60'ını açıkladığı görülmüştür. F değeri 13,500 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak bulunmuş ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Modelde çoklu bağlantı sorunu olup olmadığına tolerans değeri ve varyans enflasyon faktörüne (VIF) bakılarak karar verilir. Düşük tolerans ve yüksek VIF değeri, bağımsız değişkenler arasında çoklu bağlantı olduğunu gösterir (Küçüksille, 2010: 268; Akgül ve Çevik, 2003: 341). Tolerans değerinin 0,1 veya 0,2'nin üzerinde olması, varyans enflasyon faktörünün ise 10 ve altında olması istenir. Modelde yüksek tolerans değeri ve düşük VIF değeri olduğu görülmekte olup, çoklu bağlantı sorunu bulunmamaktadır.

Modele dahil edilen her bir değişkenin ayrı ayrı anlamlı olup olmadığına t istatistik değerlerine bakılarak karar verilmiştir. Tablo 41'e göre 0,05 önemlilik seviyesinde "güçlendirmeye ait bina yapısal özellikleri" faktörünün "güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı" üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu görülürken, "güçlendirmeye ait deprem özellikleri" ve "güçlendirmeye ait bina fiziksel özellikleri" bağımsız değişkenlerinin her ikisinin modelde anlamlı bulunmadığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlardan hareketle "H<sub>13</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin bina yapısal özellikleri arasında bir ilişki vardır" hipotezi kabul edilirken, "H<sub>12</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin deprem özellikleri arasında bir ilişki vardır" ve "H<sub>14</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır" hipotezleri reddedilmiştir.

**Tablo 41: Güçlendirme/Yıkım Yapım Maliyet Oranı ve Bina Güçlendirme Maliyetini Etkileyen Faktörlere Ait Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler                                 | Pearson Korelasyon |           |          |                   | Collinearity İstatistiği |                   |          |       |
|---|--------------------|-----------|----------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------|-------|
|   | Katsayı            | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Oran                     | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF   |
| Sabit                                       | 40,326             | 0,461     | 87,439   | 0,000             |                          |                   |          |       |
| Güçlendirmeye Ait Deprem Özellikleri        | -0,892             | 0,462     | -1,933   | 0,054             | -0,094                   | 0,033             | 1,000    | 1,000 |
| Güçlendirmeye Ait Bina Yapısal Özellikleri  | 2,796              | 0,462     | 6,054    | <b>0,000</b>      | 0,295                    | 0,000             | 1,000    | 1,000 |
| Güçlendirmeye Ait Bina Fiziksel Özellikleri | -0,153             | 0,462     | -0,330   | 0,741             | -0,016                   | 0,376             | 1,000    | 1,000 |
| $R^2 = 0,096 / F = 13,500 (0,000 < 0,05)$   |                    |           |          |                   |                          |                   |          |       |

**Tablo 42: Güçlendirme/Yıkım Yapım Maliyet Oranı ve Bina Yıkım Maliyetini Etkileyen Faktörlere Ait Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler                              | Pearson Korelasyon |           |          |                   | Collinearity İstatistiği |                   |          |       |
|--|--------------------|-----------|----------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------|-------|
|  | Katsayı            | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Oran                     | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF   |
| Sabit                                    | 40,326             | 0,484     | 83,258   | 0,000             |                          |                   |          |       |
| Yıkıma Ait Bina Yapısal Özellikleri      | -0,061             | 0,485     | -0,125   | 0,900             | -0,006                   | 0,450             | 1,000    | 1,000 |
| Yıkıma Ait Bina Fiziksel Özellikleri     | -0,184             | 0,485     | -0,379   | 0,705             | -0,019                   | 0,352             | 1,000    | 1,000 |
| $R^2 = 0,000 / F = 0,079 (0,924 > 0,05)$ |                    |           |          |                   |                          |                   |          |       |

Tablo 42’de yıkım maliyetini etkileyen faktörler ve güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasındaki çoklu doğrusal regresyon analizinde  $R^2$  0,000 olarak bulunmuş ve modelin bağımlı değişkendeki değişimi açıklamadığı sonucuna varılmıştır. F değeri 0,079 ( $0,924 > 0,05$ ) olarak bulunmuş ve modelin bir bütün olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Modelde çoklu bağlantı sorunu olup olmadığını test etmek için tolerans değeri ve VIF değerlerine bakıldığında çoklu bağlantı sorunu bulunmadığı sonucuna varılmıştır. T istatistik değerlerine bakıldığında 0,05 önemlilik seviyesinde “yıkıma ait bina yapısal özellikleri” ve “yıkıma ait bina fiziksel özellikleri” bağımsız değişkenlerinin her ikisinin de modelde anlamlı bulunmadığı, dolayısıyla “ $H_{15}$ : Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yıkımın bina yapısal özellikleri arasında bir ilişki vardır” ve “ $H_{16}$ : Güçlendirme/yıkımyapım maliyet oranı ile yıkımın bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezleri reddedilmiştir.

Tablo 43’te görülebileceği gibi  $R^2$  değeri 0,023 olup, model bağımlı değişkendeki değişimin yalnız %2,30’unu açıklamaktadır. F değeri 4,413 ( $0,013 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Modelde yüksek tolerans değeri ve düşük VIF değeri hesaplandığından, çoklu bağlantı sorunu bulunmadığına karar verilmiştir. Tablo 43’teki t istatistik değerlerine göre 0,05 önemlilik seviyesinde “yapıma ait deprem özellikleri” değişkeni ile güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasındaki ilişki anlamlı bulunurken, “yapıma ait bina fiziksel özellikleri” değişkeninin anlamlılık düzeyi  $0,783 > 0,05$  olduğu için bu faktörün güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre “ $H_{17}$ : Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yapımın deprem özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezi kabul edilmiş, “ $H_{18}$ : Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yapımın bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezi ise reddedilmiştir.

Son olarak Tablo 44’te daha önce güçlendirme, yıkım ve yapım faaliyetleri için ayrı ayrı yapılan analizler tek bir analiz altında toplanmış ve önceki bölümlerde faktör analizi ile elde edilmiş bütün faktörler çoklu regresyon analizine tabi tutularak faktörlerin tümünün güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile olan ilişkisi ölçülmüştür. Analiz sonucunda  $R^2$  değeri 0,124 olarak hesaplanmış ve modelin bağımlı değişkendeki değişimin yalnız %12,40’ını açıkladığı tespit edilmiştir. F değeri ise 7,601 ( $0,000 < 0,05$ ) olarak hesaplanmış ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Tablo 43: Güçlendirme/Yıkım Yapım Maliyet Oranı ve Bina Yapım Maliyetini Etkileyen Faktörlere Ait Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler                              | Pearson Korelasyon İstatistiği |           |          |                   | Collinearity İstatistiği |                   |          |       |
|--|--------------------------------|-----------|----------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------|-------|
|  | Katsayı                        | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Oran                     | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF   |
| Sabit                                    | 40,326                         | 0,479     | 84,197   | 0,000             |                          |                   |          |       |
| Yapıma Ait Deprem Özellikleri            | -1,316                         | 0,480     | -2,745   | <b>0,006</b>      | -0,139                   | 0,003             | 1,000    | 1,000 |
| Yapıma Ait Bina Fiziksel Özellikleri     | 0,545                          | 0,480     | 1,136    | 0,257             | 0,057                    | 0,130             | 1,000    | 1,000 |
| $R^2 = 0,023 / F = 4,413 (0,013 < 0,05)$ |                                |           |          |                   |                          |                   |          |       |

**Tablo 44: Bütün Faktörler ve Maliyet Oranı Arasındaki Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları**

| Değişkenler                                 | Pearson Korelasyon İstatistiği |           |          |                   | Collinearity İstatistiği |                   |          |       |
|---|--------------------------------|-----------|----------|-------------------|--------------------------|-------------------|----------|-------|
|   | Katsayı                        | Std. Hata | T Değeri | Anlamlılık Düzeyi | Oran                     | Anlamlılık Düzeyi | Tolerans | VIF   |
| Sabit                                       | 40,326                         | 0,456     | 88,337   | 0,000             |                          |                   |          |       |
| Güçlendirmeye Ait Deprem Özellikleri        | -0,058                         | 0,545     | -0,107   | 0,915             | -0,094                   | 0,033             | 0,702    | 1,424 |
| Güçlendirmeye Ait Bina Yapısal Özellikleri  | 3,124                          | 0,486     | 6,430    | <b>0,000</b>      | 0,295                    | 0,000             | 0,885    | 1,130 |
| Güçlendirmeye Ait Bina Fiziksel Özellikleri | 0,008                          | 0,543     | 0,014    | 0,989             | -0,016                   | 0,376             | 0,709    | 1,411 |
| Yıkıma Ait Bina Yapısal Özellikleri         | -0,404                         | 0,500     | -0,807   | 0,420             | -0,006                   | 0,450             | 0,834    | 1,199 |
| Yıkıma Ait Bina Fiziksel Özellikleri        | -0,550                         | 0,569     | -0,967   | 0,334             | -0,019                   | 0,352             | 0,645    | 1,549 |
| Yapıma Ait Deprem Özellikleri               | -1,507                         | 0,555     | -2,716   | <b>0,007</b>      | -0,139                   | 0,003             | 0,679    | 1,473 |
| Yapıma Ait Bina Fiziksel Özellikleri        | 0,409                          | 0,580     | 0,706    | 0,481             | 0,057                    | 0,130             | 0,622    | 1,609 |
| $R^2 = 0,124 / F = 7,601 (0,000 < 0,05)$    |                                |           |          |                   |                          |                   |          |       |

T istatistik değerlerine bakıldığında, 0,05 önemlilik seviyesinde sadece “güçlendirmeye ait bina yapısal özellikleri” ve “yapıma ait deprem özellikleri” değişkenlerinin modelde anlamlı bulunduğu görülmüştür. Her maliyet türü için ayrı ayrı yapılan çoklu doğrusal regresyon analizlerinden elde edilen sonuçlarla örtüşecek şekilde, Tablo 44’e göre sonuç olarak; “H<sub>13</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin bina yapısal özellikleri arasında bir ilişki vardır” ve “H<sub>17</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yapımın deprem özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezleri kabul edilmiş; “H<sub>12</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin deprem özellikleri arasında bir ilişki vardır”, “H<sub>14</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile güçlendirmenin bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır”, “H<sub>15</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yıkımın bina yapısal özellikleri arasında bir ilişki vardır”, “H<sub>16</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yıkımın bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır” ve “H<sub>18</sub>: Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ile yapımın bina fiziksel özellikleri arasında bir ilişki vardır” hipotezleri reddedilmiştir.

### **5.2.3. Proje ve Anket Verileri Bulgularının Karşılaştırılması**

Araştırmanın beşinci bölümünde gerçek projelerden ve anketlerden elde edilen veriler çeşitli analiz metotları ile değerlendirilmiş ve bulgular bir önceki bölümde yer alan çeşitli başlıklarda tablolar halinde verilerek yorumlanmıştır. Ancak araştırmada iki ayrı veri seti kullanılmasının en önemli amaçlarından biri, elde edilen bulguların karşılaştırılması ve uygulamadaki durum ile uygulayıcıların gözünden olması gereken veya beklenen durumun karşılaştırmalı olarak yorumlanmasıdır. Her iki veri setine ait bulguların karşılaştırılması ayrıca uygulamadaki eksikliklerin görülmesi ve olması gereken duruma yönelik önerilerde bulunulabilmesi açısından bu araştırmanın en önemli kısımlarından biri olarak görülmektedir.

Tablo 45’te güçlendirme maliyetlerinin her iki veri setine göre karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Anket verilerinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, idari ve yasal izin maliyetlerinin toplam maliyet içerisinde %35,91 gibi büyük bir paya sahip olması, uygulamada güçlendirmeyapılmasının tercih edilmesinde olumsuz bir etken olarak görülmektedir. Bu maliyetler, belediyelere verilen harçlar ve proje bedellerinden oluşmaktadır.

**Tablo 45: Güçlendirme Maliyet Kalemlerinin Karşılaştırılması**

| <b>Bütün Kalemlere Ait Bulgular</b>                        |               |  |                         |
|--|---------------|--|-------------------------|
| <b>Anket Verileri</b>                                      |               | <b>Tamamlanmış Proje Verileri</b>        |                         |
| <b>Güçlendirme Maliyeti</b>                                | <b>Ort. %</b> | <b>Güçlendirme Maliyeti</b>              | <b>Ağırlıklı % Ort.</b> |
| Yapısal güçlendirme maliyeti                               | 25,19         | Yapısal güçlendirme maliyeti             | 55,15                   |
| Mimari güçlendirme maliyeti                                | 20,26         | Mimari güçlendirme maliyeti              | 23,54                   |
| Elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti                   | 18,64         | Elektrik güçlendirme maliyeti            | 10,94                   |
| -  | -             | Mekanik güçlendirme maliyeti             | 9,92                    |
| İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.) | 18,06         | -  | -                       |
| Yasal izin maliyetleri                                     | 17,85         | -  | -                       |
| -  | -             | Nakliye güçlendirme maliyeti             | 0,44                    |
| <b>Toplam</b>  | <b>100</b>    |  | <b>100</b>              |
| <b>Karşılaştırılabilir Bulgular</b>                        |               |  |                         |
| Yapısal güçlendirme maliyeti                               | 39,30         | Yapısal güçlendirme maliyeti             | 55,39                   |
| Mimari güçlendirme maliyeti                                | 31,61         | Mimari güçlendirme maliyeti              | 23,64                   |
| Elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti                   | 29,09         | Elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti | 20,97                   |
| <b>Toplam</b>  | <b>100</b>    |  | <b>100</b>              |

İlk olarak Tablo 45'te karşılaştırılabilirliği arttırmak için her iki veri setindeki güçlendirme maliyetini oluşturan aynı maliyet kalemleri açısından bir değerlendirme yapılmış ve karşılaştırılabilir bulgular sunulmuştur. Buna göre anket verilerindeki yapısal güçlendirme maliyeti %39,30 iken, tamamlanmış verilerde bu kalemin karşılığı %55,39 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde anket verilerinde mimari güçlendirme maliyeti % 31,61 olarak hesaplanmış, tamamlanmış verilerde ise bu kalemin %23,64 olduğu görülmüştür. Aynı şekilde elektrik ve mekanik güçlendirme maliyetleri toplamı anket verileri için %29,09, tamamlanmış proje verileri için ise %20,97 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere anket verilerindeki idari ve yasal izin maliyetleri ve tamamlanmış projelerdeki nakliye maliyeti hesaba katılmadığında, anket verilerinde üç maliyet kalemi hemen hemen birbirine yakın ağırlıklara sahip iken, tamamlanmış projelerde mimari ve elektrik/mechanik güçlendirme maliyetinin %20'lerde seyrettiği, yapısal güçlendirme maliyetinin ise %55,39'luk ağırlıkla en önemli güçlendirme maliyeti kalemi olduğu görülmektedir.

İkinci olarak, bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararına bu faaliyetlere ilişkin maliyetler açısından bakılmış ve TC. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın tavsiye ettiği %40'lık güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının geçerliliği sorgulanmıştır. Anketlerden elde edilen verilerde katılımcılar bu oranın ortalama %40,33 olması halinde binayı güçlendirmek yerine yıkıp yeniden yapmayı tercih edeceklerini ifade etmişlerdir. Gerçek projelerden elde edilen verilerde ise bu oran, güçlendirilen 367 bina için %23, yıkıp yeniden yapılan 77 bina için %43 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu araştırmada, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın tavsiye ettiği %40'lık oranın araştırmaya katılan inşaat mühendislerine ve uygulamaya göre isabetli bir oran olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırma sırasında yapılan bütün görüşme ve incelemelerde, uygulamada güçlendirme/yıkım-yapım kararın verilmesi aşamasında güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı kullanılmakla birlikte, bu oranın tek belirleyici unsur olmadığı, oran %40'ın altında olsa bile binanın yıkılıp yeniden yapılması veya %40'ın üzerinde olsa bile güçlendirilmesi yönünde karar verilebildiği görülmüştür. Proje verilerine ait tanımlayıcı istatistiklere göre, %40'ın altında maliyet oranına sahip toplamda 362 projeden 15'inin yıkılıp yeniden yapılırken, %40 ve üzeri maliyet oranına sahip 82 projeden 62'sinin yıkılarak yeniden yapılması yönünde karar verildiği görülmüştür.

Sonuç olarak bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının yanı sıra diğer faktörlerin de etkili olduğu çıkarımı yapılmıştır. Araştırmada bir binanın yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini, dolayısıyla hem güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını hem de güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyebilecek değişkenler: “deprem sınıfı”, “kat sayısı”, “korozyon durumu”, “zemin sınıfı”, “beton basınç dayanımı”, “bina yaşı” ve “binanın toplam alanı” olarak belirlenmiştir. Araştırmada üçüncü olarak hem proje hem de anket verilerinin regresyon analizine tabii tutulması ile, bu değişkenlerin yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetleri, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ve güçlendirme/yıkım-yapım kararı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olup olmadıkları incelenmiştir.

Tablo 46: Proje ve Anket Verilerine Ait Regresyon Analizi Sonuçları ve Karşılaştırmalar

| <u>Proje Verileri</u>                  | <u>Güçlendirme Maliyeti</u> | <u>Yıkım Maliyeti</u> | <u>Yeniden Yapım Maliyeti</u> | <u>Güçlendirme/Yıkım-Yapım Kararı</u> | <u>Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı</u> | <u>Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı</u> | <u>Anket Verileri</u>                       |
|--|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|--|---|
| Deprem Sınıfı                          | (+)                         | (+)                   | ?                             | (+)                                   | (+)  | ?  | Güçlendirmeye Ait Deprem Özellikleri        |
| Kat sayısı                             | (+)                         | ?                     | ?                             | ?                                     | ?  | (+)  | Güçlendirmeye Ait Bina Yapısal Özellikleri  |
| Korozyon Durumu                        | (-)                         | (+)                   | ?                             | (-)                                   | (-)  | ?  | Güçlendirmeye Ait Bina Fiziksel Özellikleri |
| Mevcut Donatı Tipi                     | ?                           | (+)                   | (+)                           | ?                                     | ?  | ?  | Yıkıma Ait Bina Yapısal Özellikleri         |
| Zemin Sınıfı                           | (+)                         | ?                     | (+)                           | ?                                     | (+)  | ?  | Yıkıma Ait Bina Fiziksel Özellikleri        |
| Beton Basınç Dayanımı (MPa)            | (-)                         | ?                     | (-)                           | (-)                                   | (-)  | (-)  | Yapıma Ait Deprem Özellikleri               |
| Bina Yaşı                              | ?                           | ?                     | ?                             | ?                                     | ?  | ?  | Yapıma Ait Bina Fiziksel Özellikleri        |
| Binanın Toplam Alanı (m <sup>2</sup> ) | (+)                         | (+)                   | (+)                           | ?                                     | (-)  |  |   |
| Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı  |                             |                       |                               | (-)                                   |  |  |   |



Araştırma bulgularından anlaşıldığı üzere araştırmada güçlendirme, yıkım ve yapım maliyetlerini etkileyen değişkenler hemen hemen aynı olmasına rağmen, her bir inşaat faaliyeti için bunların önem dereceleri ve ağırlıkları birbirinden farklıdır. Bu sonuç temelde her üç inşaat faaliyetinin nitelik açısından birbirinden farklı olmasından kaynaklanmakta olup, maliyetlerin en doğru şekilde tahmin edilebilmesi için değişkenlerin her bir inşaat faaliyeti ile olan ilişkisi ayrı ayrı ve ayrıntılı bir şekilde analiz edilmelidir. Değişkenlere ait bulguların karşılaştırılabilmesi için her iki veri seti kullanılarak yapılan regresyon analizi sonuçları Tablo 46’da sunulmuştur.

