

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YENİLEME PROJELERİNİN YÖNETİM SÜREÇLERİNDE YAPI BİLGİ
MODELLEMESİNİN KULLANIMI: VAKA ÇALIŞMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Ümit BAHADIR

**OCAK 2018
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Ümit BAHADIR tarafından hazırlanan**

**YENİLEME PROJELERİNİN YÖNETİM SÜREÇLERİNDE YAPI BİLGİ
MODELLEMESİNİN KULLANIMI: VAKA ÇALIŞMASI**

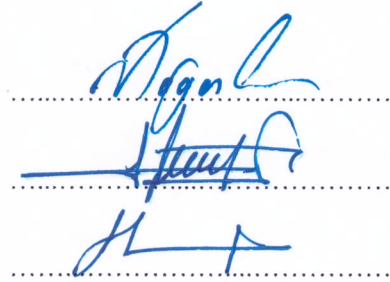
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 19 / 12 / 2017 gün ve 1732 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Vedat TOĞAN

Üye : Doç. Dr. Serkan BEKİROĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri BAŞAĞA



**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmamın başından sonuna kadar istisnasız her aşamasında beni destekleyen, daha iyi ve güzel çalışmalar için devamlı teşvik eden değerli Hocam Sayın Doç. Dr. Vedat TOĞAN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde değerli görüşlerini ve bilgilerini benimle paylaşan, yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli Hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri BAŞAĞA'ya, Sayın Doç. Dr. Tayfun DEDE'ye, Sayın Yrd. Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA'ya ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Onur Behzat TOKDEMİR'e göstermiş oldukları özveri, anlayış ve içtenliklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Tezin hazırlanması sırasında bana destek olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Arş. Gör. Bayram Ali TEMEL'e, Arş. Gör. Sebahat KARACA'ya, Arş. Gör. Ahmet KUVAT'a, Arş. Gör. Duygu TEKİN'e, Arş. Gör. Osman Tuğrul BAKİ'ye, Öğr. Gör. Ediz BOZ'a, İnş. Yük. Müh. Xhensila THOMOLLARI'ye, İnş. Müh. Hasan BAŞAK'a ve İnş. Müh. Azim EİRGASH'a çok teşekkür ederim.

Zor zamanlarımdaki desteği, sevgisi ve anlayışı için sevgili eşime ve bu günlere gelmemde ellerinden gelen tüm imkânları sağlayan, maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen değerli aileme minnet ve şükranlarımı sunar, bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Ümit BAHADIR
Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yapı Bilgi Modellemesinin Yenileme Projelerinde Kullanım Etkinliği Üzerine Bir Vaka Çalışması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Vedat TOĞAN’nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 04/01/2018



Ümit BAHADIR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Literatür Taraması	2
1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı	9
1.4. Yapı Bilgi Modellemesi	10
1.4.1. Yapı Bilgi Modellemesi Kavramı	10
1.4.2. Yapı Bilgi Modellemesinin Avantajları ve Dezavantajları	15
1.4.3. Yapı Bilgi Modellemesinin Getirdiği Yeni Kavramlar	19
1.4.3.1. Parametrik Modelleme	20
1.4.3.2. Birlikte Çalışılabilirlik.....	21
1.4.3.3. Çakışma Analizi	21
1.4.3.4. Çok Boyutluluk (nB)	22
1.4.3.5. Detay Seviyesi (LOD)	23
1.4.4. Türkiye’de ve Dünya’da Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı.....	25
1.4.5. Mevcut Binaların Tadilat/Yenileme Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı.....	28
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	30
2.1. Giriş	30
2.2. Yöntem	31
2.3. Birinci Aşama: Proje ile İlgili Bilgilerinin Alınması	32
2.4. İkinci Aşama: Mevcut Binanın Rölövesinin Alınması.....	33
2.5. Üçüncü Aşama: Binanın Mevcut Halinin 3 Boyutlu Modellenmesi.....	38

2.6.	Dördüncü Aşama: Tadilat Projesinin Alınması ve 3 Boyutlu Modellenmesi	41
2.7.	Beşinci Aşama: Proje Süresi Boyunca Karşılaşılan Problemlerin Belirlenmesi..	45
2.8.	Altıncı Aşama: Yapı Bilgi Modellemesinin Karşılaşılan Problemler Üzerindeki Etkileri	49
3.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
4.	KAYNAKLAR.....	63
5.	EKLER	69
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

YENİLEME PROJELERİNİN YÖNETİM SÜREÇLERİNDE YAPI BİLGİ
MODELLEMESİNİN KULLANIMI: VAKA ÇALIŞMASI

Ümit BAHADIR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Vedat TOĞAN
2018, 68 Sayfa, 1 Sayfa Ek

Yaygın olarak kullanılmaya başlanan Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin proje paydaşlarına sunabildiği faydalar pek çok araştırmaya konu olsa da bu faydaların yenileme projelerinde de olabildiğini gösteren çalışmaların az olduğu literatürden görülebilmektedir. Bu tez çalışmasında, atıl durumda olan bir yapının geleneksel proje yönetim süreçleri ile devam eden yenileme çalışmalarında karşılaşılan problemler belirlenmiş ve bu problemlere Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin proje yönetim sürecine dahil edilmesi durumunda üretebildiği çözümler araştırılmıştır. Bu amaçla, ilk olarak vaka çalışması olarak incelenecek binanın proje yönetim süreçleriyle ilgili bilgiler proje sorumluları ile yapılan görüşmelerle elde edilmiştir. Edinilen bilgiler ışığında proje yönetim süreci Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisi ile yeniden modellenmiş ve elde edilen bu modeller aracılığı ile proje yönetim süreci tekrardan Yapı Bilgi Modellemesi tabanlı olarak takip edilmiştir. Çalışma sonucunda, mevcut binaların tadilat projelerinin tasarım ve yapım aşamalarında Yapı Bilgi Modellemesinin, yeni yapım projelerine sağladığı kullanım avantajlarına paralel olarak bu projelerin proje yönetim süreçlerine de katkı sağlayabildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modellemesi, Mevcut Binalar, Yenileme Çalışmaları, Proje Yönetim Süreci.

Master Thesis

SUMMARY

THE USE OF BUILDING INFORMATION MODELING IN MANAGEMENT
PROCESS OF RETROFIT PROJECTS: A CASE STUDY

Ümit BAHADIR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Associate Prof. Dr. Vedat TOĞAN
2018, 68 Pages, 1 Page Appendix

Although the benefits that the widely used Building Information Modeling technology can bring to project stakeholders are addressed in many researches, it can be seen from the literature that there are few studies showing that these benefits may also be in retrofit projects. In this study, the problems encountered in the retrofit works carried out by traditional project management processes for an existing building have been determined, and the solutions that are able to produce for these problems in the case of incorporating the Building Information Modeling technology into the project management process have been investigated. For this purpose, firstly information about the project management processes of the building, which will be examined as a case study, was obtained from interviews with project managers. In the light of this gathered information, the project management process was again modeled with the Building Information Modeling technology, and through the obtained models, the project management process was followed up again with the Building Information Modeling basis. As a result of the study, it is seen that the Building Information Modeling can contribute to the project management processes of the retrofit projects of existing buildings in parallel with the advantages of use provided to new construction projects during their design and construction stages.

Key Words: Building Information Modeling, Existing Buildings, Retrofit Projects, Project Management Process.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	YBM süreci.....	11
Şekil 2.	İnşaat ve tarım dışı diğer sektörlerin verimlilik karşılaştırması	13
Şekil 3.	MacLeamy Eğrisi.....	14
Şekil 4.	Kullanıcılara göre projeye en çok değer sağlayan YBM faydaları.....	16
Şekil 5.	Nesne tabanlı-parametrik modelleme	20
Şekil 6.	Çakışma analizi.....	22
Şekil 7.	Çok boyutlu (nB) YBM	23
Şekil 8.	İngiltere için zorunlu YBM kullanım düzeyleri	26
Şekil 9.	Atıl durumdaki otel binası	31
Şekil 10.	Binanın rölöve aşamasındaki mevcut hali	34
Şekil 11.	İkinci rölöve alımı sırasında otel binasının durumu	36
Şekil 12.	Çatı katının rölöve alım aşamasındaki hali.....	37
Şekil 13.	Mevcut binanın 3B modeli	38
Şekil 14.	Birinci katın 3B kat plan kesiti	38
Şekil 15.	Elemanların LOD seviyelerinin 3B görseli	40
Şekil 16.	Mimari 2B tadilat projesi.....	41
Şekil 17.	Tadilat projesi 3B model ve kesit	42
Şekil 18.	Tadilat çalışmaları devam ederken otel binası.....	43
Şekil 19.	Mevcut ve yeni yapılan imalatların kat planında görünümü	44
Şekil 20.	Şaftlar arasındaki farklılıklar	46
Şekil 21.	Tesisatı yapabilmek için yerinde gerçekleştirilen çözüm.....	47
Şekil 22.	İç duvarlara alçıpan kaplama yapılması	48
Şekil 23.	Karşılaşılan problemler ve maliyetleri.....	49
Şekil 24.	YBM ve geleneksel proje yönetim süreçleri	50
Şekil 25.	Mimari ve mekanik projeler arası çakışma.....	51
Şekil 26.	Revizyon sonrası mekanik tesisatların 3B planda gösterimi	52
Şekil 27.	Yangın tesisatı ile asma tavan arasındaki problem.....	53
Şekil 28.	Maliyet artışına problemlerin etki yüzdeleri.....	54
Şekil 29.	Firmalardan alınan 3B modelleme fiyatları.....	54
Şekil 30.	Elemanlara girilen bilgiler ve metrajların oluşturulması	56

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. YBM yatırım getirileri analizi.....	4
Tablo 2. YBM teknolojisi ve CAD sistemi karşılaştırması.....	14
Tablo 3. CAD ve YBM sistemlerindeki modelleme farklılıkları.....	18
Tablo 4. LOD tanımları.....	24
Tablo 5. Mevcut otel binasına ait kat alanları	33
Tablo 6. Elemanların LOD detay seviyeleri.....	39
Tablo 7. Yeni 3B modelin elemanlarının LOD seviyesi	44
Tablo 8. Proje değişikliklerinden dolayı artan sürede oluşan maliyet artışları	53
Tablo 9. 3B modellerin fiyat tablosu.....	55

KISALTMALAR LİSTESİ

CAD	Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım
IFC	(Industrial Foundation Classes)
LOD	Level of Detail- Detay Seviyesi
nB	Çok Boyut(lu)
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi
2B	2 Boyut(lu)
3B	3 Boyut(lu)
4B	4 Boyut(lu)
6B	6 Boyut(lu)
7B	7 Boyut(lu)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Teknolojideki gelişmelerin hayatın her alanına girmesiyle diğer sektörlerde olduğu gibi inşaat sektöründe de verimliliği artırmak için çok önemli değişimler ve gelişmeler yaşanmaktadır. Bu değişimlerin en önemlileri tasarım araçlarında ve süreçlerinde gerçekleşmektedir.

İnşaat projelerinin proje boyutlarının büyümesi ile birlikte karmaşık hale gelen yapısı ve proje paydaşlarının artan sayısı, proje yönetiminin giderek daha zor yönetilen bir süreç olmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple güçleşen bu süreci kolaylaştırmak adına yeni bir proje yönetim aracı olarak Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) teknolojisi ortaya çıkmıştır. YBM'nin kullanımı dünyada her geçen gün artmaktadır.

YBM, yapının yaşam döngüsü boyunca gerek duyulan tüm bilgilerinin tek bir model üzerinde projelendirilebildiği ve projelerde yapılacak her değişimin tüm çıktılara aktarılabilirdiği bir proje teslim süreci olarak tanımlanabilmektedir. Oluşturulan model ve bilgiler ile birlikte geleneksel proje teslim süreçlerinde ortaya çıkan proje paydaşları arasındaki koordinasyon eksikliği, kesitlerin ve görünüşlerin karmaşıklığı, projelerin ve projedeki elemanlar arasında ortaya çıkan çakışma sorunları ve işletme aşamasındaki bilgi eksikliği gibi inşaat sektörünün sıkça karşılaştığı sorunlara daha hızlı ve kolay çözüm üretebilmektedir. Ayrıca, projede tasarlanan yapıyla ilgili iş planlaması modele eklenebilmekte, enerji analizleri, sanal ortamda şantiye planlaması ve çevresel etki değerlendirmeleri gibi analizler model üzerinden yapılabilmektedir. YBM sunduğu bu özellikleri sayesinde projelerin öngörülen zaman ve maliyette tamamlanmasına büyük katkı sağlamaktadır.

Yapım projelerinde karşılaşılan bu sorunlar (koordinasyon eksikliği, proje çıktılarının karmaşıklığı, elemanlar arası çakışmalar vb.), yeni inşaat projelerinde olduğu gibi mevcut binaların yenileme/tadilat projelerinde de ortaya çıkmaktadır. Yenileme/tadilat projelerinde, eksik ve eskimiş bina bilgilerinden kaynaklı etkisiz proje yönetimi ve belirsiz proje yönetim süreci sonuçları olabilmektedirler. Bu sorunlar da projede zaman kaybı ve maliyet artışı yaşanmasına sebep olmaktadır. Bu sorunları çözebilmek için YBM'nin yeni inşaat projelerinin farklı aşamalarında (tasarım, inşa vb.) ve bir bütün olarak proje yaşam

döngüleri boyunca kullanımında ortaya koyduğu yararları dikkate alındığında yenileme/tadilat projelerinde de YBM'nin kullanımının inşaat sektörü için önemli bir değişime neden olacağı öngörülmektedir.

1.2. Literatür Taraması

Sunulan literatür araştırmasında YBM'nin, mevcut bina projeleri ve yenileme/tadilat projelerinde dolaylı ya da doğrudan kullanımını inceleyen çalışmalar verilmektedir.

İncelenen çalışmalarda proje katılımcılarının YBM'yi proje yönetim sürecinde kullanmanın üretkenlik ve maliyet tasarrufu sağladığı konusunda ortak bir kanı oluştuğu görülmektedir. Ayrıca YBM'nin 3 boyutlu (3B) görselleştirme, daha iyi eşgüdüm ve işbirliği, metraj ve dokümantasyon süreçlerinde verimlilik gibi maddi olmayan yararlar sağlayabildiği de tespit edilmiştir (Öktem ve Ergen, 2014). YBM kullanımının inşaat maliyetlerinde %15-40 arasında değişen potansiyel tasarruflar sağladığı ifade edilmektedir (Holness, 2006). Bununla birlikte, İnşaat Sanayi Enstitüsü (Construction Industry Institute-CII) kuruluşunun YBM kullanımıyla gelişen koordinasyon ve yaşanan daha az çatışma nedeni ile projelerde %3-7,5 aralığında maliyet tasarrufu tahmin ettiği belirtilmektedir (Holness, 2008).

YBM kullanımının yatırımdaki getirilerini takip eden %48'lik bir kesimin olduğu ve bu takipte ilgi duyulan altı temel alanın olduğu belirtilmektedir. Bu alanlar; iyileştirilmiş proje çıktıları, 3B görselleştirme yoluyla daha iyi iletişim, personeldeki verimlilik artışı, YBM kullanılarak oluşturulan projelerin seçilmesine olan olumlu etkisi, YBM'nin yaşam döngüsü değerleri ve YBM kullanımı için personel eğitiminin başlangıç maliyeti olarak verilmektedir (McGraw Hill, 2008).

Giel vd. (2009), YBM kullanılan ve kullanılmayan değişik özelliklerdeki projeleri iki ayrı vaka çalışması olarak incelemişlerdir. Birinci vaka çalışmasında küçük ticari depo/ofis projeleri (Proje A ve Proje B), ikincisinde ise büyük orta katlı apartman projeleri (Proje C ve Proje D) incelenmiştir. Bu projelerden Proje C'de YBM kullanımı ile giderilebilir pek çok sorunların ortaya çıktığı görülmüştür. Bunlardan en önemlisinin de arazi planlaması yapılırken yapılan hata olduğu belirtilmektedir. Bu hatadan kaynaklanan problemin çözümü için 24862 \$ harcanmıştır. Diğer taraftan mimari, statik ve makine projelerinde 2 boyutlu (2B) çizimlerden ileri gelen tutarsızlıkların olduğu belirlenmiştir. Projeye etki eden değişiklik talimatlarının tutarının 472316 \$'a ulaştığı belirtilmiştir. Ayrıca proje süresinde

426 gün gecikme olduğu, bu gecikmenin 221 gününün YBM kullanımı ile giderilebileceği görülmüştür. Taslak çizimlerdeki hatalar, önemli yapısal boyut çatışmaları, aksların sapması nedeniyle kolonların yeniden yerleştirilmesi gibi sorunlar projede karşılaşılan diğer sorunlar olarak görülmüştür. Proje C'nin benzeri olan ve YBM kullanarak gerçekleştirilen Proje D ise 60 gün erken tamamlanmıştır. YBM destekli olarak gerçekleştirilen bir diğer projede değişiklik talimatlarının %48 oranında azaldığı görülmüştür. Bu projeye benzer ancak YBM kullanılmayan bir diğer projede ise iki ay gecikme olduğu saptanmıştır. Ayrıca YBM kullanılmayan yaşam tesisi projesinde, YBM kullanımı ile önlenebilir dört değişiklik talimatının proje maliyetine yaklaşık 30775 \$'lık ek artış getirdiği görülmüştür (Giel ve Issa, 2013).

Özge (2009), YBM tabanlı programları ve bu programların ülkemizdeki kullanımını incelemiştir. YBM kullanacak firmaların farklı disiplinlerin işbirliğine dayalı bir çalışma sistemini benimsemiş olmaları gerektiğini, geleneksel araçlarla oluşturulan modellerin yerine YBM modellerinin ve araçlarının kullanımının hem zaman kazandırmakta hem de bilgi paylaşımında kullanıcı kaynaklı hataların oluşmasını önlediğini vurgulamıştır.

Özcan (2010), yapı bilgi sistemine geçiş evresindeki uyum sürecini ve tespit edilen aksaklıkları araştırmıştır. YBM için öncü sayılabilecek yazılımları (Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Nemetschek Allpan) anlatarak YBM kullanılan bir proje örneğinde, proje üretim sürecinin nasıl gerçekleşeceğini ortaya koymuştur. Bunların yanı sıra Özcan (2010), 2009-2010 güz yarıyılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrencilerine verilen Revit Architecture 2010 dersi sonrası öğrenciler ile anket çalışması yapmıştır. Yaptığı anket çalışması sonucunda, öğrencilerin %85'lik bölümünün genel olarak YBM yazılımının geleneksel tasarım yöntemlerine oranla daha başarılı olduğunu, %75'lik bölümünün YBM yönteminin geleneksel yöntemle oranla daha hızlı sonuç verdiğini, %90'lık kesiminin ise daha verimli bir üretim süreci ortaya koyduğunu düşündüğünü belirtmiştir. Bu anket sonuçlarına ek olarak, katılımcıların %50'sinin YBM yazılımını kullandığında tasarımlarını tam olarak projeye yansıtamadıkları, %15'nin ise tasarımlarını tam olarak yansıtabildikleri ve %95'lik kesiminin de YBM kullanımı ile tekrarlanan çizim işlerini azalttıkları yönünde görüş bildiklerini söylemiştir.

Azhar (2011), YBM'nin yatırım getirilerini ölçmek için Holder Construction tarafından yapılan 30'dan fazla projeyi incelemiştir. Bunun sonucunda 10 projeden detaylı maliyet verileri elde etmiştir. Bu veriler ile birlikte YBM'nin yatırım getirisine katkısının

incelenen projelerde %140 ile %39900 arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Tablo 1’de Azhar’ın (2011) bu projelerden elde ettiği yatırım getirileri verilmektedir.

Tablo 1. YBM yatırım getirileri analizi

Yıl	Maliyet (\$M)	Proje	YBM Maliyeti (\$)	Direk YBM Kazancı (\$)	Net YBM Kazancı(\$)	YBM Yatırım Getirisi (%)
2005	30	Ashley Overlook	5000	135000	130000	2600
2006	54	Progressive Data Center	120000	395000	232000	140
2006	47	Raleigh Marriott	4288	500000	495712	11560
2006	16	GSU Library	10000	74120	64120	640
2006	88	Mansion on Peachtree	1440	15000	6850	940
2007	47	Aquarium Hilton	90000	800000	710000	780
2007	58	1515 Wynkoop	3800	200000	196200	5160
2007	82	HP Data Center	20000	67500	47500	240
2007	14	Savannah State	5000	2000000	1995000	39900
2007	32	NAU Sciences Lab	1000	330000	329000	32900

Barlish (2011), YBM’nin yararlarını analiz etmek ve sonuçlarını sayısallaştırmak için bir hesaplama modeli geliştirmiştir. Geliştirdiği modeli YBM uygulanan ve uygulanmayan benzer projelere uygulamıştır. Tadilat projeleri açısından, YBM’nin projedeki değişiklik taleplerini geleneksel metoda kıyasla %42 oranında azalttığı, projenin iş programında ise yine geleneksel olan göre %67 oranında daha az değişime yol ağtığı gibi önemli sonuçlara ulaşmıştır.

Ma vd. (2012), mevcut binaların en iyi tadilat seçeneklerinin doğru seçilmesi ve tanımlanması için bir sistematik yaklaşım sunmuşlardır. Binaların yenilenmesini etkileyen kilit unsurları; yenileme/tadilat teknolojileri, politikalar ve düzenlemeler, müşteri istekleri ve beklentileri, bina özel bilgileri, insan faktörü ve diğer belirsizlik faktörleri olarak tespit etmiştirler. Bir binanın yenileme projesinin başarısı için gerekli olan başlıca yenileme faaliyetlerini; enerji denetimi, bina performans değerlendirmesi, enerji faydalarının sayısallaştırılması, ekonomik analiz, risk değerlendirmesi ve enerji tasarruflarının ölçülmesi gibi sıralayarak etkilerini incelemişlerdir.

Lee vd. (2012), tasarım hatalarından kaynaklı oluşan ek maliyetlerden kaçınmak için YBM kullanımına ilişkin bir vaka çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda altı adet

yüksek ve orta katlı binadan 709 adet tasarım hatası tespit ederek bu hataları analiz etmişlerdir. Bu analizler sonucunda yalnızca proje gecikmelerinden kaynaklanan kaçınma maliyetlerine bağlı olarak %22 ile %335 arasında yatırım getirileri elde edildiği ve bu tasarım hatalarının geleneksel çizim tabanlı bir yaklaşımla tespit edilemeyeceğini belirtmişlerdir.

Akkaya (2012), YBM kullanan firmalar ile yaptığı anket çalışması aracılığıyla, YBM'nin proje yönetimini kolaylaştırdığını, sürdürülebilir proje uygulamalarında atık miktarlarını azalttığını tespit etmiştir. Buna ek olarak YBM'nin kullanım amacının Türk inşaat sektöründe çok iyi anlaşılmadığı, YBM kullanmaya kararlı az sayıda firma olduğu gibi sonuçlara da ulaşmıştır.

Volk vd. (2014), YBM'nin mevcut binalarda kullanımı ile ilgili yapılmış 180'in üzerindeki çalışmayı içeren bir inceleme araştırması sunmuşlardır. Sonuç olarak yeni binalar için YBM süreçlerinin kullanıldığını; fakat mevcut binaların korunması, yenilenmesi ve yıkımı aşamalarında YBM süreçlerinin kullanılmadığını belirtmişlerdir. Bunun sebepleri olarak üç ana sebep göstermişlerdir. Bunları; yakalanan bina verilerinden YBM nesnelere modelleme/dönüştürme çabası, YBM'deki bilgilerin güncellenmesi ve mevcut binalarda meydana gelen YBM'deki belirsiz verilerin, nesnelerin ve ilişkilerin ele alınmasının zorluğu olarak vermişlerdir.

