



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İbrahim KARATAŞ

DANIŞMANLIK HİZMETLERİNDE
YAPI BİLGİ MODELLEME
(BUILDING INFORMATION
MODELING-BIM) SİSTEMİNİN
UYGULANABİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANIYE – 2018

**T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMANLIK HİZMETLERİNDE YAPI BİLGİ
MODELLEME (BUILDING INFORMATION MODELING-
BIM) SİSTEMİNİN UYGULANALABİLİRLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

İbrahim KARATAŞ

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANIYE
HAZİRAN-2018**

TEZ ONAYI

DANIŞMANLIK HİZMETLERİNDE YAPI BİLGİ MODELLEME (BUILDING INFORMATION MODELING-BIM) SİSTEMİNİN UYGULANABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

İbrahim KARATAŞ tarafından Dr. Öğretim Üyesi Abdulkadir BUDAK danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Abdulkadir BUDAK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Prof. Dr. M. Emin ÖCAL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Gözde ÇELİK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ÇÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

İbrahim KARATAŞ



ÖZET

DANIŞMANLIK HİZMETLERİNDE YAPI BİLGİ MODELLEME (BUILDING INFORMATION MODELİNG-BIM) SİSTEMİNİN UYGULANALABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

İbrahim KARATAŞ
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Abdulkadir BUDAK

Haziran 2018, 121 sayfa

Bu çalışmada, projenin uygulanma sürecinde yaşanabilecek olası sorunların önceden tespitine olanak sağlayan ve yapı projelerinde kullanımı gittikçe yaygınlaşmakta olan Yapı Bilgi Modelleme (YBM) sisteminin danışmanlık hizmetlerinde kullanımı ve uygulanabilirliğinin irdelenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, öncelikle YBM sistemi ve bu sistemin yapı üretiminde uygulanan danışmanlık hizmetlerinde kullanım yaygınlığı konusunda literatür araştırması yapılarak konu ile ilgili bilgi toplanmıştır. Sonra da YBM sisteminin ülkemizde uygulanan danışmanlık hizmeti kapsamındaki yeri ve önemi belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun için önce, yapı üretiminde hizmet sunmakta olan danışmanlık firmalarına konuyla ilgili anket uygulanarak bu sistemin danışmanlık hizmetlerindeki bilinirliği, kullanım yaygınlığı ve uygulanabilirliği hakkında veri toplanmıştır. Daha sonra da danışmanlık hizmeti alan ancak YBM sistemi uygulanmayan bir kamu projesinin uygulama aşaması izlenmiştir. Bu projenin inşaatı sürecinde yaşanan sorunlar ile ilgili bilgi toplanmış ve aynı zamanda proje YBM yazılımları ile tasarlanarak, şayet inşaat başlamadan YBM uygulansa idi söz konusu sorunların tespitinin mümkün olup olmayacağı araştırılmıştır. Bu kıyaslama sonucunda, bu projede YBM sistemi uygulansa idi inşaat aşamasında proje kaynaklı olarak yaşanmış sorunların büyük ölçüde önlenebileceği belirlenmiştir. Anket verilerinin analizi sonucunda ise, ülkemizde az sayıda danışmanlık firması olmasına rağmen bu firmaların çoğu YBM sistemini kullanmaktadır. Ancak bu sistemi kullanmayanların henüz YBM sistemi hakkında yeterli bilgilerinin olmadığı, dolayısıyla yönettikleri projelerde uygulamadıkları yönünde bulgulara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modelleme, Danışmanlık Hizmetleri, Proje Kontrolü

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY OF BUILDING INFORMATION MODELING-BIM SYSTEMS IN CONSULTANCY AGENT

İbrahim KARATAŞ
M.Sc., Department of Civil Engineering
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Abdulkadir BUDAK

June 2018, 121 pages

In this study, it is aimed to investigate the use and applicability of the Building Information Modeling (BIM) system in consulting agents, which enables the predetermined possible problems during the implementation of the project, and which is becoming increasingly widespread in construction projects. In this context, firstly the literature was investigated to gather information about the prevalence of the use of the BIM system and the consulting agents applied in building production of this system. Then, it was tried to determine the place and the importance of the BIM system within the scope of consultancy agents applied in our country. First of all, by applying a questionnaire to the consulting firms providing services in building production, and the data about the awareness, usage prevalence and applicability of the consulting agents of this system were collected. Thereafter, the implementation phase of a public project, which received consultancy, but the BIM system wasn't applied, was monitored. Information about the problems experienced during the construction of this project was collected and at the same time the project was designed with the software of the BIM and it was researched whether it would be possible to determine the problems related to the BIM application before the construction started. As a result of this comparison, it has been determined that project-based problems can be largely avoided during the construction phase if the BIM system has been implemented in this project. As a result of the analysis of questionnaires, most of these firms use the BIM system although there are only a few consulting firms in our country. However, those who don't use this system haven't yet had enough information about the BIM system, so they didn't implement it on the projects they were managing.