Tablo 46 birlikte dikkate alındığında, “deprem sınıfı” değişkeni açısından her iki veri setine ait bulgular karşılaştırılmış ve proje verilerinde deprem sınıfı değişkeninin, güçlendirme maliyeti, yıkım maliyeti, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ve güçlendirme/yıkım-yapım kararı üzerinde istatistiksel olarak pozitif yönlü anlamlı bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Anket verilerinin regresyon analizleri sonucunda ise deprem sınıfının, “yapıma ait deprem özellikleri” faktörü altında yer aldığı ve güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkilediği görülmüştür. Bir binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı arttıkça, yani deprem riskinin düşük olduğu 5. derece deprem bölgesinden, deprem riskinin yüksek olduğu 1. derece deprem bölgesine doğru gidildikçe, binanın depreme dayanıklılığı açısından daha çok maliyete katlanılması beklenir.

“Deprem sınıfı” değişkeni açısından literatüre bakıldığında, Özkan ve Muratoğlu (2005; 648) 1. derece deprem bölgesinde bulunan bir binanın taşıyıcı sisteminin daha güçlü olması gerektiği ve bu nedenle taşıyıcı sistem maliyetlerinde %16’lık bir artışın binanın toplam maliyetini %5-7 arttıracakını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Dorum ve diğerleri (2006) deprem bölgesi açısından 1. ve 4. bölge arasında %14 seviyelerinde maliyet farklılığı olduğu tespit etmişlerdir. Jafarzadeh ve diğerleri (2013) de deprem sınıfının inşaat maliyetlerini etkilediğini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak araştırmada elde edilen bulguların, literatürle (Özkan ve Muratoğlu, 2005; Dorum ve diğerleri, 2006; Jafarzadeh ve diğerleri, 2013) uyumlu olduğu görülmüştür.

“Kat sayısı” değişkeni açısından bulgular karşılaştırıldığında, kat sayısının proje verilerinde sadece güçlendirme maliyetleri üzerinde pozitif yönlü bir ilişkisi olduğu; yıkım ve yeniden yapım maliyeti, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ve güçlendirme/yıkım-

yapım kararı üzerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür. Kat sayısı arttıkça güçlendirme maliyetinin artması beklenen bir sonuçtur. Diğer taraftan kat sayısının yıkım ve yeniden yapım maliyetini de arttırması beklenir ancak analizlerde bu yönde bir bulguya rastlanmamıştır. Anket verilerinde ise kat sayısının, “güçlendirmeye ait bina yapısal özellikleri” ve “yapıma ait deprem özellikleri” faktörlerine ait değişkenlerden biri olmadığı, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak “kat sayısı” değişkeni açısından proje verileri ve anket verileri analizleri sonuçlarının aynı yönde olduğu görülmektedir. Araştırmada kat sayısı, bina yüksekliği olarak ele alınmıştır. Bu açıdan literatüre bakıldığında, Çıracı ve diğerlerinin (1996) bina yüksekliğini, bina yapım maliyetlerini etkileyen faktörlerden biri olarak tespit ettikleri görülmüş ve bu sonucun bu araştırmada elde edilen sonuçla uyumlu olmadığı görülmüştür.

Binanın “korozyon durumu” bağımsız değişkeni gerçek projelerde yeniden yapım maliyeti hariç diğer tüm bağımlı değişkenleri etkilemektedir. Yeniden yapımda korozyon söz konusu olmadığı için bu beklenen bir sonuçtur. Korozyon durumu yıkım maliyetini pozitif yönde etkilerken, güçlendirme maliyetini yıkım maliyetine nazaran daha güçlü bir şekilde ancak negatif yönde etkilemekte, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını da negatif yönlü etkilemektedir. Güçlendirme/yıkım-yapım kararına bakıldığında ise “korozyon durumu” değişkeninin bu karar üzerinde diğer bütün değişkenlerden çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Binada korozyon olduğunda karar verici kişi veya mercii, nihai kararını güçlendirmeden yıkıp yeniden yapmaya doğru değiştirmektedir. Bu beklenen ve daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi mantıklı bir sonuçtur. Diğer taraftan anket verilerine ait regresyon analizinde korozyon durumunun, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerinde etkili olmadığı görülmektedir. Ancak katılımcıların binayı yıkıp yeniden yapma nedenlerini önem derecelerine göre sıralamaları istendiğinde, verilen ölçekte binanın ağır hasarlı olması ve beton basınç dayanımının çok düşük çıkmasından sonraki en önemli nedenin korozyon ve yetersiz donatı tespiti olarak ifade edilmesi, anketlerden elde edilen sonuçların gerçek durumu yansıttığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu durumda “korozyon durumu” değişkeni açısından her iki veri seti sonuçlarının örtüştüğü düşünülmektedir. Korozyonun inşaat maliyetleri üzerindeki etkisi ile ilgili literatürde

herhangi bir çalışmaya rastlanmamış, dolayısıyla bu değişkene ait bulgular literatürle karşılaştırılamamıştır.

Bir diğer değişken olan “mevcut donatı tipi” açısından her iki veri setine ait bulgular karşılaştırıldığında, proje verilerinde bu değişkenin yıkım ve yeniden yapım maliyetlerini pozitif yönde etkilediği, ancak güçlendirme maliyeti, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ve güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkilemediği; anket verilerinde ise güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen hiç bir faktör altında yer almadığı görülmüştür. Bu durumda, her iki veri seti analizi sonuçlarının “mevcut donatı tipi” değişkeni açısından paralellik gösterdiği söylenebilir. Literatürde Severcan ve diğerleri (2007) tarafından yapılan çalışmada mevcut donatı tipi (donatı çeliği sınıfı) kısmen geçmekle birlikte maliyetler üzerindeki etkisine dair bir bilgi verilmediğinden, bu değişkene ait analiz sonuçları literatürle karşılaştırılamamıştır.

“Zemin sınıfı” değişkeni açısından araştırma bulguları karşılaştırıldığında, zemin sınıfının proje verilerinde güçlendirme maliyeti, yeniden yapım maliyeti ve güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını pozitif yönlü etkilediği görülmüştür. Zemin sınıfı arttıkça zeminin dayanıklılığı azalacağından güçlendirme ve yeniden yapım maliyetlerinde artış olması beklenen ve mantıklı bir sonuçtur. Anket verilerinin analizi sonucu elde edilen bulgular incelendiğinde ise zemin sınıfının “yapıma ait deprem özellikleri” faktörünü oluşturan değişkenlerden biri olduğu ve bu faktörün güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını negatif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Normal şartlarda zemin sınıfının, proje verilerinde olduğu gibi güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını pozitif yönde etkilemesi beklenir. Anket verilerine bulguların, zemin sınıfı değişkeni açısından proje verilerinden elde edilen bulgularla örtüşmediği görülmüştür.

Araştırma sonucu “zemin sınıfı” değişkenine ait bulgular literatürle karşılaştırıldığında Çıracı ve diğerleri (1996), zemin sınıfının bina yapım maliyetlerini etkileyen faktörlerden biri olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Gündüz ve Arman (2005: 1238) yaptıkları çalışmada, 17 Ağustos 1999 depremi sonrası Adapazı şehir merkezinde hasar gören binaları zemin tipi açısından değerlendirmiş ve 798 binanın zeminden kaynaklanan nedenlerle eğilme, devrilme ve batma sonucu hasara uğradığını tespit etmişlerdir. Hassas zeminde yapılması planlanan binaların zemin tipine uygun

şekilde tasarlanması ve inşa edilmesi, dolayısıyla zemin tipinin ekstra maliyete yol açması beklenen bir sonuçtur.

Bir diğer çalışmada Dorum ve diğerleri (2006), Z1 ve Z4 zemin sınıfı arasında kaba inşaat maliyetlerinin %22 oranında değiştiğini tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Dikmen ve Özek (2011) yaptıkları çalışma sonucunda, bir binanın tüm taşıyıcı sistemi açısından maliyetlerin: Z2 zemin sınıfında Z1 zemin sınıfına nazaran %14, Z3 zemin sınıfında Z1 zemin sınıfına nazaran %20 ve Z4 zemin sınıfında Z1 zemin sınıfına nazaran %49'luk artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada Jafarzadeh ve diğerleri (2013) zemin sınıfının inşaat maliyetlerini etkilediğini belirlemiştir.

Bu çalışmada proje verilerine ait bulgularda, zemin tipi arttıkça yani Z1 zemin tipinden Z4 zemin tipine doğru gidildikçe binanın güçlendirme ve yeniden yapım maliyetlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Z1 zemin tipinde bina daha dayanıklı bir zeminde yer almakta iken, Z4 zemin tipi kumlu, balçık ve sulu olduğundan, olası bir depremde binanın yıkılma ya da zarar görme olasılığı Gündüz ve Arman (2005) tarafından yapılan çalışmada da ifade edildiği gibi daha fazladır. Dolayısıyla dayanıksız zemindeki bir bina için güçlendirme ve yeniden yapım maliyetinin daha yüksek olması mantıklı ve tahmin edilen bir bulgudur. Sonuç olarak, “zemin sınıfı değişkeni” açısından proje verileri ile ilgili araştırma bulgularının literatürle (Çıracı ve diğerleri, 1996; Gündüz ve Arman, 2005; Dorum ve diğerleri 2006; Dikmen ve Özek, 2011; Jafarzadeh ve diğerleri, 2013) uyumlu olduğu görülmektedir.

“Beton basınç dayanımı” değişkeni açısından analiz sonuçları incelendiğinde, bu değişkenin proje verilerinde: güçlendirme maliyeti, yapım maliyeti, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ve güçlendirme/yıkım yapım kararını negatif yönde anlamlı bir şekilde etkilediği görülmüştür. Bir binanın beton basınç dayanımı arttıkça, güçlendirme maliyetinin azalması, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının da azalması beklenen bir sonuç olup, mantıkla örtüşmektedir. Anket verilerine ait regresyon analizi sonuçlarına bakıldığında ise güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen hiç bir faktörün beton basınç dayanımı değişkenini içermediği, dolayısıyla bu değişkenin güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak proje verilerine ait bulgularla, anket verilerine ait bulguların “beton basınç dayanımı” değişkeni açısından paralellik göstermediği görülmüştür. Beton basınç dayanımı (MPa) literatürde bir kaç çalışmada (Severcan ve diğerleri, 2007; Wang ve diğerleri, 2012; Sayar ve diğerleri, 2013) geçmekle birlikte bu çalışmalarda değişkenin maliyetlerle ilişkisine dair herhangi bir bilgiye rastlanmamış, dolayısıyla araştırma bulguları literatürle karşılaştırılamamıştır.

“Bina yaşı” değişkeni için proje verilerine ait regresyon analizi sonuçlarına bakıldığında bu değişkenin güçlendirme, yıkım ve yeniden yapım maliyetleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı ve güçlendirme/yıkım-yapım kararını da etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Anket verileriyle ilgili analiz sonuçlarına bakıldığında, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen “güçlendirmeye ait bina yapısal özellikleri” faktöründe “bina yaşı” değişkeninin yer aldığı, dolayısıyla anket verileri açısından bu değişkenin güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını üzerinde pozitif yönlü anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür. Bina yaşı arttıkça güçlendirme maliyetinin, dolayısıyla güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının artması beklenen ve mantıklı bir sonuçtur. Araştırma sonucunda “bina yaşı” değişkeni açısından, proje verileri ile anket verileri analizi sonuçlarının aynı yönde olmadığı görülmüştür.

Bina yaşı açısından sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında, Minami (2003) Japonya’daki postane binalarının yaşam döngüsü maliyetini incelediği çalışmasında binaların ekonomik ömürlerinin 40 yılı aştıktan sonra onarım ve iyileştirme maliyetlerinde artış eğilimi olduğunu tespit etmiştir (Minami, 2003: 386). Benzer şekilde Sayar ve diğerleri (2013: 7) 294 okul binası ve idari binanın yapı özellikleri ve güçlendirme maliyeti arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmaları sonucunda yeni binaların eski binalara nazaran daha az güçlendirme maliyeti gerektirdiğini bulgulamışlardır. Araştırma sonucu elde edilen bulgular, proje verileri açısından literatürle uyumlu bulunmazken, anket verileri açısından Minami, (2003) ve Sayar ve diğerleri (2013) tarafından yapılan çalışmalarla uyumlu bulunmuştur. Diğer taraftan, Jafarzadeh ve diğerleri (2013) İran’da bulunan 158 okul binasının güçlendirme maliyeti üzerinde bina yaşının etkili olmadığını tespit etmişlerdir. Buna göre, proje verileri açısından elde edilen bulguların, Jafarzadeh ve diğerleri (2013) tarafından yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgularla uyumlu olduğu görülmüştür.

Bir diğ er değ iş ken olan “binanın toplam alanı (m<sup>2</sup>)” değ iş kenini ile proje verilerindeki büt ün maliyetler arasında pozitif yönlü güçlü bir iliş ki olduğu tespit edilmiş tir. Ancak binanın toplam alanı ile güç lendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasında negatif yönlü bir iliş ki olduğu görülmüş tür. Bu iliş kinin zayıf ve negatif yönlü olması, binanın toplam alanının güç lendirme maliyeti ve yıkım maliyetini hemen hemen aynı düzeyde etkilemekte iken, güç lendirme/yıkım-yapım maliyet oranının paydasında bulunan yeniden yapım maliyetini daha fazla etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, güç lendirme/yıkım-yapım maliyet oranını zayıf ř ekilde etkileyen bina toplam alanının, güç lendirme/yıkım-yapım nihai kararını etkilememesi anlaşılabilir bir sonuçtur. Anket verilerine ait analiz sonuçlarına bakıldığında ise bina toplam alanının güç lendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkilemediğ i bulgusuna ulaş ılmış tir. Sonuç olarak, proje verilerine ait bulgularla anket verilerine ait bulgular örtüş memektedir. Binanın toplam alanı (m<sup>2</sup>) değ iş kenini açısından literatür incelendiğ inde, binanın brüt kat alanının (Çıracı ve diğ erleri, 1996; Emsley ve diğ erleri, 2002; Lowe ve diğ erleri, 2006) ve bina toplam alanının (Sönmez, 2008; Jafarzadeh ve diğ erleri, 2013) inş aat maliyetlerini etkilediğ i belirlenmiş tir. Araş tırma sonucunda proje verilerinden elde edilen bulguların literatürle uyumlu olduğu, anket verilerinden elde edilen bulguların ise literatürle uyumlu olmadığı görülmüş tür.

Tablo 46’da görüldüğ ü gibi, proje verilerinde güç lendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen değ iş kenler regresyon analizi ile tespit edilirken, anket ölçeğ inde bu kararı etkileyen faktörler ayrı ayrı iki ölçek ile önem derecelerine göre sıralanarak belirlenmiş tir. Projelerde, güç lendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen değ iş kenler: korozyon durumu, güç lendirme/yıkım-yapım maliyet oranı, beton basınç dayanımı (Mpa) ve deprem sınıfı olarak tespit edilmiş tir. Anketlerde ise yıkıp yeniden yapma nedenlerinden en önemlileri; binanın ağır hasarlı olması, düşük beton basınç dayanımı, korozyon ve yetersiz donatı olarak sıralanmış tir. Analiz sonuçlarında görüldüğ ü gibi güç lendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde, güç lendirme/yıkım-yapım maliyet oranı orta derecede bir öneme sahiptir. Diğ er taraftan proje verileri sonuçlarına paralel olarak anket analizi sonuçlarında da korozyon, deprem özellikleri, vb. gibi değ iş kenlerin güç lendirme/yıkım-yapım kararı açısından önemli olduğu sonucuna varılmış tir. Araş tırmada gerçek projelerden ve anketlerden elde edilen verilere ait analiz sonuçlarının çoğ unlukla örtüş tüğ ü ve anket verilerinden elde edilen bulguların, proje verilerinin analizi sonucu ulaş ılan bulguları doğrulayıcı nitelikte olduğu görülmüş tür.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda inşaat sektöründe ve özellikle konut veya yerleşim alanları projelerinde enerji tasarruflu, çevre dostu yapılanma ve ekolojik açıdan uyumlu binalar inşa etme trendi hızla artmıştır. Daha sağlıklı, konforlu ve dayanıklı yaşam alanlarına duyulan ihtiyaç ve bu alanda artan talepler doğrultusunda, kentsel dönüşüm ve bina yenileme faaliyetlerinde çok hızlı bir artış gözlemlenmektedir. Türkiye’de son on yılda Başbakanlık TOKİ’nin (Toplu Konut İdaresi) çeşitli bölgelerde kentsel dönüşüm faaliyetleri başlatması ve bu konuda bir yasa oluşturulması, sektörde yaşanan dünya genelindeki hızlı artışa bir örnektir. Ayrıca, pek çok ülkede faaliyet gösteren Çevre Koruma Ajansı (EPA-Environmental Protection Agency) gibi kurumlar da, bina yapımı ve yıkımı aşamalarında rehberlikte bulunmaktadır. İnşaat alanındaki hızlı gelişmeler ve inşaat sektörünün pek çok ülkede ekonomik açıdan lokomotif niteliği taşıması, bu alanda yapılacak yeni çalışmalara duyulan gereksinimi arttırmıştır.

Diğer taraftan, Türkiye’nin geçen yüzyılın sonunda yaşadığı en büyük felaketlerden biri olan Kocaeli ve Düzce depremleri ve son yıllarda yaşanan Van depremi, ülkenin hem ekonomik hem de sosyal açıdan ağır kayıplara uğramasına neden olmuş, depremin Türkiye açısından önemli bir olgu olduğunu tekrar gözler önüne sermiştir. Türkiye’de deprem riski konusunda yapılan pek çok araştırma, yakın gelecekte Marmara Bölgesi’nde büyük çaplı bir deprem beklentisini ortaya koymaktadır. Ülkenin hem ekonomik hem de nüfus açısından en yoğun bölgesindeki olası bir depreme dair yapılan projeksiyonlarda, önlem alınmadığı takdirde, ülke genelinde çok büyük ekonomik ve sosyal kayıplar yaşanabileceği vurgulanmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında Türkiye’deki binaların çoğunun depreme karşı dayanıksız olduğu, özellikle 2007 Deprem Yönetmeliği öncesi yapılan binaların Yönetmelik’teki asgari koşulları sağlamak üzere, güçlendirilmesi veya yıkılarak yeniden yapılması gerektiği ifade edilmektedir. Deprem riskinin yüksek olduğu Türkiye’de deprem olgusu ile birlikte gelen bina güçlendirme faaliyetleri, inşaat sektörüne bir ivme kazandırmıştır. Bu bağlamda, yapı sahibi, devlet, müteahhit, vb. gibi uygulayıcılar için, bir binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması kararının verilmesi konusunda

yapılacak rehberlik niteliğindeki çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma ile, bir binanın güçlendirilmesi veya yıkılıp yeniden yapılması kararı, hem maliyetler hem de bu kararı etkileyen faktörler açısından incelenmiştir.