Woo ve Menassa (2014), başarılı bir tadilat projesine engel olunan sorunları ortadan kaldırmak için "Virtual Retrofit Model" ismiyle bir yazılım geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yazılımla birlikte; YBM teorileri ve teknolojileri, enerji simülasyonu, ajan tabanlı modelleme, çok kriterli karar destek sistemi ve yazılım geliştirme uygulamalarında kullanılabilecek ve benimsenebilecek yazılım uygulamalarını bütünleştirmeyi amaçlamışlardır.

Salah (2014), YBM'de 4 boyutlu (4B) olarak oluşturulan modellerin, planlamacılara; yapım aşamasından önce projeyi dijital ortamda gösterebilmesinden dolayı, süreçteki hataların fark edilmesinde, uygun kaynak stratejilerinin oluşturulmasında, projenin zamanında ve tahmini bütçe içerisinde bitirilmesinde büyük bir etki yaptığını ortaya koymuşlardır.

Ghosh vd. (2015), yenileme/tadilat çalışmalarında YBM kullanımı ile ilgili literatür taraması yaparak YBM'nin işçi verimliliğine olan katkısını incelemişlerdir. İşçi verimliliği ve tadilat projelerinde YBM kullanımı ile ilgili literatürde belirgin bir boşluk olduğunu vurgulamışlar ve bu durumu vaka çalışması ile ortaya koymuşlardır. Vaka çalışması

sonucunda; tadilat projeleri için YBM kullanımının doğru ve güncel 3B model eksiklikleri ve doğru YBM iş akışları oluşturulamaması sonucu işçi verimliliği yönünden kesintiler oluşturduğu, dolayısıyla da üretkenliği azaltmakta olduğu görülmüştür.

Gimenez vd. (2015), günümüzde mevcut binaların çoğunluğu için az sayıda dijital veri mevcut olduğundan YBM'nin çoğunlukla yeni binaların tasarımı ve inşasında kullanılması ile birlikte nadiren tadilat projelerinde kullanılır olduğundan bahsetmişlerdir. Bu nedenle, mevcut binalar için 3B dijital YBM modellerin üretilmesine güvenilir ve etkili yaklaşımlar geliştirilmesinin gerekliliğini vurgulamışlardır. Bu amaçla çalışmalarında, 3B ve 2B çizim tabanlı yaklaşımlar üzerinde yoğunlaşmışlardır. Özellikle en son teknolojilerin 3B model üretim sürecinin belirli adımlarına odaklandığını, mevcut yaklaşımların birleştirilmesinden önemli yararlar elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Sonuç olarak en etkin yaklaşım seçiminin büyük oranda tasarlanan uygulamaya ve projeye özgü kısıtlamalara bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Muratoğlu (2015), Türkiye ve yurt dışındaki yapım projelerinde karşılaşılan, tasarım aşamasında ortaya çıkan ve yapım aşamalarını da etkileyen uyumsuzluk kaynaklarını belirlemiştir. Belirlenen bu uyumsuzluklara YBM kullanımının etkisi, vaka çalışmaları ile gösterilmeye çalışılmıştır. Vaka çalışmaları sonucunda; tasarımın başlangıç aşamasının, YBM kullanılmasıyla CAD (Computer Aided Design) sistemine göre daha uzun sürdüğü; fakat YBM kullanımıyla tasarım aşamasında sürekliliğin sağlandığı, birikimli ve daha etkin bir sürecin devam ettirilebildiği belirtilmiştir. Ayrıca YBM kullanımıyla tasarımcıların proje ile ilgili daha fazla veriyi değerlendirebildiği ve YBM'nin projenin fiziksel özelliklerine ait daha geniş bir bilgi ağı sunduğu gibi uyumsuzlukları azaltan etkileri ortaya konulmuştur.

McArthur (2015), sürdürülebilir yapılar için uygun YBM modellerini geliştirmede dört temel zorluk olduğunu ve bu zorlukların her birinin üstesinden gelmek ve aşmak için kullanılabilecek süreci açıklamıştır. Bu amaçla Ryerson Üniversitesi Doğu Kerr Salonu'nu vaka çalışması olarak incelemiştir. İnceleme sonunda bu zorlukları;

- Operasyonel kararları bildirmek için gereken kritik bilgilerin belirlenmesi,
- Bina(lar) için yeni YBM modelleri oluşturmak veya mevcut YBM modellerini değiştirmek için verilen yüksek çaba,
- Gerçek zamanlı işlemler ve izleme sistemleri,
- YBM modeli arasındaki bilgi transferinin yönetimi,
- Eksik yapı belgelerine dayanan belirsizliklerin ele alınması olarak ifade etmiştir.

Akkoyunlu (2015), Türkiye'de gerçekleştirilen kentsel dönüşüm projeleri için bir YBM uygulama planı geliştirmiştir. YBM uygulama planı bulunan ülkelerin mevzuatları incelenmiş ve Türk inşaat sektörüne uygun bir model ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Khaddaj ve Srour (2016), YBM ve sürdürülebilirlik konularıyla ilgili olarak literatürde incelenen araştırma alanlarını ortaya koymuşlardır. YBM'nin mevcut binalar için kullanımında bu binalar için gerçekleştirilecek sürdürülebilirlik yaklaşımı ile arasında önemli bir örtüşme alanı oluşturduğunu görmüşlerdir. Bunlarla birlikte, mevcut binaların yenilenmesi için YBM kullanımının; bilgi alışverişinin disiplinler arası doğası ve en uygun bilgi alışverişini sağlamak için gerekli teknolojik araçların çok geniş olması gibi zorluklarla da yüzleşmekte olduğundan bahsetmişlerdir.

Nielsen vd. (2016), yenileme projelerinin ön tasarım ve tasarım aşamasında geçerli olan karar destek araçlarıyla ilgili mevcut literatürü gözden geçirmişlerdir. Bu incelemede araçları, yenileme sürecinde karar vericilere destek verebilecekleri altı alana ayırmışlardır: sürdürülebilirlik hedeflerini belirleme, ağırlıklandırma ölçütleri oluşturma, teşhis oluşturma, tasarım alternatifleri oluşturma, performans tahmini ve tasarım alternatiflerini değerlendirme. Bu alanlardan ağırlıklı olarak performans tahminini destekleyen araçların %84, tasarım alternatifleri oluşturmaya sağlayan araçların ise %30 oranında temsil edildiği görülmüştür.

Kıvırcık (2016), proje yönetiminde YBM teknolojisinin nasıl etkin olarak kullanılabileceği ve Türk inşaat sektöründe YBM kullanımını orta ve büyük ölçekli 18 inşaat firmasıyla yaptığı anket cevaplarıyla araştırmıştır. Türk inşaat sektöründeki YBM kullanımının çok yaygın olmadığını; fakat sektörde YBM teknolojisiyle ilgili bir farkındalık oluştuğunu belirtmiştir. Ayrıca; YBM teknolojisini kullanan firmaların çoğunun daha çok tasarım ve planlama aşamasında YBM kullandığını ve 3B modelden çıkışma analizleri gerçekleştirdiğini gözlemlemiştir. Firmaların YBM kullanımını teşvik eden en önemli faktörleri ise; diğer şirketlere oranla küresel rekabet gücünü artırmak, sözleşme de YBM şartlarının bulunması ve sektörde yenilikçi bir role sahip olmak olarak belirtmiştir.

Barbosa vd. (2016), yeni yapılar için birçok ülkede kullanılan mevcut YBM standartlarını incelemişler ve bu standartların mevcut binalar için ne ölçüde kullanılabileceğini araştırmışlardır. Mevcut binalar için YBM kullanımının sağlam bir temel oluşturacağına; fakat bu projelerde YBM'nin daha iyi kullanılabilmesi için

standartların veri modelleme, veri değişimi ve süreç modelleme aşamalarında genişletilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Santos vd. (2017), 2005-2015 yılları arasında YBM üzerine odaklanan makaleleri incelemişlerdir. En çok araştırılan konuların YBM araçlarının geliştirilmesi, YBM'nin dünya çapında benimsenmesi, YBM tabanlı bilgi kullanılarak enerji simülasyonu ve son zamanlarda birlikte çalışabilirlik ile ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, akademik seviyedeki YBM çalışmalarının, parametrik modelleme ve metraj alanlarındaki çalışmalar kadar az olduğunu görmüşlerdir.

Yöndem (2017), kamu kurumları tarafından ihaleleri yapılan yapım işlerinde yaşanan anlaşmazlık ve/veya problemlerin YBM teknolojisi ile ihale öncesi belirlenmesini vaka çalışmaları ile birlikte göstermiştir. İlgili idarece ihalesi yapılmış üç projeyi YBM ile 3B modelleyerek, projelerin uygulanması aşamasında karşılaşılan sorunların büyük çoğunluğunun tasarım aşamasında çakışma analizleri ile birlikte görülebileceğini ve giderilebileceğini ortaya koymuştur.

Migilinskas vd. (2017), 1950-1981 yılları arasında Litvanya'da yapılan ve son 5 yıl içerisinde yenileme çalışmaları olan 14 projeyi incelemişler ve 13 tane problem belirlemişlerdir. Bu problemler üzerinde gerçekleştirdikleri istatistiksel veri analizi ve uzman değerlendirmeleri sonrasında problemlerin önem sıralamasını belirlemişlerdir. Bu sıralama sonucunda yetersiz yüklenici ekibinin, teknik tasarımın kötü hazırlanılmasının, niteliksiz ve yetersiz tasarım ekibinin, projelerin etkinliği ve sonuçları üzerinde büyük etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Son olarak 13 problemin üstesinden gelebilmek için YBM kullanımlarıyla ilgili öneriler sunmuşlardır.

Lazer tarayıcılar aracılığıyla elde edilen modellerin mevcut binaların tadilat projelerinin YBM modelini oluşturmada kullanımının sağlayacağı yararlar pek çok araştırma ile ortaya konulmaktadır (Mahdjoubi vd., 2013; Wang ve Cho, 2015; Wang ve Cho, 2015; Wang vd., 2015). Bu tür çalışmalara ek olarak son zamanlarda YBM'nin sunduğu 3B modeller aracılığı ile enerji analizi gerçekleştirildiği, bu analizlerin tasarıma ve maliyete olan etkilerinin incelendiği ve YBM'nin sürdürülebilirliğe olan katkısının araştırıldığı çalışmalara da rastlanılmaktadır (Larsen vd., 2011; Hammond vd., 2014; Spiegelhalter, 2014; Di Giuda vd., 2015; Altun, 2015; Savaşkan, 2015; Sun vd., 2015; Migilinskas vd., 2016; Özperçin, 2016; Sow, 2016).

1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı

YBM'nin inşaat sektörüne getirdiği yenilikler, inşaat projelerindeki yararları ve sektördeki kullanım alanları ile ilgili çalışmaların literatürde yoğun olarak yer aldığı görülmektedir. Bu çalışmaların çoğunun da yeni yapım projeleri ile ilgili olduğu, mevcut binalar için YBM kullanımına yönelik çalışmaların ise yine literatürde de bahsedildiği üzere az sayıda olduğu bilinmektedir. Bu yöndeki çalışmalar daha çok literatür taraması, modelleme, enerji analizi ve sürdürülebilirlik üzerinde yoğunlaşmaktadır. Ancak, YBM'nin mevcut binaların tadilat aşamasında proje yönetim süreçlerine özellikle de proje süresine ve dolayısıyla da proje maliyetine olan katkılarının araştırıldığı pek fazla çalışmanın olmadığı görülmektedir. Bu amaçla bu çalışmada, Trabzon ilinde bulunan bir otel binasının devam eden yenileme çalışmaları sırasında, proje paydaşları arasında ve projenin uygulanmasında karşılaşılan sorunlar ve YBM teknolojisi kullanımının bu tür sorunlara üretebildiği çözümler incelenerek YBM'nin proje süresi ve maliyeti üzerindeki etkinliği gerçek bir vaka çalışması ile gösterilmeye çalışılmaktadır.

Bu tez çalışması, başlıca üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, genel bilgilerden bahsedilmekte, konuyla ilgili yapılan çalışmalar özetlenmekte ve daha sonra konunun önemi vurgulanmaktadır. Ayrıca, YBM'nin tanımına, YBM kullanımının avantajlarına ve dezavantajlarına, YBM'nin inşaat sektörüne kattığı yeni kavramlara, Türkiye'deki ve diğer ülkelerdeki YBM kullanımına ve YBM'nin tadilat projelerindeki kullanımına değinilmektedir. İkinci bölümde, tez kapsamında yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen bulgular sunulmaktadır. Bu bölümde Trabzon ilinde yenileme çalışmaları devam eden bir otel binası incelenmiştir. İlk olarak proje ile ilgili bilgilerden bahsedilmekte, projenin mevcut ve tadilat sonrası halinin Autodesk Revit 2016 programında 3B modelleri gösterilmektedir. Daha sonra proje süresi boyunca düzenli aralıklarla yapılan incelemeler ve bunun sonucunda ortaya çıkan sorunlardan bahsedilerek YBM'nin bu sorunlar üzerindeki etkileri anlatılmaktadır. Son bölümde ise, gerçekleştirilen çalışmadan çıkan sonuçlar ve gelecek çalışmalara ışık tutacağı ümit edilen bazı öneriler sunulmaktadır.

1.4. Yapı Bilgi Modellemesi

Son on yılda yoğun bir şekilde dillenmesine rağmen Yapı Bilgi Modellemesi ile ilgili ortak olan tek bir tanımlama yapılmamıştır. Bu nedenle bu bölümde, YBM'ye dair gerek çeşitli sektörel kuruluşlar tarafından yapılmış gerekse literatürde yer alan pek çok tanımlamaya bu yeni teknolojinin daha iyi anlaşılabilmesi için yer verilmektedir. YBM kullanımının ve gelişiminin gereği olarak ortaya çıkan yeni kavramlar da yine bu bölümde sunulmaktadır.

1.4.1. Yapı Bilgi Modellemesi Kavramı

Çağımıza yön veren teknolojik gelişmelere paralel olarak son on yılda inşaat ve mimarlık sektörüne ait projelerde kullanım sıklığı artan YBM'nin tanımında bazı sebepler nedeni ile farklılıklar görülmektedir. Bu farklılaşmadaki ana nedenler her kullanıcı veya kurumun YBM'ye dair kendi yorumunu, bilgisini, algısını katmasıdır. Dolayısı ile bu tür tanımlamalar arasında zaman zaman tutarsızlıkların ve yanlış yorumlamaların görülmesi de mümkün olmaktadır. Tüm bunlar dikkate alındığında her kesimin kendi YBM tanımını yapması da kaçınılmaz olmaktadır (Barlish ve Sullivan 2012; Abbasnejad ve Moud 2013; Kopuz 2015).

Yukarıda da bahsedildiği üzere YBM'ye yönelik olarak yapılmış pekçok tanımlama bulunmaktadır. Hem literatür hem de konu ile ilgili kurumlar göz önüne alındığında aşağıda yer alan tanımlamalara ulaşabilmek mümkündür.

YBM tesisin yaşam döngüsü boyunca fiziksel ve fonksiyonel özellikleri ve tesis ile ilgili alınacak kararlar için güvenilir ve paylaşılabılır bir bilgi kaynağı olan sayısal bir temsildir (NBIMS, 2012).

Amerika Genel Müteahhitler Birliği'ne (Associated General Contractors of America-AGC) (2005) göre ise YBM; tesisin yapımının ve işletilmesinin bilgisayar yazılımı ile modellenmesi ve ortaya çıkan modelin zengin veri içeriğine, nesne yönelimine, akıllı ve parametrik bir sayısal gösterime sahip olmasıdır.

Amerikan Mimarlar Odası (The American Institute of Architects-AIA) (2008) ise YBM'yi modelin oluşturulmasında kullanılan süreç ve teknoloji olarak tanımlamaktadır.

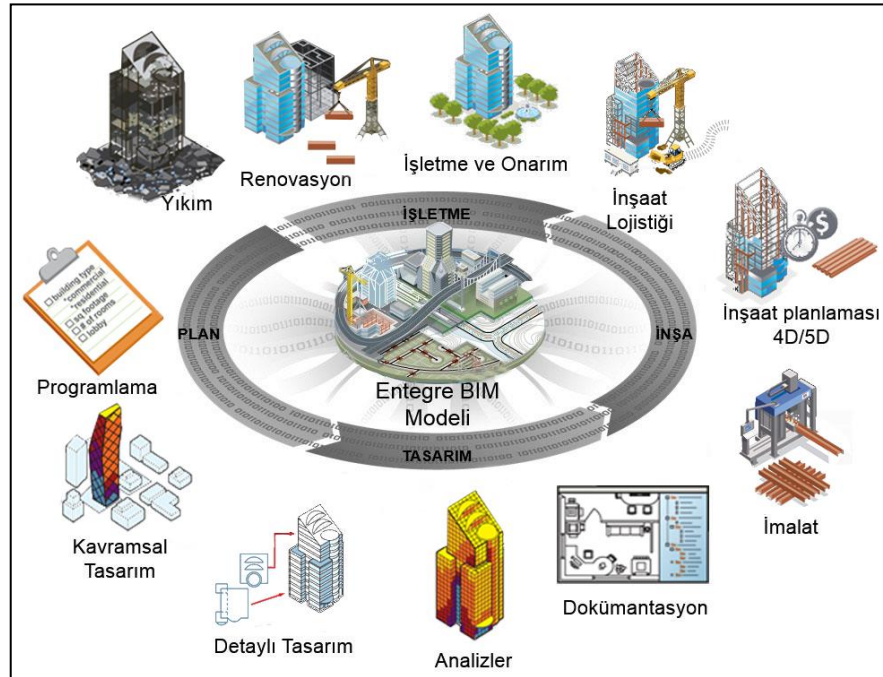
YBM projelerin tasarımı, yapımı ve/veya işletilmesi için dijital modeller üretme ve bu modellerin proje yaşam döngüsü boyunca kullanma sürecidir (McGraw Hill, 2009) olarak tanımlanmıştır.

Woo vd.'ne (2010) göre YBM; binaya ait tüm bilgileri içeren ve dijital olarak oluşturulabilen akıllı 3B sanal bina modelinin, bir tasarım teklifi sunmadan önce riskleri azaltarak en uygun bina çözümleri geliştirmek için kullanılmasıdır.

Zuppa vd. (2009) ise YBM'yi verimsiz bilgi alışverişi ile ilişkili atıkları en aza indirgeyen ve inşaat sürecini önemli ölçüde geliştiren bir bilgi teknolojisi aracı, ürün veya süreç olarak tanımlanmaktadır.

YBM'nin en eski tanımlarından birini ortaya koyan Eastman'a (1999) göre YBM; bir bina projesinin yaşam döngüsü boyunca birbirleriyle ilişkili tüm geometrik model bilgisini, fonksiyonel gereksinimleri ve parça davranış bilgisini tek bir modele entegre edebilen bir araçtır. Ayrıca, bu model inşaat planlaması ve imalat süreçleriyle ilgili süreç bilgilerini de içerebilmektedir.

Eastman vd.'nin (2011) ortaya koydukları başka bir tanımda ise YBM bir fiil veya sıfat cümlesi olarak binanın performansı, planlaması, yapımı ve daha sonra işletilmesi ile ilgili araçları, süreçleri ve teknolojileri tanımlayan dijital belgelerle donatılmış ve bu nedenle bir nesneyi değil bir aktiviteyi temsil eden bir süreçtir (Şekil 1).

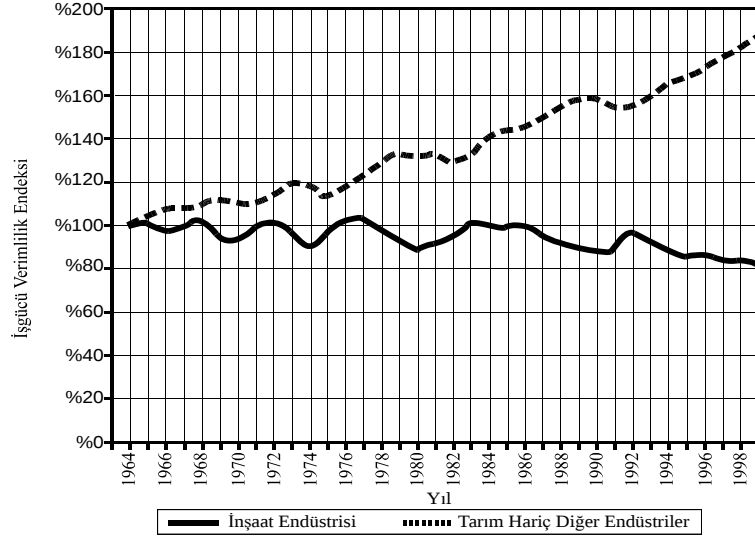


Şekil 1. YBM süreci

Verilen tanımlamalara bakıldığında birbiriyle farklılıklar barındırmaktadırlar. Bu tanımlar ve literatürdeki diğer tanımlar incelendiğinde literatürün tek ve kapsamlı bir YBM tanımı yapmakta başarılı olamadığı görülmektedir. Farklılıkların en önemli sebebi olarak ta YBM'nin kullanıldığı inşaat projelerinde yer alan proje paydaşlarının YBM ile ilgili farklı beklentilere sahip olmaları öne çıkmaktadır (Abbasnejad ve Moud, 2013).

YBM'nin bahsedilen bu tanımlamalarından yola çıkılarak bilgisayar destekli tasarım araçları olan geleneksel CAD yazılımlarıyla arasında birçok farklılıkların olduğu görülmektedir. CAD yazılımları ile gerçekleştirilen 2B modellemelerde nesneler; nokta, çizgi, dikdörtgen, çember, yay, elips, poligon veya yazı şeklinde grafik olarak temsil edilmektedirler (Ofloğlu, 2009). Oysa YBM, CAD yazılımlarında bu şekilde temsil edilen modeli 3B ve nesne tabanlı olarak yapabilmektedir. Ayrıca, teknolojinin giderek karmaşık hale gelmesi bina tasarımının da daha karmaşık bir yapıya dönüşmesine yol açmıştır. Binaların karmaşıklığıyla ortaya çıkan tasarım zorlukları sadece tasarımcıya değil mühendisler ve müteahhitler için de birçok sorun oluşturabilmektedir (Azhar, 2011). YBM, CAD yazılımlarının aksine bahsedilen bu karmaşıklığı kolaylaştırabilecek donanıma sahiptir.

Birçok endüstride, 1970'li yıllarda CAD yazılımlarından yararlanılarak üç boyutlu modellemeler geliştirilmeye başlanılmıştır. Bu modellerde basit olarak YBM konsepti içeren nesne tabanlı parametrik modelleme ve bütünleşmiş analiz araçları kullanılmış ve geliştirilmişken, yapım sektörü 2B geleneksel tasarım kullanmaya devam etmiştir (Volk vd., 2014). Yapım sektörünün bu gelişmeye ayak uyduramaması durumu Amerika İşçilik İstatistikleri Bürosu (U.S. Bureau of Labor Statistics) tarafından 1964-1999 yılları arasında sektörlerin verimliliğini karşılaştıran bir çalışmada da görülmektedir. Diğer sektörlerin 1964 yılından itibaren istikrarlı bir şekilde her yıl ortalama %3 artış göstermesine rağmen, inşaat sektöründe neredeyse hiç verimlilik artışı olmadığı Şekil 2'den görülmektedir. İnşaat dışı sektörlerde meydana gelen verimlilik artışının; genellikle yeni teknolojilerin kullanımına, daha bütünleşik ve eşzamanlı çalışma yöntemlerine bağlı olduğu belirtilmektedir. İnşaat sektöründeki verimliliğin düşük olmasının en önemli sebebinin; geleneksel proje teslim sürecinin dağınıklığı, CAD ile gerçekleşen 2B tasarım teknolojisi ve inşaat firmalarının kurumsal yapılarının olduğu belirtilmektedir (Teicholz, 2004).