Key Words: Building Information Modeling, Consultancy Agent, Project Control



Çok kıymetli aileme...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez alışmamın yürütölmesini üstlenen, alışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Abdulkadir BUDAK'a ve tecrübesiyle katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. M. Emin ÖCAL hocama teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bölümdeki çalışmalarım süresince beni destekleyen inşaat mühendisliği öğretim üyeleri hocalarıma ve Öğr. Gör. Hakan ERKEK, Arş. Gör. Gökhan ALTAY, Arş. Gör. Yunus Ziya KAYA, Arş. Gör. Esra Zeynep ŐENSOY ve Arş. Gör. Mitat ÖZTÜRK arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak her zaman bana destek olan, yardımlarını esirgemeyen kıymetli aileme, babama, anneme, kardeşlerim Muhammet Salih'e, Yunus Emre'ye ve nişanlım Merve'ye çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İTHAF SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. YAPI BİLGİ MODELLEME (BUILDING INFORMATION MODELİNG- BIM) SİSTEMİ	22
3.1 Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Sisteminin Tarihçesi, Kavramı, Tanımı ve Kapsamı	22
3.2 YBM sisteminde Proje Yaşam Döngüsü (Project Lifecycle).....	25
3.3 YBM sisteminin Çoklu Boyutları (nD).....	28
3.4 YBM sisteminde LOD detay ve Olgunluk Seviyeleri.....	35
3.4.1 YBM Olgunluk Seviyeleri (Maturity Levels).....	35
3.4.2 LOD Detay Seviyeleri (LOD Detail Levels)	37
3.5 Nesne Tabanlı Parametrik Modelleme (Object-Based Parametric Modeling).....	40
3.6 Birlikte Çalışabilirlik (Collaboration)	41
3.7 YBM sisteminde Kullanılan Proje Teslim Yöntemleri ve Entegre Proje Teslim Yöntem (Integrated Project Delivery-IPD).....	43
3.8 Çakışma Analizleri (Clash Detection).....	48
3.9 YBM Sisteminin Faydaları ve Zorlukları.....	49
3.9.1 YBM Sisteminin Faydaları	49
3.9.2 YBM Sisteminin Zorlukları	53
4. DANIŞMANLIK HİZMETLERİNDE YBM SİSTEMİNİN YERİ.....	55
4.1 Danışmanlık Hizmetlerinin Tanımı ve Kapsamı.....	55
4.2 Danışmanlık Hizmetleri ve YBM Sistemi	56

4.3	YBM Protokolleri ve Paydaşlar Arasındaki Organizasyon Şemaları.....	62
4.4	YBM Sistemi Kullanımında Danışmanın Görev ve Sorumlulukları	70
5.	MALZEME VE YÖNTEM	79
6.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	82
6.1	Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanım Düzeyi Adlı Anket Bulguları	82
6.2	Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanım Düzeyi Belirleme Anketi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	92
6.3	Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanılması ile İlgili Vaka Çalışması Bulguları	95
6.3.1	Örnek Vaka Çalışmasının Tanımlanması.....	95
6.3.2	Örnek Vaka Çalışmasında Karşılaşılan Sorunlar	97
6.3.3	Örnek Vaka Çalışmasının YBM sistemi ile Tasarlanması ve Çakışma analizi Sonucunda Elde Edilen Bulgular	101
6.4	Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanılması ile İlgili Vaka Çalışması Bulgularının Değerlendirilmesi.....	106
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	109
7.1	Sonuçlar	109
7.2	Öneriler	112
	KAYNAKLAR	116
	ÖZGEÇMİŞ	121

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. YBM sisteminin sağladığı başarı kriterleri ve tanımları.....	9
Çizelge 2.2. YBM uygulama modeli.....	15
Çizelge 3.1. YBM yazılımları, üreticileri ve hangi boyutta kullanıldıkları	34
Çizelge 6.1. Danışmanlık Hizmetlerinde YBM sisteminin kullanılma durumu	82
Çizelge 6.2. YBM sistemini kullanılan inşaat projeleri	83
Çizelge 6.3. YBM sistemi ile kullanılan yazılımlar	83
Çizelge 6.4. Danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanma süreleri.....	84
Çizelge 6.5. Danışmanlık firmalarının YBM eğitimi verme durumu	84
Çizelge 6.6. YBM sisteminde karşılaşılan eksiklikler, zorluklar ve engeller	85
Çizelge 6.7. YBM sisteminin yapı üretim aşamalarına göre sağladığı fayda dereceleri	86
Çizelge 6.8. Danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin sağladığı fayda dereceleri	87
Çizelge 6.9. Danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin uygulanma amaçlarının kullanılma sıklığı.....	89
Çizelge 6.10. Danışmanlık hizmeti alan işverenlerin YBM sistemini tercih etme sıklığı	89
Çizelge 6.11. YBM sisteminin kullanımında danışmanların görevleri.....	90
Çizelge 6.12. YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının bu sistem hakkındaki bilgi dereceleri.....	91
Çizelge 6.13. YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının bu sistemi kullanmamalarının sebepleri.....	91
Çizelge 6.14. Danışmanlık firmalarının YBM sistemine geçme düşünceleri.....	92
Çizelge 6.15. Vaka çalışması proje bilgileri	96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Erken BIM iş birliği (EBP-Early BIM Partnering) yaklaşımı	8
Şekil 3.1. YBM kavramı	25
Şekil 3.2. YBM sistemi proje yaşam döngüsü	26
Şekil 3.3. YBM sistemi proje yaşam döngüsü ile YBM sistemindeki işlevsel, bilgisel, teknik ve örgütsel konular arasındaki ilişkiler	27
Şekil 3.4. Yeni ve mevcut yapılar için oluşturulan proje yaşam döngüsü	28
Şekil 3.5. YBM sisteminin çoklu boyutları (nD)	29
Şekil 3.6. Örnek 4D BIM kullanımı ve görselleştirilmesi	30
Şekil 3.7. 4D BIM hazırlanma süreci.....	30
Şekil 3.8. Örnek 5D BIM kullanımı ve görselleştirilmesi	31
Şekil 3.9. 5D BIM modelinin oluşum ve kontrol süreci	32
Şekil 3.10. 6D BIM yazılımları ile enerji analiz simülasyonu.....	33
Şekil 3.11. Bew-Richards YBM olgunluk diyagramı	36
Şekil 3.12. LOD detay seviyeleri	37
Şekil 3.13. Örnek bir duvar için (a) LOD 200 detay seviyesi (b) LOD 300 detay seviyesi (c) LOD 350 detay seviyesi (d) LOD 400 detay seviyesi.....	39
Şekil 3.14. Örnek bir projede LOD detay seviyelerinin kullanımı	39
Şekil 3.15. Parametrik modellemenin YBM sistemindeki yeri.....	40
Şekil 3.16. (a) Hangzhou Olimpiyat Stadyumu (b) Shanghai Center	41
Şekil 3.17. Proje yaşam döngüsü evreleri arasındaki geçişte yaşanan bilgi kayıpları	42
Şekil 3.18. Tasarla-Teklif et-Yap teslim yöntemi uygulama şeması	44
Şekil 3.19. Risk Üstlenimli Danışmanlık teslim yöntemi uygulama şeması	45
Şekil 3.20. Tasarla-Yap teslim yöntemi uygulama şeması	46
Şekil 3.21. Entegre Proje teslim yöntemi uygulama şeması	47
Şekil 4.1. ABD ve Birleşik Krallıktaki danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanım oranları.....	57
Şekil 4.2. Geleneksel tasarla-teklif et-yap teslim sisteminin organizasyon şeması.....	66