Uygulamada bir binanın güçlendirilmesi veya yıkılarak yeniden yapılmasına, genel olarak T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen %40'lık güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı kullanılarak karar verilmektedir. Eğer bir binaya ait güçlendirme maliyeti, bu binanın yıkılarak yeniden yapılması sonucu katlanılacak maliyetlerin %40'ından fazla ise, binanın yıkılarak yeniden yapılması, daha düşük ise binanın güçlendirilmesi tercih edilir. Ancak, bu oran sadece tavsiye niteliğinde olup, ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Ayrıca, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının hangi unsurlardan oluştuğu, bu orana neye göre karar verildiği ve oranı etkileyen faktörlerin neler olduğuna dair literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu araştırma ile Bakanlık tarafından tavsiye edilen %40'lık oran incelenmiş ve oranın gerçek durumu yansıtmayı yansıtmadığı, hangi değişkenlerden etkilenebileceği ve güçlendirme/yıkım-yapım kararı üzerindeki etkisi sorgulanmıştır.

Bir bina ile ilgili güçlendirme kararının verilebilmesi için yıkıp yeniden yapma seçeneğinin de değerlendirilmesi, dolayısıyla her iki seçeneğin karşılaştırılabileceği bir bilgi kaynağının bulunması gereklidir. Bu araştırma ile literatüre bu anlamda katkıda bulunulması ve uygulayıcıların kullanımına sunulması hedeflenmiştir. Güçlendirme veya yıkıp yeniden yapma seçeneklerinin değerlendirilebilmesi için bu seçeneklerin hangi değişkenlerden ve ne derecede etkilendiklerinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, güçlendirme ve yıkıp yeniden yapma maliyetlerini etkileyen faktörler ve etki dereceleri tespit edilmiş, güçlendirme/yıkım-yapım kararının verilmesinde bu değişkenlerin ne derecede etkili oldukları analiz edilmiştir.

Araştırmada veri olarak: uygulamadaki durumun görülebilmesi amacıyla gerçek proje verileri ve olması gereken durumun tespit edilebilmesi için inşaat mühendislerinin görüşlerinin edinildiği anket verileri kullanılmıştır. Projelere ait veriler, İstanbul Valiliği Proje Koordinasyon Birimi (İPKB) tarafından Dünya Bankası ile ortak yürütülen “İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi (İSMEP)” kapsamındaki güçlendirme projelerinden elde edilmiştir. Anket verileri ise, birinci derece deprem riski



bulunan illerde faaliyetlerini sürdüren inşaat mühendislerinden elde edilmiştir. Araştırmada her iki veri seti açısından öncelikle yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetlerini etkileyen değişkenler, ardından güçlendirme/yıkım-yapım oranını etkileyen faktörler ve son olarak güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen faktörler belirlenmiştir. Araştırma sonucunda proje verilerine ait analizlerden elde edilen bulgulara göre, ilk olarak bir binanın güçlendirme maliyeti üzerinde etkili olan değişkenler aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

- Binanın toplam alanı (m<sup>2</sup>),
- Kat sayısı,
- Bina beton basınç dayanımı (Mpa)
- Korozyon durumu,
- Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı,
- Zemin sınıfı.

Diğer taraftan bina yaşı ve mevcut donatı tipinin gerçek projeler açısından binanın güçlendirme maliyeti üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. Anket verilerine, yani inşaat mühendislerinin görüşlerine göre güçlendirme maliyetlerini etkileyen faktörler: Deprem özellikleri (donatı çeliği sınıfı, beton basınç dayanımı, önem katsayısı, bina statiği, binanın deprem hasar düzeyi, binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı), binanın yapısal özellikleri (binanın kalitesi, konumu, yaşı) ve binanın fiziksel özellikleri (binanın kat sayısı, toplam alanı, bina yapısı) olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak bir binanın güçlendirme maliyeti üzerinde en etkili olan değişkenin uygulamada binanın toplam alanı, anketlerde ise deprem özellikleri olduğu görülmüştür. Bu sonuç, maliyetler açısından olaya bakıldığında mantıklı bulunmuştur.

Araştırmada ikinci olarak bir binanın yıkım maliyetini etkileyen değişkenler hem proje hem de anket verilerine dayalı olarak tespit edilmiştir. Proje verilerinde, yani uygulamada yıkım maliyetini etkileyen değişkenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Binanın toplam alanı (m<sup>2</sup>),
- Korozyon durumu,
- Mevcut donatı tipi,
- Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı.

Araştırmada kat sayısı, zemin sınıfı, beton basınç dayanımı ve binanın toplam alanı değişkenlerinin yıkım maliyeti üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan anket verilerine göre yıkım maliyetini etkileyen faktörler: binanın yapısal özellikleri (bina statiği, binanın yaşı ve bina beton basınç dayanımı) ve binanın fiziksel özellikleri (binanın toplam alanı ( $m^2$ ), kat sayısı, binanın yapısı) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, her iki veri setine göre yıkım maliyeti üzerinde en etkili bağımsız değişkenin, binanın toplam alanı ( $m^2$ ) olduğu görülmüştür. Bu beklenen bir durumdur. Ancak, yıkım maliyetleri hesaplanırken uygulamada sadece binanın toplam alanının kullanılması ve diğer değişkenlerin genel olarak dikkate alınmaması önemli bir eksiklik olarak görülmektedir. Bu araştırma sonucu elde edilen bulgulara göre, yıkım maliyeti tahmin edilirken özellikle binadaki korozyon durumu, mevcut donatı tipi ve binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Araştırmada üçüncü olarak bir binanın yeniden yapımı ile ilgili maliyetleri etkileyen değişkenler uygulamadaki durum ve beklentiler çerçevesinde incelenmiştir. Uygulamadaki durumu yansıtan proje verilerine göre bir binanın yapım maliyetini etkileyen değişkenler;

- Binanın toplam alanı ( $m^2$ ),
- Mevcut donatı tipi,
- Beton basınç dayanımı,
- Zemin sınıfı'dır.

Diğer taraftan araştırma sonucunda proje verileri açısından: deprem sınıfı, kat sayısı, korozyon durumu ve bina yaşı değişkenlerinin yeniden yapım maliyeti üzerinde etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ankete katılan inşaat mühendislerinin beklentilerine göre ise yeniden yapım maliyetini etkileyen faktörler: binanın deprem özellikleri (bina statiği, önem katsayısı, zemin tipi, binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı) ve binanın fiziksel özelliklerinden (binanın toplam alanı ( $m^2$ ), kat sayısı, binanın kalitesi) oluşmaktadır.

Analizler sonucunda görüldüğü gibi binanın toplam alanı ( $m^2$ ) hem beklenen hem de fiili olarak gerçekleşen durumların her ikisinde yeniden yapım maliyeti üzerindeki en

etkili değişken olarak tespit edilmiştir. Ancak bu durum, tıpkı tahmini yıkım maliyetinin hesaplanmasında olduğu gibi uygulamadaki eksikliklerden biri olarak görölmektedir. Bir binanın yıkılıp yeniden yapılmak yerine güçlendirilmesi tercih edildiğinde, hem yıkım hem de yeniden yapımın gerçek maliyetine doğal olarak ulaşılamamakta ve bu maliyetler tahmini olarak hesaplanmaktadır. Maliyet tahmininde ise uygulamada genel olarak binanın toplam alanı ( $m^2$ ) esas alınmaktadır. Ancak bu araştırma sonucunda elde edilen bulgulardan da anlaşılacağı üzere bir binanın yeniden yapım maliyetini etkileyen değişkenlerden en önemlisi binanın toplam alanı ( $m^2$ ) olmasına rağmen, bu değişkenin yanı sıra binanın mevcut donatı tipi, zemin sınıfı ve beton basınç dayanımının da dikkate alınması gerekmektedir.

Araştırmanın ilerleyen bölümlerinde güçlendirme, yıkım ve yeniden yapım maliyetlerini etkileyen değişkenlere ek olarak maliyet oranını (güçlendirme maliyeti / (yıkım maliyeti+yapım maliyeti)) etkileyen değişkenler incelenmiştir. Proje verilerine göre güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen değişkenler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Korozyon durumu,
- Deprem sınıfı,
- Beton basınç dayanımı (Mpa),
- Zemin sınıfı,
- Binanın toplam alanı ( $m^2$ ).

Proje verilerine göre araştırma sonucunda, bina yaşı, kat sayısı ve mevcut donatı tipi değişkenleri ile güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Anket verilerine göre güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranını etkileyen faktörlerin ise güçlendirmeye ait bina yapısal özellikleri (binanın kalitesi, konumu, yaşı) ve yapıma ait bina deprem özellikleri (bina statığı, önem katsayısı, zemin tipi, binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı) olduğu görölmüştür. Bu sonuçlar, en az korozyon durumu, beton basınç dayanımı ve bina alanı gibi binaya ait yapısal özellikler kadar, deprem özelliklerinin de güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Uygulamadaki durum ile beklenen durum hemen hemen örtüştüğü için, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen %40'lık

güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının bu araştırmada incelenen bu değişkenlerden etkilendiği söylenebilir. Elbette farklı projeler incelenerek bu genelleme daha geçerli hale getirilebilir.

Araştırma sonucu anketlerden elde edilen verilerde güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının %40,33 olarak, gerçek projelerden elde edilen verilerde ise güçlendirilen binalar için %23, yıkıp yeniden yapılan binalar için %43 olarak hesaplanmış olması, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tavsiye edilen oranın isabetli olduğunu göstermiştir. Hem uygulama, hem de inşaat mühendislerinin beklentilerine dair araştırma sonuçları, %40'lık oranın bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararında bir araç olarak kullanılabilceğini ortaya çıkarmıştır.

Araştırmada son olarak bir binanın güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen değişkenlerin neler olduğu incelenmiştir. Uygulamada bu karar için Bakanlık tarafından önerilen %40'lık oran sıklıkla kullanılmakla birlikte, araştırma sırasında yapılan pek çok görüşmede bu oranın yanı sıra başka değişkenlerin de bu kararı etkilediği vurgulanmıştır. Bu değişkenlerin neler olduğunun tespiti, uygulayıcılara rehberlik sağlanması açısından oldukça önemli görülmektedir. Gerçek proje verilerine ait sonuçlara göre güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyen değişkenler aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Korozyon durumu,
- Güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı,
- Beton basınç dayanımı (MPa),
- Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı.

Bu sonuçlardan anlaşıldığı üzere bir binanın güçlendirilme veya yıkılıp yeniden yapılmasına dair nihai kararın verilmesinde güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının uygulamadaki gibi en önemli faktör olmadığı, bu oranın yanı sıra binadaki korozyon durumu, binanın beton basınç dayanımı (MPa) ve bulunduğu bölgenin deprem sınıfı gibi diğer değişkenlerin de dikkate alınması gerektiği ortaya çıkarılmıştır. Bu sonuç, bu araştırmanın en önemli bulgusu niteliğindedir. Buradan hareketle, uygulayıcıların bir binaya ait güçlendirme/yıkım-yapım kararı vermeleri aşamasında, en az güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranı kadar, binada korozyon olup olmadığını, binanın

mevcut beton basınç dayanımını ve bölgenin deprem açısından riskliliğini değerlendirilerek nihai karara varmaları tavsiye edilebilir.

Araştırmada elde edilen bulgular literatürle karşılaştırılmış, bulgulardan bazılarının literatürde desteklendiği, bazılarının ise literatürle uyumlu olmadığı görülmüştür. Ancak araştırma sırasında literatürde, korozyon durumu, mevcut donatı tipi, beton basınç dayanımı, vb. gibi hem maliyetler hem de güçlendirme/yıkım-yapım oranı ve güçlendirme/yıkım-yapım kararı üzerinde etkili bazı önemli değişkenlerle ilgili yapılmış çalışmalara rastlanmamış, bu açıdan literatürde büyük bir boşluk olduğu görülmüştür. Yapılan bu araştırma ile literatüre bu anlamda bir katkı sağlanmakla birlikte, bu konularda yeni çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Araştırmada ayrıca bir binaya ait güçlendirme, yıkım ve yapım maliyet kalemleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve idari maliyetler ve yasal izin maliyetlerinin her üç inşaat faaliyeti açısından toplam maliyetler içindeki ağırlığının beklenenden daha fazla olduğu görülmüştür. Belediye yetkilileri ile yapılan görüşmelerde bir binanın yapımında; binanın niteliklerine, bulunduğu konuma, vb. gibi pek çok duruma göre 8.000 TL'den 80.000 TL'ye kadar harç ödenebileceği ifade edilmiştir. Üstelik harç miktarları ve proje çizimi gibi idari ve yasal maliyetler binanın bulunduğu belediyenin türüne (Büyükşehir, vb.) göre de değişebilmekte, bina büyükşehir belediyesinin bulunduğu bir ilde ise hem ilgili belediyeye hem de büyükşehir belediyesine ayrı ayrı ödeme yapılması gerekmektedir. Bu miktarlar göz önünde bulundurulduğunda ise, idari ve yasal maliyetlerin azınsanmayacak tutarlarda olduğu görülmüştür.

Bina yapımında olmasa bile en azından güçlendirme faaliyetlerinde özellikle yasal izin maliyetleri ile ilgili harç bedellerinin devlet tarafından azaltılması, deprem riski yüksek olan bölgelerdeki yapı sahiplerini bina güçlendirmeye teşvik edebilir ve bu şekilde olası bir deprem durumunda can kayıplarının önüne geçilmesini sağlayabilir. Bu tür bir teşvik, güçlendirmeye nazaran bir binanın yıkılıp yeniden yapılması genellikle hayli külfetli olduğundan bina sahipleri için güçlendirme seçeneğinin tercih edilmesinde etkili olabilir.

Araştırma sırasında her binanın boyutları, şekli, ekonomik ömrü, konumu ve çeşitli çevresel koşullara dayanıklılığı gibi pek çok özelliği açısından benzersiz olduğu görülmüştür. İleride yapılacak çalışmalarda yapı sınıfları arasındaki farklılığın dikkate alındığı ve sadece kamuya ait binalar için değil konutlar vb. gibi özel binalar için de uygulama sonuçlarının değerlendirildiği çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmada, araştırmanın sınırlılıklarından biri olan bu durumunun üstesinden gelmek amacıyla gerçek proje verilerine ek olarak anketlere başvurulmuş, inşaat mühendislerinin görüşleri ile birlikte araştırma sonuçlarının daha genel olması sağlanmıştır.

Ayrıca bu araştırmanın konusu ile ilgili ileride yapılacak çalışmalarda, inşaat faaliyetleri sırasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi konusu önemli bir araştırma alanı olabilir. İnşaat faaliyetleri sonucu ortaya çıkan atıkların miktarının tespit edilmesi, ikinci el piyasası olanların ekonomik açıdan değerlendirilmesi, geri dönüşüm olanaklarının geliştirilerek atıklardan elde edilecek gelirlerin inşaat maliyetlerini azaltıcı bir unsur olarak fayda/maliyet analizlerinde yer alması ve Türkiye’de bu anlamda yeni uygulamalar geliştirilmesi, özellikle yıkım maliyetlerinde değişikliğe neden olup güçlendirme/yıkım-yapım kararını etkileyebilir. Araştırma sonucunda bu karar üzerinde, güçlendirme/yıkım-yapım maliyet oranının önemli bir etkiye sahip olduğu dikkate alındığında, maliyetlerde yapılabilecek her türlü değişikliğin bu kararının yönünü etkileyeceği açıktır.

Bir diğer öneri olarak, inşaat konusuna enerji tüketimi, yeşil binalar ve sürdürülebilirlik açısından bakılabilir. Sürdürülebilir ve daha az enerji tüketimi gerektiren binaların yapımı maliyetler üzerinde de mutlaka etkili olacaktır. Türkiye’deki mevcut binaların enerji tüketiminin ne kadar olduğu, bu konuda alınabilecek tasarruf önlemlerinin neler olabileceği, mevcut binaların yıkılarak enerji tasarruflu binaların yapılması halinde fayda/maliyet analizi sonuçlarının nasıl olacağı, vb. konular yeni bir araştırma konusu olabilir.

Benzer şekilde, uygulanmakta olan inşaat teknikleri, bu tekniklerin çevresel etkileri, bu etkilerden kaynaklanan maliyetler, vb. gibi konularla ilgili Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından hazırlanan rehberler haricinde literatürde az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu alanda yapılacak yeni araştırmalar hem literatüre katkı sağlayacak hem de günümüzdeki en önemli meselelerden biri olan çevresel sorunların çözümünde faydalı olabilecektir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Abdul Rahman ve diğlerleri (2013), “Significant Factors Causing Cost Overruns in Large Construction Projects in Malaysia”, **Journal of Applied Science**, 13(2), 286-293.
- Adamson, David M. ve Pollington, Tony (2006), **Change in the Construction Industry: An Account of The UK Construction Industry Reform Movement 1993-2003**, London: Routledge.
- Adiloğlu, Burcu (2006), **İnşaat Taahhüt İşletmelerinde Muhasebe Kayıtları, Birim Maliyetleme ve Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Agha Beigi ve diğlerleri (2015), “Factors Influencing the Repair Costs of Soft-story RC Frame Buildings and Implications for Their Seismic Retrofit”, **Engineering Structures**, 101, 233-245. doi:10.1016/j.engstruct.2015.06.045
- Akakın, Tümer (2013), “Betondan Karot Alınması ve Uygunluğunun Değerlendirilmesi”, **Hazır Beton**, Temmuz-Ağustos Sayısı, 62-69.
- Akbıyıklı, Rıfat (2012), **İnşaat Yönetimi, Metraj ve Maliyet Hesapları**, 2. Baskı, İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Akgül, Aziz ve Çevik, Osman (2003), **İstatistiksel Analiz Teknikleri, SPSS’Te İşletme Yönetimi Uygulamaları**, 1. Baskı, Ankara: Emek Ofset.
- Akintoye, Akintola ve Fitzgerald, Eamon (2000), “A Survey of Current Cost Estimating Practices in the UK”, **Construction Management & Economics**, 18(2), 161-172. doi:10.1080/014461900370799
- Akintoye, S. Akintola ve Skitmore, R. M. (1994). A Comparative Analysis of Three Macro Price Forecasting Models”, **Construction Management & Economics**, 12(3), 257-270.
- Alani Amir ve diğlerleri (2001), “Applications of a Developed Quantitative Model in Building Repair and Maintenance – Case Study”, **Facilities**, 19(5/6), 215-221.

- Albayrak, Ali Sait (2005), “Çoklu Doğrusal Bağlantı Halinde En Küçük Kareler Tekniğinin Alternatifi Yanlı Tahmin Teknikleri ve Bir Uygulama”, **ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi**, 1(1), 105-126.
- Al-Hajj, Assem ve Horner, Malcolm W. (1998), “Modelling the Running Costs of Buildings”, **Construction Management & Economics**, 16, 459-470.
- Alpar, Reha (2013), **Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler**, 4. Baskı, Ankara: Detay Yayıncılık.
- AlSehaimi, Abdullah O. ve diğerleri (2013), “Need for Alternative Research Approaches in Construction Management: Case of Delay Studies”, **Journal of Management in Engineering**, 29(4), 407-413. doi:10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000148
- AlSehaimi, Abdullah O. ve diğerleri (2014), “Improving Construction Management Practice with the Last Planner System: A Case Study”, **Engineering, Construction & Architectural Management**, 21(1), 51-64.
- Antohie, Eduard ve Iacob, Vasile (2013), “The Determination of the Costs Associated with Constructions’ Demolition and Their Place in the Global Cost in Constructions”, **Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi - Construction & Architecture Section**, 63(2), 9-18.
- Ashworth, Allan (1996), “Estimating the Life Expectancies of Building Components in Life-Cycle Costing Calculations”, **Structural Survey**, 14(2), 4-9.
- \_\_\_\_\_(2004), **Cost Studies of Buildings**, 4. Baskı, London: Pearson Education.
- \_\_\_\_\_(2006), **Contractual Procedures in the Construction Industries**, 5. Baskı, London: Pearson Education.
- Atay, Hasan (2010), **Depremde Hasar Görmüş Yapıların Güçlendirme Yöntemleri ve Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler**, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydınoglu, Nuray ve diğerleri (2009), **Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı**, Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Baş, Türker ve Akturan, Ulun (2013), **Nitel Araştırma Yöntemleri**, Ankara: Seçkin.