Şekil 2. İnşaat ve tarım dışı diğer sektörlerin verimlilik karşılaştırması (Teicholz, 2004)

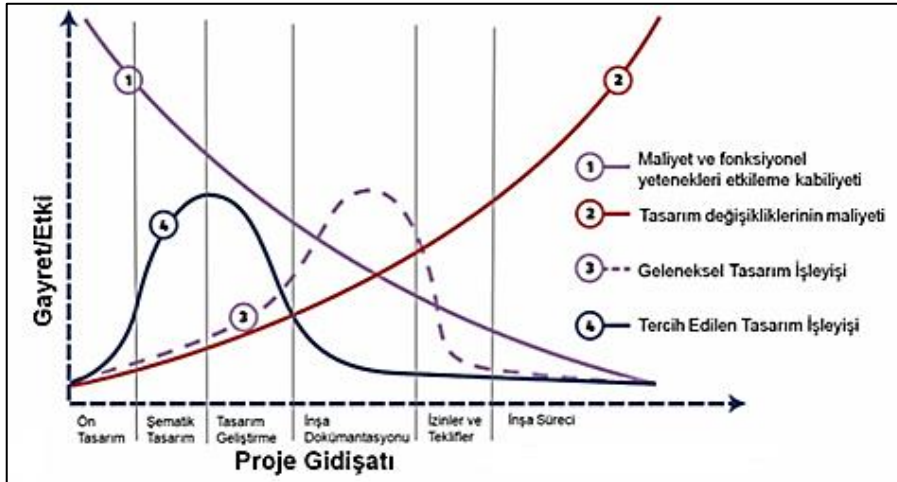
İnşaat sektöründeki birlikte çalışabilirlik ve bilgi yönetimindeki eksikliklerden dolayı Amerikan inşaat endüstrisinin yılda yaklaşık 15,8 milyar dolar ek maliyet ile karşı karşıya kaldığı bildirilmektedir. Yetersiz birlikte çalışmanın nedenleri olarak ise; yetersiz bilgi akışı ve kesin olmayan veri girişinin olduğu belirtilmiştir (Muratoğlu, 2015). Bu tespitlerden sonra YBM'nin inşaat sektörü için ihtiyaç olduğu ve bu problemleri çözebilmek için kullanılabileceği gerçeği ortaya çıkmıştır (Akkoyunlu, 2015).

Bu gerçeği destekleyen ana neden ise YBM'nin projelerdeki riskleri, hataları ve maliyetleri düşürürken, inşaat projelerinin iletişimini, eşgüdümünü ve planlamasını önemli ölçüde iyileştirmek için 3B çizimleri ve 4B animasyonları bütünleştirmesidir (Kymmell, 2008). Hâlbuki CAD sistemi ise bir yapıyı açıklamak için birçok ayrı ve birbirinden bağımsız 2B projeler/çizimler kullanmaktadır Tablo 2'de YBM ve CAD teknolojileri arasındaki farklılıklar gösterilmektedir.

Tablo 2. YBM teknolojisi ve CAD sistemi karşılaştırması

CAD	YBM
Yapı çizgilerle modellenir.	Yapı 3B gerçek yapı elemanlarıyla/nesnelerle modellenir.
Detaylar 2B olarak gösterilebilmektedir.	Detaylar 3B olarak gösterilebilmektedir.
2B model üzerinden birbirinden bağımsız kesitler, detaylar ve görünüşler elde edilir.	3B model üzerinden parametrik tasarımla birbirleriyle ilişkili kesitler, detaylar ve görünüşler kolayca elde edilir.
Değişiklik yapılması zordur ve paftalarda yapılacak değişikliklerde zaman kaybı ve hatalar meydana gelmektedir.	Parametrik modelleme sayesinde yapılan değişiklikler paftalara da uygulanmaktadır. Bu sayede değişiklik yapılması kolaydır.
Gerçeğe benzer çizimler üretilir.	Gerçeğe uygun akıllı model üretilir.
Disiplinler arası bir bağ yoktur.	Disiplinler arası ortak iletişim platformu oluşturur.

YBM ve geleneksel CAD yazılımları ile yapılan proje süreçleri karşılaştırıldığında inşaat maliyetine etki etme kapasitelerindeki farklılıklar Şekil 3’de verilmektedir. Şekil incelendiğinde, projelerin tasarım aşamasından yapım aşamasına doğru gidildikçe tasarım değişikliklerinin maliyeti arttırdığı görülmektedir. Geleneksel tasarım anlayışıyla tasarım aşamasına daha az vakit harcanmasından dolayı yapım anında tasarım değişiklikleri yapmak proje maliyetini oldukça artırmaktadır. Bu durumun aksine YBM ile oluşturulan model ve yapılan analizler ile birlikte tasarım aşamasına daha fazla vakit harcanmakta ve tasarım değişikliklerine yapım anına gelmeden karar verilebilmektedir. Bu sayede YBM ile gerçekleştirilen proje sürecindeki tasarım değişikliklerinin proje maliyetine etkisi geleneksel yöntemle göre bir hayli az olmaktadır.



Şekil 3. MacLeamy Eğrisi (Savaşkan, 2015)

1.4.2. Yapı Bilgi Modellemesinin Avantajları ve Dezavantajları

YBM'nin, geleneksel CAD sistemi ile kıyaslandığında pek çok farklılıkları bulunmaktadır. YBM'nin sunmuş olduğu bu farklılıklar kullanılması durumunda inşaat sektörüne birçok katkı sağlarken diğer taraftan özellikle kullanma aşamasında karşılaşılan bir takım zorlukları beraberinde getirmektedir.

YBM'nin CAD sisteminden farklı olarak sunmuş olduğu üç temel özelliği bulunmaktadır (Özcan, 2010):

- Yapıyı oluşturan tüm verilerin bulunduğu sayısal bir veri tabanı içerir.
- Projede yapılan her türlü işlemin ve değişikliğin bu veri tabanına anında işlenmesini ve bu işlemin ve/veya değişikliğin ilgili tüm dokümanlara (planlar, kesitler, görünüşler, metrajlar vb.) otomatik olarak yansıtılmasını sağlar.
- Tasarım sürecinde toplanan verilerin saklanarak projenin farklı aşamalarında proje paydaşlarının kullanabileceği bir bilgi deposu oluşturur.

Verilen bu özellikleri sayesinde pek çok sektör için çeşitli faydalar sağlamaktadır. İnşaat sektörü özelinde bakıldığında, bu faydaların içinde en önemlisi olarak yapıya ait bütünleşik veriyi dijital olarak temsil edebilmesi öne çıkmaktadır. Bununla birlikte sağladığı diğer faydalar ise şu şekilde sıralanabilir (CRC Construction Innovation 2007):

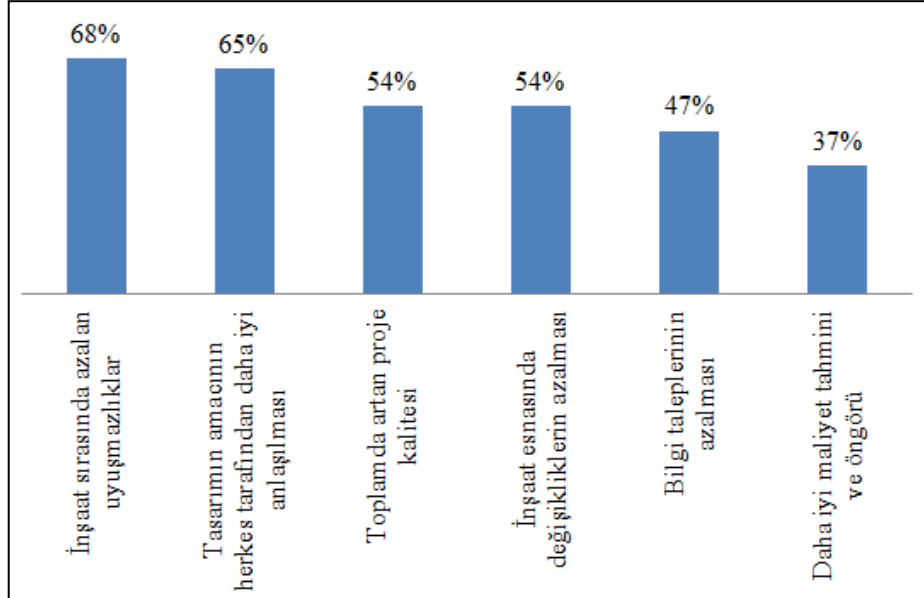
- Daha kolay bilgi paylaşımı, bilgiye ek yapılabilmesi ve bilginin yeniden kullanılabilmesi ile daha hızlı ve etkili süreç yönetimi,
- Önerilen yapı formlarının analiz edilebilmesi, simülasyonların gerçekleştirilebilmesi ve performans kıyaslamaları ile birlikte daha iyi tasarım süreci,
- Çevresel performansın öngörülebilmesi ve yaşam döngüsü maliyetlerinin tahmin edilebilmesi ile projenin yaşam süreci verilerinin daha iyi kontrol edilebilmesi,
- Dokümantasyon çıktısının proje ile uyumuyla gerçekleşen daha iyi üretim kalitesi,
- Tekliflerin doğru görselleştirilmesi ile daha iyi müşteri hizmetlerinin sağlanması,
- Projenin işletim aşamalarında kullanılabilecek tasarım, yapım ve işletme bilgilerinin ulaşılabilir olması,
- Hükümet, sanayi ve üreticilerin ortak veri protokolleri üzerinden planlama ve uygulama süreçlerinin entegrasyonunun sağlanması ve sonuç olarak daha etkin ve rekabetçi bir endüstri ortaya çıkması.

YBM'nin kullanıldığı 32 adet büyük projeden elde edilen bilgiler ile 2007 yılında Stanford Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir çalışma sonucunda YBM kullanımının bu projelerde sağladığı faydalar aşağıdaki gibi sayısallaştırılmıştır.

- Bütçedeki değişikliklerde %40 oranında azalma,
- Geleneksel yöntemle oranla %3 hata payı ile daha doğru maliyet tahmini,
- Maliyet tahmini için gereken zamanda %80'in üzerinde azalma,
- Çakışma analizleri sonucunda sözleşmelerden ileri gelen nakit kayıplarında %10 azalma,
- Proje süresinde %7 oranında azalma.

Geçen süre dikkate alındığında, teknolojiye ileri adımlar ve YBM kullanıcı sayısının artması, bahsedilen fayda oranlarının daha da artmasına yol açmıştır. Buna ek olarak yaygınlaşmaya başlayan YBM uygulamaları sayesinde birçok uygulamada gözle görülür katkılar sağlanmıştır.

YBM'nin birçok şekilde proje maliyetini azaltmaya katkısının olduğu ve bu katkıların yüzdesel oranlarının ne olduğu McGraw Hill (2009) tarafından yapılan bir incelemede ortaya konulmuştur. Şekil 4, YBM'nin en çok katkı sağlayan bu özelliklerinin yüzdesel oranlarını göstermektedir.



Şekil 4. Kullanıcılara göre projeye en çok değer sağlayan YBM faydaları

YBM kullanımının proje süreçlerine katkısının araştırıldığı başka bir çalışmada yapılan anket sonuçları aşağıda verilmektedir (Elmuallim ve Gilder, 2014). Katılımcıların;

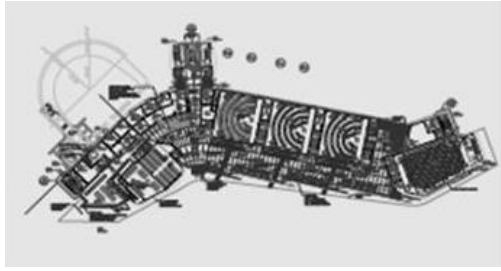
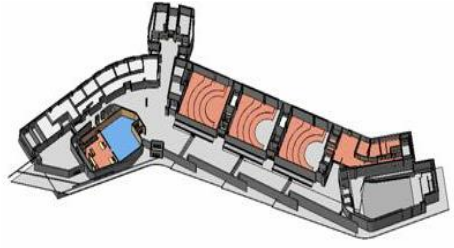
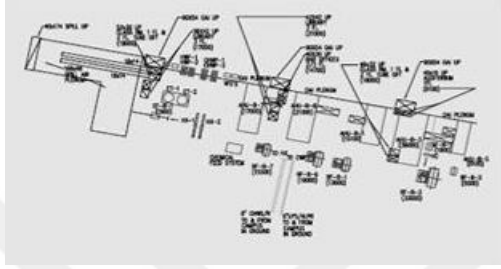
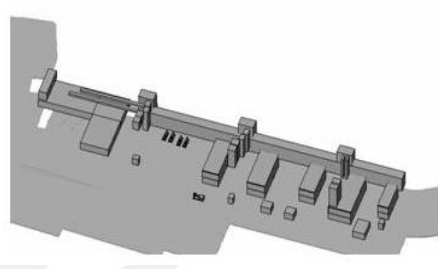
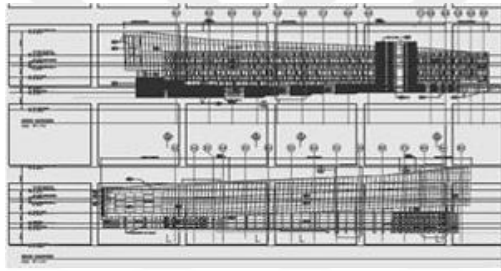
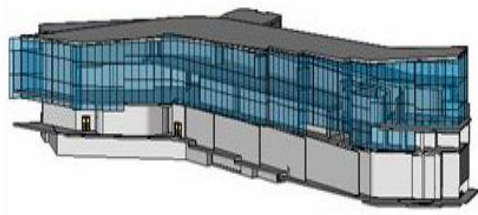
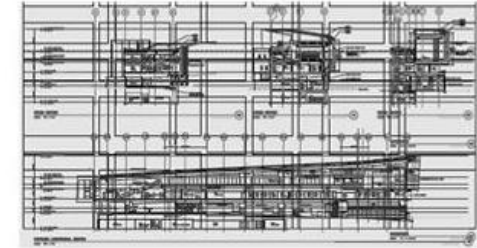
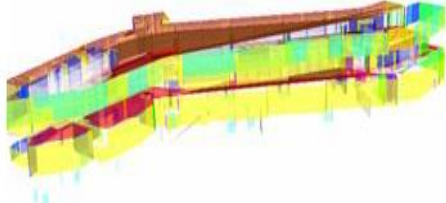
- %63,4'ü YBM'nin proje paydaşları arasında etkin bir iş birliği oluşturduğunu,
- %54,8'i YBM ile tasarım alternatiflerini ve yaşam döngüsü etkilerini belirlemenin daha verimli olduğunu,
- %52,4'ü YBM'nin bina yaşam döngüsünün gerçekçi dokümantasyonunu gerçekleştirdiğini,
- %47,6'sı ise YBM sayesinde proje paydaşlarının (mimar, mühendis, müteahhit, alt yükleniciler vb.) projenin maliyeti, iş programlaması ve proje ilerleyişi ile ilgili şeffaf bir ortak görüşe sahip olmalarını sağladığını belirtmişlerdir.

YBM kullanımının CAD sistemine kıyasla sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir (Deutsch, 2011; Eastman vd., 2011):

- Proje paydaşları arasındaki iş birliğini artırmakta ve birlikte çalışabilirliği kolaylaştırmaktadır,
- Farklı disiplinlerdeki projeler arasında çakışma analizi yapmakta ve çakışmaları tasarım aşamasında azaltmaktadır,
- Projecilerin tasarım aşamasındaki hatalarının, eksikliklerinin ve/veya unuttuğu detayların yapım aşamasında ortaya çıkmasını azaltmaktadır,
- Projenin tasarım aşamasına daha çok süre ayırarak, projenin bitişi ile ilgili daha doğru sonuç vermeyi ve toplamda ise daha az zamanda projenin bitirilmesini sağlar,
- Yapıyı analizlerle değerlendirerek yapı ile ilgili daha iyi kararlar alınmasını sağlar,
- Maliyet tahminini daha gerçekçi yapmaktadır,
- İşlerin kalitesinin yükselmesine imkan sağlar,
- Üretkenlikte artış olmasına neden olmaktadır .

YBM'nin CAD sistemlerine kıyasla nasıl daha fazla oranda üretkenlik sağladığı Tablo 3'de karşılaştırmalı ve görsel olarak sunulmaktadır.

Tablo 3. CAD ve YBM sistemlerindeki modelleme farklılıkları (Özge, 2009)

	CAD	YBM																																																																																																																							
Plan																																																																																																																									
Havalandırma Sistemleri																																																																																																																									
Görünüş																																																																																																																									
Kesit																																																																																																																									
Metraj	İçerilmiyor	<table><tr><th colspan="7">Room Schedule</th></tr><tr><th>Level</th><th>Name</th><th>Use</th><th>Zone</th><th>Area</th><th>Perimeter</th><th>Volume</th></tr><tr><td>Ground</td><td>Vestibule</td><td>Vestibules</td><td>Zone 5</td><td>41 SF</td><td>25' - 10"</td><td>662.66 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Vestibule</td><td>Vestibules</td><td>Zone 6</td><td>67 SF</td><td>33' - 2 1/2"</td><td>1122.54 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Vestibule</td><td>Vestibules</td><td>Zone 6</td><td>67 SF</td><td>33' - 2 1/2"</td><td>1134.67 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Janitor's Cl</td><td>Support Space</td><td>Zone 6</td><td>46 SF</td><td>27' - 4"</td><td>736.09 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Men</td><td>Restrooms</td><td>Zone 6</td><td>253 SF</td><td>77' - 2 1/2"</td><td>4041.73 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Women</td><td>Restrooms</td><td>Zone 6</td><td>249 SF</td><td>73' - 6 7/8"</td><td>3990.97 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Elevator</td><td>Vertical Transport</td><td>Zone 6</td><td>46 SF</td><td>32' - 3 1/2"</td><td>735.81 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Classroom</td><td>Classrooms</td><td>Zone 7</td><td>1831 SF</td><td>172' - 4 1/2"</td><td>26287.15 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Electrical</td><td>MechElec</td><td>Zone 7</td><td>151 SF</td><td>49' - 10 2/3"</td><td>2422.11 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Storage</td><td>Storage</td><td>Zone 7</td><td>172 SF</td><td>58' - 3 21/32"</td><td>2747.66 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Electrical</td><td>MechElec</td><td>Zone 7</td><td>58 SF</td><td>33' - 4 7/32"</td><td>934.09 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Electrical</td><td>MechElec</td><td>Zone 8</td><td>65 SF</td><td>32' - 4"</td><td>1045.33 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Audio-Vis</td><td>Support Space</td><td>Zone 8</td><td>30 SF</td><td>21' - 10 5/16"</td><td>477.84 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Vestibule</td><td>Vestibules</td><td>Zone 8</td><td>57 SF</td><td>30' - 9 1/8"</td><td>919.83 CF</td></tr><tr><td>Ground</td><td>Shaft</td><td>Shatts</td><td>Zone 8</td><td>163 SF</td><td>57' - 8 11/32"</td><td>2613.37 CF</td></tr></table>	Room Schedule							Level	Name	Use	Zone	Area	Perimeter	Volume	Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 5	41 SF	25' - 10"	662.66 CF	Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 6	67 SF	33' - 2 1/2"	1122.54 CF	Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 6	67 SF	33' - 2 1/2"	1134.67 CF	Ground	Janitor's Cl	Support Space	Zone 6	46 SF	27' - 4"	736.09 CF	Ground	Men	Restrooms	Zone 6	253 SF	77' - 2 1/2"	4041.73 CF	Ground	Women	Restrooms	Zone 6	249 SF	73' - 6 7/8"	3990.97 CF	Ground	Elevator	Vertical Transport	Zone 6	46 SF	32' - 3 1/2"	735.81 CF	Ground	Classroom	Classrooms	Zone 7	1831 SF	172' - 4 1/2"	26287.15 CF	Ground	Electrical	MechElec	Zone 7	151 SF	49' - 10 2/3"	2422.11 CF	Ground	Storage	Storage	Zone 7	172 SF	58' - 3 21/32"	2747.66 CF	Ground	Electrical	MechElec	Zone 7	58 SF	33' - 4 7/32"	934.09 CF	Ground	Electrical	MechElec	Zone 8	65 SF	32' - 4"	1045.33 CF	Ground	Audio-Vis	Support Space	Zone 8	30 SF	21' - 10 5/16"	477.84 CF	Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 8	57 SF	30' - 9 1/8"	919.83 CF	Ground	Shaft	Shatts	Zone 8	163 SF	57' - 8 11/32"	2613.37 CF
Room Schedule																																																																																																																									
Level	Name	Use	Zone	Area	Perimeter	Volume																																																																																																																			
Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 5	41 SF	25' - 10"	662.66 CF																																																																																																																			
Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 6	67 SF	33' - 2 1/2"	1122.54 CF																																																																																																																			
Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 6	67 SF	33' - 2 1/2"	1134.67 CF																																																																																																																			
Ground	Janitor's Cl	Support Space	Zone 6	46 SF	27' - 4"	736.09 CF																																																																																																																			
Ground	Men	Restrooms	Zone 6	253 SF	77' - 2 1/2"	4041.73 CF																																																																																																																			
Ground	Women	Restrooms	Zone 6	249 SF	73' - 6 7/8"	3990.97 CF																																																																																																																			
Ground	Elevator	Vertical Transport	Zone 6	46 SF	32' - 3 1/2"	735.81 CF																																																																																																																			
Ground	Classroom	Classrooms	Zone 7	1831 SF	172' - 4 1/2"	26287.15 CF																																																																																																																			
Ground	Electrical	MechElec	Zone 7	151 SF	49' - 10 2/3"	2422.11 CF																																																																																																																			
Ground	Storage	Storage	Zone 7	172 SF	58' - 3 21/32"	2747.66 CF																																																																																																																			
Ground	Electrical	MechElec	Zone 7	58 SF	33' - 4 7/32"	934.09 CF																																																																																																																			
Ground	Electrical	MechElec	Zone 8	65 SF	32' - 4"	1045.33 CF																																																																																																																			
Ground	Audio-Vis	Support Space	Zone 8	30 SF	21' - 10 5/16"	477.84 CF																																																																																																																			
Ground	Vestibule	Vestibules	Zone 8	57 SF	30' - 9 1/8"	919.83 CF																																																																																																																			
Ground	Shaft	Shatts	Zone 8	163 SF	57' - 8 11/32"	2613.37 CF																																																																																																																			
Enerji Analizi	İçerilmiyor																																																																																																																								

Yukarıda YBM kullanımının pek çok sektör için proje yönetim sürecinde ve proje yaşam döngüsünde sağladığı faydalar gerçekleştirilen farklı çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Ancak inşaat sektöründe YBM kullanılmasının ortaya çıkardığı zorluklarda bulunmaktadır. Bunun en önemli sebebi, proje katılımcılarının süreç ve modelleme ile ilgili yeterli bilgiye sahip olamamaları veya başka bir deyişle nitelikli çalışanların bulunamamasıdır. Mevcut iş pratiği akışında da YBM teknolojisinin kullanımının öğrenilmesi için zaman ve eğitim ihtiyaçlarının karşılanması firmalar tarafından yapılmak istenmemekte ve bunu ekstra bir uğraş olarak görmektedirler (Deutsch, 2011; Eastman vd., 2011). Ayrıca; YBM'den sağlanacak faydaların mimarlar, mühendisler, işverenler ve yükleniciler olarak eşit paylaşılabilmesi ve organize edilmeden YBM kullanımının riskleri artırması da firmaların YBM kullanımının endişeleri arasında yer almaktadır (Deutsch, 2011).