Şekil 4.3. YBM sistemi entegreli geleneksel tasarla-teklif et-yap teslim sisteminin organizasyon şeması	66
Şekil 4.4. Tasarla-yap teslim sisteminin organizasyon şeması	67
Şekil 4.5. YBM sistemi entegreli tasarla-yap teslim sisteminin organizasyon şeması.....	67
Şekil 4.6. Danışman organizasyonlu inşaat yöneticisi teslim sisteminin organizasyon şeması	68
Şekil 4.7. Danışman organizasyonlu inşaat yöneticisi teslim sisteminin YBM sistemi kullanılarak oluşturulan organizasyon şeması.....	68
Şekil 4.8. İşverenin inşaat yöneticisi olarak yükleniciyi kullanması durumunda oluşan organizasyon şeması.....	69
Şekil 4.9. İşverenin inşaat yöneticisi olarak yükleniciyi kullanması durumunda YBM entegreli organizasyon şeması	69
Şekil 6.1. Seçilen örnek binanın görünüşleri	96
Şekil 6.2. Vaka çalışması vaziyet planı.....	97
Şekil 6.3. Yağmur suyu kotu sorunu-1.....	98
Şekil 6.4. Yağmur suyu kotu sorunu-2.....	98
Şekil 6.5. Binaya çöp bacası eklenmesi	99
Şekil 6.6. Binadaki pis su borularının yerleşimi	99
Şekil 6.7. Binadaki pis su boruları ve havalandırma kanallarının görünümü	100
Şekil 6.8. Örnek binanın mimari projesinin Revit ile 3D olarak çizimi	102
Şekil 6.9. Örnek binanın pissu ve havalandırma kanalı projesi	102
Şekil 6.10. Örnek binanın pissu ve havalandırma kanalı projesinin Revitte 3D olarak çizimi.....	103
Şekil 6.11. Örnek binanın mimari ve mekanik projesinin birleştirilmesi ve Navisworks ile görünümü	103
Şekil 6.12. Navisworks ile çakışma analizi görünümü	104
Şekil 6.13. Çakışma analizi sonucu görülen çakışmanın animasyon gösterimi-1	104
Şekil 6.14. Çakışma analizi sonucu görülen çakışmanın animasyon gösterimi-2	105
Şekil 6.15. Havalandırma kanallarının animasyon gösterimi	105

Şekil 6.16. Yağmur suyu borusu ile yağmur suyu bacasının kotlarının gösterimi.....	106
Şekil 7.1. YBM sistemi kullanarak arsasına yapı yaptıran konumundaki işveren organizasyonu.....	113
Şekil 7.2. YBM sistemi kullanarak yap-sat veya sat-yap tipi inşaat yapan hem yüklenici hem de işveren konumundaki yapı üreticisi organizasyonu	114
Şekil 7.3. YBM sistemi kullanarak yapılan kamu inşaat işlerinde danışmanın ve BIM yöneticisinin konumu.....	115



SİMGELER ve KISALTMALAR

AGC	Associated General Contractors of America (Amerika Genel Mütcaahhitler Birliği)
AIA	American Institute of Architects (Amerika Mimarlar Enstitüsü)
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Metodu)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CIC	Construction Industry Council (İnşaat Sanayi Konseyi)
CMAA	Construction Management Association of America (Yapım Yönetimi Uygulama Standartları)
COBIM	Common BIM requirements (Ortak BIM gereksinimleri)
EBP	Early BIM Partnering (Erken BIM İşbirliği)
ERP	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
GMP	Garantili Maksimum Fiyat
HVAC	Isıtma, havalandırma, soğutma sistemi
IAI	International Alliance for Interoperability (Uluslararası Birlikte Çalışabilirlik Birliği)
IDM	Information Delivery Manual (Veri Dağıtım El Kitabı)
IFC	Industry Foundation Classes (Endüstri Temel Sınıf Formatı)
IFD	International Framework for Dictionaries (Uluslararası Terimler Sözlüğü)
IPD	Integrated Project Delivery (Entegre Proje Teslim Metodu)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik)
LOD	Level of Detail (Detay Seviyesi)
MVD	Model View Definition (Model Görünüm Tanımları)
NBIMS	National BIM Standart (Ulusal BIM Standartı)
TürkMMMB	Türk Müşavir Mühendisler ve Mimarlar Birliği
VRF	Variable Refrigerant Flow (Değişken debili soğutucu akışkan sistem)
YBM	Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling-BIM)