- Bender, Bruce (1979), “The Determinants of Housing Demolition and Abandonment”, **Southern Economic Journal**, (1), 131-144. doi:10.2307/1057008
- Biçkici, Burcuhan (2007), **Çok Değişkenli Varyans Analizi ve Çoklu Doğrusal Regresyon Analizinin Uygulamalı Olarak Karşılaştırılması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bilen, Sadık (2010), **2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Bir Güçlendirme Uygulaması**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bina İnşaat Sınıflarının Tespitine Dair Cetvel (1982), **T.C. Resmi Gazete**, 17899, 15 Aralık 1982. [https://intvd.gib.gov.tr/2014\\_Emlak\\_Arsa/pdf/BinaInsaatSiniflarininTespitineDairCetvel.pdf](https://intvd.gib.gov.tr/2014_Emlak_Arsa/pdf/BinaInsaatSiniflarininTespitineDairCetvel.pdf) (29.02.2016).
- Birecikli, B. Mazlum (2011), **Yapı Metraji ve Maliyeti**, 1. Baskı, İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Boussabaine, Abdelhalim ve Kirkham, Richard (2004), **Whole Life-Cycle Costing**, 1. Baskı, Oxford: Blackwell Publishing.
- Boylu, Mert (2005), **A Benefit/Cost Analysis For The Seismic Rehabilitation of Existing Reinforced Concrete Buildings in İzmir**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology.
- Bruce, Toby ve diğerleri (2015), “Factors Influencing the Retrofitting of Existing Office Buildings Using Adelaide, South Australia as a Case Study”, **Structural Survey**, 33(2), 150-166. doi:10.1108/SS-05-2014-0019
- Bullen, Peter. A. ve Love Peter. E. D. (2010), “The Rhetoric of Adaptive Reuse or Reality of Demolition: Views from the Field”, **Cities**, (27), 215-224.
- Büyükmirza, Kamil (2011), **Maliyet ve Yönetim Muhasebesi**, 16. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Cha, Hee Sung ve diğerleri (2012), “Case Study on Selective Demolition Method for Refurbishing Deteriorated Residential Apartments”, **Journal of Construction, Engineering & Management**, 138(2), 294-303.

- Chan, Albert P. C. ve diğerleri (2001), "Application of Delphi Method in Selection of Procurement Systems for Construction Projects", **Construction Management & Economics**, 19, 699-718.
- Chang, Caroline T. W. (2012), "The Principal Factors Affecting Construction Project Overhead Expenses: an Exploratory Factor Analysis Approach", **Construction Management & Economics**, 30(10), 903-914. doi:10.1080/01446193.2012.717706
- Chang, Ping-Teng ve Chang, Ching-Hsiang (2006), "An Elaborative Unit Cost Structure-Based Fuzzy Economic Production Quantity Model", **Mathematical & Computer Modelling**, 43(11-12), 337-1356. doi:10.1016/j.mcm.2005.02.012
- Chau, Kwong Wing (1995), "Monte Carlo Simulation of Construction Costs Using Subjective Data", **Construction Management & Economics**, 13(5), 369-383.
- Cheng, Ying-Mei (2014), "An Explorataion into Cost-Influencing Factors on Construction Projects", **International Journal of Project Management**, 32, 850-860.
- Chiu, Chien-Kuo ve diğerleri (2013), "Financial and Environmental Payback Periods of Seismic Retrofit Investments for Reinforced Concrete Buildings Estimated Using a Novel Method", **Journal of Architectural Engineering**, 19(2), 112-118. doi:10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000105
- Cochran, Kimberly M. ve diğerleri (2007), "Estimation of Regional Building-Related C&D Debris Generation and Composition: Case Study for Florida, US", **Waste Management**, 27(7), 921-931. doi:10.1016/j.wasman.2006.03.023
- Cochran, Kimberly M. ve Townsend, T. (2010), "Estimating Construction and Demolition Debris Generation Using a Materials Flow Analysis Approach", **Waste Management**, 30, 2247-2254.
- Coelho, Andre ve Brito, Jorge de (2011), "Economic Analysis of Conventional Versus Selective Demolition - A Case Study", **Resources, Conservation & Recycling**, 55(3), 382-392.
- Corinaldesi, Valeria ve diğerleri (2002), "Use of Rubble from Building Demolition in Mortars", **Waste Management**, 22, 893-899. doi:10.1016/S0956-053X(02)00087-9

- Coşkun, Yener (2011), “The Global Financial Crisis and the Turkish Housing Market: Is There a Success Story?”, **Housing Finance International**, 25(3), 6-14.
- \_\_\_\_\_ (2013), “Housing-Construction Market Risks in Turkey: Overrated or Underestimated?”, **Housing Finance International**, Spring, 47-55.
- Coşkun, Sibel ve diğerleri (2004), “Lojistik Regresyon Analizinin İncelenmesi ve Dişhekimliğinde Bir Uygulaması”, **Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi**, 7(1), 41-50.
- Çabuk, Adem ve Yücel, Elif (2012), “Adli Muhasebecilik Mesleğinin Türkiye’deki Gelişme Potansiyeline Yönelik Bir Araştırma”, **Muhasebe ve Finansman Dergisi**, Ekim, 67-84.
- Çaktı, Eser (2013), “Issues with the Earthquake Vulnerability of Istanbul”, **Nat Hazards**, 68, 227-228.
- Çankaya, Fikret ve Hatipoğlu, Oğuzhan (2011), “Türkiye’de Uluslararası Muhasebe Standartları’nın Uygulanabilirliğini Etkileyen Faktörlerin Meslek Mensuplarınca Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma”, **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**, (7), 61-89.
- Çankaya, Fikret ve Dinç, Engin, (2012), “Türkiye Finansal Raporlama Standartlarının Uygulama Başarısını Etkileyen Faktörler: Bağımsız Denetçiler Üzerine Bir Araştırma”, **Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi**, 17(1), 81-102.
- Çıracı, Murat ve diğerleri (1996), **Konutlarda Maliyet Tahmini İçin Bir Model**, T.C. Başbakanlık Toplu Konut İdaresi, Konut Araştırmaları Dizisi, No:6, Ankara.
- Çiçek, Eda U. (2010), “Tanımlayıcı İstatistikler”, Şeref Kalaycı (Ed.), **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 5. Baskı içinde, (51-58), Ankara: Asil Yayınları.
- Dantata, Nasiru ve diğerleri (2005), “An Analysis of Cost and Duration for Deconstruction and Demolition of Residential Buildings in Massachusetts”, **Resources, Conservation & Recycling**, 44(1), 1-15. doi:10.1016/j.resconrec.2004.09.001
- Da Rocha, Cecilia G. ve Sattler, Miguel A. (2009), “A Discussion on the Reuse of Building Components in Brazil: An Analysis of Major Social, Economical and

Legal Factors”, **Resources, Conservation & Recycling**, 54(2), 104-112.  
doi:10.1016/j.resconrec.2009.07.04

Demirbaş, Erkan (2015), “2008 Krizi Sonrası ABD ve Türkiye’de İnşaat Sektörünün Karşılaştırılmalı Analizi”, Ercan Sancak ve Cem S. Karaman (Ed.), **İnşaat Ekonomisi**, 1. Baskı içinde, Yayın No: 021, (39-54), Ankara: Turgut Özal Üniversitesi Yayınları.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Deprem Yönetmeliği, (2007), **T.C. Resmi Gazete**, 26454, 6 Mart 2007.

Dikmen, S. Ümit ve Özek, Senem (2011), “Deprem Bölgelerinde Zemin Sınıfının Sanayi Yapılarının Maliyetine Etkisi”, **İMO Teknik Dergi**, 357(22), 5543-5558.

Dissanayaka, Sunil M. ve Kumaraswamy, Mohan M. (1999), “Evaluation of Factors Affecting Time and Cost Performance in Hong Kong Building Projects”, **Engineering Construction & Architectural Management** (Wiley-Blackwell), 6 (3), 287-298. doi:10.1046/j.1365-232X.1999.00109.x

Doğangün, Adem (2005), **Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı**, 2. Baskı, İstanbul: Birsen Yayınevi.

\_\_\_\_\_(2008), **Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı**, 4. Baskı, İstanbul: Birsen Yayınevi.

Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) (2006), **T.C. Resmi Gazete**, 26215, 1 Temmuz 2006.

Doloi, Hemanta (2013), “Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 139(3), 267-279. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000621

Dorum, Atila ve diğerleri (2006), “Farklı Deprem Bölgeleri ve Farklı Zemin Sınıflarının Kaba Yapı Maliyetine Etkisi”, **Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergisi**, 5(1), 1-9.

Dougherty, Christopher (2002), **Introduction to Econometrics**, 2. Baskı, New York: Oxford.

- Duran, Xavier ve diğeri (2006), "A Model for Assessing the Economic Viability of Construction and Demolition Waste Recycling - The Case of Ireland", **Resources, Conservation & Recycling**, 46, 302-320. doi:10.1016/j.resconrec.2005.08.003
- Egbelakin, Temitope ve diğeri (2014), "Economic Impediments to Successful Seismic Retrofitting Decisions", **Structural Survey**, 32(5), 449-466. doi:10.1108/SS-01-2014-0002
- Elhag, Taha M. S. ve diğeri (2005), "Critical Determinants of Construction Tendering Costs: Quantity Surveyors' Standpoint", **International Journal of Project Management**, 23(7), 538-545.
- El-Haram, Mohamed A. ve diğeri (2002), "Development of a Generic Framework for Collecting Whole Life Cost Data for the Building Industry", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 8(2), 144-151. doi:10.1108/13552510210430017
- Elinwa, A. Uchechukwu ve Buba, Silas A. (1993), "Construction Cost Factors in Nigeria", **Journal of Construction Engineering & Management**, 119(4), 698-713.
- Emsley, Margaret W. ve diğeri (2002), "Data Modelling and the Application of a Neural Network Approach to the Prediction of Total Construction Costs", **Construction Management & Economics**, 20, 465-472.
- Ercan, İlker ve Kan, İsmet (2004), "Ölçeklerde Güvenirlik ve Geçerlik", **Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi**, 30 (3), 211-216.
- Erdik, Mustafa (2001), "Report on 1999 Kocaeli and Duzce (Turkey) Earthquakes", Casciati, Fabio ve Magonette, Georges (Ed.), **Structural Control For Civil and Infrastructure Engineering**, (149-186), Singapore: World Scientific Publishing.
- Erdik, Mustafa (2005), "İstanbul Deprem Senaryoları", **3. İstanbul ve Deprem Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, (53-57), İstanbul: Maya Basın Yayın. <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3949.pdf>, (24.02.2015).
- Erdik, Mustafa ve Durukal, Eser (2008), "Earthquake Risk and Its Mitigation in Istanbul", **Nat Hazards**, 44, 181-197.

- Erdik, Mustafa ve diğerkleri (2011), “Report on 2012 Van (Turkey) Earthquakes”, **In Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake**, (1938-1949), Tokyo.
- Ergin, Demirali Y. (1995), “Ölçeklerde Geçerlik ve Güvenirlik”, **M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi**, 7, 125-148.
- Eroğlu, Abdullah (2010), “Çok Değişkenli İstatistik Tekniklerin Varsayımları”, Şeref Kalaycı (Ed.), **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 5. Baskı içinde, (205-234), Ankara: Asil Yayınları.
- Fatzinger, James A.S. (1997), **Basic Estimating for Construction**, New Jersey: Prentice Hall.
- Flyvbjerg, Bent ve diğerkleri (2002), “Underestimating Cost in Public Works Projects, Error or Lie?”, **APA Journal**, Summer, 68 (3), 279-295.
- Galipoğulları, Niyazi (2001), **Şantiye Yöneticileri İçin İnşaat Yönetimi**, 1. Baskı, İstanbul: Birsen Yayınevi.
- George, Darren ve Mallery, Paul (2010), **SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 Update**, 10. Baskı, Boston: Pearson.
- Glaeser, Edward L. ve diğerkleri (2006), “Urban Growth and Housing Supply”, **Journal of Economic Geography**, 6(1), 71-89.
- Glejser, Herbert (1969), “A New Test for Heteroskedasticity”, *Journal of the American Statistical Association*, 64(235), 315-323.
- Global Construction 2030 (2015), **Global Construction Perspectives and Oxford Economics**, London. <http://www.globalconstruction2030.com/> (20.02.2016).
- Gluch, Pernilla ve Baumann, Henrikke (2004), “The Life Cycle Costing (LCC) Approach: A Conceptual Discussion of Its Usefulness for Environmental Decision-Making”, **Building and Environment**, 39(5), 571-580. doi:10.1016/j.buildenv.2003.10.008
- Gluch, Pernilla (2009), “Unfolding Roles and Identities of Professionals in Construction Projects: Exploring the Informality of Practices”, **Construction Management and Economics**, 27(10), 959-968.

- Goodhart, Charles ve Hofmann, Boris (2008), “House Prices, Money, Credit, and the Macroeconomy”, **Oxford Review of Economic Policy**, 24(1), 180-205.
- Gordon, Christopher, M. (1994), “Choosing Appropriate Construction Contracting Method”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 120, 196-210.
- Göktürk, İlke (2007), **İnşaat Sektöründe Fizibilite Aşamasında Maliyet Tahmini Yapmakta Karşılaşılan Zorluklar ve Çözüm Önerileri Üzerine Bir Değerlendirme**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans, Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gözü, Şakir Uğur (2014), **İnşaat Metraj ve Keşif İşlemi, Açıklamalar – Hesaplamalar**, İstanbul: Beta Yayınevi.
- Greenhalgh, Brian (2013), **Introduction to Estimating for Construction**, New York: Routledge.
- Gujarati, Damodar N. (2001), **Temel Ekonometri**, (Çev. Ümit Şenesen ve Gülay Günlük Şenesen), 2. Baskı, İstanbul: Literatür Yayınları.
- Gujarati, Damodar N. ve Porter Dawn C. (1999), **Essentials of Econometrics**, 4. Baskı, New York: McGraw-Hill Irwin.
- Gujarati, Damodar N. ve Porter Dawn C. (2009), **Basic Econometrics**, 5. Baskı, New York: McGraw-Hill Irwin.
- Gülçiçek, Ümit (2011), **Yapı Parametrelerinin Değişimi ile Yaklaşık Kaba İnşaat Maliyet Tahmini**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gündüz, Zeki ve Arman, Hasan (2005), “Zemin Davranışına Uygun Yapı Tasarımı İlkeleri ve Uygulanabilirliği”, **Deprem Sempozyumu Bildiri Kitabı**, (1237-1243), Kocaeli.
- Hafriyat Toğrağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004), **T.C. Resmi Gazete**, 25406, 18 Mart 2004.
- Hale, Darren R. ve diğerleri (2009), “Empirical Comparison of Design/Build and Design/Bid/Build Project Delivery Methods”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 135, 579-587.

- Hall, Mark ve Tomkins, Cyril (2001), “A Cost of Quality Analysis of A Building Project: Towards A Complete Methodology for Design and Build”, **Construction Management & Economics**, 19(7), 727-740. doi:10.1080/01446190110066146
- Hiete, Michel ve diğerleri (2011), “Matching Construction and Demolition Waste Supply to Recycling Demand: A Regional Management Chain Model”, **Building Research & Information**, 39(4), 333-351. doi:10.1080/09613218.2011.576849
- Hochman, Oded ve Pines, David (1980), “Costs of Adjustment and Demolition Costs in Residential Consturction, and Their Effects on Urban Growth”, **Journal of Urban Economics**, (7), 2-19.
- Hornngren, Charles T. ve diğerleri (2012), **Cost Accounting a Managerial Emphasis**, 14. Baskı, New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Huang, Haibin (2007), **Study of Reinforced Concrete Building Demolition Methods and Code Requirements**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, West Virginia University College of Engineering and Mineral Resources.
- Huang, Wen-Ling ve diğerleri (2002), “Recycling of Construction and Demolition Waste Via a Mechanical Sorting Process”, **Resources Conservation & Recycling**, 37(1), 23-37.
- Iyer, KC. ve Jha, KN. (2005), “Factors Affecting Cost Performance: Evidence from Indian Construction Projects”, **International Journal of Project Management**, 23, 283-295.
- İnşaat Sektörü Raporu, Şubat-2015 (2015), **Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası (İntes)**.
- Jafarzadeh, Reza ve diğerleri (2014), “Predicting Seismic Retrofit Construction Cost for Buildings with Framed Structures Using Multilinear Regression Analysis”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 140(3), 1-9. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000750
- Kagioglou, Michail ve diğerleri (2001), “Performance Management in Construction: A Conceptual Framework”, **Construction Management and Economics**, 19 (1), 85-95.



- Kalaycı, Şeref (2010), “Faktör Analizi”, Şeref Kalaycı (Ed.), **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 5. Baskı içinde, (321-331), Ankara: Asil Yayınları.
- Kaming, Peter F. ve diğerleri (1997), “Factors Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-rise Projects in Indonesia”, **Construction Management & Economics**, 15 (1), 83-94. doi:10.1080/014461997373132
- Kanıt, Recep ve Baykan, Umut N. (2004), “Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Belirlenmesi”, **Politeknik Dergisi**, 7(4), 359-367.
- Karaca, Tuğçe (2011), **Proje Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanarak Kritik Yolun Belirlenmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaca, Yağmur (2011), **Çok Kriterli Karar Verme Metotları ve Analitik Hiyerarşi Süreci İle Matematik Eğitimi Alanında Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- Karaman, Himmet ve Erden, Turan (2014), “Net Earthquake Hazard and Elements at Risk (NEaR) Map Creation for City of Istanbul via Spatial Multi-Criteria Decision Analysis”, **Nat Hazards**, 73, 685-709, doi:10.1008/s11069-014-1099-2
- Karluk, Rıdvan S. (2015), “Türkiye’de Hizmetler Sektörü İçinde İnşaat Sektörü”, Ercan Sancak ve Cem S. Karaman (Ed.), **İnşaat Ekonomisi**, 1. Baskı içinde, Yayın No: 021, (21-30), Ankara: Turgut Özal Üniversitesi Yayınları.
- Kavşut, Nasır ve Yerli, Hüseyin R. (2012), “Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi”, **Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 27(1), 167-174.
- Kayış, Aliye (2010), “Güvenilirlik Analizi (Reliability Analysis)”, Şeref Kalaycı (Ed.), **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 5. Baskı içinde, (404-419), Ankara: Asil Yayınları.
- Kennedy, Peter (2006), **Ekonometri Kılavuzu**, (Çev. Muzaffer Sarımeşeli ve Şenay Açıkgöz), 1. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Keoleian, Gregory A. ve diğerleri (2000), “Life-Cycle Energy, Costs, and Strategies for Improving a Single-Family House”, **Journal of Industrial Ecology**, 4(2), 135-156.