1.4.3. Yapı Bilgi Modellemesinin Getirdiği Yeni Kavramlar

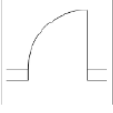
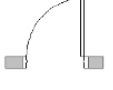
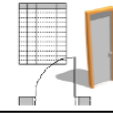
Kullanımının sağladığı avantajlara istinaden pek çok gelişmiş olan ülkede bir teknoloji ve proje yönetim aracı olarak görülen YBM bu ülkelerde yaygın olarak değişik büyüklüklerdeki projelerde kullanılmaktadır. YBM'nin kullanımının giderek artması onunla birlikte anılan birçok yeni kavramın da ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bunlardan bazıları şunlardır:

- Parametrik (Nesne tabanlı) modelleme
- IFC (Industrial Foundation Classes) tabanlı veri dosyası
- Birlikte çalışabilirlik (Interoperability)
- Çakışma Kontrolü (Clash Detection)
- 4B İş Programı
- 5B Maliyet Tahmini
- 6B Sürdürülebilirlik
- 7B Tesis & Bakım Yönetimi
- LOD Detay Seviyesi (Level of Detail)
- Tümüleşik Proje Yönetimi
- Canlı Metraj Listeleri ve Paftalar

Bahsedilen bu kavramlardan bazıları aşağıdaki bölümlerde daha detaylı olarak ele alınmaktadır.

1.4.3.1. Parametrik Modelleme

Yapım sektöründeki proje süreçlerinin değişmesi ile birlikte tasarım aşamasında kullanılan modelleme yaklaşımları da değişmektedir. Çizgi tabanlı geleneksel modelleme yerine YBM'nin en değerli özelliği olan nesne tabanlı-parametrik modelleme kullanılmaya başlanılmıştır. Tanımlanan parametrelerle birlikte model, yapının sadece 3B gösterimi olmakla kalmayıp aynı zamanda binanın akıllı, ayrıntılı ve sanal bir kopyası haline gelmektedir (Öz Döşer, 2016). Bu da bir elemanda, kesitte, planda veya görünüşte yapılan bir değişikliğin diğer sistem bileşenleri tarafından algılanıp otomatik olarak değişikliğin yapılması demektir. Örneğin; CAD tabanlı yazılımlarda pencere oluşturmak için çizgilerle bir çizgi grubu oluşturulurken, YBM'de ise pencere hazır nesne olarak alınarak modele koyulur. Ayrıca pencereye ait tüm özellikler (üretici firma, maliyet, garanti belgesi, kullanılan malzeme miktarı vb.) nesle ile birlikte modele eklenebilir. Pencere ile ilgili bir parametre değiştiğinde bu değişim diğer çıktılarına da yansıtılmaktadır. Bahsedilen tüm bu özelliklerin karşılaştırmalı gösterimi Şekil 5'te sunulmaktadır.

Bilgi modeli	Çıktı	İnsan algısı	Bilgisayar algısı
Resim (taranmış)		Kapı	Piksel
Çizim		Kapı	Çizgi/ark
Geometrik		Kapı	Yüzey/hacim
BIM		Kapı	Kapı

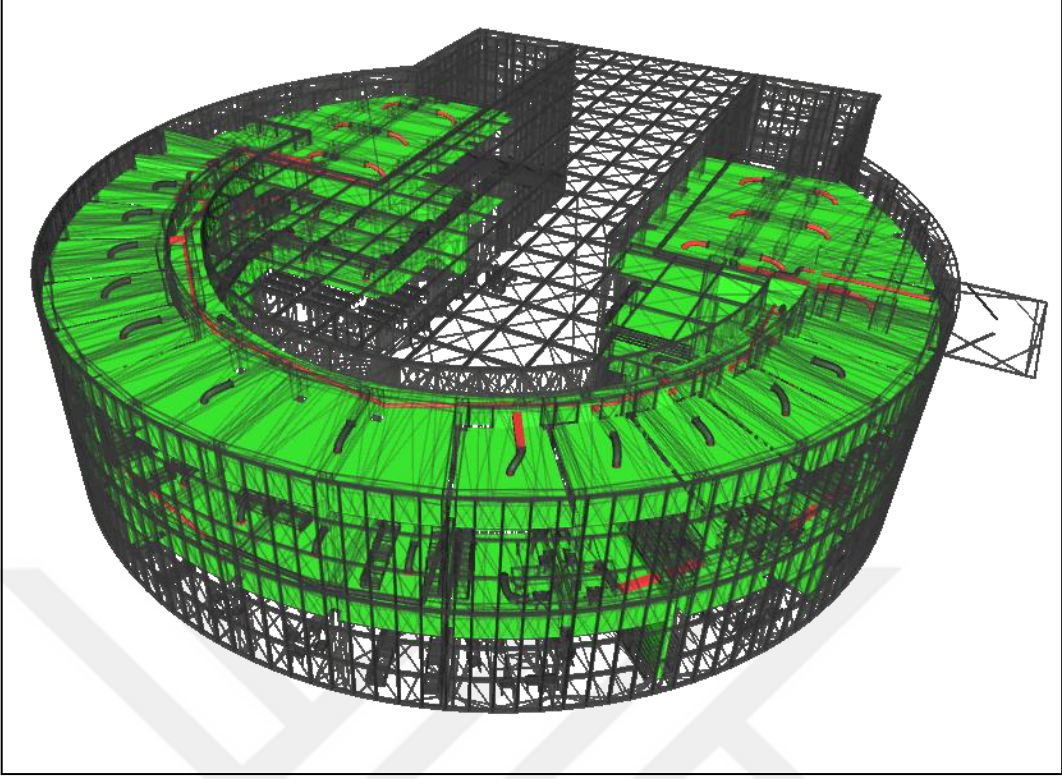
Şekil 5. Nesne tabanlı-parametrik modelleme

1.4.3.2. Birlikte Çalışılabilirlik

YBM'nin, sunmuş olduğu 3B nesne-tabanlı parametrik model aracılığı ile proje yönetim sürecine ait diğer uygulamalar için de veri ve analiz desteği sağlayabilmektedir. Uygun veri dosyaları üzerinden uygulamalar arasında gerçekleşen bu etkileşime birlikte çalışılabilirlik denilmektedir. Bu sayede ortak bir model üzerinde tüm tasarım (mimari, statik, mekanik ve elektrik) ve yapım ekipleri (yalıtım, enerji vb.) çalışabilmekte ve her paydaş tarafından yapılan değişikliklerin eşzamanlı olarak modele işlenmesini gerçekleştirebilmektedir. Böylelikle işveren, proje yönetim süreçlerinin tüm aşamalarının etkin bir şekilde yürütülebilmesini, projedeki değişiklik yönetiminin daha az sürmesini ve tüm süreçler için gerekli harcamalarda azalma olmasını sağlayabilmektedir (Eastman vd. 2011; Elmuallim ve Gilder, 2014; Akkoyunlu, 2015; Kymmell, 2008; Sinopoli, 2010).

1.4.3.3. Çakışma Analizi

YBM kullanımı ile gerçekleşen modellemelerin sunduğu en önemli hedeflerden biri de mümkün olan en az hata ile projenin tamamlanmasını mümkün kılmaktır. Geleneksel tasarım sürecinde 2B projeler üzerinden fark edilmesi çok zor olan bazı sorunlar ve çakışmalar, YBM'de oluşturulan 3B projeler arasında yapılan çakışma analizleri ile kolayca görülebilmektedir. Şekil 6'da ilgili projenin YBM modeli üzerinden yapılan çakışma analizi sonucunda havalandırma sistemi elemanları ile yapının statik taşıyıcı ve mimari elemanları arasında tespit edilen çakışmalar(kesişmeler) bu duruma örnek olarak verilmektedir. Bu sayede yapım aşamasına geçmeden tasarım aşamasında bu problemler görülerek projenin maliyeti ciddi miktarda azaltılıp, değişiklik talepleri gibi hatalar mümkün olan en az seviyeye indirilebilir. İmalat ve montaj aşamalarında oluşabilecek riskler de büyük ölçüde azaltılabilir (Azhar vd., 2008).



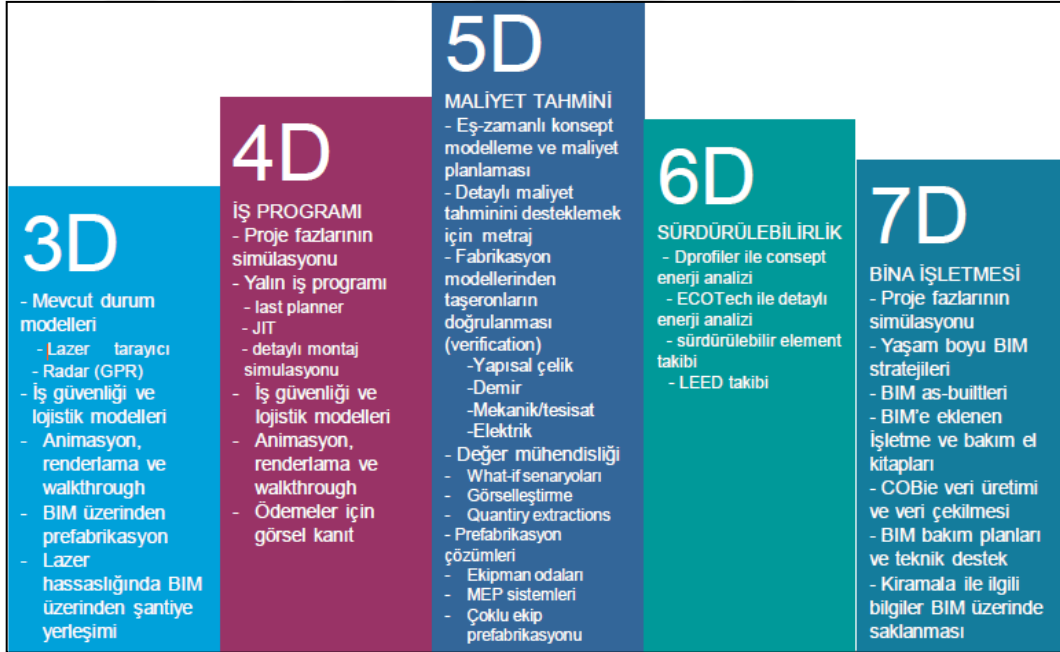
Şekil 6. Çakışma analizi

1.4.3.4. Çok Boyutluluk (nB)

YBM kullanımı, proje paydaşlarına değişik amaçlar için farklı teknoloji araçları sunabilmektedir. Bu amaçlara ulaşılabilmesini sağlamak için sunduğu teknoloji çok boyutlu (3B, 4B, 5B, 6B, 7B, nB) modellemelerdir. Örneğin 3B modelde, elemanlar birbirleri ile etkileşimli olarak çalışmakta ve binanın görselleştirilmiş, akıllı ve sanal bir modeli oluşturulmaktadır. Bu model üzerinden çakışma analizleri ile birlikte mekânsal çatışmalar ve projeler arası sorunlar yapım aşamasından önce çözüme kavuşturulabilmektedir. 4B modelleme, 3B olarak hazırlanan projelere iş programı ve arazi planlaması bilgilerinin eklenmesi ile elde edilmektedir. Bu sayede farklı senaryolar görselleştirilebilmekte ve gecikme riskleri değerlendirilebilmektedir. 5B modelleme de ise, 4B modele maliyet analizleri eklenmektedir. Projenin maliyetinin kontrol altında tutulmasını ve tasarım değişiklikleriyle oluşacak olan miktar ve maliyet değişimlerinin güncellemesini sağlamaktadır. Böylece işveren finansman dengesini ayarlayabilmektedir. Tüm bu yararlar kamu kuruluşlarının kontrol ile yükümlü şubelerinin de inşaat aşamalarının

süresini zaman kaybı olmadan görerek süreci daha rahat yönetebilmelerine imkân sağlamaktadır (Akkoyunlu, 2015; Öz Döşer, 2016).

Bunların yanı sıra 6B YBM’de sürdürülebilirlik, 7B modelleme ise YBM’de işletmenin bakım ve onarımıyla ilgili modellemelerin yapılması anlamına gelmektedir. 6B model ile birlikte ayrıntılı enerji analizi, ısı yükü hesaplamaları ve atık tahmini gibi analizler kolayca gerçekleştirilebilir. 7B model ile de binanın işletme ve korunma aşamaları için gerekli olan veriler modele entegre edilebilir. Bu sayede operasyonel çalışmalar daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilir. Tüm bu boyutların yanı sıra, modele iş güvenliği ve sağlığı, şantiye yönetimi gibi veriler eklenerek nB modeller elde edilmektedir (Akkoyunlu, 2015; Öz Döşer, 2016). YBM model boyutlarıyla ilgili bilgilerin bir özeti Şekil 7’de gösterilmektedir.



Şekil 7. Çok boyutlu (nB) YBM

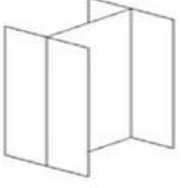
1.4.3.5. Detay Seviyesi (LOD)

YBM kullanımının getirdiği bir diğer yeni kavram detay seviyesi (LOD) dir. LOD, YBM’de modellenecek projelerde kullanılacak nesnelerin istenilen analizleri ve işlevleri sorunsuz şekilde gerçekleştirebilmesi için kullanılacak ve o nesnelere gömülecek veri düzeyini göstermektedir. Böylelikle proje paydaşları arasında doğru olamayan çıkarımlar

yapılmaması ve gereksiz düzeydeki verilerin kullanılmaması sağlanabilmektedir (Akkoyunlu, 2015; Kopuz, 2015).

Amerikan Mimarlar Odası (The American Institute of Architects-AIA) ve BIMForum işbirliğinde 2013 yılından itibaren her yıl LOD şartnamesi yayınlamaktadır. Bu şartnamelerde LOD kullanımı ile ilgili bir standartlaşma sağlayacak tanımlar ve sınıflandırmalar hakkında detay verilmektedir. Bu kurumlar tarafından 2017 yılında yayınlanan raporda belirtilen LOD tanımlamaları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4. LOD tanımları (BIMForum, 2017)

LOD 100	Nesneler, geometrik temsilleri değildir. Nesnelerin varlığını gösterir; ancak şekil, boyut yada kesin konumunu göstermez. Bu detay seviyesinde bir bilgi yaklaşık olarak kabul edilmelidir.	
LOD 200	Temsil ettikleri bileşenler olarak tanınabilirler veya alan rezervasyonu için hacimler olabilirler. Elemanlardan türetilen herhangi bir bilgi yaklaşık olarak kabul edilmelidir.	
LOD 300	Notlar gibi modellenmemiş bilgiye atıfta bulunmadan elemanın tasarlandığı gibi miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü doğrudan modelden ölçülebilir.	
LOD 350	LOD 300'e ek olarak elemanın yakın veya ekli elemanlarla koordinasyonu için gerekli parçalar modellenmiştir. Bu parçalar destekler ve bağlantılar gibi öğeleri içermektedir.	
LOD 400	Elemanlar, temsil edilen bileşenin imalatı için yeterli detay ve doğruluk ile modellenmiştir.	
LOD 500	Elemanın boyut, şekil, yer, miktar ve yönelim bakımından alan tarafından doğrulanmış bir gösterimidir. Grafik dışı bilgiler de elemanlara eklenebilir.	

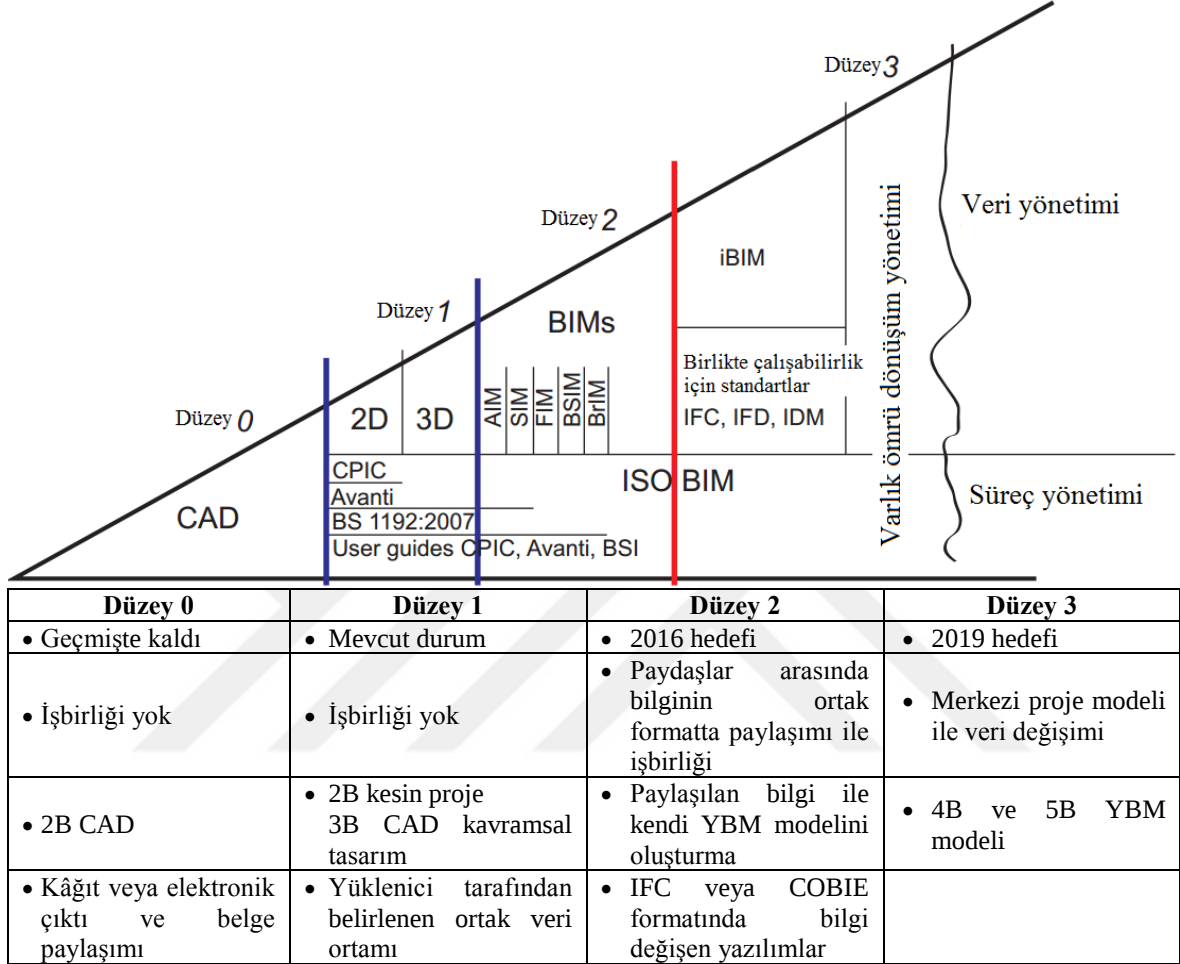
1.4.4. Türkiye’de ve Dünya’da Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı

Günümüzde YBM kullanımı, YBM'nin literatürde bahsedilen yararlarının uygulamalarda da görülmeye başlanması ve YBM tabanlı programların artmasıyla birlikte hız kazanmaktadır. Bu kullanım ve gelişimin artması, ülkelerin YBM'ye bakış açıları ile büyük oranda ilişkili olmaktadır. Gelişmiş ülkelerin (Birleşik Devletler, Birleşik Krallık ve İskandinav bölgelerindeki ülkeler gibi) pek çoğunda YBM teknolojisinin uygulanmasının özendirilmesine yönelik yeni düzenlemeler geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Bu tür düzenlemelerin uygulanması ve iyileştirilmesi aşamalarına etki eden bir takım unsurlar bulunmaktadır. Bunlar arasında hükümet destekli özendirme, gelişmiş YBM standartlarının varlığı, YBM sertifikası ve YBM teknolojisi ile ilgili eğitim ve öğretim verilmesi önemli olarak görülmektedir (Smith, 2014).

İnşaat sektöründe YBM geliştirme ve uygulama konusunda lider role Amerika Birleşik Devleti sahiptir (Wong vd., 2009). Zira ABD’de 2007 yılından itibaren kamu projelerinde YBM kullanımının gerçekleştirilmesi daha öncesinde gerçekleştirilen çalışma ve düzenlemeler ile sağlanmıştır. 2007 yılından itibaren dünya çapında yapılan anketlerle YBM'nin kullanımı araştırılmaktadır. Bu araştırmalar sonucunda Kuzey Amerika’da YBM'nin benimsenmesinin 2007-2012 yılları arasında %28 seviyelerinden %71 seviyelerine sıçradığı tespit edilmiş ve bu değişim YBM'nin pek çok endüstride kullanıla gelen geçerli bir teknoloji haline geldiğini göstermiştir (McGraw Hill 2014). Ayrıca İngiltere ve diğer ülkelerinde bu alanda benzer dramatik değişimlere ve gelişime hazırlandığının izleri görülmektedir.

İngiltere’de, 2011 yılında YBM için 5 yıllık kademeli uygulama planı oluşturulmuştur. Bu plana göre tüm kamu sektöründeki inşaat projelerinde 2016 yılına kadar minimum ikinci seviyede YBM (tüm proje katılımcılarının bütünleşik olarak 3B modelin üretim aşamasında bulunması) kullanılması zorunluluğu getirilmiş ve YBM standartları yayınlamıştır. Şekil 8’de İngiltere için zorunlu hale gelen YBM kullanımının süreç aşamaları gösterilmektedir. Bu düzenleme sayesinde satın alma maliyetlerinde %20 tasarruf beklendiği bilinmektedir. Bunların yanı sıra İngiltere Hükümeti, dünyadaki gelişmiş YBM uygulamalarını inceleyerek YBM uygulama stratejisini ilan etmiştir. Bu stratejideki amaç, İngiltere endüstrisini kısa sürede küresel bir YBM liderine dönüştürmektir. Ayrıca İngiltere hükümeti, hem kamu sektöründeki müşterilere hem de

özel tedarik zincirine yardım etmek ve desteklemek için bir YBM Görev Grubu oluşturmuştur (McGraw Hill, 2014; Kıvırcık, 2016).



Şekil 8. İngiltere için zorunlu YBM kullanım düzeyleri (Muratoğlu, 2015; Alkawi, 2016)

Finlandiya YBM süreçleri ile ilgili en çok tecrübesi bulunan ülke konumundadır. 2007 yılında Finlandiya hükümeti YBM'nin uygulanması için ilk gereklilikleri ve standartları yayınlamıştır (Bolpagni, 2013). Bu ülkenin mühendislik ve mimarlık endüstrisini oluşturan mimarlık firmalarının yaklaşık %93'nün projelerinin bazı kısımlarında, mühendislik firmalarının ise yaklaşık %60'nın YBM'yi kullandıkları 2007'de gerçekleştirilen anket çalışmalarından görülmektedir (Wong vd., 2010; Kıvırcık, 2016). 2012 yılında 2007 yılında yayınlanan standartlar güncellenerek YBM yönetmeliği (COBIM) revizyona uğramıştır.