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojiye paralel olarak değişen işveren beklentileri yapı üretiminin dinamiklerini de çok hızlı bir şekilde etkilemektedir. Bununla birlikte, işveren beklentilerine esas olan yapı üretiminin, istenilen kalite, zaman ve maliyet ekseninde, yüklenici inisiyatifine bırakılmadan sonuçlandırılması gerekmektedir. Bu durum, gelişmiş ülkelerde danışmanlık hizmetlerinin dahil olduğu proje teslim sistemleri geliştirilerek çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak teknoloji geliştikçe, yapı üretiminin fizibilite, tasarım, ihale ve sözleşme yönetimi, yapım ve yapım sonrası aşamalarının girdileri farklılaşmakta ve organizasyona dahil olan taraflar artmaktadır. Bu gelişmeler ışığında günümüzde artık yapı üretiminde istenilen bütün projelendirmeler ve projelerin yönetimi aynı platform üzerinde sistematize edilmektedir. Bu sistematize edilen model “Yapı Bilgi Modelleme” sistemi olarak adlandırılmaktadır. Bazı gelişmiş ülkelerin kamu projelerinde zorunlu olarak kullanılan YBM sisteminin ülkemiz projelerinde de kullanılmasının çok yönlü yararlar sağlayacağı kuşkusuzdur. Ancak YBM sisteminin etkin ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi, konusunda deneyimli, uzman elemanlar ile mümkün olabilmektedir. Örneğin; ülkemizde halen inşaatı devam etmekte olan 3.havalimanı, Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey metro hattı, Adana entegre sağlık kampüsü ve Okmeydanı eğitim ve araştırma hastanesi gibi büyük kamu projelerinde YBM sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Ancak projenin YBM sistemi ile yönetilmesi için işverenin profesyonel bir destek alması gerekmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında geleneksel olarak danışmanlık hizmeti veren firmalarda YBM sisteminin kullanımı ve kapsamı, bu sistemin ülkemiz inşaat sektöründeki uygulanabilirliğinin irdelenmesi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda danışmanların, YBM ile inşa edilen projelerdeki görev ve sorumluluklarının araştırılması amaçlanmaktadır. Böylece bu tez çalışmasının, yapı üretiminde danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin yeri ve önemi konusunda farkındalık oluşturulmasına ve bu sistemin ülkemizde de gelişmesine katkı sağlayacağı beklenilmektedir.

Çalışmanın 2. Bölümünde YBM sistemi hakkında literatür çalışması yapılmıştır. Literatür çalışmasında, ülkemizde yapılan tez çalışmaları ile uluslararası makaleler ve bildiriler incelenmiştir. Sonra 3. bölümde, YBM sisteminin tanımı ve kapsamı açıklanarak bu sistem ile ortaya çıkan terimler açıklanmıştır. Ortaya çıkan bu terimler ile YBM sisteminin faydaları ve zorlukları araştırılmış ve irdelenmiştir. 4. bölümde de

danışmanlık hizmetleri ve danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin yeri açıklanmıştır. YBM protokollerinin içeriği ve YBM sisteminin yaygın olduğu diğer ülkelerdeki mevcut protokoller belirtilmiştir. Geleneksel tasarla-teklif et-yap ve tasarla-yap teslim sistemleri ile oluşturulan organizasyon şemalarına YBM sistemi entegre edilerek organizasyon şeması tekrar oluşturulmuştur. Daha sonra YBM sistemi kullanımında danışmanın görev ve sorumlulukları belirlenmiştir. Tez çalışmasında kullanılacak malzemeler ve uygulanacak metotlar 5. Bölümde açıklanmıştır. 6. Bölümde YBM sisteminin danışmanlık hizmetlerinde uygulanabilirliğinin belirlenmesi için oluşturulan anket çalışması danışmanlık firmalarına uygulanmıştır ve danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanıp kullanmadığı, bu sistemin danışmanlık hizmetlerindeki faydaları ve zorlukları ve danışmanın görev ve sorumlulukları belirlenmiştir. Daha sonra örnek olarak, danışmanlık hizmeti alan ancak YBM sistemi kullanılmayan bir kamu konut projesi YBM yazılımları ile çizilerek bu binanın yapımında karşılaşılan sorunlar YBM sistemi ile çizilen projede tasarım aşamasında belirlenip belirlenmeyeceği ve danışmanlık hizmetleri için bu sistemin kolaylık sağlayıp sağlamayacağı araştırılmıştır. Bu araştırmalar ile 7. bölümde danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin uygulanması ile ilgili 6. Bölümden elde edilen bütün bulgular değerlendirilmiş ve çalışmaya yönelik sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatüre bakıldığında, ülkemizde, yapı bilgi modelleme konusunda yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

SATTİNENİ A. ve ark. (2011); yaptıkları çalışmada inşaat sektöründeki YBM sisteminin kullanımını araştırarak bu alandaki YBM kullanım oranlarını, nasıl kullanıldığını, aynı zamanda YBM sisteminin maliyet tahminini ve metraj çıkarma özelliğini anket çalışması ile araştırmıştır. Bu özellik sayesinde maliyet tahmini ve metraj çıkarma işlemleri otomatikleştirilebilir. Yapılan anket sonuçlarına göre müteahhitlerin yaygın olarak YBM sistemini görselleştirme, ikinci olarak tasarım ve modelleme daha sonra ise çakışma analizi için kullandıkları belirlenmiştir. Maliyet tahmini için kullananların oranı ise %52 oranındadır. Ankete katılanların %6'sı ise YBM sistemini kullanmadığını belirtmiştir. Ayrıca anket sonuçları firmanın büyüklüğüne göre de analiz edilmiştir. Büyük firmalar YBM sisteminde en çok çakışma analizini kullanmaktadırlar. Orta büyüklükteki firmalar ise görselleştirme ve modelleme için kullandıklarını belirtmişlerdir. Küçük firmalar arasında ise YBM sistemi çok kullanılmamaktadır. YBM sisteminin maliyet tahmininde %48 oranında süreyi azalttığı, maliyet tahmininde kaliteyi %69 oranında geliştirdiği belirlenmiştir. Yani YBM sisteminin henüz maliyet tahmini aşamasında harcadıkları süreyi azaltmadığını ama ileride bu sorunun aşılacağı belirtilmiştir.