- Khalaf, Fouad M. ve DeVenny, Alan S. (2004), "Recycling of Demolished Masonry Rubble as Coarse Aggregate in Concrete: Review", **Journal of Materials in Civil Engineering**, 16(4), 331-340.
- Kırçıl, Murat Serdar ve Hancıoğlu, Baykal (2005), **Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Genel İlkeler**, <http://www.yildiz.edu.tr/~bhanci/belgeler/ddytgi.pdf>, (29.02.2016).
- Korkmaz, K. Armağan (2007), "Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi", **Doğu Üniversitesi Dergisi**, 8 (2), 191-201.
- Koskela, Lauri (1999), "Management of Production in Construction: A Theoretical View", **Conference- International Group for Lean Construction**, (241-252).
- Kuruoğlu, Murat ve diğerleri (2012), "İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması", **e-Journal of New World Sciences Academy**, 7, (1), 263-272. [http://www.newwsa.com/download/gecici\\_makale\\_dosyalari/NWSA-5907-2713-5.pdf](http://www.newwsa.com/download/gecici_makale_dosyalari/NWSA-5907-2713-5.pdf), (10.07.2013).
- Kuruoğlu, Murat (2003), **İnşaatçılar İçin Yeni İhale Düzeninde Pratik Teklif Fiyatı Belirleme Yöntemi**, İstanbul: İTO Yayınları.
- Kusar, Matej ve diğerleri (2013), "Selection of Efficient Retrofit Scenarios for Public Buildings", **Procedia Engineering**, 57 (Modern Building Materials, Structures and Techniques), 651-656. doi:10.1016/j.proeng.2013.04.082.
- Küçükşille, Engin (2010a), "Basit Doğrusal Regresyon", Şeref Kalaycı (Ed.), **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 5. Baskı içinde, (199-201), Ankara: Asil Yayınları.
- \_\_\_\_\_ (2010b), "Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli", Şeref Kalaycı (Ed.), **SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri**, 5. Baskı içinde, (259-266), Ankara: Asil Yayınları.
- Lage, Isabel M. ve diğerleri (2010), "Estimation of the Annual Production and Composition of C&D Debris in Galicia (Spain)", **Waste Management**, 30(4), 636-645.

- Landi, Luca ve diğerleri (2015), "Effectiveness of Different Distributions of Viscous Damping Coefficients for the Seismic Retrofit of Regular and Irregular RC Frames", **Engineering Structures**, 100, 79-93. doi:10.1016/j.engstruct.2015.05.031
- Lawson, Nigel ve diğerleri (2001), "Recycling Construction and Demolition Wastes - A UK Perspective", **Environmental Management & Health**, 12(2), 146-157.
- Li, Heng ve diğerleri (2013), "An Entry Mode Decision-Making Model for the International Expansion of Construction Enterprises", **Engineering Construction & Architectural Management**, 20(2), 160-180.
- Liu, Chunlu ve diğerleri (2012), "Estimating Demolition Costs for Single Residential Buildings", **Construction Economics & Building**, 3(2), 33-42.
- Love, Peter E. D. (2002), "Influence of Project Type and Procurement Method on Rework Costs in Building Construction Projects", **Journal of Construction Engineering & Management**, Jan-Feb, 128(1), 18-29.
- Love, Peter E. D. ve diğerleri (2013), "Determining the Probability of Project Cost Overruns", **Journal Of Construction Engineering & Management**, 139 (3), 321-330. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000575
- Love, Peter E. D. ve Sing, Chun-Pong (2013), "Determining the Probability Ristribution of rework Costs in Construction and Engineering Projects", **Structure & Infrastructure Engineering, Maintenance, Management, Life-Cycle Design & Performance**, 9 (11), 1136-1148. doi:10.1080/15732479.2012.667420
- Lowe, David J. ve diğerleri (2006), "Predicting Construction Cost Using Multiple Regression Techniques", **Journal of Construction Engineering & Management**, 132(11), 750-758.
- Lowe, David J. ve Skitmore, R. Martin (2001), "Human Effects in Construction Contract Price Forecasting: Experience and Experiential Learning Styles" **Journal of Construction Engineering & Management**, 127, 485-493.
- Lu, Ming ve diğerleri (2006), "Application Framework for Mapping and Simulation of Waste Handling Processes in Construction", **Journal of Construction Engineering & Management**, 132(11), 1212-1221.

- Mamur, Vahdettin (2012), **Hafriyat Toprağı, İnaaat ve Yıkıntı Atıklarının Alternatif Yönetimleri ve İstanbul Ölçeğinde İncelenmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Matsumoto, Hiroshi (1999), “System Dynamics Model for Life Cycle Assessment (LCA) of Residential Buildings”, **In Proceedings of The Third International IBPSA Conference (Building Simulation 1999)**.
- Merewitz, Leonard (1973), “Cost Overruns in Public Works”, In W. Niskaen, A.C. Hansen, R.H. Havemann, R.Turvey ve R. Zeckhauser (Ed.), **Benefit Cost and Policy Analysis**, (277-295), Chicago: Aldine.
- Merrit, Frederick S. ve diğerleri (1996), **Standard Handbook for Civil Engineers**, 4. Baskı, New York: McGraw-Hill.
- Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2012 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ (2012), **T.C. Resmi Gazete**, 28277, 28 Nisan 2012.
- Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2013 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ (2013), **T.C. Resmi Gazete**, 28627, 24 Nisan 2013.
- Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ (2014), **T.C. Resmi Gazete**, 28992, 6 Mayıs 2014.
- Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2015 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ (2015), **T.C. Resmi Gazete**, 29300, 19 Mart 2015.
- Minami, Kazunobi (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.
- Murdoch, Brock ve Krause, Paul (2012), “Regression and Mixed Overhead Cost Variances”, **Journal of International Diversity**, 4(144), 35-44.

- Naja, Mohamad K. ve Baytiyeh, Hoda (2014), “Towards Safer Public School Buildings in Lebanon: An Advocacy for Seismic Retrofitting Initiative”, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 8, 158-165. doi:10.1016/j.ijdr.2014.03.005
- Nakano, Yoshiaki (2004), “Seismic Rehabilitation of School Buildings in Japan”, **Journal of Japan Association for Earthquake Engineering**, 4(3), 218-229.
- Newton, Linda A. ve Christian, John (2006), “Impact of Quality on Building Costs”, **Journal of Infrastructure Systems**, 12(4), 199-206.
- Nuti, Camillo ve Vanzi, Ivo (2003), “To Retrofit or Not to Retrofit?”, **Engineering Structures**, 25(6), 701-711. doi:10.1016/S0141-0296(02)00190-6
- Ocakcı, Ayşe (2007), **İnşaat İşletmelerinde Maliyet Kontrol Aracı Olarak Esnek Bütçeleme Ve Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Onal, Mehmet Tahir (2009), **Yapısal Atıkları Azaltma Yönünde Türkiye Koşullarına Uygun Yapı Yıkım Yönetim Sisteminin Belirlenmesi**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) (2013), **T.C. Resmi Gazete**, 28699, 6 Temmuz 2013.
- Ökmen, Önder (2008), **Activity Network Scheduling and Early Cost Estimation of Construction Projects Under Uncertainty: A Risk Analysis Based Modeling Approach**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü.
- Özkan, Ömer ve Muratoğlu, Özgür (2005), “Deprem Bölgelerinin Bina Maliyetlerine Etkisi”, **Deprem Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, (647-649), Kocaeli.
- Özorhon, Beliz (2012), **Türkiye’de İnşaat Sektörü ve Dünyadaki Yeri**, No: 2012-31, İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Öztürk, Serkan (2014), “Türkiye’nin Batı Anadolu Bölgesi için Deprem İstatistiği ve Olası Güçlü Depremlerin Orta Vadede Bölgesel Olarak Tahmini Üzerine Bir Çalışma”, **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 4(1), 75-93.

- Parvutoiu, Ion ve Popescu, Agatha (2012), “Research Regarding The Analysis Of Variable Cost- A Way To Increase Farm Profitability”, **Agricultural Management / Lucrari Stiintifice Seria I, Management Agricol**, 14(2), 229-236.
- Potts, Keith ve Ankrah, Nii (2013), **Construction Cost Management, Learning from Case Studies**, 2. Baskı, New York: Routledge.
- Power, Anne (2008), “Does Demolition or Refurbishment of Old and Inefficient Homes Help to Increase Our Environmental, Social and Economic Viability?”, **Energy Policy**, 36(12), 4487-4501. doi:10.1016/j.enpol.2008.09.022
- Pun, Sung Kin ve diğerleri (2006), “Case Study of Demolition Costs of Residential Buildings”, **Construction Management & Economics**, 24(9), 967-976. doi:10.1080/01446190500512024
- Ray-Chaudhuri, Samit ve Shinozuka, Masanobu (2010), “Enhancement of Seismic Sustainability of Critical Facilities Through System Analysis”, **Probabilistic Engineering Mechanics**, 25(2), 235-244. doi:10.1016/j.probengmech.2009.12.002
- Rischmoller, Leonardo ve diğerleri (2006), “Improving Value Generation in the Design Process of Industrial Projects Using CAVT”, **Journal of Management in Engineering**, 22(2), 52-60. doi:10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:2(52)
- Samsun/Canik Belediyesi (2007), Yeşilova Mahallesi Kentsel Yenileme Çalışmaları Raporu.
- Sancak, Ercan ve Karaman Cem S. (2015), “İnşaat Ekonomisi: Sektörün Yapısı ve Piyasalar”, Ercan Sancak ve Cem S. Karaman (Ed.), **İnşaat Ekonomisi**, 1. Baskı içinde, Yayın No: 021, (9-20), Ankara: Turgut Özal Üniversitesi Yayınları.
- Sancak, Ercan (2015), “Rusya Konut Sektörü: Piyasalar ve Değişim”, Ercan Sancak ve Cem S. Karaman (Ed.), **İnşaat Ekonomisi**, 1. Baskı içinde, Yayın No: 021, (55-70), Ankara: Turgut Özal Üniversitesi Yayınları.
- Sarja, Asko (2015), “Life Cycle Assesment of Concrete Structures”, İMO İstanbul Şubesi ve İMO Antalya Şubesi (Ed.), (1-18), **9. Ulusal Beton Kongresi Bildiriler Kitabı**, Antalya: Retma Matbaa.

- Sayar, A.C. ve diğlerleri (2013), “Güçlendirilen Yapılarda Yapı Özellikleri - Maliyet İlişkileri Üzerine İstatistiksel Bir Çalışma”, **2. Türkiye Deprem Mühendisliğı ve Sismoloji Konferansı**, Hatay.
- Segerstedt, Anders ve Olofsson, Thomas (2010), “Supply Chains in the Construction Industry”, **Supply Chain Management**, 15(5), 347-353.
- Seo, Seongwon ve diğlerleri (2004), “Fuzzy Decision-Making Tool for Environmental Sustainable Buildings” **Journal of Construction Engineering & Management**, 130(3), 415-423.
- Severcan, Hakan M. ve diğlerleri (2007), “Deterministik Yaklaşım ile Yapı Deprem Güvenilirliğinin Belirlenmesi ve Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, **Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi**, 22(1), 217-232.
- Shane, Jennifer S. ve diğlerleri (2009), “Construction Project Cost Escalation Factors”, **Journal of Management in Engineering**, 25(4), 221-229. doi:10.1061/(ASCE)0742-597X(2009)25:4(221)
- Shehu, Zayyana ve Akintoye, Akintola (2009), “Construction Programme Management Theory and Practice: Contextual and Pragmatic Approach”, **International Journal of Project Management**, 27(7), 703-716.
- Shehu, Zayyana ve Akintoye, Akintola (2010), “Major Challenges to the Successful Implementation and Practice of Programme Management in the Construction Environment: A Critical Analysis”, **International Journal of Project Management**, 28(1), 26-39.
- Shehu, Zayyana ve diğlerleri (2014), “Cost Overrun in the Malaysian Construction Industry Projects: A Deeper Insight”, **International Journal of Project Management**, 32(8), 1471-1480. doi:10.1016/j.ijproman.2014.04.004
- Smith, Jim ve Jaggar, David (2007), **Building Cost Planning For The Design Team**, 2. Baskı, New York: Routledge.
- Sönmez, Rıfat (2008), “Parametric Range Estimating of Building Costs Using Regression Models and Bootsrap”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 134, 1011-1016.

- Stock, James H. ve Watson, Mark W. (2007), **Introduction to Econometrics**, 2. Baskı, Boston: Pearson.
- Şenlik, Mehmet (2013), **İnşaat Muhasebesi**, 1. Baskı, Ankara: Seçkin.
- Tabachnick, Barbara G. ve Fidell, Linda S. (2013), **Using Multivariate Statistics**, 6. Baskı, Boston: Pearson.
- Taş, Ramazan (2015), “Çin’in Dünyanın En Büyük Ekonomisine Dönüşmesinin Temel Dinamikleri ve Emlak ve İnşaat Sektörünün Rolü”, Ercan Sancak ve Cem S. Karaman (Ed.), **İnşaat Ekonomisi**, 1. Baskı içinde, Yayın No: 021, (71-98), Ankara: Turgut Özal Üniversitesi Yayınları.
- Tekeli-Yeşil, Sıdıka ve Dedeoğlu, Necati (2011), “Earthquake Awareness and Perception of Risk Among the Residents of Istanbul”, **Nat Hazards**, 59, 427-446.
- TMB (2015), **İnşaat Sektörü Analizi-Nisan 2015**, Türkiye Müteahhitler Birliği.
- Touran, Ali (2003), “Probabilistic Model for Cost Contingency”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 129(3), 280-284.
- Trifan, Adrian ve Anton, Carmen (2011), “Using Cost – Volume – Profit Analysis by Management”, **Bulletin of the Transilvania University of Braşov**, 4(53), No. 2, 207-212.
- TÜİK (2014), **İstatistiklerle Türkiye 2014**, Yayın No:4380, Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- Tüzün, Cüneyt ve diğerleri (2009a), “Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme”, **İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi**, İSMEP, [www.guvenliyasam.org](http://www.guvenliyasam.org) (20.11.2014).
- \_\_\_\_\_ (2009b), “Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması”, **İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi**, İSMEP, <http://www.guvenliyasam.org>, (20.11.2014).
- Uğur, Latif Onur (2007), **Yapı Maliyetinin Yapay Sinir Ağı ile Analizi**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- URL, “Depreme Karşı Yapısal Güçlendirme” (2009), <http://www.guvenliyasam.org> (20.11.2014).



- URL, “Kentsel Dönüşüm Yasası Olarak Bilinen Afet Riskli Alanların Kentsel Dönüşümü Yasası” (2012), <http://www.csb.gov.tr/gm/altyapi/index.php?Sayfa=haberdetay&Id=854> (25.05.2014).
- URL, “Yıkım Ruhsatı Alınması” (t.y.), <http://www.cobanli.com.tr/index.php?p=18> (25.05.2014).
- URL, “6306 Sayılı Kanun Kapsamında Riskli Yapıların Tespiti için Yetki Verilen Kurum ve Kuruluşlar” (t.y.), <http://www.csb.gov.tr/gm/altyapi/index.php?Sayfa=iller>, (25.05.2014).
- URL, “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” (t.y.), <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeleri-haritasi-28841>, (27.11.2014).
- URL, <http://www.dogateknik.com.tr/Teknik-Belgeler/Yapilarda-Hasar-Belirleme.pdf>, (25.05.2014).
- URL, “Kat Yüksekliği” (2013), <http://emlakansiklopedisi.com/wiki/kat-yuksekligi>, (29.02.2016).
- URL, “Bina Çeşitleri Nelerdir” (2013), <http://emlakkulisi.com/bina-cesitleri-nelerdir/170336>, (29.02.2016).
- URL, “Hafriyat-İnşaat ve Yıkıntı Atıkları” (t.y.), [http://istac.com.tr/contents/48/hafriyat-insaat-ve-yikinti-atiklari\\_131043090231712828.pdf](http://istac.com.tr/contents/48/hafriyat-insaat-ve-yikinti-atiklari_131043090231712828.pdf) (27.11.2014).
- URL, “Güçlendirme Çalışmaları” (2016), <http://www.ipkb.gov.tr/tr/bilesen/kategori/guclendirme-calismalari> (29.02.2016).
- URL, <http://www.maliyetbul.com> (27.11.2014).
- URL, “Türkiye’de Kaç Konut Var” (2008), <http://www.milliyetemlak.com/haber/Turkiyede-kac-konut-var/haber.html?haberID=3681>, (20.11.2014).
- URL, “Çeliklerin Sınıflandırılması” (2015), [http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index\\_dosyalar/Dersler/Betonarme1/Sunular/Betonarme\\_1\\_3.pdf](http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/Betonarme1/Sunular/Betonarme_1_3.pdf) (03.03.2016).
- URL, “Bölgelere Göre Bina Niteliği İstatistiği” (2013), <http://www.nvi.gov.tr/Files/File/Istatistikler/UAVT/pdf/B%C3%B6lgesel%20C4%B0statistik.pdf> (02.03.2016).
- URL, <http://www.spk.gov.tr> (28.03.2015).

- URL, “Beton Sınıfları ve Mekanik Özellikleri” (t.y.), <http://www.yildiz.edu.tr/~caydemir/betprj/betmek.pdf> (29.02.2016).
- URL, “Zemin Etüdü Nedir?” (t.y.), [www.nasilkolay.com/zemin-etudu-nedir](http://www.nasilkolay.com/zemin-etudu-nedir) (23.04.2016).
- URL, “Test Heteroskedasticity Glejser Using SPSS” (2015), <http://www.spsstests.com/2015/03/test-heteroskedasticity-glejser-using.html> (23.04.2016).
- U.S. Environmental Protection Agency (2003), “**EPA's Draft Report on the Environment Technical Document**” Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Uzunkaya, Mehmet (2013), “Uluslararası Rekabet Edebilirlik Çerçevesinde Türk İnşaat Sektörünün Yapısal Analizi”, **T.C. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü**, Haziran 2013.
- Üstün, Bilal ve Dal, Murat (2016), “Betonarme Donatı Uygulamalarının Değerlendirilmesi”, **Tunceli Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi**, 4(1), 8-19.
- Walker, Kenneth K. ve diğerleri (1996), “Methods and Procedural Considerations in Demolishing Tall Concrete Chimneys”, **Journal of Construction Engineering & Management**, 122(3), 223-230.
- Wang, James Y. ve diğerleri (2004), “A Systems Analysis Tool for Construction and Demolition Wastes Management”, **Waste Management**, 24(10), 989-997. doi:10.1016/j.wasman.2004.07.010
- Wang, Wei-Chih ve diğerleri (2012), “A Factor-Based Probabilistic Cost Model to Support Bid-price Estimation”, **Expert Systems with Applications**, 39, 5358-5366. doi:10.1016/j.eswa.2011.11.049
- Williams, Ryan J. ve diğerleri (2009), “Decision Analysis for Seismic Retrofit of Structures”, **Structural Safety**, 31(2), 188-196. doi:10.1016/j.strusafe.2008.06.017
- Winch, Graham (1998), “Zephyrs of Creative Destruction: Understanding the Management of Innovation in Construction”, **Building Research & Information**, 26(5), 268-279. doi:10.1080/096132198369751
- World Economic Outlook-April 2014 (2014), **IMF (International Monetary Fund)**, USA.

World Economic Outlook-October 2014 (2014), **IMF (International Monetary Fund)**, USA.

Vergi Usul Kanunu Genel Tebliği (2004), **T.C. Resmi Gazete**, 25446, 28 Nisan 2004.

04.011

Yağmurlu, Nurcan (2009), **Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve İnşaat Sektöründe Bir Uygulama**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yaman, Hakan ve Taş, Elçin (2007), “A Building Cost Estimation Model Based on Functional Elements”, **ITU AZ**, 4(1), 73-87.