YBM konusunda gelişim kaydeden bir diğer ülke ise Singapur'dur. Hükümet desteği ile geliştirilen CORENET (Construction and Real Estate Network) yazılımı ile bu ülkede gerçekleştirilecek projelerin yönetmelik kontrolleri yapılmaktadır. YBM yönelik gelişimlerin yönlendirilmesi ve kullanma bilincinin artması için Singapur'da çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Örneğin ülkede YBM ile ilgili bir yol haritası oluşturmak için 2012 yılında "Singapore BIM Guide"ın ilk sürümü yayımlanmıştır. YBM farkındalığı için ise ülke üniversitelerinde YBM dersleri, seminerleri ve atölye çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Kopuz, 2015).

YBM kullanımı ile ilgili olarak benzer yöndeki gelişmelerin gözlemlendiği bir diğer ülke de Norveç'tir. Norveç İnşaat ve Düzenleme İdaresi (Statsbygg) inşaat sektöründeki problemleri ortadan kaldırmak için YBM el kitabı yayımlayarak, 2010 yılından itibaren Norveç'teki tüm kamu projelerinde YBM kullanımını zorunlu hale getirmiştir (Akkoyunlu, 2015).

YBM kullanımının özendirilmesi ve teşvik edilmesi yönündeki en belirgin ve etkili düzenlemenin, hükümetler tarafından koyulan yönetmelikler olduğu görülmektedir. Daha öncede bahsedildiği üzere genellikle gelişmiş ülkelerde (Birleşik Krallık, Birleşik Devletler, Finlandiya ve Danimarka gibi ülkelerde), YBM kullanımını desteklemek üzere geliştirilmiş ve standartlaştırılmış düzenlemelere rastlanılmaktadır. Bunlara ek olarak, bazı ülkelerde (Birleşik Krallık, Birleşik Devletler, Avustralya ve Singapur gibi ülkeler) YBM prosedürlerini sistematik bir şekilde yürütmek için geliştirilmiş programlar bulunmaktadır. YBM gelişimine ayak uyduran, uydurmaya çalışan ülkeler olduğu gibi bu gelişime katılmada yol olmada gecikmiş ülkeler de (İtalya, Çin ve Güney Kore gibi ülkeler) bulunmaktadır (Akkoyunlu, 2015; Kıvırcık, 2016).

Ülkemizde YBM'nin sağladığı faydalar geç fark edilmiş olsa da kullanımı giderek artmaktadır. Özellikle yazılım firmaları, YBM tabanlı çalışma standartları sağlayabilen yazılımlarını tanıtmak için çaba sarf etmektedirler. Büyük ölçekli şirketler YBM teknolojisinin inşaat endüstrisinin geleceği olduğunun farkında olup ve küresel rekabete katılmak adına da projelerinde YBM'yi kullanmaya başlamışlardır. Özellikle İstanbul gibi büyük şehirlerde gerçekleşen Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali, Rönesans Tower, Emaar Square ve İstanbul 3. Havalimanı projeleri, YBM'nin Türkiye'de kullanımına örnek verilebilecek büyük projelerdir. Kamu sektöründe YBM kullanımının ülkemiz adına kullanımını isteyen istisnai örnek İstanbul Ulaşım A.Ş.'dir. Şirket projelerinde 2007 yılından itibaren YBM kullanımı sağlayacak gerekli düzenlemeleri yapmış olmasına

rağmen yüklenici firmaların YBM kullanımına olan tepkilerinden dolayı ancak son yıllarda projelerinin şartnamelerine YBM kullanımının zorunlu olduğu yönünde eklemeler getirebilmiştir (Kıvırcık, 2016; Yöndem, 2017; Çuhadar, 2017).

1.4.5. Mevcut Binaların Tadilat/Yenileme Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı

İnşaat projeleri, projenin başarısını önemli derecede etkileyebilecek çok sayıda belirsizlik ve öngörülemez durumlarla karşı karşıya kalabilmektedir (Migilinskas vd., 2017). Bu olumsuzluklar yeni inşaat projelerinde olduğu gibi mevcut binaların yenileme projelerinde de oluşabilmektedir. Bu tür projelerdeki en büyük olumsuzluk bilgi ve enerji verimliliğidir (Barbosa vd., 2016; Migilinskas vd., 2016). Ayrıca bu sorunlar, çoğunlukla ilk proje bilgilerindeki eksiklikleri, uygulama sırasında uygun olmayan bilgi yönetimleri, şantiyede yetersiz iş kalitesi kontrolleri ve proje ekibi üyelerinin ve diğer katılımcıların yetersizlikleri ile doğrudan doğruya bağlantılıdır (Sun vd., 2015). Karşılaşılan bu problemlerden kaynaklanan etkisiz proje yönetimi, belirsiz süreç sonuçları, zaman kaybı ve maliyet artışları olabilmektedir (Volk vd., 2014).

Yenileme projeleri, projenin etkinliğini etkileyecek eylemler, süreçler ve problemler göz önüne alınarak, projenin tüm yaşam döngüsü boyunca analiz edilmelidir (Lu vd., 2016). Yenileme projelerinin çoğunda karşılaşılan özellikle model oluşturma şeklinde ortaya çıkan sorunun giderilmesi için modern fotogrametriden, lazer taramadan, gerçek 3B modellemekten ve YBM'nin sunduğu diğer araçlardan faydalanabileceği bildirilmektedir (Popov vd., 2010; Mill vd., 2013; Pepe vd., 2016; Ustinovichius vd., 2017).

Yeni inşaat projelerinde giderek daha fazla uygulanmaya devam ve mevcut binalarda özellikle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik alanlarında yoğunlaşan YBM kullanımı tadilat/yenileme projeleri için nadiren kullanılmaktadır (Ma vd., 2012; Volk vd., 2014; Zhao 2017). Uygulama aşamasında; teknik, organizasyonel, bilgi ve proje yönetim problemleri gibi pek çok türden problemle karşı karşıya kalabilen yenileme projeleri içinde proje katılımcıları etkin karar aldırıcı mekanizmaları kullanmalıdırlar (Migilinskas vd., 2016; Barbosa vd., 2016; Kutut vd., 2014).

YBM ile birlikte yapılarda, yapıya dair farklı alternatiflerin hesaplanması ve bu alternatiflerden en uygun/iyi olanının kullanılması; proje yönetimini geliştirmekte, riskleri azaltmakta, tesis yönetimi için maliyet ve süre sınırlandırması sağlamaktadır. Ayrıca

YBM; gelişmiş enerji verimliliği, düşük bakım maliyetleri ve daha iyi termal konfor ile birlikte binaları daha yaşanabilir hale getirmek için yardımcı araç olarak kullanılabilir (Volk vd., 2014; Ma vd., 2012). Bu nedenlerle, YBM'nin tadilat/yenileme projelerinde karar verme sürecini desteklemek için uygulanması önerilmektedir.

YBM'nin yeni ve mevcut binalar üzerindeki yukarıda bahsedilen yararlarının yanı sıra bir takım dezavantajlara sahip olduğu göz ardı edilmemelidir. Örneğin mevcut binaların yenilenmesi sürecinde proje yönetim aracı olarak YBM kullanımı, bilgi alışverişinin disiplinler arası doğası ve en uygun bilgi alışverişini sağlamak için gerekli teknolojik araçların çok geniş olması gibi zorluklarla da yüzleşmektedir (Khaddaj ve Srour, 2016). Bunun yanında gerçekleşmiş güncellemeleri gösterecek doküman eksikliğinden dolayı mevcut binalarda YBM kullanımının sınırlı ve bir takım zorluklar çıkarması beklenmektedir (Volk vd., 2014).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Mevcut binalarda; sağlık, güvenlik, konfor ve enerji verimliliği gibi amaçlar için yenileme çalışmaları yapılabilmektedir. Ayrıca bu amaçlar doğrultusunda mevcut binaların yıkılarak yeniden inşa edilmesi de söz konusu olabilmektedir. Nakliye maliyetlerinde azalma, daha az malzeme kullanımı, çevreye daha az zarar (gürültü, çevre kirliliği vb.) verilmesi ve bunlara bağlı olarak zamandan ve maliyetten tasarruf edilebilmesi; mevcut binaların yenilenmesinin yıkılarak yeniden inşa edilmesinden daha etkin bir seçenek olduğunu göstermektedir.

Yeni proje yönetim teknolojisi olarak ortaya çıkan YBM'nin yeni inşaat projelerinde kullanımının proje sürecine sağladığı yararlar (projeler arası çakışmaların, proje süresinin ve maliyetinin azalması vb.) literatürde pek çok çalışmaya konu olmuştur. Bu durumun aksine mevcut binaların yenileme çalışmalarında YBM kullanımı ile ilgili daha az çalışmanın olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, YBM'nin mevcut binaların yenileme/tadilat çalışmalarında da etkin bir şekilde kullanılabileceği ve sağlayacağı yararlar gerçek bir vaka çalışması üzerinden gösterilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla Trabzon ilinde 1986 yılında yapılmış, 10 yıldan fazla atıl olarak bekleyen ve turizm sektörünün gelişmesi ile birlikte tekrar sektöre kazandırılmak istenen bir otel binası incelenmekte ve geleneksel olarak devam eden yenileme çalışmalarında ortaya çıkan sorunlar üzerinde YBM'nin etkinliği araştırılmaktadır. Vaka çalışması olarak yenileme projesi süreci incelenecek olan otel Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9. Atıl durumdaki otel binası

2.2. Yöntem

Bir önceki bölümde bahsedilen amaca yönelik olarak yenileme projesi süreci takip edilecek olan otel için gerçekleştirilen çalışmalar altı aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan aşağıda kısaca bahsedilmekte ve her aşama daha detaylı olarak sonraki bölümlerde açıklanmaktadır.

- Birinci aşama: Proje ile ilgili bilgilerin alınması
Proje ile ilgili genel bilgiler ve proje başlangıcından itibaren karşılaşılan problemlere ait bilgiler, proje koordinatörü ve şantiye şefiyle yapılan görüşmelerle elde edilmiştir.
- İkinci aşama: Mevcut binanın rölövesinin çıkarılması
Yapının mevcut halinin 3B modellemesini yapabilmek için rölövesi alınmıştır.
- Üçüncü aşama: Mevcut binanın 3B modellenmesi
Tadilat projesinin modellenmesi aşamasında altyapı olarak kullanmak için mevcut yapının alınan rölöve doğrultusunda Autodesk Revit 2016 yazılımında LOD 300-350 detay seviyesinde 3B modeli oluşturulmuştur.

- Dördüncü aşama: 2B tadilat projelerinin elde edilmesi ve 3B modelin oluşturulması

Yapım anındaki ortaya çıkan sorunların tasarım aşamasında YBM kullanımı ile çözülebildiğini gösterebilmek için 2B olarak çizilen tadilat projesinin 3B modellemesi yapılmıştır.

- Beşinci aşama: Yenileme projesi sürecinde karşılaşılan problemlerin belirlenmesi
Her ay şantiyeye gidilerek hazırlanmış olan takip formu (Ek-1) doldurulmuş ve şantiye şefi ile yapılan görüşmelerle bilgiler alınmıştır. Bu bilgilerle birlikte karşılaşılan problemler ve sebepleri ortaya konulmuştur.
- Altıncı aşama: YBM kullanımının karşılaşılan problemleri çözmedeki etkinliğinin araştırılması

Yapılan incelemeler ve alınan bilgiler ışığında ortaya konulan problemlerin çözüme kavuşturulmasında YBM kullanımının etkileri, hem literatürde görülen yararlarıyla hem de YBM ile oluşturulan 3B model üzerinden gösterilmeye çalışılmış, projenin zamanına ve maliyetine olan katkıları incelenmiştir.

2.3. Birinci Aşama: Proje ile İlgili Bilgilerin Alınması

Tez kapsamında yapılacak çalışmalara, vaka çalışması olarak incelenecek otel binasının mevcut durumu, yapılan imalatlar ve tadilat proje süreci ile ilgili bilgiler alınarak başlanılmıştır.

10.03.2016 tarihinde proje müdürü ile yapılan görüşmede elde edilen bilgiler aşağıda verilmektedir:

- Çalışma kapsamında incelenen bina Trabzon ili içerisinde bulunan bir otel binasıdır.
- Bina 1986 yılında yapılmış olup 10 yıldan fazla süre atıl olarak beklemiştir.
- Bina toplam 9 kata ve 3021 m² inşaat alanına sahiptir.
- Belediye tarafından otel binasının tadilat projesi 06.02.2015 tarihinde ihale edilmiş ve ihaleyi gerçekleştiren kurum ile yüklenici firma arasında 04.03.2015 tarihinde sözleşme imzalanmıştır.
- Sözleşme gereğince tadilat projesi yap-işlet-devret modeli olarak gerçekleştirilecek ve otel 25 yıl yüklenici firma tarafından işletilecektir.

- Yenileme çalışmaları öncesinde binanın performans analizi gerçekleştirilerek yapının statik durumu incelenmiştir. Bu amaçla binadan karot numuneleri alınmış ve beton dayanımı test edilmiştir. Yapılan deney sonucu beton dayanımı C18/22 olarak belirlenmiştir. Ayrıca donatıların 16 mm'lik düz donatı olduğu ve donatı çeliği sınıfının S220 olduğu bulunmuştur. Döşemelerin asmolon döşeme olduğu ve temelin 1,20 m yüksekliğe ve 0,80 m genişliğe sahip sürekli temel olduğu belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında yapılan performans analizinde binanın statik açısından bir sorun oluşturmayacağı görülmüştür.
- Performans analizinden sonra 26.11.2015 tarihinde yapı ruhsatı alınmış ve yenileme çalışmalarına başlanılmıştır. Bu çalışmaların ilk etapta altı ayda bitirilmesi planlanmıştır.
- Proje başlangıcında proje yapım maliyeti 2.118.458,27 ₺ olarak hesaplanmıştır.
- Mevcut halde otelde 9 kat bulunuyorken yenileme çalışmalarında otelin kat sayısı 1 kat arttırılmıştır.
- Mevcut durumda otel 50 adet yatak odasına sahipken eklenen kat ve her kattaki oda kapasitesinin arttırılması ile birlikte otelde 69 adet yatak odası olması sağlanmıştır. Ayrıca tadilat projesi ile otelde spor salonu, çok amaçlı salon, toplantı salonu, kafe ve restoran gibi bölümlerin bulunacağı planlanmaktadır.
- Sözleşmesine göre çalışmaların 31.12.2015 tarihi ile bitirilmesi gerekmektedir; ancak sonraki bölümlerde bahsedilen nedenlerden dolayı yenileme projesi bu tarihe yetiştirilememiştir.

Ayrıca yapılan ilk görüşmede proje ile ilgili genel bilgilerin dışında proje başlangıcından 10.03.2016 tarihine kadar olan dönemde karşılaşılan problemlerle ilgili bilgiler alınmıştır. Karşılaşılan sorunların en önemli sebepleri olarak;

- Tadilat projesi olması ve statik açıdan proje bilgisinin olmayışı,
- Mimari, mekanik ve elektrik projelerindeki hatalar ve bu hataların uygulamayı yavaşlatması,
- Ekonomik sorunların olması görülmektedir.

2.4. İkinci Aşama: Mevcut Binanın Rölövesinin Alınması

Otel binasının mevcut hali ve karşılaşılan problemlerle ilgili bilgiler alındıktan sonra binanın mevcut halinin 3B modellemesini yapabilmek ve tadilat projelerini bu modelleme

üzerinden gerçekleştirebilmek için 10.03.2016 tarihinde binanın rölövesi alınmıştır. Rölöve alma işlemini 4 kişilik bir ekip gerçekleştirmiştir. Rölöve sırasında binanın bodrum kat iç duvarlarının, zemin kat iç ve dış duvarlarının, normal katlarda bazı dış duvarların, çatı katı duvarlarının ve çatısının yıkıldığı görülmüştür (Şekil 10).



a) Kuzeydoğu cephesi



b) Normal kat duvarlar



c) Zemin kat



d) Bodrum kat

Şekil 10. Binanın rölöve aşamasındaki mevcut hali

Rölöve alınırken incelenen yapı elemanları aşağıda verilmektedir:

- İç ve dış duvar: Duvar kalınlığı, yerleşimi, kaplama malzemeleri, kapı ve pencere boşlukları
- Kolon: Kolonların yerleşimi ve boyutları
- Döşeme: Döşeme kalınlığı
- Kat: Kat yükseklikleri
- Merdiven: Rıht yüksekliği, basamak genişlikleri ve basamak sayısı
- Kapı ve pencere: Boyutları ve konumları

Yapılan görüşmede şantiye şefi, 2B tadilat projelerin çizimi için rölöve aldıklarını belirtmesine rağmen aldıkları rölövede sadece kolonların boyutları ve yerleşimi dikkate alınmış, iç ve dış duvar yerleşimleri çizilmemiştir. Şantiyedeki rölöve ile yeni çizilen rölöve karşılaştırıldığında kolon yerleşimlerinde küçükte olsa farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar, rölöve dikkate alınarak çizilen tadilat projelerinde (mimari, mekanik, elektrik vb.) değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle rölöve alma aşamasının çok dikkatli yapılması gerektiğinin ve yapılacak olan hataların projeleri etkileyeceğinin unutulmaması gerekmektedir.

Yıkım işlerinin devam etmesinden dolayı bodrum katın kuzey yönündeki ek binanın rölövesi alınamamıştır. Buna ek olarak zemin kat duvarlarının, otel girişindeki saçağın, asansör boşluğunun ve çatı katındaki elemanların detaylı ölçümleri de alınamamıştır. Bu sebeple 24.03.2016 tarihinde tekrar rölöve alınmaya gidilmiş ve eksik elemanlarla ilgili bilgiler tamamlanmıştır. Şekil 11’de ikinci kez rölöve alınırken binanın durumu ve rölöve çalışmaları gösterilmektedir.



Şekil 11. İkinci rölöve alımı sırasında otel binasının durumu

Binanın çatı katında bulunan asansör kulesinin tavan döşemesinin kırılması ve kırılan parçaların merdivene de düşmesi nedeniyle çatı katına çıkmak tehlike arz ettiğinden çatı katıyla ilgili detaylar ve ölçümler ikinci rölövede de elde edilememiştir. 26.04.2016 tarihinde şantiyeye tekrar gidilmiş ve çatının rölövesi alınmıştır. Şekil 12’de çatı katının üçüncü rölöve alım sırasındaki durumu gösterilmektedir.



Şekil 12. Çatı katının rölöve alımı sırasındaki durumu

Alınan rölöve sonucunda elde edilen her katın brüt kat alanları ve kat yükseklikleri Tablo 5’te verilmektedir. Kat alanları toplamı ile ruhsatta belirtilen toplam inşaat alanı arasında fark olduğu görülmüştür.

Tablo 5. Mevcut otel binasına ait kat alanları

Katlar	Brüt Kat Alanları (m ²)	Kat Yükseklikleri (m)
Bodrum Kat	430,6	3,35
Zemin Kat	468,5	3,80
Normal Kat (1., 2., 3., 4., 5.)	383,3	3,35
Çatı Katı	383,3	3,35
Toplam	3198,9	-

Yapılan rölöve çalışmalarında; yapının rölövesinin çıkartılması için şantiyeye bir kez gitmenin yeterli olmadığı, kapsamlı bir çalışma gerektirdiği ve yapılan rölövenin başka kişilerin yaptığı/yapacağı rölöveler ile farklılıklar barındırabileceği görülmüştür.

2.5. Üçüncü Aşama: Binanın Mevcut Halinin 3 Boyutlu Modellenmesi

Rölöve çalışmalarından elde edilen bilgiler doğrultusunda binanın tadilat öncesi hali Autodesk Revit 2016 yazılımı ile LOD 350 detay seviyesinde 3B modellenmiştir. Yapının 3B modeli ve 3B kat plan kesiti Şekil 13-14’te verilmektedir.



Şekil 13. Mevcut binanın 3B modeli

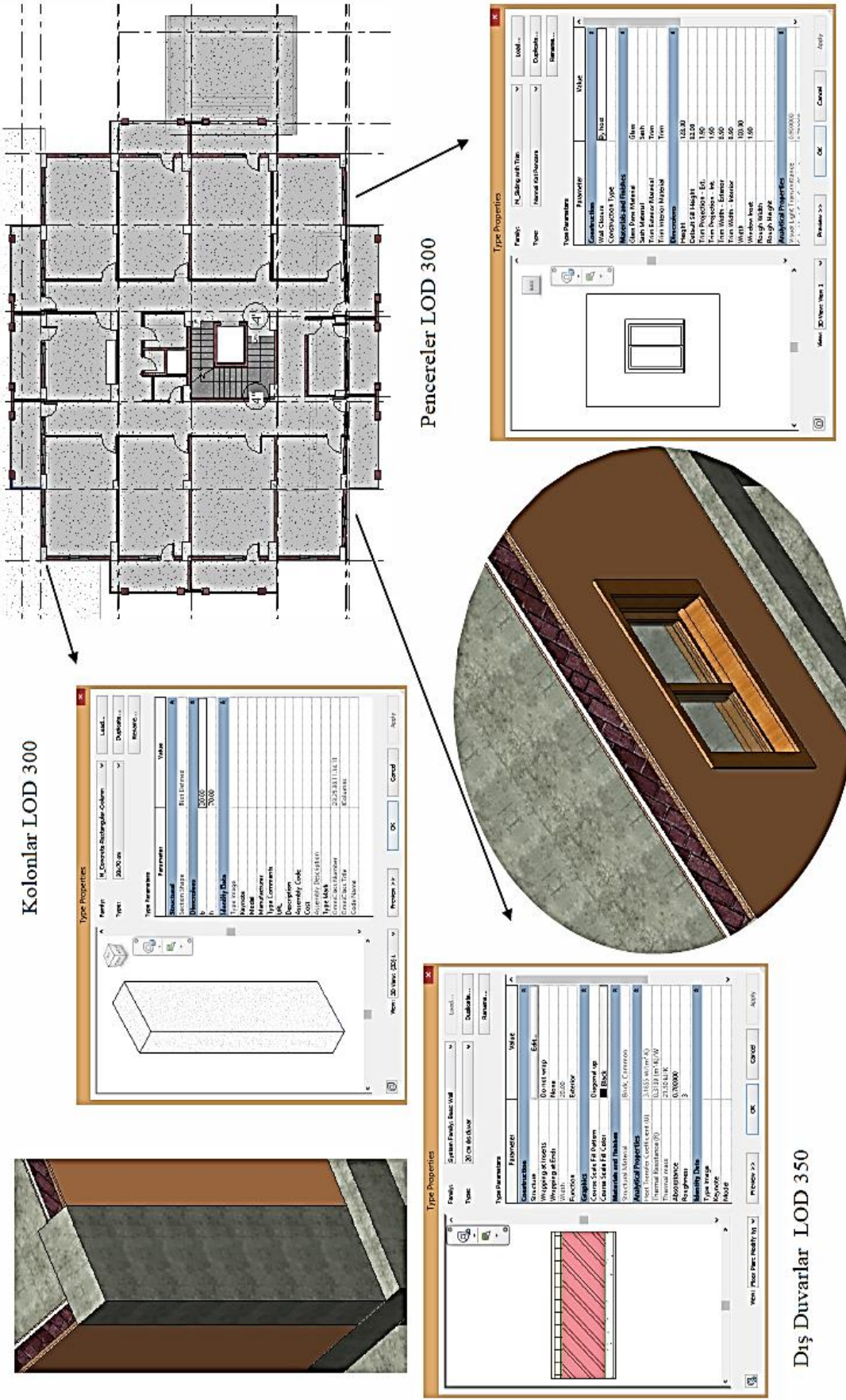


Şekil 14. Birinci katın 3B kat plan kesiti

Binanın mevcut halinin 3B modeli oluşturulurken model üzerinden tadilat projesinin de çizilebileceği ve yeni 3B model ile diğer projeler arasında çakışma analizlerinin de yapılabileceği dikkate alınmıştır. LOD 100 ve LOD 200 seviyelerinde elemanların çakışma analizi için yeterli bilgi içermediği, LOD 400 ve LOD 500 seviyelerinde ise elemanların bu analiz için ihtiyaç duyulandan fazla bilgi barındırdığı bilinmektedir. Bu nedenle çakışma analizi için ihtiyaç duyulacak bilgi seviyesi de dikkate alınarak elemanların YBM ile modellenmesinde detay seviye olarak LOD 300-350 detay seviyesi kullanılmıştır. Tablo 6'da YBM ile 3B modelleme de binadaki elemanlar için kullanılan detay seviyeleri (LOD) verilmektedir. Şekil 15'te de 1. kat planı ve bazı yapı elemanlarının LOD seviyeleri gösterilmektedir.