HERGÜNSEL M. F. (2011); yaptığı tez çalışmasında YBM sistemi tanıtılarak ve iki prototip projenin bina bilgi modelini oluşturularak YBM sisteminin kullanımı ve yararlarını incelemiştir. Tez sonucunda YBM sisteminin; görselleştirme, 3D koordinasyon, maliyet tahmini, projenin ön üretim aşaması, inşaat planlaması, izleme ve kayıt modeli özellikleri incelenmiştir. Görselleştirme, 3D koordinasyon ve maliyet tahmini gibi "Yapı Tasarımı" faaliyetlerinin YBM deki bilgileri proje aşamasında ya da inşaat aşamasında hemen kullanılabilir. Prefabrikasyon ve inşaat planlaması, her ürünün verimli bir şekilde yönetilmesi ve inşa edilmesini sağlamak için inşaat öncesinde ve sırasında kullanılabilir. İnşaat sırasında, yapının projenin tasarlandığı gibi uygulandığından emin olmak için izleme özelliği kullanılabilir. Son olarak ise,

YBM sistemi projenin sonunda bir kayıt modeli oluşturarak tesis yönetimi aşamasında tesis bakımı, ekipman ve tesisat bağlantıları gibi yapı bilgilerini izleyerek tesis yönetimi açısından optimizasyon sağlanabilir. Sonuç olarak YBM sistemi inşaat endüstrisinde oldukça faydalı olduğu, koordinasyon, inşaat planlaması ve ön üretim gibi BIM kullanımları, inşaat projelerini daha verimli hale getirdiği ve projelerde zaman ve maliyet tasarrufu sağlarken daha kaliteli bir yapı elde edilebildiği belirtilmiştir. İnşaat projelerinde daha etkin ve verimli YBM uygulamak için YBM uygulama araçlarının da YBM sistemi ile uyumlu olması ve birlikte çalışmada aksiliklere yol açmayacak şekilde uyarlanması gerektiği, yani genel olarak YBM sistemi mükemmel bir sistem olmasına rağmen YBM araçları için iyileştirme gerektiği önerilmektedir.

AZHAR S. (2011); yaptığı çalışmada, YBM sisteminin inşaat sektöründe mimarlar ve mühendislerin simülasyon ortamında inşa edeceği yapıyı görselleştirmesi oluşabilecek tasarım, yapım veya operasyonel problemleri tanımlamada yardımcı olabileceğini açıklamıştır. Makalesinde ilk olarak YBM sisteminin kapsamı ve avantajları belirtilmiştir. Devamında bu sistemin inşaat sektöründe ve akademik dünyadaki rolü açıklanmıştır. Bundan sonra ise örnek bir vaka projesi ele alınarak bu sistemin maliyet ve zaman açısından tasarrufları gösterilmiştir. Üzerinde çalışma yapılan vaka projesi Atlanta'da yapılan Hilton akvaryum projesidir. Bu projede çakışmalar hızla saptanmış ve sorunlar çözülerek 600.000 dolar tasarruf yapılmıştır. Aynı zamanda muhtemel gecikmelerden de kaçınılmıştır.

BARLİSH K. (2012); yaptığı tez çalışmasında amacı YBM sisteminin yararlarını inceleyerek daha eksiksiz metodolojiler geliştirmek ve sonuçlarını ölçmek için bu metodolojileri projelere uygulamak ve böylece YBM sisteminin proje verimliliği üzerindeki etkisini kapsamlı bir şekilde incelemektir. Tez araştırması iki bölümden oluşmaktadır. İlki YBM sisteminin literatür araştırmasını yaparak mevcut yararları incelemek ikinci bölümde ise bir projenin vaka analizi yapılarak sonuçlara göre ortaya çıkan fayda analizini oluşturmaktır. Tezin kapsamı ise yöneticilerin YBM sistemini kullanıp kullanmama durumuna bağlı olarak proje paydaşları için YBM kullanımına dair faydalarını vaka analizi yoluyla göstermektedir. YBM sisteminin başarılı olması birçok faktöre bağlıdır. Bunlar projenin büyüklüğü, çalışanların YBM sistemini

kullanmak için yeterli bilgi sahibi olmaları, proje ekibinin iletişimi ve dış faktörlerdir. Bu nedenle YBM sisteminin başarısı projeye ve organizasyona göre değişir. Yapılan araştırmada maliyet ve yatırım ölçümleri, fayda ve getiri özellikleri ile değerlendirilmiştir. Getiri özellikleri; bilgi talepleri, değişiklik talimatları, süre optimizasyonudur. Yatırım ölçümleri ise tasarım ve inşaat maliyetleridir. YBM sisteminin faydaları bu ölçümler çerçevesine göre belirlenmiştir. Yapılan vaka analizi sonuçlarına göre getiri özelliklerinden olan değişiklik talimatlarında maliyetin %5'i oranında tasarruf sağlanmıştır. Bilgi taleplerinde %50 ve süre optimizasyonunda %9'luk bir tasarruf sağlanmıştır. Yatırım özelliklerinden olan tasarım maliyetlerinden %31, inşaat maliyetlerinden ise %5'lik bir tasarruf sağlanmıştır. Bulunan sonuçlara göre değişiklik talimatlarından elde edilen tasarruf miktarı büyük projelerde önemli olabilmektedir. Süre optimizasyonunda oluşan tasarruf miktarı kritik yol etkilendiği takdirde çok büyük bir etkiye sahip olabilir. Tez sonucuna göre YBM sistemi, bir projenin yaşam döngüsü boyunca maliyetleri azaltmakta ve tasarruf sağlamakta olduğu belirlenmiştir.