Yanmaz, Özlem ve Luş, Hilmi (2005), “Yapı Güçlendirme Yöntemlerinin Fayda-Maliyet Analizi”, **İMO Teknik Dergi**, 233, 3497-3522.

Yapı Endüstri Merkezi (YEM) (2014), **Türk Yapı Sektörü Raporu 2014**, İstanbul.

Yapı, Tesis ve Onarım İşleri İhalelerinde Kullanılan Müteahhitlik Karneleri ve İş Bitirme Belgelerinin 2014 Yılına Ait Değerlendirme Katsayıları Hakkında Tebliğ (2014), **T.C. Resmi Gazete**, 28992, 6 Mayıs 2014.

Yeung, John Y. ve diğerleri (2009), “Developing a Performance Index for Relationship-Based Construction Projects in Australia: Delphi Study”, **Journal of Management in Engineering**, 25(2), 59-68. doi:10.1061/(ASCE)0742-597X(2009)25:2(59)

Yüksel, İsa (2008), “Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 24 (1-2), 260-276.

Yüzer, Nabi (2003), “Betonarme Yapılarda Korozyon Ölçüm Yöntemleri ve Hasar Tespiti”, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, 426(4), 134-138.

Zhao, W. ve diğerleri (2011), “A System Dynamics Model for Evaluating the Alternative of Type in Construction and Demolition Waste Recycling Center - The Case of Chongqing, China”, **Resources, Conservation & Recycling**, 55(11), 933-944. doi:10.1016/j.resconrec.2011.m.org, (20.11.2014)

## EKLER

### Ek-1: Anket Formu

#### İNŞAAT MALİYETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ: DOKTORA TEZİ ANKETİ

Günümüzde inşaat sektörü, pek çok ülke ekonomisi için lokomotif niteliği taşıyan sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle bu alanda yapılacak yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma ile genel olarak bir binanın yapım, güçlendirme ve yıkım faaliyetleri ile ilgili kararları etkileyen faktörlerin neler olduğu araştırılmaktadır. Anket, demografik özelliklerinizi belirlemeye yönelik 4 soru ve yıkım, yapım ve güçlendirme maliyetleriyle ilgili 9 soru olmak üzere toplam 13 sorudan oluşmaktadır.

Bu anketten elde edilecek veriler bir doktora tezi için kullanılacaktır. Çalışmanın hiçbir yerinde isminiz veya iletişim bilgileriniz kullanılmayacaktır.

Katkılarınız için şimdiden çok teşekkür ederiz.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Fikret ÇANKAYA

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İşletme Bölümü,

**Doktora Öğrencisi**

Arş. Gör. Züleyha YILMAZ

Ordu Üniversitesi, Ünye İİBF, İşletme Bölümü, Muhasebe-Finansman ABD

#### I. BÖLÜM: Demografik özellikler

1. Toplam iş tecrübeniz (yıl olarak) : .....
2. Çalıştığınız şirket / kurum  
 Üniversite  Özel Şirket  Kamu  
 Gayrimenkul Değerleme Şirketi  Yapı Denetim
3. Mesleğiniz  
 İnşaat Mühendisi  İnşaat Mühendisi / Akademisyen
4. Bulduğunuz şehir  
 İstanbul  İzmir  Bursa  
 Sakarya  Samsun  Kocaeli

## II. BÖLÜM: Güçlendirme, yapım ve yıkım kararına ilişkin ifadeler

5. Bir binanın güçlendirilmesi ile ilgili maliyetler, bu binanın yıkılıp yeniden yapılması sonucu ortaya çıkacak maliyetlerin yüzde kaçını olursa yıkıp yeniden yapma kararı alırsınız: .....
6. Bir binayı güçlendirmek yerine, **yıkıp yeniden yapmayı tercih etme** nedenlerinin yer aldığı aşağıdaki ifadeleri önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 6.1.Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla daha makul olması                 |   |   |   |   |   |
| 6.2.Binanın kullanım ömrünü daha çok artırmak   |   |   |   |   |   |
| 6.3.Binanın ağır hasarlı olması   |   |   |   |   |   |
| 6.4.Binanın mimari olarak kullanım memnuniyetinin artırılması                                       |   |   |   |   |   |
| 6.5.Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)                                 |   |   |   |   |   |
| 6.6.Bina beton basınç dayanımının çok düşük çıkması   |   |   |   |   |   |
| 6.7.Korozyon ve yetersiz donatı tespiti   |   |   |   |   |   |
| 6.8.Deprem performans düzeylerinin sağlanmaması   |   |   |   |   |   |
| 6.9.Binada burulma düzensizliğinin tespiti  |   |   |   |   |   |
| 6.10.Taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş, perde, döşeme, vs.) minimum boyutları sağlamaması |   |   |   |   |   |
| 6.11.Binanın mimari ve statik projelerinin bulunmamasından kaynaklanan belirsizlik riski            |   |   |   |   |   |

7. Bir binayı yıkıp yeniden yapmak yerine, **güçlendirmeyi tercih etme** nedenlerinin yer aldığı aşağıdaki ifadeleri önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 7.1.Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla çok yüksek olması   |   |   |   |   |   |
| 7.2.Binanın hafif / orta hasarlı olması   |   |   |   |   |   |
| 7.3.Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)   |   |   |   |   |   |
| 7.4.Binanın bitişik nizam olması  |   |   |   |   |   |
| 7.5.Hukuksal açıdan (tarihi bina olması, imar problemi, sit alanı, vs.) yıkılıp yeniden yapıma elverişli olmaması                                   |   |   |   |   |   |
| 7.6.Bina yıkılıp yeniden yapıldığında kat sayısı kaybına uğramamak  |   |   |   |   |   |
| 7.7.Yeni bina yapımı için alınacak yasal izinlerin yüksek maliyetli olması  |   |   |   |   |   |
| 7.8.Binanın yasal zorunluluklar açısından yeterli olması (minimum beton dayanımı, kolon/kiriş boyutları, donatı yeterliliği, bina statığı, vs, ...) |   |   |   |   |   |
| 7.9.Deprem performans düzeylerinin sağlanması   |   |   |   |   |   |

8. Bir binanın **güçlendirilmesi** aşamasında, güçlendirme maliyetini etkileyen faktörleri önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| 8.1.Kat sayısı   |   |   |   |   |   |
| 8.2.Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                       |   |   |   |   |   |
| 8.3.Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) |   |   |   |   |   |
| 8.4.Bina beton basınç dayanımı                                     |   |   |   |   |   |
| 8.5.Önem katsayısı   |   |   |   |   |   |
| 8.6.Donatı çeliği sınıfı   |   |   |   |   |   |
| 8.7.Binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif)                |   |   |   |   |   |
| 8.8.Bina statığı   |   |   |   |   |   |
| 8.9.Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         |   |   |   |   |   |
| 8.10.Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)      |   |   |   |   |   |
| 8.11.Binanın yaşı  |   |   |   |   |   |
| 8.12.Zemin tipi  |   |   |   |   |   |
| 8.13.Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)             |   |   |   |   |   |

9. Bir binanın **güçlendirilmesi** aşamasında, toplam güçlendirme maliyetini oluşturan maliyet kalemlerini önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| 9.1. Yasal izin maliyetleri                                    |   |   |   |   |   |
| 9.2.İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.) |   |   |   |   |   |
| 9.3.Yapısal güçlendirme maliyeti                               |   |   |   |   |   |
| 9.4.Mimari güçlendirme maliyeti                                |   |   |   |   |   |
| 9.5.Elektrik ve mekanik güçlendirme maliyeti                   |   |   |   |   |   |

10. Bir binanın **yıkımı** aşamasında yıkım maliyetini etkileyen faktörleri önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 10.1.Kat sayısı   |   |   |   |   |   |
| 10.2.Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) |   |   |   |   |   |
| 10.3.Bina beton basınç dayanımı                                     |   |   |   |   |   |
| 10.4.Binanın yaşı   |   |   |   |   |   |
| 10.5.Bina statığı   |   |   |   |   |   |
| 10.6.Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         |   |   |   |   |   |
| 10.7.Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       |   |   |   |   |   |
| 10.8.Binanın bitişik nizam olması                                   |   |   |   |   |   |

**11. Bir binanın yıkımı** aşamasında toplam yıkım maliyetini oluşturan maliyet kalemlerini önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|---|---|---|---|---|
| 11.1.Yasal izin maliyetleri  |   |   |   |   |   |
| 11.2.İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.)                                    |   |   |   |   |   |
| 11.3.Malzeme maliyetleri   |   |   |   |   |   |
| 11.4.İşçilik maliyetleri   |   |   |   |   |   |
| 11.5.Makine kullanım maliyetleri   |   |   |   |   |   |
| 11.6.Geri kazanılabilir malzemelerin ayrıştırılması, depolanması ve nakliyesiyle ilgili maliyetler |   |   |   |   |   |
| 11.7.Yıkıntı atıklarının dökümü ve nakliyesiyle ilgili maliyetler                                  |   |   |   |   |   |

**12. Bir binanın yapım** aşamasında yapım maliyetini etkileyen faktörleri önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

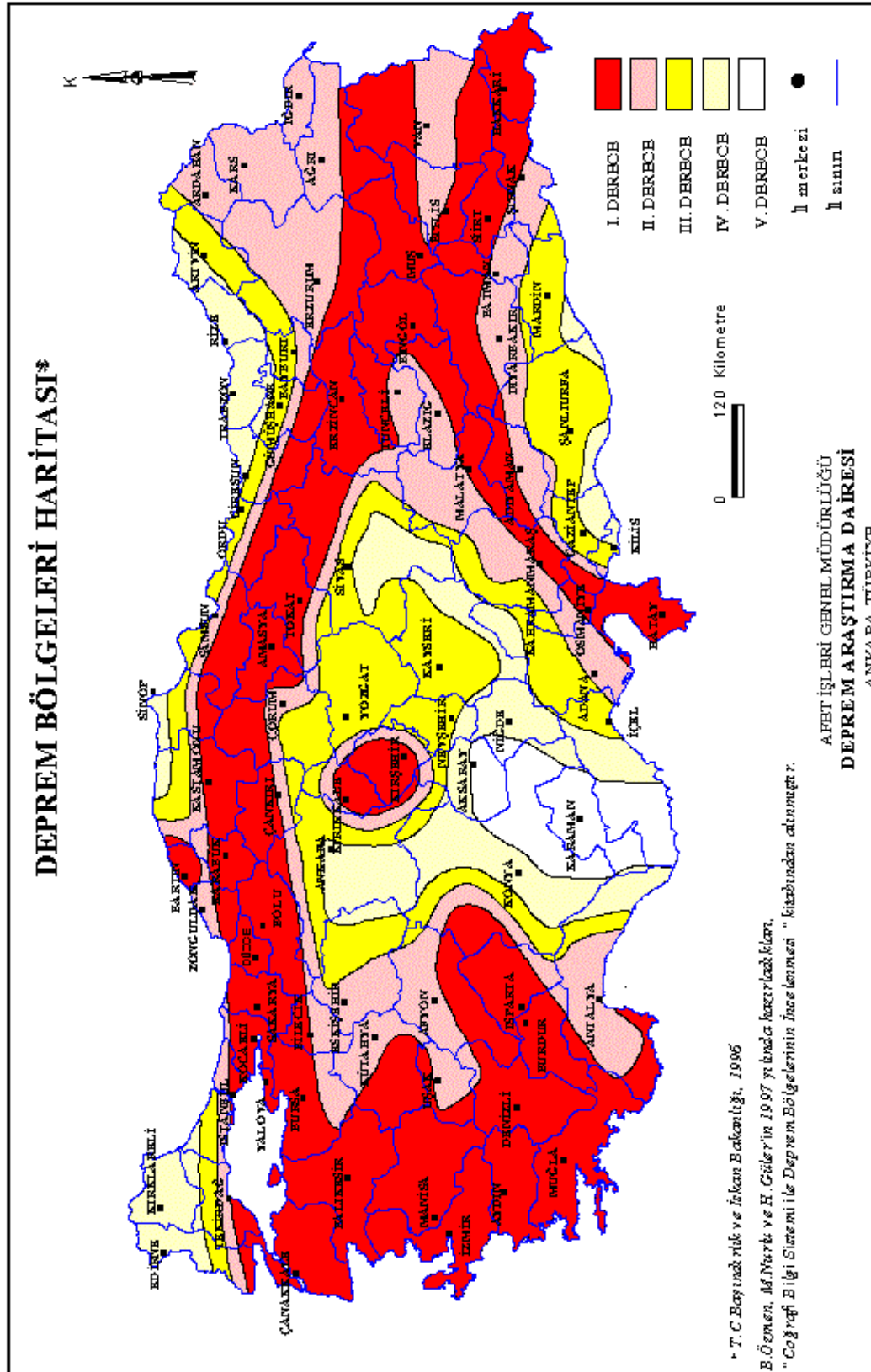
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 12.1.Kat sayısı   |   |   |   |   |   |
| 12.2.Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                       |   |   |   |   |   |
| 12.3.Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) |   |   |   |   |   |
| 12.4.Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)              |   |   |   |   |   |
| 12.5.Önem katsayısı   |   |   |   |   |   |
| 12.6.Bina statüğü   |   |   |   |   |   |
| 12.7.Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         |   |   |   |   |   |
| 12.8.Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       |   |   |   |   |   |
| 12.9.Zemin tipi   |   |   |   |   |   |

**13. Bir binanın yapımı** aşamasında toplam yapım maliyetini oluşturan maliyet kalemlerini önem derecesine göre sıralayınız. (1- Önemsiz, ..., 5- Çok önemli)

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 13.1.Yasal izin maliyetleri                                     |   |   |   |   |   |
| 13.2.Malzeme maliyetleri  |   |   |   |   |   |
| 13.3.İşçilik maliyetleri  |   |   |   |   |   |
| 13.4.Makine kullanım maliyetleri                                |   |   |   |   |   |
| 13.5.İdari maliyetler (proje hazırlama, planlama, yürütme, vs.) |   |   |   |   |   |

Anketimiz tamamlanmıştır. Katkılarınızdan dolayı çok teşekkür ederiz.

Ek-2: Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası



Kaynak: <http://www.deprem.gov.tr/tr/kategori/deprem-bolgeler-haritasi-28841>



**Ek-3:** TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Şubelerine Gönderilmiş Dilekçe Örneği

**TMMOB**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**İSTANBUL ŞUBESİ YÖNETİM KURULU'NA,**

Ordu Üniversitesi, Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta ve Karadeniz Teknik Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü'nde doktora eğitimimi sürdürmekteyim. Doktora tezimle ilgili olarak "İnşaat maliyetlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesine yönelik bir model önerisi" konulu bir anket yürütmekteyim. Bu anket ile edinmeyi amaçladığım inşaatlarda yapım, yıkım ve güçlendirme maliyetleri ile ilgili deprem bölgesinde faaliyet gösteren ve alanında uzman inşaat mühendislerinin görüşleri, tezin başarısı için kritik düzeyde önem taşımaktadır. Anket linkinin e-mail yoluyla Odanıza bağlı inşaat mühendislerinin görüşlerine sunulması konusunda izinlerinizi arz ederim. Saygılarımla,

Araş. Gör. Züleyha YILMAZ

Adres : Ordu Üniversitesi, Ünye İİBF  
Gölevi Mah. Devlet Sahil Yolu,  
52300 Ünye / Ordu

Tel : 0452 323 8255/ Dâhili 3005

Ekler : 1- Anket Linki:

[https://docs.google.com/forms/d/1ciCz0eMFCWchUo49l3rj6M-22mJOiW\\_TbXBYa8sO0xE/viewform?usp=send\\_form](https://docs.google.com/forms/d/1ciCz0eMFCWchUo49l3rj6M-22mJOiW_TbXBYa8sO0xE/viewform?usp=send_form)

2- Anket Formu

**Ek-4: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Dilekçe Yanıtı**

**..6. / ..1. / 2016**

Arş. Gör. Züleyha YILMAZ tarafından hazırlanan “İnşaat Maliyetlerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi” başlıklı doktora tezinde veri edinmek amacıyla oluşturulmuş anket formunun Odamıza kayıtlı üye inşaat mühendislerine ulaştırılması hususu Yönetim Kurulu’muz tarafından uygun görülmüştür.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası

İzmir Şubesi



**Eylem ULUTAŞ AYATAR**  
İMO İZMİR Şubesi  
Şube Sekreteri

**Ek-5: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Dilekçe Yanıtı**

1.../02/2016

Arş. Gör. Züleyha YILMAZ tarafından hazırlanan “İnşaat Maliyetlerini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesine Yönelik Bir Model Önerisi” başlıklı doktora tezinde veri edinmek amacıyla oluşturulmuş anket formunun Odamıza kayıtlı üye inşaat mühendislerine ulaştırılması hususu Yönetim Kurulu’muz tarafından uygun görülmüştür.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası



**Ek-6: Bölgelere Göre Bina Niteliği İstatistiği**

| <b><u>Bölgeler</u></b>        | <b><u>Konut</u></b> | <b><u>Yazlık-<br/>Mevsim<br/>lik</u></b> | <b><u>Kamu İş<br/>Yeri</u></b> | <b><u>Özel İş<br/>Yeri</u></b> | <b><u>Geçici<br/>Numara</u></b> | <b><u>İnşaat</u></b> | <b><u>İmara<br/>Açılan<br/>Arsa</u></b> | <b><u>Arsa</u></b> | <b><u>Tahsis<br/>Edilmiş<br/>Arsa</u></b> | <b><u>Diğer</u></b> | <b><u>Toplam</u></b> |
|-------------------------------|---------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|---|--------------------|---|---------------------|----------------------|
| <b>Akdeniz</b>                | 2.002.907           | 86.050                                   | 36.958                         | 234.620                        | 7.511                           | 69.473               | 70.177                                  | 778.508            | 137.356                                   | 173.826             | <b>3.597.386</b>     |
| <b>Doğu<br/>Anadolu</b>       | 1.594.834           | 22.666                                   | 36.388                         | 111.886                        | 1.690                           | 23.872               | 11.487                                  | 169.197            | 28.826                                    | 126.047             | <b>2.126.893</b>     |
| <b>Ege</b>                    | 2.658.132           | 95.852                                   | 49.510                         | 307.618                        | 2.663                           | 86.809               | 58.355                                  | 680.377            | 222.690                                   | 226.094             | <b>4.388.100</b>     |
| <b>Güneydoğ<br/>u Anadolu</b> | 1.222.995           | 6.015                                    | 27.134                         | 167.264                        | 1.658                           | 25.870               | 3.718                                   | 163.540            | 54.377                                    | 81.477              | <b>1.754.048</b>     |
| <b>İç<br/>Anadolu</b>         | 2.644.791           | 73.599                                   | 66.084                         | 311.510                        | 2.646                           | 83.654               | 37.536                                  | 896.552            | 126.930                                   | 220.181             | <b>4.463.483</b>     |
| <b>Karadeniz</b>              | 2.848.219           | 169.064                                  | 68.516                         | 203.882                        | 2.395                           | 67.640               | 19.502                                  | 437.469            | 57.942                                    | 330.073             | <b>4.204.702</b>     |
| <b>Marmara</b>                | 3.274.023           | 106.688                                  | 49.309                         | 601.087                        | 5.330                           | 126.382              | 46.396                                  | 1.143.861          | 273.732                                   | 208.744             | <b>5.835.552</b>     |
| <b>Türkiye<br/>Geneli</b>     | <b>16.245.901</b>   | <b>559.934</b>                           | <b>333.899</b>                 | <b>1.937.867</b>               | <b>23.893</b>                   | <b>483.700</b>       | <b>247.171</b>                          | <b>4.269.504</b>   | <b>901.853</b>                            | <b>1.366.442</b>    | <b>26.370.164</b>    |