Tablo 6. Elemanların LOD detay seviyeleri

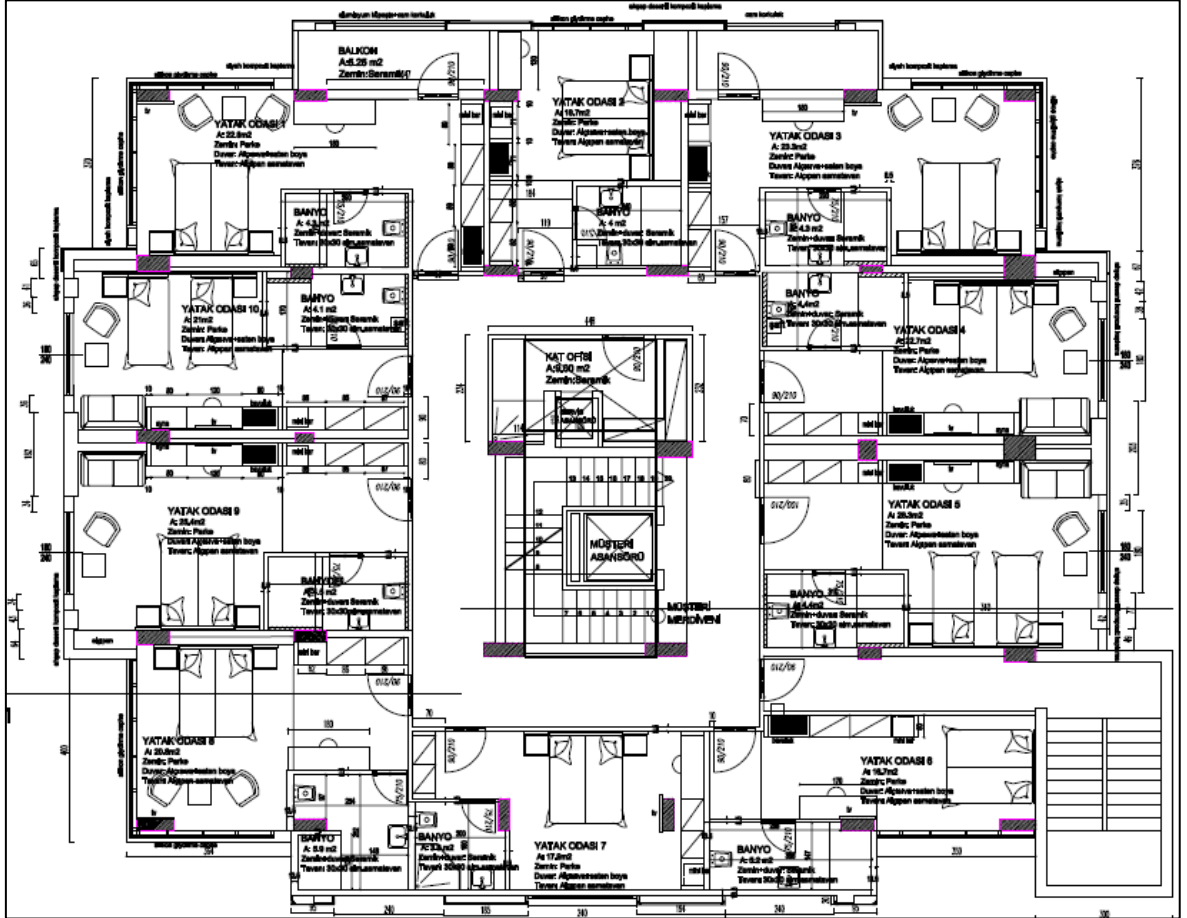
Eleman Adı	LOD Detay Seviyesi
Akslar	300
Temel	300
Kolonlar	300
Döşemeler	300
Merdivenler	300
İç Duvarlar	350
Dış Duvarlar	350
Parapet	350
İç Kapılar	300
Pencereler	300
Çatı	300



Şekil 15. Elemanların LOD seviyelerinin 3B görseli

2.6. Dördüncü Aşama: Tadilat Projesinin Alınması ve 3 Boyutlu Modellenmesi

Binaya ait yenileme projelerinin de 3B modellenmesi ile yapım anında karşılaşılabilecek sorunların YBM kullanımı ile tasarım aşamasında fark edilerek çözülebileceği gösterilmek istenmektedir. Bu amaçla projenin mevcut hali 3B modellendikten sonra geleneksel olarak çizimi gerçekleştirilen 2B tadilat projeleri elde edilerek binanın tadilat sonrası halinin 3B modellemesi yine Autodesk Revit 2016 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Tez ile ilgili çalışmaların tamamlanma sürecinde, mekanik projelerin ve tesisatların tamamlanmamış olması nedeniyle mekanik tesisatlar bütünüyle modellenememiştir. Bu sebepten dolayı sadece uygulamada sorunların görüldüğü elemanlar modellenmiştir. Şekil 16 ve 17’de binanın şantiyeden alınan 2B tadilat projesi, 3B modeli ve 3B kat planı kesiti verilmektedir. Şekil 18’de ise binanın dış cephe çalışmalarının tamamlanmış hali gösterilmektedir.



Şekil 16. Mimari 2B tadilat projesi



a) 3B bina modeli



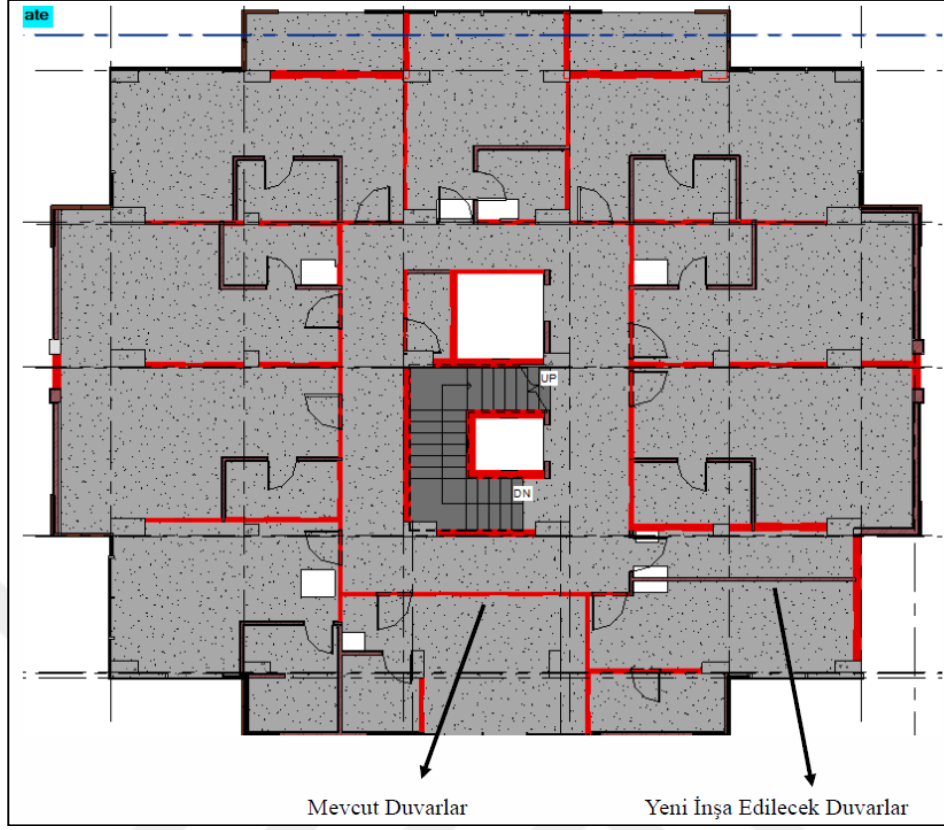
b) 3B kat planı kesiti

Şekil 17. Tadilat projesi 3B model ve kesit



Şekil 18. Tadilat çalışmaları devam ederken otel binası

Mevcut binanın 3B modeli üzerinde tadilat projesine göre değişiklikler yapılarak mevcut durum, yıkılacak/sökülecek ve yeni inşa edilecek elemanlar aynı model üzerinde görülebilmektir. Böylece yapılacak olan imalatlar daha kolay anlaşılabilir. Ayrıca yeni 3B modeli oluşturmak için gereken zamandan tasarruf sağlanacaktır. Şekil 19'da mevcut ve yeni yapılan elemanlarla ilgili kat planı gösterilmektedir.



Şekil 19. Mevcut ve yeni yapılan imalatların kat planında görünümü

Tadilat projesinin modellenmesi aşamasında kullanılan yapı elemanlarının LOD seviyeleri Tablo 7’de verilmektedir. Mevcut bina modellemesinde kullanıldığı gibi tadilat sonrası binanın modellenmesinde de LOD 300-350 detay seviyesi kullanılmıştır.

Tablo 7. Yeni 3B modelin elemanlarının LOD seviyesi

Eleman Adı	Eleman Durumu	LOD Detay Seviyesi
Akslar	Mevcut	300
Temel	Mevcut	300
Kolonlar	Mevcut	300
Döşemeler	Mevcut	300
Merdivenler	Mevcut	300
İç Duvarlar	Mevcut-Yeni	350
Dış Duvarlar	Yeni	350
Giydirme Cepheler	Yeni	350
Parapet	Yeni	350
İç Kapılar	Yeni	300
Pencereler	Yeni	300
Çatı	Yeni	300

2.7. Beşinci Aşama: Proje Süresi Boyunca Karşılaşılan Problemlerin Belirlenmesi

Proje süresi boyunca karşılaşılan problemlerin belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulabilmesi için otel binasının rölöve çalışmaları ve 3B modellerin oluşturulması aşamaları devam ederken proje ile ilgili bilgiler alınmaya da devam edilmiştir. Proje süresi boyunca her ay şantiyeye gidilerek şantiye şefiyle yapılan görüşmeler ve incelemelerde elde edilen veriler hazırlanmış olan takip formu aracılığıyla kayda alınmıştır. Takip formu ile birlikte şantiyede görüşülen kişiler, şantiyenin genel durumu, çalışan sayısı, görüşülen konular, çalışılmayan gün sayısı ve çalışılmama sebepleri ile birlikte yapılan imalatlar (yıkım/söküm ve/veya yeni) takip edilmiştir. Formlarda karşılaşılan problemler kategorilere ayrılmış, karşılaşılan sebepleri ve proje sürecine etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca şantiye şefiyle ara görüşmeler yapılarak proje süreciyle ilgili bilgiler toplanmaya devam edilmiştir. Gerçekleştirilen inceleme ve görüşmeler neticesinde otel binasının yenileme projesi sürecinde karşılaşılan birçok problemten öne çıkanları aşağıda belirtilmektedir.

- Proje başlangıcında yapılan yanlış ve eksik planlama,
- Otel binasının statik açıdan proje bilgilerinin olmayışı,
- Mimari, mekanik ve elektrik projelerindeki hatalar ve bu hataların uygulamayı yavaşlatması,
- Projelerin sürekli revizyona uğraması,
- Markalaşma aşamasında karşılaşılan proje ve kalite standartları farklılıklarının olması,
- Taşeron firmalarla yüksek fiyattan yapılan anlaşmalar ve iş teslim sürelerinin gecikmesi,
- Ekonomik sorunların olması.

Bahsedilen sorunlardan dolayı yenileme çalışmaları sözleşmede belirtilen 31.12.2015 tarihinde bitirilememiş olup, proje dört kez revizyona uğramış ve son revizyon sonrası proje tamamlanma süresi 31.03.2018 olarak revize edilmiştir.

İhale sürecinden sonra otelin başlangıçta 40 olan oda kapasitesi devlet desteği alabilmek için 25 odaya düşürülmüş ve tadilat projeleri değiştirilmiştir. Ancak devletten hibe desteği alınamadığından otelin kapasitesi tekrar arttırılmış ve 50 oda kapasiteli olarak tadilat projelerinde değişiklikler gerçekleştirilmiştir. Bu sebepten dolayı yenileme çalışmalarına 9 ay gecikme ile 26.11.2015 tarihinde başlanılmış ve ilk olarak 2016 yılının

Haziran ayında otelin açılması planlanmıştır. 10.03.2016 tarihinden sonra yapılan incelemelerde otelin açılışının bahsedilen tarihe yetiştirilemeyeceği gözlemlenmiştir.

Bahsedilen sorunlar daha detaylı olarak incelendiğinde tadilat çalışmalarının ilk aşamalarında görülen mekanik ve elektrik projelerin oluşturulmasında ve uygulanmasında yaşanan sıkıntıların proje sürecine etki ettiği görülmüştür. Yüklenici firma; mimari, elektrik ve mekanik 2B projeler için 3 ayrı firmayla anlaşmıştır. Bu firmaların projeleri teslim etme süresi 3 ay olarak belirlenmiştir. Bahsi geçen projeler geleneksel yolla çizildiklerinden bu firmalar arasında projelerin çizim aşamasında ortak çalışmayı sağlayacak unsurlarında olmadığı görülmektedir. Buna bağlı olarak projeler arasında yapılan eşleştirmeler sonucu projelerde %60'a yakın çakışmalar ve hatalar olduğu belirlenmiştir. Bu durumdan kaynaklı olarak gelişen problemlerin önemlileri ise; elektrik ve mekanik projeler arasında kullanılan şaftların aynı olması, şaftların yeterli genişlikte olmaması, aynı şaftları kullandıklarından projecilerin haberleri olmaması veya gereksiz yere şaftların açılması gibi sorunlardır. Şekil 20'de katlar arasında aynı doğrultularda açılan şaftlar ve boyutlarındaki farklılık görülmektedir. Ayrıca mekanik tesisatın kirişlerle kesişmesi de önemli bir çakışma sorunu olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 20. Şaftlar arasındaki farklılıklar

Tesisatların mimari detaylara çok dikkat edilmeden yapıldığı ve tavan kotlarının mimari projeye uygun olmadığı gibi sorunlar da projeler arasında ortaya çıkan çakışmaların yapım anında görülmesinden kaynaklanmaktadır. Projecilerin çizim

aşamasında unuttuğu detaylar veya karşılaşılan çakışmalar yapım anında ortaya çıkmış ve projelerin yerine uymadığı görülmüştür. Bunun sonucunda ya mekanik ve elektrik tesisat projelerinde ya da mimari projede revizyon yapılma zorunluluğu oluşmuştur. Buna bağlı olarak revizyon yapılacak olan yapım işiyle ilgili imalat kısmen durmuş ve diğer yapım işlerini yavaşlatmıştır. Bu problemlerden bazıları ise mekanik tesisatı yapan usta tarafından yerinde çözülmeye çalışılmıştır. Bu da mimari yapıyı bozabilmekte, mekanik tesisatın çalışmasını engelleyebilmekte veya yapının taşıyıcı sistemine zarar verebilmektedir. Mekanik tesisatı yapabilmek için mimari projede değişiklik yapılması beklenmeden yerinde gerçekleştirilen çözüm örneği Şekil 21’de verilmektedir.



Şekil 21. Tesisatı yapabilmek için yerinde gerçekleştirilen çözüm

Gecikmeye neden olan bir unsur ise; markalaşma aşamasında karşılaşılan proje ve kalite standartları farklılıklarının olmasıdır. Otelin işletme aşamasındaki isim hakkı için 15.12.2016 tarihinde bir firmayla anlaşma sağlanmıştır. Firmanın yaptığı inceleme

sonucunda projelerde ve kullanılan yapı malzemelerinde değişiklikler yapılması istenmiştir. Bu amaçla 01.01.2017-31.01.2017 tarihleri arasında projeler tekrar 2B olarak revize edilmiş ve 01.03.2017 tarihinde yeniden tadilat işlemlerinin yapımına devam edilmiştir. Projelerin revize edilmesi ve tadilat işlemlerine devam edebilmek için projelere göre yıkımların ve malzeme temini gibi hazırlıkların yapılması sebebiyle otelin tadilat işlemine 2 ay ara verilmek zorunda kalınmıştır. Şekil 22'de otel binasının iç duvarlarına sıva ve boya yapıldıktan sonra anlaşılan firmanın isteğiyle daha düzgün duvar yüzeyleri elde edilmesi için tüm iç duvarlara alçıpan kaplama yapıldığı görülmektedir.



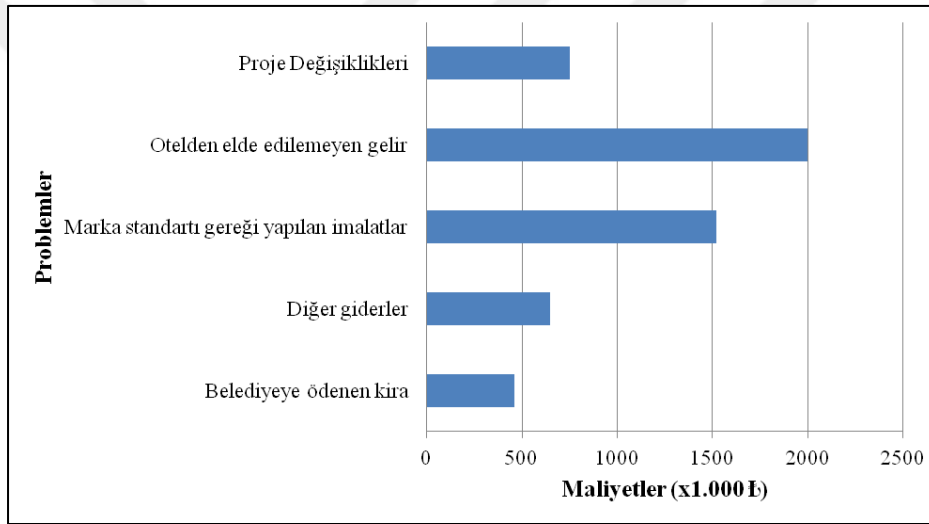
Şekil 22. İç duvarlara alçıpan kaplama yapılması

Proje süresinin gecikmesinden dolayı satın alma olanaklarından yararlanılamaması da maliyet anlamında bir zarar oluşturmaktadır. Yapılacak olan imalatlar için fiyat araştırması yapılmadan zamandan kazanç elde edebilmek amacıyla ilgili firmalara işler yüksek fiyattan verilmek zorunda kalınmıştır. Ayrıca anlaşılan taşeron firmaların projelerdeki eksikliklerden dolayı iş teslim süreleri de uzamıştır. Bu tür problemler, projelerin başlangıç ve tasarım aşamalarında proje yönetim ilkeleri ile bağdaşmayan süreçlerle yürütülmesinin ortaya çıkarabildiği kayıpları tekrardan göz önüne koymaktadır.

2.8. Altıncı Aşama: Yapı Bilgi Modellemesinin Karşılaşılan Problemler Üzerindeki Etkileri

Proje boyunca yapılan incelemeler ve elde edilen bilgiler sonrası proje sürecini etkileyen problemler belirlenmiştir. Bu aşamada da YBM kullanımının yeni inşaat projelerinde görülen faydaları dikkate alınarak YBM'nin tadilat projelerindeki problemler üzerindeki etkileri incelenecektir.

Bahsedilen problemlerin projeye olan zararları dikkate alındığında projenin bitiş zamanını uzattığı ve maliyetini oldukça arttırdıkları görülmektedir. Şekil 23'te proje boyunca karşılaşılan problemlerin maliyete olan etkileri ortaya konulmaktadır

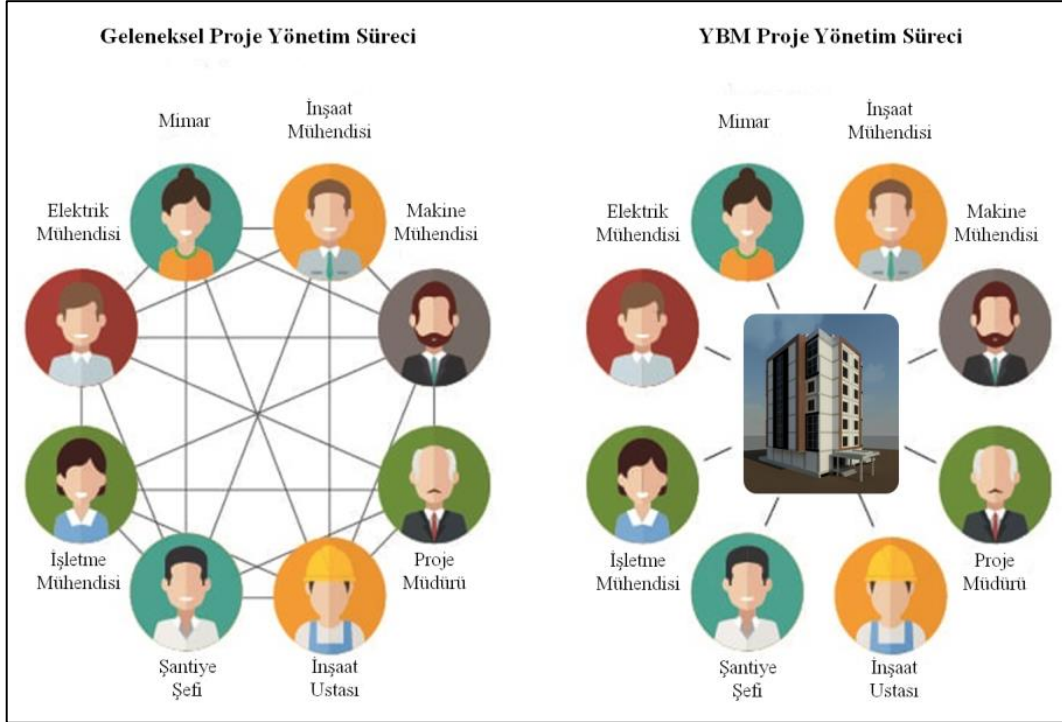


Şekil 23. Karşılaşılan problemler ve maliyetleri

Şekil 23'te görüldüğü gibi proje sürecinde ortaya çıkan problemlerden dolayı tadilat işinin maliyeti fazlasıyla artmıştır. 2.118.458,27 ₺ olarak hesaplanan yenileme projesinin başlangıçtaki yapım maliyeti bahsedilen problemlerden kaynaklanan maliyet artışlarından dolayı yaklaşık olarak 5.500.000 ₺'ye kadar çıkmıştır. Bu artışa yol açan sebeplerden biri proje boyunca gerçekleştirilen değişiklikler ve bunlara bağlı olarak yapılan söküm-tekrar (alçıpanlar, elektrik ve sıhhi tesisatlar vb.) yapımlardır. Projelerdeki hatalardan kaynaklanan söküm-tekrar yapım imalatlarının maliyeti 750.000,00 ₺ olarak hesaplanmıştır. Bir diğer problem de marka standardı gereği yapılan imalatlardaki artışlardır. Bu artışlarda proje maliyetini yaklaşık olarak 2.000.000,00 ₺ yükseltmiştir. Bu artışa neden olan imatlara ise odalara yapılması planlanan ek mekanik tesisatlar, değişen

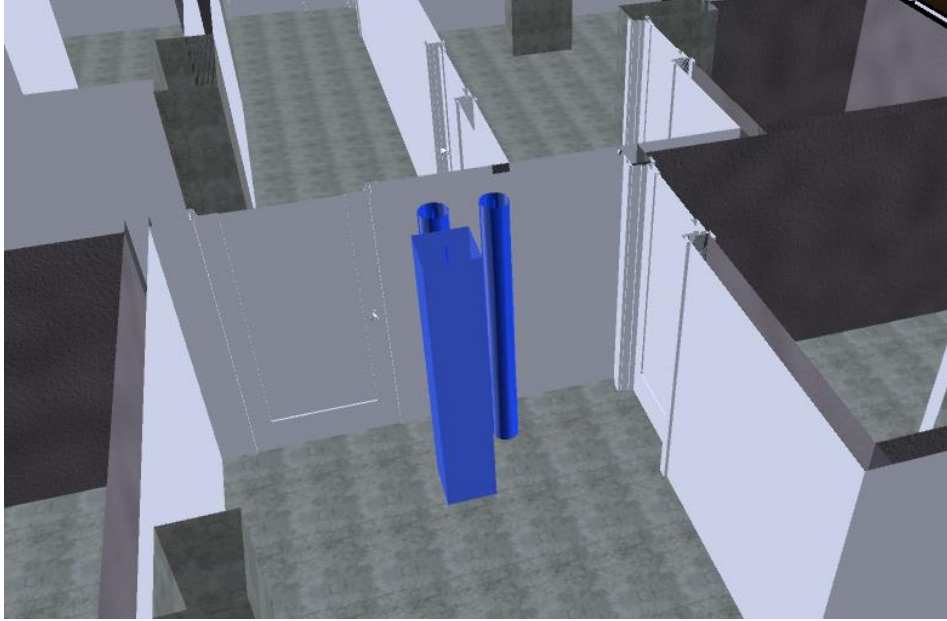
malzemeler ve değişen projeler örnek olarak gösterilebilir. Maliyetin artmasına etki eden bir diğer parametre ise sözleşme zamanına uyulmadığı için belediyeye ödenen kira bedelidir. Belediyeye imzalanan sözleşmeye göre tadilatın 31.12.2015 tarihinde bitirilmesi gerekmekte ve bu tarihten sonraki her ay için 15.000,00 ₺ (2017 yılındaki her ay için 18.000,00 ₺) kira ücreti ödenecektir. Bu sebeple proje süresi boyunca belediyeye ödenen kira ücreti her yıl artan ücretlerle birlikte 460.800,00 ₺ olarak görülmektedir. Diğer giderler olarak belirtilen artış sebepleri ise sabit giderlerin (işçi maaşı gibi) ödenmeye devam etmesi ve satın alma dezavantajlarından kaynaklı artışlar olarak incelenmiştir. Ayrıca; otelin geç açılmasından kaynaklanan işletim aşamasında elde edilemeyen gelir de yapım maliyetini artırmaya da ciddi bir katkı olarak ortaya çıkmaktadır.