AKKAYA D. (2012); tez çalışmasında, proje boyunca oluşan beton atığını YBM sistemi kullanılarak azaltmayı hedeflemektedir. İnşaatı tamamlanmış bir proje YBM yazılımlarından Allplan ile modellenerek beton miktarları program yardımıyla bulunmuştur. Bu sayede atık betonların ve bunun sonucu oluşan ekstra maliyetlerin azaltılabileceği savunulmuştur. Ayrıca atık betonların azaltılması, yapının sürdürülebilirlik özelliğini de olumlu yönde etkilemiştir. Ek olarak tezde Türkiye'deki inşaat şirketlerinin katıldığı anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçlarına göre YBM sistemini kullanan şirketler ile kullanmayan şirketler incelenmiştir. Sonuçlara göre; şirketler YBM sistemini tam anlamıyla anlamadıkları görülmüştür. YBM'yi sistem olarak değil de program olarak algılamaları bu konuda yeterince gelişme göstermelerine engel olmaktadır. YBM sistemini kullanan şirketler projenin verimliliğini ve proje yönetiminin etkinliğini artırdığını belirtmişlerdir. YBM sistemini kullanan ya da kullanmayan şirketlerin her ikisi de atık malzemelerin azaltıldığı, sürdürülebilirlik kriterlerini sağlamayı kolaylaştırdığı ve projenin uygulanması sırasındaki kontrolleri kolaylaştırdığına dair ortak fikirler sunmuşlardır.

ARAYICI Y. ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada YBM sisteminin tesis yönetimiyle ilişkisini ele alarak yeni bir üniversite binası için YBM modeli geliştirilerek bu model üzerinde tesis yönetimi sistemleri denenmiştir. Tesis Yöneticisi, yapı unsurları ve verileri, işletme maliyetleri, sözleşme türleri, ulaşım ve bakım gibi çeşitli tesis bilgilerini edinme, bütünleştirme, düzenleme ve güncelleme yapması ve aynı zamanda maliyet ve zamanı en iyi şekilde kullanması gerekmektedir. Tüm bu verileri sağlamak, maliyet ve zaman ile birlikte diğer tüm kayıpları azaltmak için binanın yaşam döngüsü boyunca YBM sistemi kullanılarak iyileştirme sağlanabilmektedir. Bunun için YBM sisteminin tesis yönetimi açısından değerlendirilmesi araştırılmıştır. YBM sistemi kapsamında geliştirilen tesis yöneticilerinin görevleri ve tesis yönetiminin faydaları belirtilmiştir.

MONTEIRO A. ve ark. (2013); yaptıkları makalede metraj odaklı YBM tasarımı için modelleme kurallarının yapılan anket sonuçlarına göre belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada YBM sistemi kullanılarak bir vaka analizi yapılarak metraj çıkarma işlemi uygulanmıştır ve mevcut metraj şartnameleri de hesaba katılarak oluşan sınırlamalar en aza indirilmeye çalışılmıştır. Bu makalede gösterilen yöntemler üç projede uygulanmış ve bazı avantajlar belirlenmiştir. Gerçekleşen metraj ölçümlerinde doğruluk artışı sağlanmıştır. Metraj miktarları istenilen yazılıma doğrudan bağlanarak bilgilerin aktarılması sağlanmaktadır. Böylece yapının yaşam döngüsü boyunca farklı evrelerdeki metraj ölçümlerinin karşılaştırılması mümkün hale gelebilmekte ve YBM araçları sayesinde gerçekleştirilen otomatik metraj işlemi modelleme süresince uygulanabilmektedir. Bu çalışmada YBM yazılımlarından ArchiCAD programının metraj çıkarma özellikleri kullanılmıştır. YBM programlarının standart özelliklerinin beklenmedik şekilde hata verdiği durumlar için kimlik ve katman sistemi kullanılmıştır. Yani kullanıcı tanımlamalarına göre hem elemanları hem de metraj parametrelerini yönetmek için kullanılan bir tanımlama sistemi oluşturulmuştur. YBM sistemi hala tüm kullanıcıların gereksinimlerini tam anlamıyla karşılayamadığı belirtilmiştir. Bu nedenle YBM araçlarını optimize ederek geliştirmek gerektiği ve aynı zamanda bu kullanımın yaygınlaşmasına yönelik çerçeve ve standartlar geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

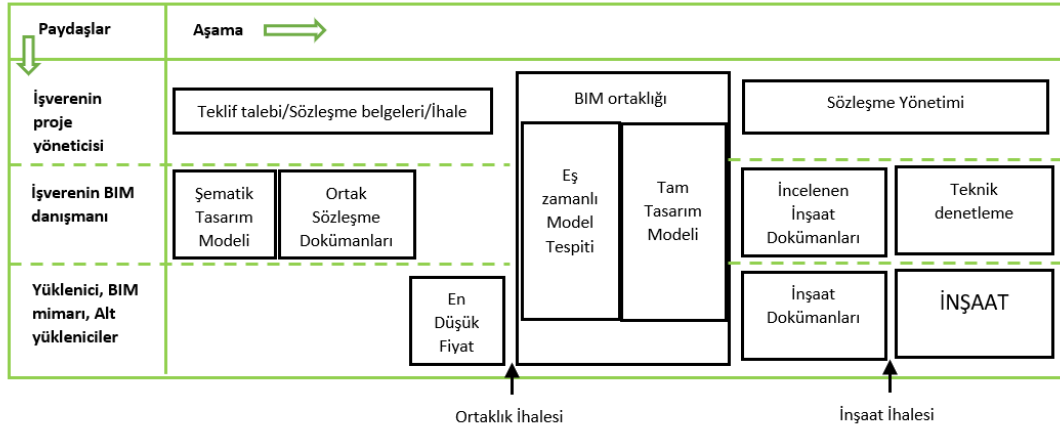
PORWAL A. ve ark. (2013); yaptıkları makalede, kamu bünyesindeki inşaat projelerinin optimizasyonunu sağlamak için YBM sistemini kullanarak bir kamu ihale çerçevesi oluşturulmak hedeflenmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada, kamu inşaat projelerinde düşük maliyetli kaliteli yapılar oluşturmak için ülkelerde YBM sisteminin benimsenme oranını artırmak gerektiği esas alınmıştır. Bu araştırmada, YBM sisteminin benimsenmesini sağlamak için bazı sorular üzerinde durulmuştur.