**Kaynak:** <http://www.nvi.gov.tr/Files/File/Istatistikler/UAVT/pdf/B%C3%B6lgesel%20%C4%B0statistik.pdf>, (02.03.2016)

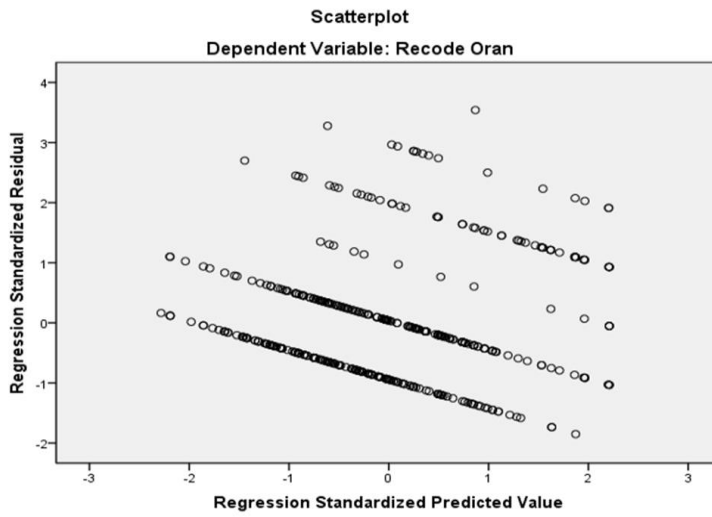
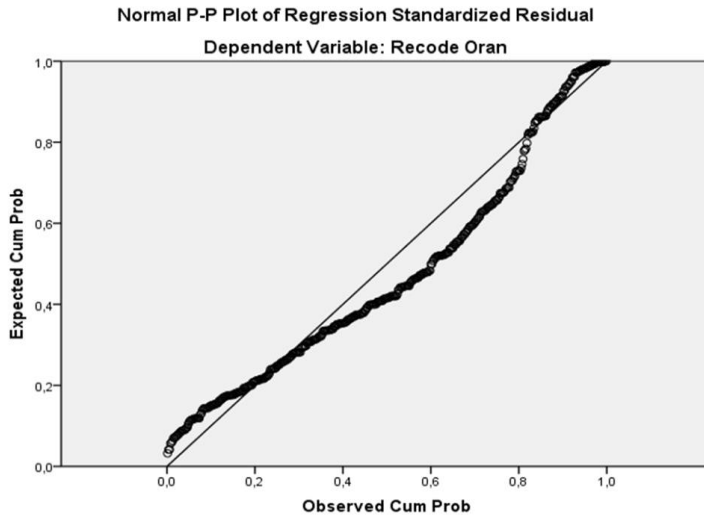
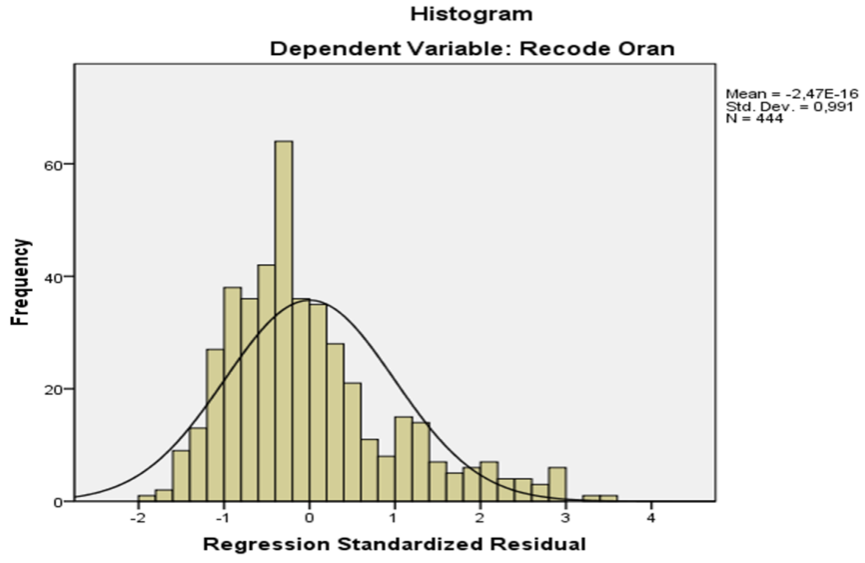
**Ek-7: Proje Verilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler (N=444)**

| <b>Bina Özellikleri</b>                          | <b><u>Min.</u></b> | <b><u>Max.</u></b> | <b><u>Ort.</u></b> | <b><u>Std. Sapma</u></b> | <b><u>Çarpıklık</u></b> | <b><u>Basıklık</u></b> |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Deprem Sınıfı                                    | 1                  | 3                  | 1,57               | 0,57                     | 0,347                   | -0,810                 |
| Kukla Deprem Sınıfı                              | 0                  | 1                  | 0,47               | 0,50                     | 0,136                   | 1,175                  |
| Bina Yaşı  | 8                  | 80                 | 26,22              | 12,11                    | 1,286                   | 1,175                  |
| Bina Yaşı (Sınıflandırılmış)                     | 1                  | 6                  | 2,89               | 1,33                     | 0,623                   | -0,365                 |
| Kukla Bina Yaşı                                  | 0                  | 1                  | 0,54               | 0,50                     | -0,154                  | -1,985                 |
| Kat sayısı                                       | 1                  | 7                  | 3,64               | 0,99                     | -0,002                  | 0,639                  |
| Toplam Alan (m <sup>2</sup> )                    | 124                | 18.350             | 2.997,86           | 2.160,02                 | 1,872                   | 7,000                  |
| Toplam Alan (m <sup>2</sup> ) (Sınıflandırılmış) | 1                  | 6                  | 3,28               | 1,60                     | 0,242                   | -1,039                 |
| Beton Basınç Dayanımı (MPa)                      | 4                  | 43                 | 13,25              | 5,42                     | 0,906                   | 1,596                  |
| Beton Basınç Dayanımı (MPa) (Sınıflandırılmış)   | 1                  | 3                  | 1,77               | 0,63                     | 0,215                   | -0,618                 |
| Kukla Beton Basınç Dayanımı (MPa)                | 0                  | 1                  | 1,45               | 0,50                     | 0,218                   | -1,961                 |
| Korozyon Durumu                                  | 1                  | 2                  | 1,43               | 0,50                     | 0,292                   | -1,923                 |
| Mevcut Donatı                                    | 1                  | 2                  | 1,27               | 0,44                     | 1,051                   | -0,899                 |
| Zemin Sınıfı (TYD2007)                           | 1                  | 4                  | 2,41               | 0,66                     | -0,027                  | -0,234                 |
| Maliyet Oranı                                    | 0,01               | 1,12               | 0,26               | 0,13                     | 1,012                   | 3,321                  |
| Maliyet Oranı (Sınıflandırılmış)                 | 1                  | 6                  | 1,96               | 1,12                     | 1,252                   | 0,744                  |
| Nihai Karar                                      | 1                  | 2                  | 1,17               | 0,38                     | 1,731                   | 1,001                  |

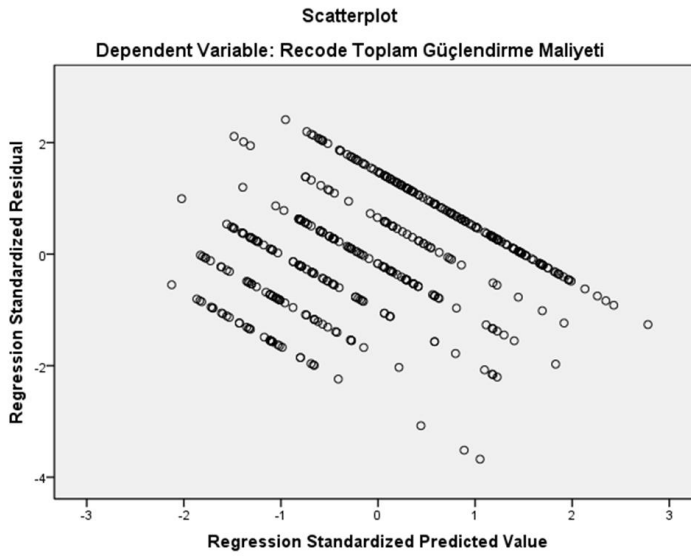
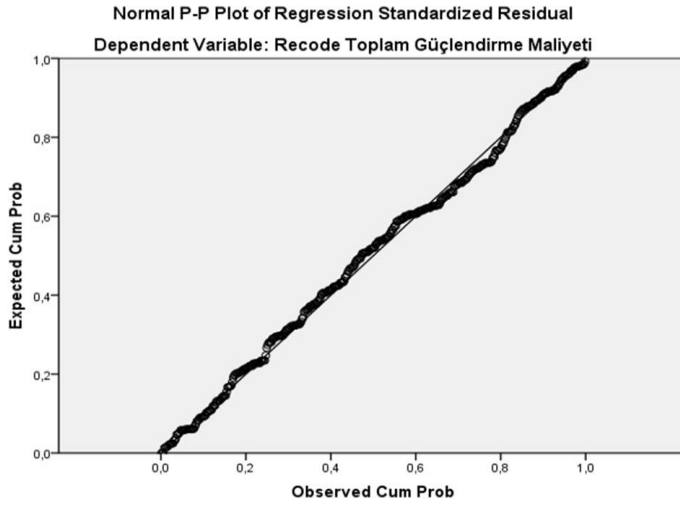
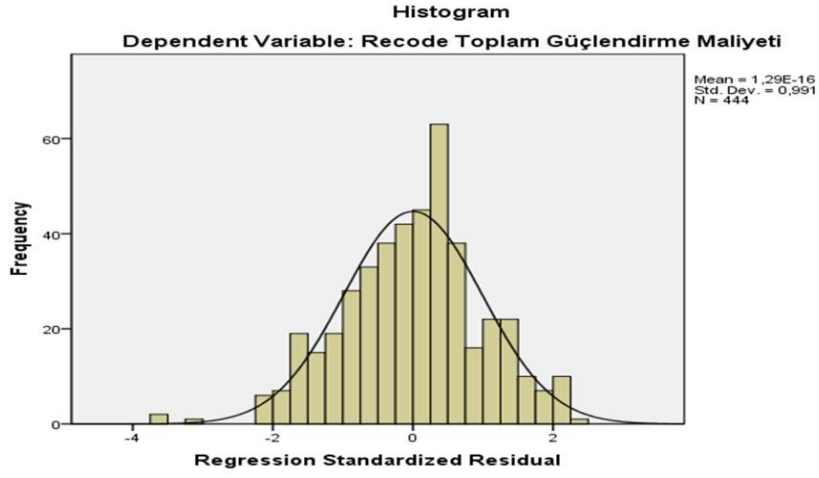
**Ek-8: Proje Maliyet Verilerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler (N=444)**

| <b>Maliyetler</b>                              | <b><u>Min.</u></b> | <b><u>Max.</u></b> | <b><u>Ort.</u></b> | <b><u>Std. Sapma</u></b> | <b><u>Çarpıklık</u></b> | <b><u>Basıklık</u></b> |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Bina Yeniden Yapım Maliyeti                    | 79.098             | 12.845.000         | 2.102.402,52       | 1.532.315,17             | 1,873                   | 6,745                  |
| Yıkım Maliyeti                                 | 683                | 147.748            | 18.792,06          | 17.037,08                | 3,121                   | 14,894                 |
| Yapısal Güçlendirme Maliyeti                   | 0                  | 2.169.815          | 262.500,39         | 229.927,25               | 2,815                   | 14,782                 |
| Mimari Güçlendirme Maliyeti                    | 0                  | 1.066.552          | 132.265,99         | 158.542,98               | 2,892                   | 10,552                 |
| Elektrik Güçlendirme Maliyeti                  | 0                  | 458.462            | 55.826,26          | 76.390,63                | 2,746                   | 8,061                  |
| Mekanik Güçlendirme Maliyeti                   | 0                  | 428.167            | 54.427,34          | 72.625,00                | 2,657                   | 8,042                  |
| Nakliye Güçlendirme Maliyeti                   | 0                  | 29.625             | 770,31             | 3.279,64                 | 5,170                   | 30,017                 |
| Toplam Güçlendirme Maliyeti                    | 1.400              | 3.282.668          | 505.790,28         | 431.563,03               | 2,388                   | 8,752                  |
| Toplam Güçlendirme Maliyeti (Sınıflandırılmış) | 1                  | 6                  | 4,209              | 1,697                    | -0,439                  | -1,070                 |
| Yıkım Maliyeti (Sınıflandırılmış)              | 1                  | 6                  | 2,239              | 1,297                    | 1,228                   | 1,040                  |
| Yeniden Yapım Maliyeti (Sınıflandırılmış)      | 1                  | 6                  | 2,541              | 1,356                    | 0,837                   | 0,148                  |

**Ek-9:** Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranına İlişkin Normallik Dağılımı Histogramı, Doğrusal Model ve Saçılım Grafiği

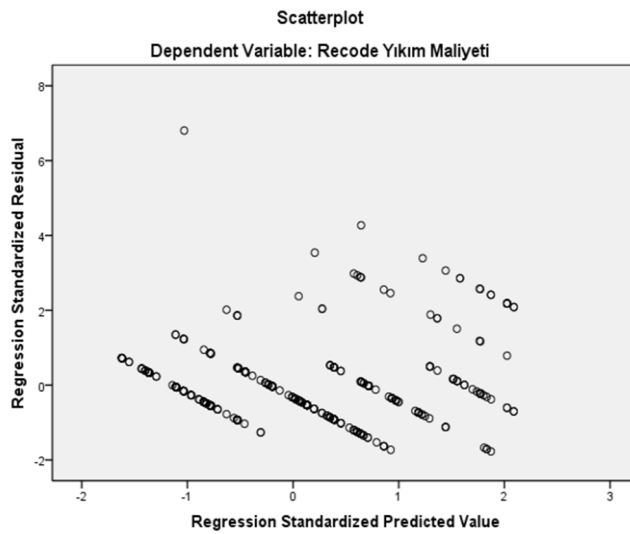
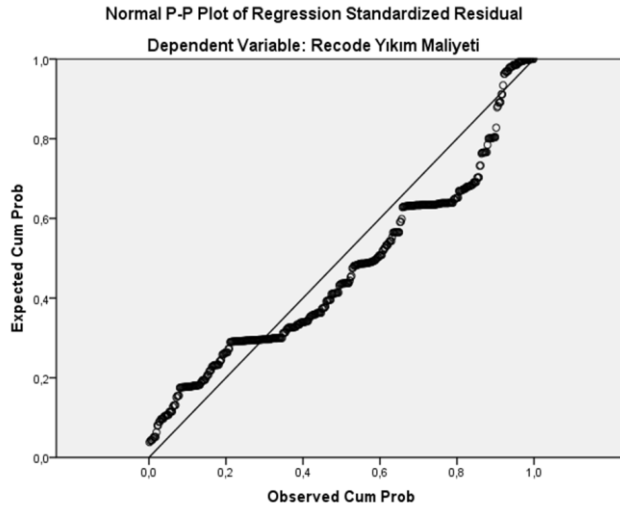
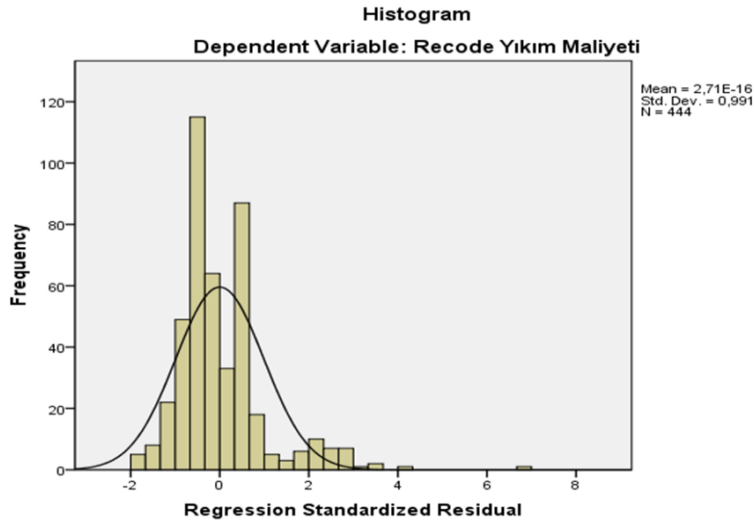


**Ek-10: Güçlendirme Maliyetine (Sınıflandırılmış) İlişkin Normallik Dağılımı**  
Histogramı, Doğrusal Model ve Saçılım Grafiği

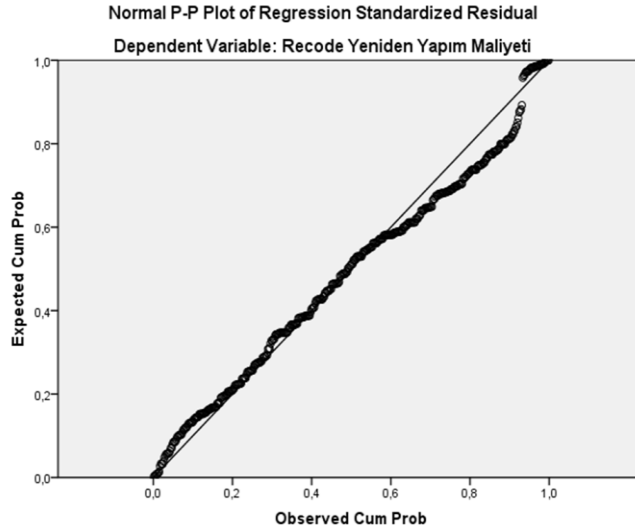
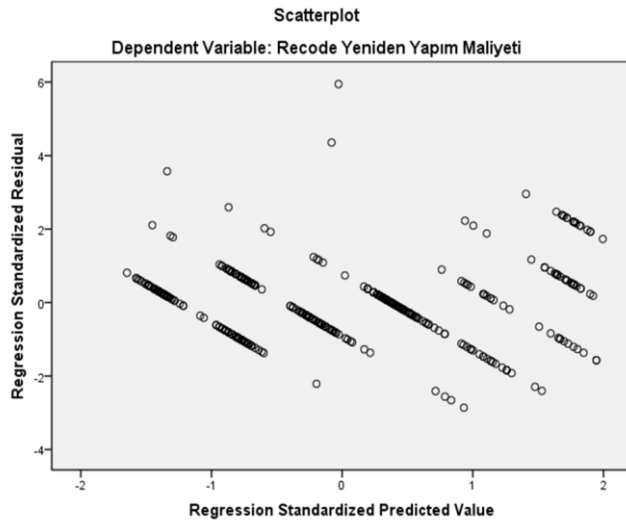
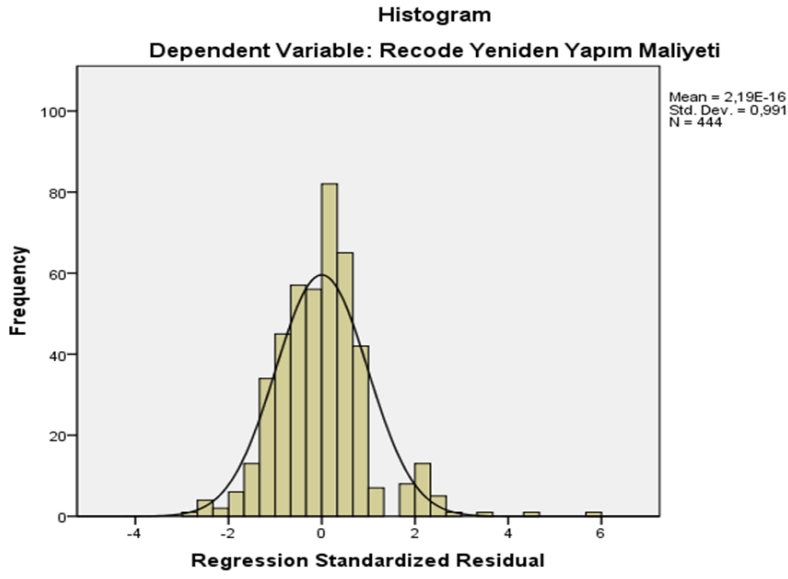