Karşılaşılan problemler incelendiğinde YBM teknolojisinin, kullanıldığı yapım projelerinde bahsedilen sorunları belirli düzeyde çözebildiği görülmektedir. YBM teknolojisinin sağladığı en önemli yararlarından biri Şekil 24’te de görülen farklı disiplinlerin ortak çalışmasını kolaylaştıracak ortak bir platform sunmasıdır. Bununla birlikte projelerin tasarım aşamasında proje katılımcılarına aynı model üzerinde eş zamanlı çalışabilme özelliği sağlanmakta ve bu sayede bahsedilen sorunlar projenin erken aşamalarında fark edilerek kolayca çözülebilmektedir.



Şekil 24. YBM ve geleneksel proje yönetim süreçleri

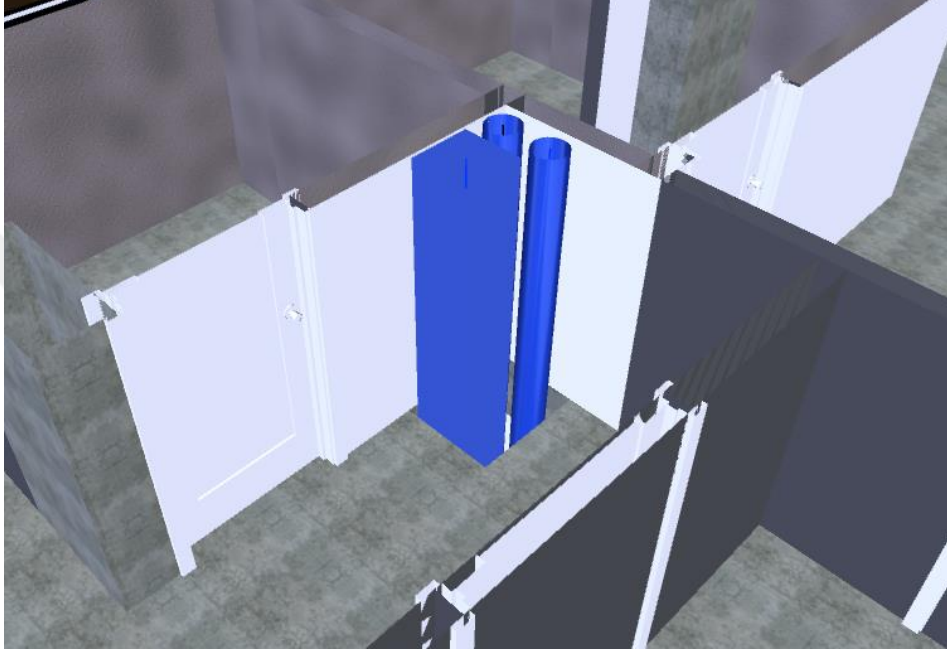
Şekil 25'te mekanik ve mimari projeler arasında meydana gelen çakışma örneği gösterilmektedir. Mimari projede odanın içinde bırakılan şaft boşluğu mimar tarafından unutulmuş ve mekanik tesisat projesi bu şafta göre gerçekleştirilmiştir. Projelerin çizim aşamasında fark edilmeyen bu hata, mekanik tesisatın yapım anında şantiyede görülmüştür. Bunun sonucunda mimari ve mekanik projelerde değişiklik yapılma zorunluluğu meydana gelmiştir. Mekanik projede revizyon yapılması için önce mimarın projedeki şaft boşluğunun yerini değişmesi beklenmiştir. Mimari projede şaft boşluğunun değişmesi, odanın iç planında da değişiklikler yapılmasına ve yeni şaftların açılmasına sebep olmuştur. Plan ve kesitlerin tek tek değiştirilmesi gerekmiştir. Mimari projede yapılan bu değişiklikler sonrasında mekanik projelerde de değişiklikler yapılmıştır. Mekanik projede yapılan değişikliklerde ise 3 odanın havalandırma kanalları, sıcak su, temiz su ve pis su borularının konumları değiştirilmiş ve buna bağlı olarak gerçekleştirilmiş olan bazı imalatlar tekrardan sökülüştür.



Şekil 25. Mimari ve mekanik projeler arası çakışma

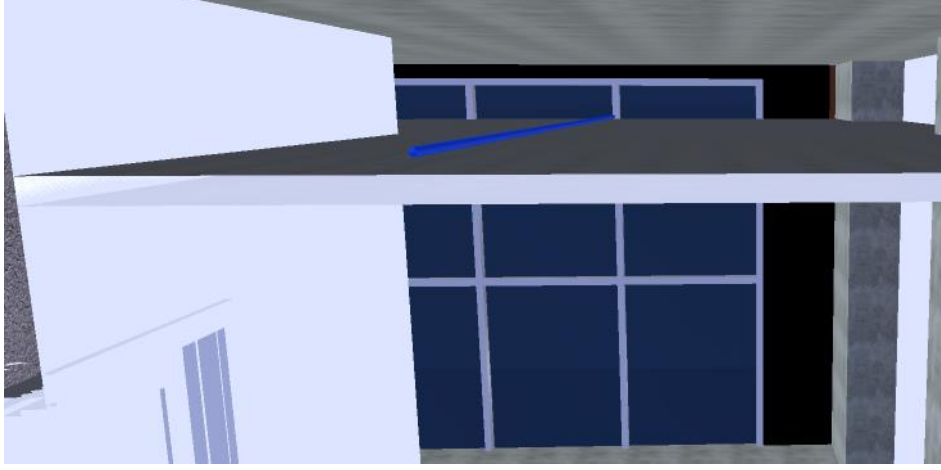
YBM ile bu sorun çakışma analizleri ile tasarım aşamasında fark edilebilir ve değişiklikler parametrik modelleme sayesinde çok daha kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir. Çakışma analizi gerçekleştirilirken Navisworks Manage 2016 yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım ile birlikte projelerdeki elemanların kesiştiği bölgeler görülebilmekte veya aralarında istenilen mesafeye göre birbirlerine yaklaştığı mesafelere

karar verilebilmektedir. Bahsedilen sorunların tasarım aşamasında fark edilebildiğini göstermek için tüm mekanik tesisatlar modellenemediğinden problem olan elemanlar modellenmiş ve bu elemanlarla diğer projeler arasında çakışma analizleri yapılmıştır. Şekil 26'da yapılan değişiklik sonrası yeni havalandırma kanalı, sıcak ve soğuk su boruları gösterilmektedir.



Şekil 26. Revizyon sonrası mekanik tesisatların 3B planda gösterimi

3B model üzerinden görülebilen bir başka yaşanan problem ise asma tavan ve yangın tesisatı yükseklikleri olmuştur. Yangın tesisatı asma tavan yüksekliğine dikkat edilmeden çizilmiş ve uygulama aşamasında yangın tesisatının döşemeden 45cm aşağı kotta çizildiği görülmüştür. Asma tavanın ise döşemeden 55 cm aşağı kotta olması gerektiği mimari projede görülmektedir. Şekil 27'de 3B model üzerinden görülebilen bu hata yerinde fark edilmiş ve geçici çözüm olarak asma tavan kotunun daha düşürülemeyeceği göz önüne alınarak yangın tesisatının kotu yükseltilmiş ve buna bağlı olarak yangın tesisat projesinde değişiklikler yapılmıştır.



Şekil 27. Yangın tesisatı ile asma tavan arasındaki problem

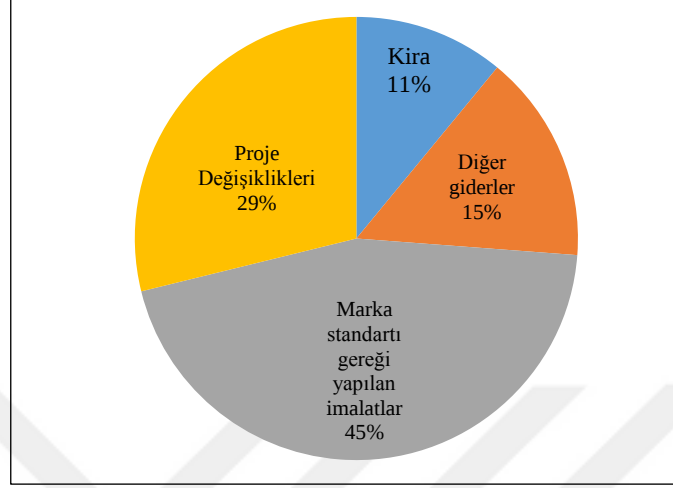
Bahsedilen problemler ve YBM'nin yararları göz önüne alındığında; tadilat projesi boyunca mimari, mekanik ve elektrik projelerin çakışması ve bu sebeple projede meydana gelen değişikliklerden kaynaklanan maliyetin YBM teknolojisiyle azaltılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca bu sorunların ortaya çıkardığı süre uzatımları da göz önüne alındığında proje değişikliklerinden dolayı harcanan tekrar yapımların projenin 5 ay uzamasına sebep olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple maliyeti artıran unsurlar için 5 ay daha fazla harcama yapılmıştır. Tablo 8'de proje değişikliklerinden dolayı yaşanan 5 ay gecikmenin maliyete ne kadar etki ettiği gösterilmektedir.

Tablo 8. Proje değişikliklerinden dolayı artan sürede oluşan maliyet artışları

Problem	5 ayda oluşan maliyet (₺)
Belediyeye ödenen kira	18.000x5=90.000,00
Elde edilemeyen gelir	800.000,00
Diğer giderler	135.000,00
Toplam	1.025.000,00

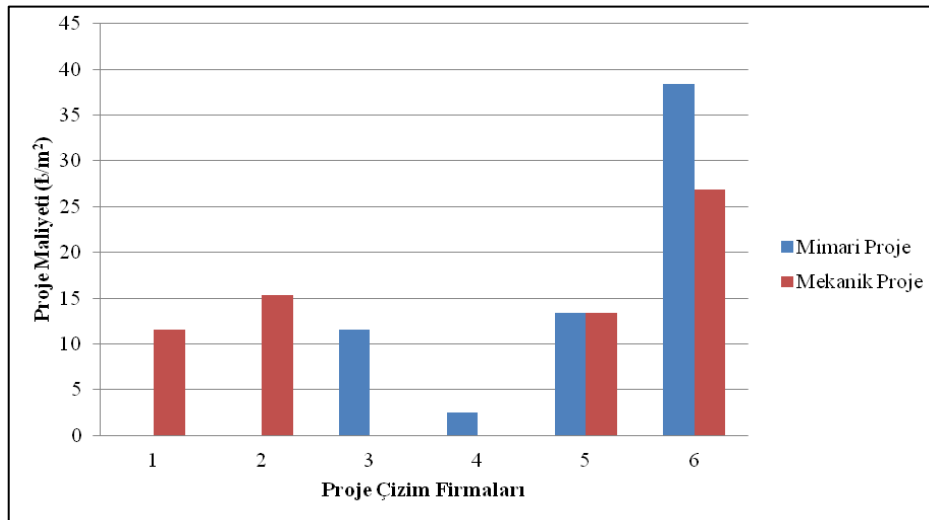
Tablo 8'de gösterilen maliyetler ve proje değişikliklerinden kaynaklanan maliyet artışı dikkate alındığında 5 ayda toplamda 1.775.000,00 ₺ tutarında bir kayıp olduğu görülmektedir. Otelin işletme aşamasında elde edilemeyen gelirin projenin yapım maliyetini arttıran bir problem olmadığı dikkate alındığında proje değişikliğinden ve artan

süreden kaynaklanan maliyetlerin toplam proje maliyet artışının yaklaşık olarak %29'una denk geldiği görülmektedir. Şekil 28'de bu oranlar gösterilmektedir.



Şekil 28. Maliyet artışına problemlerin etki yüzdeleri

Proje değişikliğinden kaynaklanan sorunları YBM ile çözebilmek için 3B YBM modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu modellerin oluşturulması da firma açısından ekstra maliyet oluşması anlamına gelmektedir. Otelin mimari ve mekanik 3B modellerinin çizim maliyetinin belirlenmesi için İstanbul ilinde faaliyet gösteren 4 mimari ve 4 mekanik çizim ofisinden teklifler alınmış ve bu teklifler Şekil 29'da gösterilmektedir.



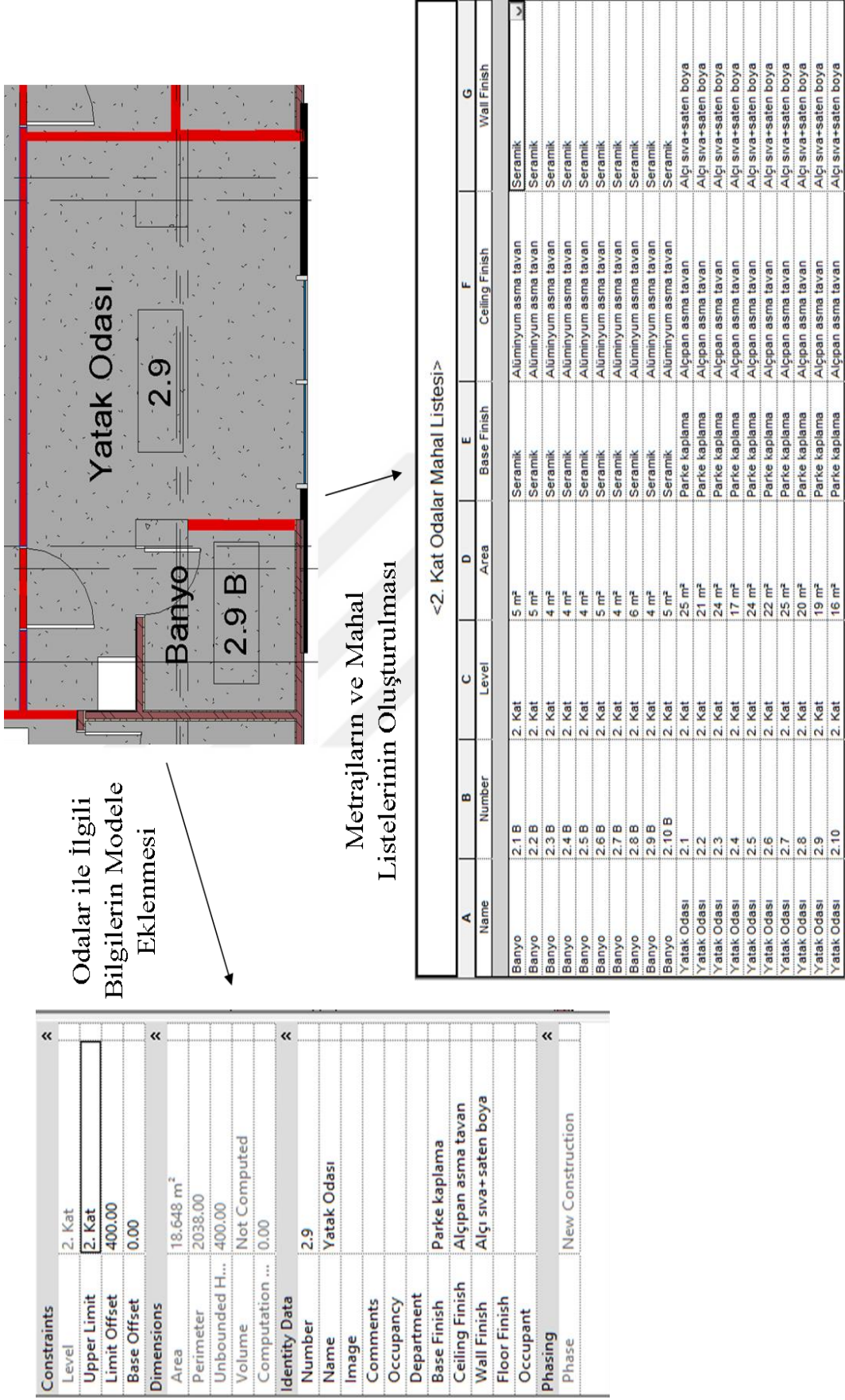
Şekil 29. Firmalardan alınan 3B modelleme fiyatları (₺/m²)

Yapılan piyasa araştırması incelendiğinde firmalar arasında ortak bir fiyat aralığının olmadığı ve fiyatların farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır. Bunun da sebebinin ülkemizde henüz YBM kullanımının yaygınlaşmamış olması ve 2B projeler için kullanılan fiyatlandırma şablonları gibi bir fiyatlandırma standartının bulunmamasıdır. Buna rağmen firmalardan alınan fiyat bilgileri ışığında mimari ve mekanik projelerin m²'sinin ortalama 11,50 ₺'ye (3 \$) modellendiği görülmektedir. Tablo 9'da mimari ve mekanik 3B modellerin maliyetleri gösterilmiştir. Fiyatlar incelendiğinde her bir proje için yaklaşık olarak 41.170,00 ₺ proje bedelleri hesaplanmıştır. Hesaplanan proje bedelleri tadilat işi için ekstra bir maliyet olarak görünse de yukarıda bahsedilen problemler için harcanan maliyetin yanında önemli bir harcama kalemi olmamaktadır. Projelerin çizim süreleri her bir proje için ortalama 1 ay olarak belirtilmektedir. Bu sürenin projelerin 2B çizimlerinin oluşturulma süreleri ile aynı olduğu dikkate alındığında proje aşamasında YBM modelleri oluşturulmasının projelerin çizim sürelerini arttırmadığı görülmektedir.

Tablo 9. 3B modellerin fiyat tablosu

Proje Türü	Toplam m ²	m ² fiyatı (₺)	Toplam fiyat (₺)
Mimari proje	3.580	11,50	41.170,00
Mekanik proje	3.580	11,50	41.170,00

Ayrıca yapıların tasarım, inşaat ve işletim aşamalarında elde edilen bilgiler YBM ile oluşturulan 3B modele entegre edilebilmekte ve bina yaşam döngüsü boyunca yapılması istenilen bir tadilat için gerekli bilgiler kolayca bulunabilmektedir. Şekil 30'da tadilat 3B modelindeki elemanlara girilen bilgiler ve alınan metraj gösterilmektedir. Proje boyunca yapılacak olan değişimler model üzerinde gerçekleştirildiğinde otomatik olarak metraj listelerinin de değiştiği görülmektedir. Bu değişimlerin CAD dosyalarına eklenme aşamasında unutulmuş kesitler, planlar, metraj dosyaları olabilmekte ve projelerin revize süreleri uzamaktadır.



YBM kullanılmadan inşa edilmiş ve işletim aşamasına geçilmiş bir yapının, tadilat aşamalarında YBM'ye entegre edilmesinin sağladığı yararların yanında 3B YBM modelleri bulunan binalarda tadilat çalışmaları çok daha kolay gerçekleştirilebilmektedir. 2B çizilen projelerin çıktılarının yapım aşamasında büyük oranda kaybolduğu ve işletim aşamasındaki proje paydaşlarına ulaşmadığı bilinmektedir. Ancak binanın 3B YBM modellerinin işletim aşamasındaki proje paydaşları ile paylaşılıp yaşam dönemi boyunca saklanabilmesi tadilat aşamasında bina ile ilgili bilgilere ulaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Rölöve aşamasındaki sorunlar ortadan kalkmakta ve mevcut 3B model üzerinden tadilat projeleri çok daha kısa zamanda oluşturulmaktadır. Tadilat çalışmalarının her aşamasında yapı ile ilgili bilgiler elde edilebilmektedir. Bu sayede tadilat çalışmalarının daha hızlı ve sorunsuz gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnşaat sektörünün büyüyen yapısı ile birlikte özellikle büyük ölçekli projelerde, projeyi kontrol etmek zorlaşmaktadır. 2B projeler arasında ortaya çıkan çakışmalar ve bu çakışmaların yapım aşamasında görülmesi durumunda projelerde gerçekleştirilen değişikliklerin proje maliyetine etkileri oldukça fazla olmaktadır. Bu değişikliklerin azaltılarak öngörülen zaman ve maliyetlerde projelerin tamamlanması proje paydaşları için önem arz etmektedir. Bu durumun sağlanabilmesi için proje teslim sürecinde değişikliğe gidilmesi gerekmektedir. Bu amaçla tüm proje paydaşlarının tasarım aşamasındaki koordinasyonlarını artıracak YBM teknolojisi gibi teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. YBM sayesinde tasarım ve yapım aşamasında karşılaşılan/karşılaşılabilecek problemler en aza indirilerek daha doğru zaman ve maliyet tahminleri gerçekleştirilebilmektedir.