- Mevcut kamu ihale sisteminde YBM sistemi nasıl uygulanabilir?
- Projenin tasarım aşamasında YBM sistemini kullanılarak ve disiplinlerarası koordinasyon ile en iyi yararı sağlamak mümkün müdür?
- İşverenin tasarım ekibiyle ilişkisinin nasıl olacağı ve tasarım aşamasında nasıl yer alması uygundur?
- Birlikte çalışabilirlik sorunları YBM sisteminde kullanılan IFC dosya formatı ile diğer yazılımlara dönüştürülerek düzeltilebilir mi?
- Farklı ülkelerdeki mevcut YBM sistemi yönergeleri nelerdir?

Yapılan çalışmada, ülkelerdeki YBM kullanım oranları karşılaştırılmıştır. YBM sisteminin Kuzey Amerika'da nadir kullanıldığı aynı zamanda YBM sisteminin benimsenmesi açısından Kanada'nın ABD'deki inşaat endüstrisine oranla çok geride olduğu bununla birlikte bu ülkelerde YBM sisteminin benimsenmesi yapılan projenin sahibine ya da müşteriye bağlı olduğu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında, kamu sektöründe çok fazla proje teslim metodu bulunmadığı ve YBM sistemi ile en yaygın kullanılan proje teslim metodu geleneksel bir metot olan 'tasarla-teklif et-yap' metodudur. Diğer kullanılan metotlar 'tasarla-yap' ve 'tasarla-yap-işlet-devret' metotları olduğu belirtilmiştir. Bir diğer yeni geliştirilen teslim sistemi ise, YBM sistemi ile birleşmesiyle verimlilik sağlayan hataları azaltan aynı zamanda farklı yaklaşımları araştırarak iş birliği sağlayan bir diğer proje teslim sistemi entegre proje teslim (IPD) metodu olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada; geleneksel proje teslim yöntemleri tasarım ve inşaat ekipleri arasındaki iletişim ve koordinasyon açısından eksiklikler olduğu bunun için proje teslim metodunun ihaleden önce tamamlanması gerektiği belirtilmiştir. Bu nedenle, Erken BIM İş birliği (EBP-Early BIM Partnering) yaklaşımı önerilmiştir. Bu sisteme göre taahhüt, proje planlanması gibi aşamalar şekil 2.1'deki gibi erkenden hazırlanmaktadır. YBM sistemi ortaklı bir kamu ihale çerçevesinde projeleri yönetmek için önerilen 5 yönetim aşaması aşağıdaki gibidir.

- Planlama aşaması
- Modelleme aşaması
- Ortaklık ihale aşaması
- Erken BIM ortaklık aşaması
- Yapım ihalesi aşaması

Makalede yapılan vaka çalışması sonucunda kamu tarafından finanse edilen inşaat projelerinde önerilen Erken BIM iş birliği yaklaşımı ile ihalelerin fizibilitesi hazırlanmıştır. Proje için önerilen sözleşme düzenlenmesi; verimliliğin artırılmasına, koordinasyonun daha iyi yapılmasına, hata ve hata tekrarının azalmasına neden olduğu ve önerilen bu çerçeve yönetim ile büyük ölçekli inşaat projelerindeki YBM uygulamalarının geliştirilmesi için zemin hazırlayacağı ifade edilmiştir.



Şekil 2.1. Erken BIM iş birliği (EBP-Early BIM Partnering) yaklaşımı

BRYDE B. ve ark. (2013); yaptıkları çalışmada YBM sistemi kullanımının inşaat projelerinde ne kadar fayda sağladığını belirlenmeye çalışılmıştır. Bu araştırma 35 inşaat projesinden alınan veriler ile gerçekleştirilmiştir. Bu verilerin incelenmesi ile YBM sistemi hakkında olumlu ya da olumsuz etkilerin belirlenmesi sağlanmıştır. Yapılan vaka çalışmalarında içerik analizi kullanılmıştır. Analiz birimi tek bir kelime ile tüm cümleyi değiştiren ifadeyi benimsemiştir. Belirlenen bu ifadeler çizelge 2.1'e göre başarı kriterlerine tercüme edilerek analiz edilmiştir. Yapılan araştırmaya göre en çok faydanın görüldüğü 5 proje Çin, İngiltere, Fransa ve ABD olmak üzere 4 ülkeye yayılmıştır. En az fayda görülen 2 proje ise İngiltere ve ABD'de yapılan projelerdir. Bu projelerin en az fayda sağlamasının nedeni olarak; bu projelerin küçük ölçekli

projeler olduğu belirtilmiştir. Proje yaşam döngüsü boyunca YBM sisteminin sağladığı yararlarından en önemlileri projenin kontrolü ve maliyeti düşürmesidir. YBM kullanımında olumlu yararı olan bir diğer başarı kriteri zamandır. Zaman tasarrufu genellikle projenin tasarım aşamasında fayda sağladığı belirtilmiştir. Diğer yararlı başarı kriteri iletişim ve koordinasyondur. Örnek olarak; bilgi alışverişinde %50'ye varan tasarruf ve çakışma analiziyle elde edilen tasarruf gösterilmiştir. Yapılan çalışmada sonuç olarak maliyet/fayda analizi sonuçlarının yanı sıra YBM sisteminin daha fazla farkındalık yaratma açısından personel eğitimine önem vermeleri aynı zamanda YBM sisteminin farklı alanlarda genişlemesi yani planlama, tasarım ve inşaat aşaması dışında tesis yönetimi, sürdürülebilirlik gibi alanlara genişlemesi gerektiği belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. YBM sisteminin sağladığı başarı kriterleri ve tanımları