**Ek-11:** Yıkım Maliyetine (Sınıflandırılmış) İlişkin Normallik Dağılımı Histogramı, Doğrusal Model ve Saçılım Grafiği



**Ek-12: Yeniden Yapım Maliyetine (Sınıflandırılmış) İlişkin Normallik Dağılımı**  
Histogramı, Doğrusal Model ve Saçılım Grafiği



**Ek-13: Ankette Yer Alan İfadelere Ait Tanımlayıcı İstatistikler (N=385)**

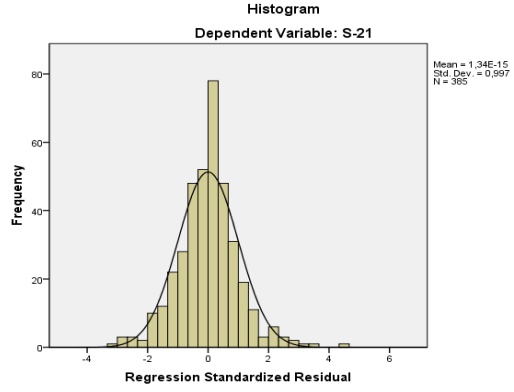
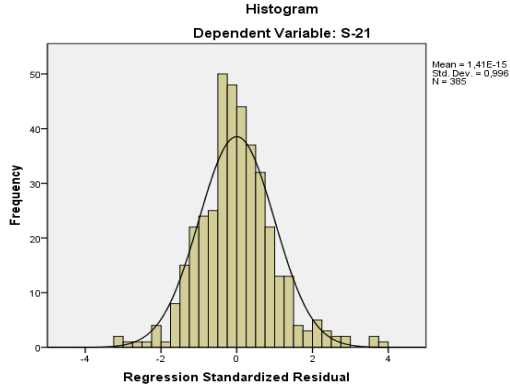
| <b>Her Bir Ölçekteki İfadeler</b>   | <b>Min.</b> | <b>Max.</b> | <b>Ort.</b> | <b>Std. Sapma</b> | <b>Çarpıklık</b> | <b>Basıklık</b> |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 6.1.Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla daha makul olması   | 1           | 5           | 3,83        | 1,301             | -0,953           | -0,225          |
| 6.2.Binanın kullanım ömrünü daha çok artırmak   | 1           | 5           | 4,11        | 1,096             | -1,148           | 0,518           |
| 6.3.Binanın ağır hasarlı olması   | 1           | 5           | 4,75        | 0,649             | -3,219           | 11,641          |
| 6.4.Binanın mimari olarak kullanım memnuniyetinin arttırılması  | 1           | 5           | 3,39        | 1,244             | -0,287           | -0,905          |
| 6.5.Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)   | 1           | 5           | 3,37        | 1,220             | -0,314           | -0,821          |
| 6.6.Bina beton basınç dayanımının çok düşük çıkması   | 1           | 5           | 4,66        | 0,733             | -2,692           | 8,232           |
| 6.7.Korozyon ve yetersiz donatı tespiti   | 1           | 5           | 4,62        | 0,730             | -2,303           | 5,922           |
| 6.8.Deprem performans düzeylerinin sağlanmaması   | 1           | 5           | 4,56        | 0,843             | -2,472           | 6,577           |
| 6.9.Binada burulma düzensizliğinin tespiti  | 1           | 5           | 4,18        | 0,979             | -1,248           | 1,227           |
| 6.10.Taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş, perde, döşeme, vs.) minimum boyutları sağlamaması   | 1           | 5           | 4,32        | 0,932             | -1,486           | 2,050           |
| 6.11.Binanın mimari ve statik projelerinin bulunmamasından kaynaklanan belirsizlik riski  | 1           | 5           | 3,54        | 1,192             | -0,493           | -0,613          |
| 7.1.Yıkıp yeniden yapma maliyetinin güçlendirme maliyetine oranla çok yüksek olması   | 1           | 5           | 3,79        | 1,236             | -0,729           | -0,511          |
| 7.2.Binanın hafif / orta hasarlı olması   | 1           | 5           | 3,55        | 1,025             | -0,590           | -0,037          |
| 7.3.Bina sahibinin kişisel durumu ve tercihleri (ekonomik güç, vs.)   | 1           | 5           | 3,36        | 1,204             | -0,294           | -0,747          |
| 7.4.Binanın konumu (bitişik nizam olması, vs.)  | 1           | 5           | 2,94        | 1,323             | -0,054           | -1,110          |
| 7.5.Hukuksal açıdan (tarihi bina olması, imar problemi, sit alanı, vs.) yıkılıp yeniden yapıma elverişli olmaması                                   | 1           | 5           | 4,37        | 1,004             | -1,823           | 2,939           |
| 7.6.Bina yıkılıp yeniden yapıldığında kat sayısı kaybına uğramamak  | 1           | 5           | 3,56        | 1,292             | -0,546           | -0,789          |
| 7.7.Yeni bina yapımı için alınacak yasal izinlerin yüksek maliyetli olması  | 1           | 5           | 3,03        | 1,303             | -0,077           | -1,055          |
| 7.8.Binanın yasal zorunluluklar açısından yeterli olması (minimum beton dayanımı, kolon/kiriş boyutları, donatı yeterliliği, bina statığı, vs, ...) | 1           | 5           | 3,94        | 1,079             | -0,832           | 0,036           |
| 7.9.Deprem performans düzeylerinin sağlanması   | 1           | 5           | 4,12        | 1,046             | -1,185           | 0,896           |
| 8.1.Kat sayısı  | 1           | 5           | 4,18        | 1,026             | -1,306           | 1,250           |
| 8.2.Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı  | 1           | 5           | 4,28        | 0,959             | -1,449           | 1,865           |
| 8.3.Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.)  | 1           | 5           | 3,14        | 1,224             | -0,171           | -0,911          |

|   |   |   |      |       |        |        |
|---|---|---|------|-------|--------|--------|
| 8.4.Bina beton basınç dayanımı                                      | 1 | 5 | 4,14 | 1,063 | -1,167 | 0,639  |
| 8.5.Önem katsayısı  | 1 | 5 | 3,95 | 1,075 | -0,912 | 0,286  |
| 8.6.Donatı çeliği sınıfı  | 1 | 5 | 3,92 | 1,089 | -0,902 | 0,227  |
| 8.7.Binanın deprem hasar düzeyi (ağır, orta, hafif)                 | 1 | 5 | 4,54 | 0,739 | -1,891 | 4,532  |
| 8.8.Bina statiği  | 1 | 5 | 4,38 | 0,858 | -1,716 | 3,510  |
| 8.9.Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                          | 1 | 5 | 3,62 | 1,243 | -0,704 | -0,436 |
| 8.10.Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       | 1 | 5 | 4,03 | 1,047 | -1,054 | 0,629  |
| 8.11.Binanın yaşı   | 1 | 5 | 3,83 | 1,094 | -0,791 | 0,001  |
| 8.12.Zemin tipi   | 1 | 5 | 4,05 | 1,037 | -1,037 | 0,594  |
| 8.13.Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)              | 1 | 5 | 3,17 | 1,290 | -0,152 | -0,988 |
| 10.1.Kat sayısı   | 1 | 5 | 4,39 | 0,918 | -1,696 | 2,770  |
| 10.2.Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) | 1 | 5 | 4,15 | 1,065 | -1,189 | 0,672  |
| 10.3.Bina beton basınç dayanımı                                     | 1 | 5 | 3,11 | 1,280 | -0,110 | -1,011 |
| 10.4.Binanın yaşı   | 1 | 5 | 2,75 | 1,268 | 0,202  | -0,937 |
| 10.5.Bina statiği   | 1 | 5 | 3,04 | 1,247 | -0,111 | -0,866 |
| 10.6.Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         | 1 | 5 | 4,14 | 0,970 | -1,152 | 1,087  |
| 10.7.Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       | 1 | 5 | 4,05 | 0,995 | -0,940 | 0,402  |
| 10.8.Binanın bitişik nizam olması                                   | 1 | 5 | 4,11 | 0,923 | -0,817 | 0,061  |
| 12.1.Kat sayısı   | 1 | 5 | 4,32 | 0,896 | -1,362 | 1,602  |
| 12.2.Binanın bulunduğu bölgenin deprem sınıfı                       | 1 | 5 | 3,98 | 0,980 | -0,704 | -0,144 |
| 12.3.Konum (ana cadde üzeri, şehir merkezi, ilçe, kırsal alan, vs.) | 1 | 5 | 3,49 | 1,206 | -0,365 | -0,785 |
| 12.4.Binanın kalitesi (lüks, I. sınıf, II. sınıf, vs.)              | 1 | 5 | 4,29 | 0,953 | -1,434 | 1,844  |
| 12.5.Önem katsayısı   | 1 | 5 | 3,75 | 1,028 | -0,533 | -0,203 |
| 12.6.Bina statiği   | 1 | 5 | 3,79 | 1,017 | -0,582 | -0,139 |
| 12.7.Binanın toplam alanı (m <sup>2</sup> )                         | 1 | 5 | 4,32 | 0,902 | -1,393 | 1,669  |
| 12.8.Binanın yapısı (yığma, betonarme, çelik, prefabrik, vs.)       | 1 | 5 | 4,28 | 0,875 | -1,376 | 2,192  |
| 12.9.Zemin tipi   | 1 | 5 | 3,97 | 0,968 | -0,762 | 0,253  |

**Ek-14: Anketlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçlarına Göre Normallik Dağılımları**

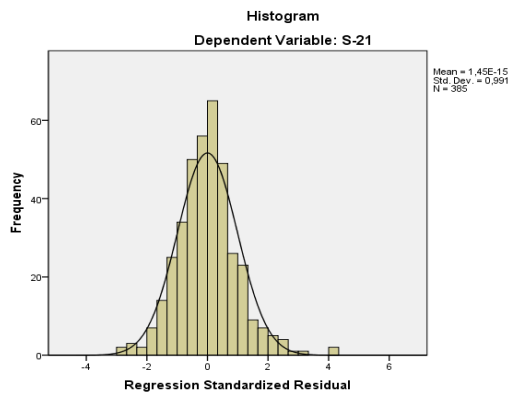
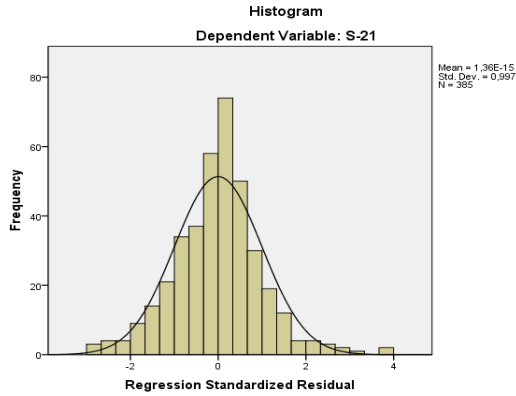
Güçlendirmeye Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı

Yıkıma Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



Yapıma Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı

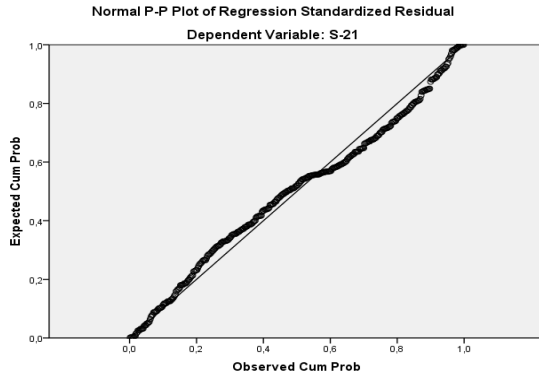
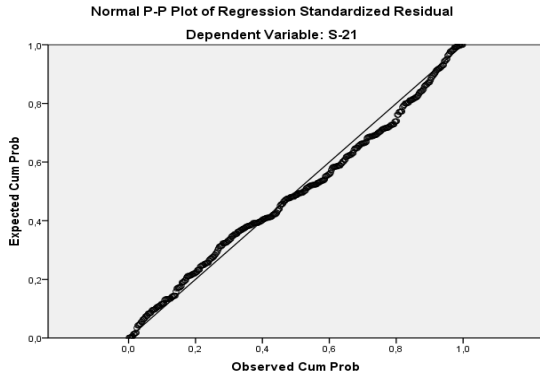
Bütün Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



**Ek-15:** Anketlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçlarına Göre Doğrusal Modeller

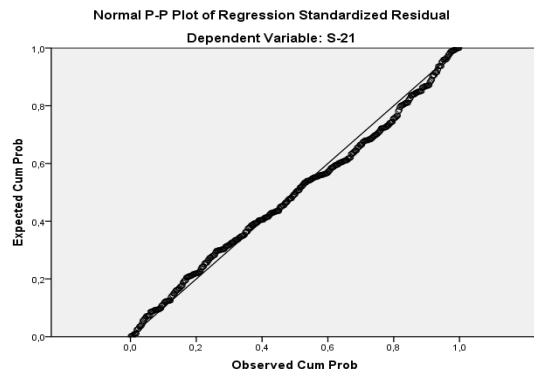
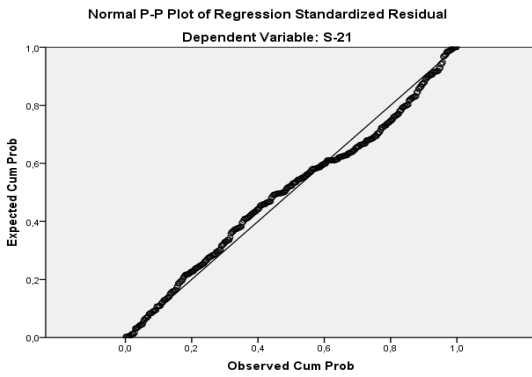
Güçlendirmeye Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı

Yıkıma Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



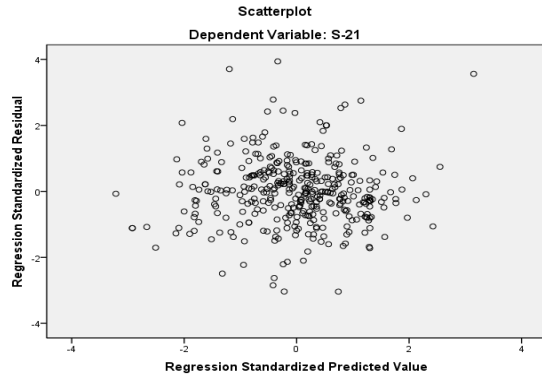
Yapıma Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı

Bütün Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı

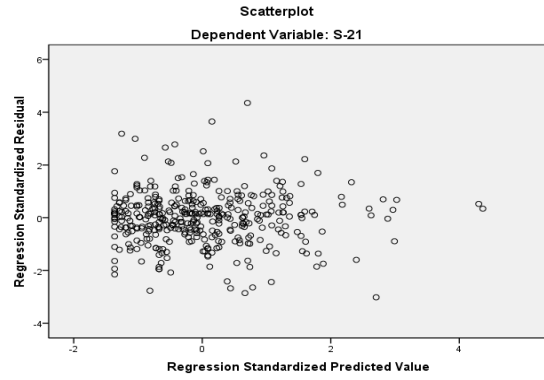


**Ek-16:** Anketlere Ait Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçlarına Göre Saçılım Grafikleri

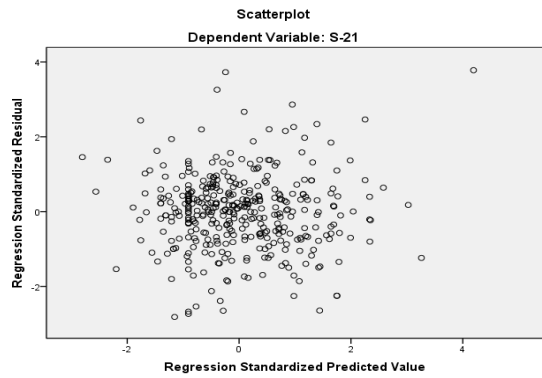
Güçlendirmeye Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



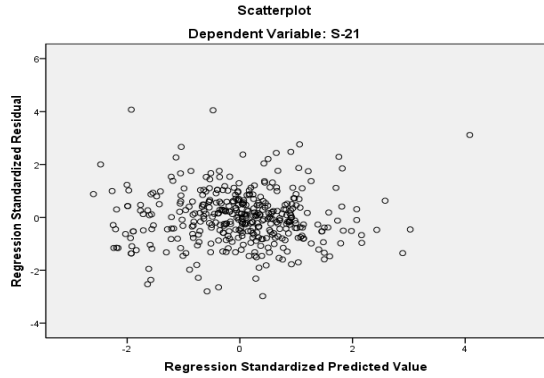
Yıkıma Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



Yapıma Ait Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



Bütün Faktörler ve  
Güçlendirme/Yıkım-Yapım Maliyet Oranı



## ÖZGEÇMİŞ

1982 Yılında Ordu / Ünye'de doğan Züleyha YILMAZ; ilk, orta ve lise eğitimini Ordu/ İkizce'de tamamlamış olup 1998 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü'nü kazanmıştır. 2002 Yılında okul birinciliği ile tamamladığı lisans eğitiminin ardından, aynı yıl İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü, Muhasebe Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans yapmaya hak kazanmıştır. 2004 Yılında yüksek lisansını tamamladıktan sonra 2005-2006 yılları arasında Ünye Ünplak Plastik ve İnşaat Mlz. Tic. Ltd. Şti.'de muhasebe sorumlusu olarak çalışmıştır. 2006 Yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü'nde doktora yapmaya hak kazanmıştır. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Milli Piyango Yabancı Diller Yüksek Okulu'nda İngilizce Hazırlık Programı'nı tamamladıktan sonra 2007 yılında doktora derslerine başlamıştır. Yine 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Beşikdüzü Meslek Yüksek Okulu, Muhasebe ve Vergi Bölümü'nde öğretim görevlisi olarak görev yapmaya başlamıştır. Aynı yıl Milli Eğitim Bakanlığı, Yurt Dışı Lisansüstü Öğrenim Bursu'nu kazanmış ve 2008 yılında Ordu Üniversitesi adına burslu öğrenci statüsünde Amerika Birleşik Devletleri'ne gönderilmiştir. 2008 Yılı süresince University of Pennsylvania'da İngilizce eğitimi almış olup, 2009 yılında Drexel Üniversitesi, LeBow College of Business'da Muhasebe yüksek lisansına başlamış ve bu programı 2011 yılında tamamlamıştır. 2011 Yılında Türkiye'ye dönen Züleyha YILMAZ, öğrenci affından yararlanarak Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bölümü'ndeki doktora eğitimine kaldığı yerden devam etmiştir. 2012 Yılında adına burslu olarak gönderildiği Ordu Üniversitesi, Ünye İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Muhasebe-Finansman Ana Bilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak görev yapmaya başlamış olup, halen aynı Üniversitede görevini sürdürmektedir. Züleyha YILMAZ bekâr olup, İngilizce bilmektedir.