YBM'nin uygulandığı projelerde gösterdiği faydaları sayesinde YBM kullanımı, dünyada ve ülkemizde giderek artmaktadır. Ancak bu kullanım daha çok yeni inşaat projelerinde olmaktadır. Literatürden de görülebileceği gibi mevcut binalar için YBM kullanımı sınırlı sayıdadır. Mevcut binaların yenileme/tadilat projelerinde karşılaşılan sorunların belirlenmesi ve bu sorunlara YBM kullanımının etkilerinin ölçülmesi, YBM'nin mevcut binalar üzerindeki verimliliğinin anlaşılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, geleneksel yöntemlerle yenileme çalışmaları devam eden bir otel binası projesi vaka çalışması olarak incelenmektedir. Yenileme çalışmalarında karşılaşılan problemlere, YBM kullanımının etkileri literatürden ve 3B modeller üzerinden gösterilmekte, projenin zamanına ve maliyetine yapabileceği katkılar anlatılmaktadır.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar 6 aşamadan oluşmaktadır:

- Birinci aşama: Yenileme çalışmaları devam eden ve vaka çalışması olarak incelenen atıl durumdaki otel binasının mevcut hali ve yapılan/yapılacak çalışmalarla ilgili bilgiler alınmıştır. Bu bina için geleneksel olarak devam eden yenileme çalışmalarının tasarım aşamasındaki süreci ve proje teslim yöntemi incelenmiştir.
- İkinci aşama: Binanın mevcut halinin 3B modelini elde edilmek için binanın rölövesi çıkarılmıştır. Rölöveyi almak için 4 kişilik bir ekip oluşturulmuş ve şantiyeye 3 kez gidilerek rölöve çıkarma işlemleri tamamlanmıştır.

- Üçüncü aşama: Oluşturulan rölöveye göre binanın mevcut hali Autodesk Revit 2016 yazılımıyla 3B modellenmiştir.
- Dördüncü aşama: Bina 2B olarak çizilen tadilat projeleri elde edilerek yenileme çalışmaları sonrası binanın 3B modeli oluşturulmuştur. Bina tadilat projesinin 3B modeli, binanın mevcut hali için oluşturulan 3B modeli üzerinden gerçekleştirilerek mevcut, yıkılan ve yeni inşa edilecek elemanların aynı model üzerinde görülebilmesi sağlanmıştır. Bu sayede mevcut ve yeni modeller arasındaki farklılıklar ve değişiklikler daha iyi görülebilmektedir. Bununla birlikte elde edilen metraj listeleriyle daha doğru maliyet ve zaman tahminleri yapılabilecektir.
- Beşinci aşama: Şantiyeye her ay gidilerek yapılan imalatlar takip edilmiş ve karşılaşılan problemler belirlenmiştir. Ayrıca şantiye şefiyle ara görüşmelerde yapılarak bilgiler güncellenmiştir.
- Altıncı aşama: Proje boyunca tespit edilen sorunların YBM kullanılarak çözülüp çözilemeyeceği ve YBM kullanımının projenin zamanına ve maliyetine olan etkisi araştırılmıştır.

Yapılan bu çalışmalarla birlikte otel binasının tadilat projesi sürecinde karşılaşılan problemler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu problemlerin en önemlileri ve karşılaşıma sebepleri aşağıda sunulmaktadır:

- Proje başlangıcında yapılan yanlış ve eksik planlama: İhale yapıldıktan sonra otel binasının 2B yenileme projeleri çizilmiştir. Bu aşamada otelde bulunacak olan oda sayıları ve kat planları sürekli değişiklik göstermiş ve projelerin çizim süreci uzamıştır.
- Otel binasının statik açıdan proje bilgilerinin olmayışı: Projelerin çizim aşamalarında mevcut binanın statik durumu ile ilgili bilgi eksikliği yaşanmıştır. Alınan rölöve ve karot numuneleri ile kolon, kiriş ve döşeme ile ilgili bilgiler toplanmaya çalışılmıştır.
- Mimari, mekanik ve elektrik projelerindeki hatalar ve bu hataların uygulamayı yavaşlatması: Bina ile ilgili yaşanan eksik bilgi/belgeden kaynaklanan ve projelerin çizim aşamalarında aralarında koordinasyonun olmamasından dolayı projelerde çakışmalar ortaya çıkmıştır.
- Projelerin sürekli revizyona uğraması: Yapım anında görülen proje hatalarını çözebilmek için projelerde değişiklikler yapılmıştır. Hataların çokluğu sebebiyle

projeler sürekli revizyona uğramış ve bu revizyon aşamalarında imalatların yavaşladığı ve kısmen durduğu görülmüştür.

- Markalaşma aşamasında karşılaşılan proje ve kalite standartları farklılıkları: Otelin işletme aşamasındaki isim hakkı için anlaşılan firmanın istekleri doğrultusunda otelin projesi tekrar değişmek zorunda kalmıştır. Bu değişim otelin yapım ve iç dekorasyon malzemelerinde ve kat planlarında farklılıklar olmasına neden olmuştur. Bu değişimler projenin süresini ve maliyetini ciddi bir oranda artırmıştır.
- Taşeron firmalarla yüksek fiyattan yapılan anlaşmalar ve iş teslim sürelerinin gecikmesi: Otelin işletmeye açılma süreci uzadıkça yapılacak olan işler hızlandırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla taşeron firmalara, fiyat araştırılması yapılmadan yüksek fiyattan işler verilmek zorunda kalınmıştır. Ayrıca projelerin doğru çizilmemiş ve sürekli revize edilmesi de taşeron firmaların iş teslim sürelerini geciktirmiştir.
- Ekonomik sorunların olması: Başlangıçta planlanan maliyet için bütçe ayrılmış olduğundan artan maliyetleri karşılamak için ek bütçe oluşturulmaya çalışılması da işlerin ilerlemesi için en büyük sorunlardan biri olmuştur. Ayrıca projenin belediye ile yapılan sözleşmedeki tarihe kadar yetiştirilememesi nedeniyle belediyeye kira bedeli ödenmektedir.

Bu sorunlardan dolayı tadilat projesinin süresi imzalanan sözleşmede belirlenen bitiş tarihine göre 2 yıl 3 ay uzamıştır. Başlangıçta hesaplanan proje maliyeti ise 2.118.458,27 ₺'den yaklaşık 5.500.000,00 ₺'ye yükselmiştir. Karşılaşılan bu problemlerin proje süresine olan etkileri incelendiğinde ilk tadilat projelerinin 2B olarak oluşturulması, rölöve alma ve binanın statik açıdan yapılan çalışmalarının 9 ay, proje değişikliklerinin 5 ay, markalaşma aşamasındaki proje değişikliklerinin çalışmalara tekrar başlanılmasına 2 ay kadar etki ettikleri görülmüştür.

Proje süresince karşılaşılan problemlerinin, proje maliyetini ise yaklaşık olarak 3.380.000,00 ₺ arttığı hesaplanmıştır. Proje değişikliklerinden kaynaklı maliyet artışı, proje maliyetinde ortaya çıkan maliyet artışının %29'unu ve toplam proje maliyetinin ise %18'ini oluşturmaktadır. Marka standardı gereği yapılan imalatların ise bu maliyet artışının %45'ine, toplam proje maliyetinin ise %28'ine denk geldiği görülmektedir. Bunların yanı sıra belediyeye ödenen kira ve diğer giderler, maliyet artışının % 26'sını ve toplam proje maliyetinin %16'sını kapsamaktadır.

Yapılan vaka çalışması sonucunda; YBM'nin literatürde ve sektörde yeni bina inşaatlarındaki kullanımında görülen projeye kattığı faydalar göz önüne alındığında mevcut binaların yenileme projelerinde de etkin bir şekilde kullanılabileceği görülmektedir.

YBM'nin bahsedilen bu kullanım faydaları ile birlikte vaka çalışması olarak incelenen binada görülen problemler birlikte değerlendirildiğinde, karşılaşılan problemlerin kısmen çözülebileceği görülmektedir. YBM'nin tasarım ve yapım aşamalarındaki yararları dikkate alındığından proje değişikliklerinin ve bu değişikliklerden kaynaklanan süre uzatımının azaltılabileceği ve bununla projenin artan maliyetinin %29'una denk geldiği ve proje maliyetinin proje süresinin artan 5 aylık süresi de dikkate alındığında 975.000,00 ₺ arttığı görülmektedir.

YBM'nin mevcut binalarda kullanımının tasarım ve buna bağlı olarak yapım süreçlerine sağlayacağı yararlar gerçekleştirilen vaka çalışması incelenerek elde edilmiştir. Bu yararlar aşağıda verilmektedir:

- Mevcut binaların YBM modellerinin bulunması sayesinde rölöve almaya gerek kalınmaması veya yeni gelişen teknolojiler (lazer tarayıcılar vb.) ile birlikte elde edilen modellerin mevcut binaların tadilat projelerinin YBM modellerini oluşturmada daha doğru mevcut bina bilgisi sağlaması.
- Var olan 3B model sayesinde bina ile ilgili dokümantasyonun eksiksiz olarak saklanabilmesi, bina ile ilgili belirsizlikleri ortadan kaldırması ve yeni projeler oluşturma aşamasında kullanılması.
- Tasarım aşamasında proje paydaşları arası birlikte çalışabilirliği tek bir model üzerinden sağlaması ve 3B görselleştirme sayesinde daha iyi iletişim sağlanması.
- Mevcut 3B model üzerinden daha az sürede tadilat 3B modellerinin oluşturulması.
- 2B çizimlerden kaynaklanan hataların ve projeler arası çakışmaların tasarım aşamasında ortaya konulması ve böylece proje sürecine etki eden değişiklik talimatlarının azaltılması.
- Yapım aşamasından önce projenin 3B-4B-5B gibi modellerinin elde edilerek süreç boyunca karşılaşılabilecek olan sorunların görülerek projenin planlanan zamanda ve maliyette bitirilebilmesi için uygun kaynak stratejilerinin elde edilmesi.
- Bina performans değerlendirilmesi, risk analizi ve sürdürülebilir bir yapı için enerji analizlerinin yapılabilmesi.

- Nesne tabanlı 3B modelleme yapılabilmesi ve bu sayede elemanlara bilgiler eklenerek kolayca metrajların elde edilebilmesi.
- Parametrik modelleme sayesinde projelerde yapılan bir değişikliğin kat planları, kesitler, metraj listeleri gibi tüm çıktılarda otomatik olarak değiştirilmesi.

Gerek literatür incelemesi ve gerekse bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan hareketle, gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutması ümit edilen bazı öneriler aşağıda verilmektedir:

- İncelenen vaka çalışması sayısı ve buna bağlı olarak karşılaşılan problem sayıları arttırılabilir ve bu problemlerin önem sıraları belirlenerek çözüm olanakları incelenebilir.
- Tüm mekanik 3B modeller oluşturularak tadilat projeleri arasında çakışma analizleri yapılabilir.
- Binanın mevcut hali lazer tarayıcılar kullanarak modellenebilir ve enerji analizleri ile bina yaşam döngüsü incelenebilir.

4. KAYNAKLAR

- Abbasnejad, B. ve Moud, H. I., 2013. BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations, International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 3, 2, 287-294.
- AGC Associated General Contractors of Americ, 2005. The Contractor's Guide to BIM, 1st ed. AGC Research Foundation, Las Vegas.
- AIA-The American Institute for Architects, 2008. Document E202-2008-Building Information Modelling Protocol Exhibit, American Institute of Architects, Washington.
- Akkaya, D., 2012. İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkoyunlu, T., 2015. Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi, Doktora Tezi, İTÜ, Mimarlık Anabilim Dalı Proje ve Yapı Bilimleri Programı, İstanbul.
- Alkawi, G., 2016. Mimarlık Eğitiminde BIM Tabanlı Disiplinlerarası İşbirliği Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Altun, M., 2015. Model Based Building Energy Optimization Using Meta-Heuristics, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J.Y.N. ve Leung, B.H.Y, 2008. Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects, Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I), Karachi, Pakistan, 435-446.
- Azhar, S., 2011. Buildingn Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, Leadership and Management in Engineering, 11, 3, 241-252.
- Barbosa, M. J., Pauwels, P., Ferreira, V. ve Mateus, L., 2016. Towards Increased BIM Usage for Existing Building Interventions, Structural Survey, 34, 2, 168-190.
- Barlish, K., 2011. How to Measure the Benefits of BIM A Case Study Approach, Yüksek Lisans Tezi, Arizona State University, USA.
- Barlish, K. ve Sullivan, K., 2012. How to Measure the Benefits of BIM-A Case Study Approach, Automation in Construction, 24, 149-159.

- BIMForum, Level of Development Specification Part 1-2. <http://bimforum.org/lod/> 10 Aralık 2017.
- Bolpagni, M., 2013. The Implementation of BIM within the Public Procurement, VTT Technology, Finlandiya, 233 s.
- CRC Construction Innovation, 2007. Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House, Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia.
- Çuhadar, F. G., 2017. Mimarlık Hizmeti Kapsamında Bina Bilgi Modelleme: "G Villa" Konut Projesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deutsch, R., 2011. BIM and Integrated Design, Strategies for Architectural Practice, John Wiley and Sons Inc., Canada.
- Di Guida, G. M., Villa, V. ve Piantanida, P., 2015. BIM and Energy Efficient Retrofitting in School Buildings, 6th International Building Physics Conference, Energy Procedia, 78, 1045-1050.
- Eastman, C., 1999. Building Product Models Computer Environments Supporting Design and Construction, CRC Press, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K., 2011. BIM Handbook, A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- Elmualim, A. ve Gilder, J., 2013. BIM: Innovation in Design Management, Influence and Challenges of Implementation, Architectural Engineering and Design Management, 10, 3-4, 183-199.
- Ghosh, A., Chasey, A. D. ve Cribbs, J., 2015. BIM for Retrofits: A Case Study of Tool Installation at an Advanced Technology Facility, 51st ASC Annual International Conference Proceedings, Texas.
- Giel, K. B., Issa, R. A. ve Olbina, S., 2009. Return on Investment Analysis of Building Information Modeling in Construction, Nottingham University Press.
- Giel, K. B. ve Issa, R. A., 2013. Return on Investment Analysis of Building Information Modeling in Construction, Journal of Computing in Civil Engineering, 27, 5, 511-522.
- Gimenez, L., Hippolyte, J. L., Robert, S., Suard, F. ve Zreik, K., 2015. Review: Reconstruction of 3D Building Information Models From 2D Scanned Plans, Journal of Building Engineering, 2, 24-35.

- Hammond, R., Nawari, N. O. ve Walters, B., 2014. BIM in Sustainable Design: Strategies for Retrofitting/Renovation, 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, ASCE, 1969-1977.
- Holness, G., 2006. Future Direction of the Design and Construction Industry: Building Information Modelling, ASHRAE Journal, 48, 8, 38-46.
- Holness, G., 2008. BIM Gaining Momentum, ASHRAE Journal, 50, 6, 28-40.
- Khaddaj, M. ve Srour, I., 2016. Using BIM to Retrofit Existing Buildings, Procedia Engineering, 145, 1526-1533.
- Kıvırcık, İ., 2016. An Investigation into the Building Information Modeling Applications in the Construction Project Management, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kopuz, B., 2015. İnşaat Projelerinde Etkin bir BIM Uygulaması için Katılımcılar Arasındaki BIM Protokollerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutut, V., Zavadskas, E. K. ve Lazauskas, M., 2014. Assessment of Priority Alternatives for Preservation of Historic Buildings Using Model Based on ARAS and AHP Methods, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 14, 2, 287–294.
- Kymmell, W., 2008. Building Information Modelling–Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations, McGraw Hill Construction.
- Larsen, K. E., Lattke, F., Ott, S. ve Winter, S., 2011. Surveying and Digital Workflow in Energy Performance Retrofit Projects Using Prefabricated Elements, Automation in Construction, 20, 999-1011.
- Lee, G., Park, H. K. ve Won, J., 2012. D³ City Project-Economic Impact of BIM-Assisted Design Validation, Automation in Construction, 22, 577-586.
- Lu, Q., Won, J. ve Cheng, J. C. P., 2016. A financial Decision Making Framework for Construction Projects Based on 5D Building Information Modeling (BIM), International Journal of Project Management, 34, 1, 3–21.
- Ma, Z., Cooper, P., Daly, D. ve Ledo, L., 2012. Existing Buildings Retrofits: Methodology and State-of-the-Art, Energy and Buildings, 36, 889-902.
- Mahdjoubi, L., Moobela, C. ve Laing, R., 2013. Providing Real-Estate Services through the Integration of 3D Laser Scanning and Building Information Modelling, Computers in Industry, 64, 1272-1281.

- McArthur, J. J., 2015. A Building Information Management (BIM) Framework and Supporting Case Study for Existing Building Operations, Maintenance and Sustainability, International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, Procedia Engineering, 118, 1104-1111.
- McGraw Hill Construction, 2008. Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity, SmartMarket Report, McGraw Hill, New York.
- McGraw Hill Construction, 2009. The Business Value of BIM-Getting Building Information Modeling to the Bottom Line, SmartMarket Report, McGraw Hill, New York.
- McGraw Hill Construction, 2014. The Business Value of BIM for Owners, SmartMarket Report, McGraw Hill, New York.
- Migilinskas, D., Balionis, E., Dziugaite-Tumeniene, R. ve Siupsinskas, G., 2016. An Advanced Multi-Criteria Evaluation Model of the Rational Building Energy Performance, Journal of Civil Engineering and Management, 22, 6, 844-851.
- Migilinskas, D., Pavlovskis, M., Urba, I. ve Zigmund, V., 2017. Analysis of Problems, Consequences and Solutions for BIM Application in Reconstruction Projects, Journal of Civil Engineering and Management, 23, 8, 1082-1090.
- Mill, T., Alt, A. ve Liias, R., 2013. Combined 3D Building Surveying Techniques Terrestrial Laser Scanning (TLS) and Total Station Surveying for BIM Data Management Purposes, Journal of Civil Engineering and Management, 19, 23-32.
- Muratoğlu, H., 2015. BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıklar Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- NBIMS V2, 2012. National BIM Standard-United States Version 2, National Institute of Building Sciences.
- Nielsen, A. N., Jensen, R. L., Larsen, T. S. ve Nissen, S. B., 2016. Early Stage Decision for Sustainable Building Renovation-A Review, Building and Environment, 130, 165-181.
- Ofluoglu, S., Yapı Bilgi Modelleme: Yeni Nesil Mimari Yazılımlar. <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf> 19 Şubat 2016.
- Oktem, S. ve Ergen, E., 2014. Calculating the Benefits of Building Information Modeling, 11th International Congress on Advances in Civil Engineering, Ekim, İstanbul.
- Öz Döşer, A. M., 2016. Integration of BIM to Facility Management, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Özcan, H., 2010. Yapı Bilgi Sistemleri ve Mimarlıktaki Yeri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özge, R. A., 2009. Mimarlık Pratiğinde Yapı Bilgi Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özperçin, G., 2016. Integrated Project Delivery Method Using BIM to Support of Sustainable Design and Construction, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Pepe, M., Ackermann, S., Fregonese, L. ve Achille, C., 2016. 3D Point Cloud Model Color Adjustment by Combining Terrestrial Laser Scanner and Close Range Photogrammetry Datasets, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 10, 11, 1918–1924.
- Popov, V., Juocevicius, V., Migilinskas, D., Ustinovichius, L. ve Mikalauskas, S., 2010. The Use of A Virtual Building Design and Construction Model for Developing an Effective Project Concept in 5D Environment, Automation in Construction, 19, 3, 357–367.
- Salah, F., 2014. Investigation of Strengths and Weaknesses of 4D BIM Software Applications in Managing Construction Projects, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Santos, R., Costa, A. A. ve Grilo, A., 2017. Bibliometric Analysis and Review of Building Information Modelling Literature Published Between 2005 and 2015, Automation in Construction, 80, 118-136.
- Savaşkan, M. O., 2015. Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları için BIM Tabanlı bir Açık Kaynak Bilgi Sistemi Modeli, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sinopoli, J., 2010. Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders. Oxford: Elsevier.
- Smith, P., 2014. BIM Implementation-Global Strategies, Creative Construction Conference 2014, Procedia Engineering, 85, 482-492.
- Sow, O., 2016. Adapting Passive Design Strategies for Sustainable Urban Development: A BIM Model for Dakar, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Spiegelhalter, T., 2014. Energy-Efficiency Retrofitting and Transformation of the FIU-College of Architecture+The Arts into a Net-Zero-Energy-Building by 2018, 2013 ISES Solar Word Congress, Energy Procedia, 57, 1922-1930.
- Sun, C., Jiang, S., Skibniewski, M. J., Man, Q. ve Shen, L., 2015. A Literature Review of the Factors Limiting the Application of BIM in the Construction Industry, Technological and Economic Development of Economy, 23, 5, 764–779.

- Teicholz, P., 2004, U.S. Construction Labor Productivity Trends, 1970–1998, Journal of Construction Engineering and Management, 127, 5, 427-429.
- Ustinovichius, L., Peckienė, A. ve Popov, V., 2017. A Model for Spatial Planning of Site and Building Using BIM Methodology, Journal of Civil Engineering and Management, 23, 2, 173–182.
- Volk, R., Stengel, J. ve Schultmann, F., 2014. Building Information Modeling (BIM) for Existing Buildings-Literature Review and Future Needs, Automation in Construction, 38, 109-127.
- Wang, C., Cho, Y. K. ve Kim, C., 2015. Automatic BIM Component Extraction from Point clouds of Existing Buildings for Sustainability Applications, Automation in Construction, 56, 1-13.
- Wang, C. ve Cho, Y. K., 2015. Application of As-Built Data in Building Retrofit Decision Making Process, International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, Procedia Engineering, 118, 902-908.
- Wang, C. ve Cho, Y. K., 2015. Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses, International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction, Procedia Engineering, 118, 918-925.
- Wong, A., Wong, F. ve Nadeem, A., Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries. https://www.researchgate.net/publication/228743459_Comparative_Roles_of_Major_Stakeholders_for_the_Implementation_of_BIM_in_Various_Countries, 04 Aralık 2017.
- Woo, J., Wilsmann, J. ve Kang, D., 2010. Use of As-Built Building Information Modeling, Construction Research Congress 2010, ASCE, 538-548.
- Woo, J. H. ve Menassa, C., 2014. Virtual Retrofit Model for Aging Commercial Buildings in A Smart Grid Environment, Energy and Buildings, 80, 424-435.
- Yöndem, F., 2017. Kamu Yapım İşlerinde Projelerden Kaynaklı Anlaşmazlıkların ve/veya Problemlerin İhale Öncesinde Yapı Bilgi Modellemesi İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zhao, X. 2017. A Scientometric Review of Global BIM Research: Analysis and Visualization, Automation in Construction, 80, 37–47.
- Zuppa, D., Issa, R. A. ve Suermann, P. C., 2009. BIM's Impact on the Success Measures of Construction Projects, International Workshop on Computing in Civil Engineering, ASCE, 503-512.

5. EKLER

EK-1

Tadilat Projesi Takip Formu			
Tarih		Hava durumu	
Şantiyede görüşülen kişiler			
Görüşülen konular			
Şantiyenin genel durumu			
Çalışılmayan gün sayısı (Varsa)			
Çalışılmama sebepleri (Varsa)			

ÖZGEÇMİŞ

Ümit BAHADIR, 1991 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2014 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümü'ndeki lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitime başladı ve 2015 yılında Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2016 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından düzenlenen "Design Together with Building Information Modeling 2016" yarışmasında "KTU Design" ekibi ile üçüncülük ödülünü kazandı. Halen Araştırma Görevliliği ile birlikte Lisansüstü çalışmalarına devam eden BAHADIR, İngilizce bilmektedir.