Bilgi Alanı	Tanım	Kriter	Değerlendirme
Entegre Yönetimi	Birleşme, güçlendirme, ekleme ve bütünleştirici eylemler	Koordinasyon	Geliştirme
Kapsam Yönetimi	Projede neyin bulunup bulunmadığını tanımlamak ve kontrol etmek	Kapsam	Açıklama
Zaman Yönetimi	Projenin zamanında tamamlanmasını sağlamak	Zaman	Azaltma veya Kontrol
Maliyet Yönetimi	Planlama, tahmin, bütçeleme ve maliyet kontrolü	Maliyet	Azaltma veya Kontrol
Kalite Yönetimi	Kalite planlaması, kalite garantisi ve kalite kontrolü	Kalite	Yükseltme veya kontrol
İnsan kaynağı Yönetimi	Proje ekibini organize etmek ve yönetmek	Organizasyon	Geliştirme
İletişim Yönetimi	Proje bilgilerinin zamanında ve uygun üretimi, toplanması, dağıtımı, depolanması, geri kazanımı ve elden çıkarılması	İletişim	Geliştirme
Risk Yönetimi	Olumlu olayların olasılığını ve etkisini artırmak ve olumsuz olayların olasılığını ve etkisini azaltmak	Risk	Negatif riski azaltma
Tedarik Yönetimi	Çalışmayı gerçekleştirmek için proje ekibinin dışındaki gerekli ürünleri, hizmetleri veya sonuçları satın almak veya edinmek	Tedarik	Yardım etme

VOLK R. ve ark. (2014); yapılan derleme makalede YBM sisteminin mevcut binalardaki eksiklik ve belirsizlikleri çözüme kavuşturabilme özelliği araştırılmış ve aynı zamanda bu alandaki trendler ve araştırma boşluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. YBM sistemi mevcut binalarda genellikle tesis yönetimi aşamasında kullanılmaktadır. YBM sistemi tüm yaşam döngüsü boyunca bina bilgilerini yönetebilmektedir. Bina bilgilerinin bulunmadığı yapılarda bakım, yenileme veya iyileştirme durumlarında bina hakkında yeterli bilgi olmadığı için zaman kaybı ve

maliyet artışına sebep olmaktadır. Bu göz önüne alındığında YBM sisteminin tesis dokümanlarını depolayabilmesi oldukça yarar sağlamaktadır. YBM sisteminin mevcut binalardaki diğer faydaları ise tesis yönetimi ve yapının yıkım aşamasındaki önlemlerde maliyet ve sürenin yanında riski de azaltmasıdır. Araştırmalar sonucunda belirlenen zorluklar, belirsiz verilerin ele alınarak yeni YBM sistemi oluşturulması, YBM sistemindeki bilgilerin güncellenerek sürdürülmesi ve bu sistem ile arasındaki ilişkilerin belirlenmesi olarak ifade edilmiştir. Literatürde uygulanan anketlerin genellikle mimarlık, maliyet hesaplama, proje yönetimi konularında yapıldığı için mevcut binalarda YBM sisteminin uygulanması konusunda yeterince bilgi vermediği belirtilmiştir. Bu nedenle, gelişen teknolojiye mevcut binalarda oluşan gereksinimleri karşılamak, yaşam döngüsü boyunca yapıyı kontrol etmek ve daha kolay veri alışverişi sağlamak için YBM sistemi teşvik edilerek yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

SALAH F. (2014); yapılan tez çalışmasında mimari, mühendislik ve inşaat sanayisinde gelişen bir teknoloji olan YBM sisteminin 4D boyutu incelenmiştir. 3 boyutlu tasarıma zaman bilgisi eklenerek yani projeye iş akışı da hesaplanıp eklenerek analizler yapılmıştır. Bu analizlerin yapılmasında Autodesk Revit 2013, Microsoft Office Project 2010, Autodesk Naviswork 2013 Manage ve Synchro Professional v4.8. gibi yazılımlar kullanılmıştır. Yapılan vaka çalışması ile YBM sisteminin 4D boyutu inşaat ve proje yönetimi açısından araştırılmıştır. Daha sonra ise bu sistemin verimliliği aynı zamanda ise kullanılan yazılımların güçlü ve zayıf yönleri belirtilmiştir. YBM sisteminin 4D boyutu tasarım aşamasından inşaat aşamasının sonuna kadar proje planlama ve iş akışını kontrol etmede yardımcı olmaktadır. Bu sistem inşaat aşamasından önce yapım sürecinde oluşabilecek muhtemel hataları ya da tasarım aşamasındaki proje hatalarının fark edilmesini sağlamada yardımcı olmaktadır. Vaka analizinde Autodesk Revit yazılımı yardımıyla çizilen 3D boyutlu proje ile Microsoft Office Project yazılımı yardımıyla planlanan iş akışı birleştirilerek inşaat sektöründe sıklıkla kullanılan YBM uygulamalarından Naviswork Manage ve Synchro Professional yazılımları ile 4D YBM sistemi incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

DALCI A. (2014); yapılan tez çalışmasında YBM sisteminin faydalarından bahsetmiştir. Bu sistem sayesinde proje maliyetinin üzerine çıkmadan ve aynı

zamanda müşteri memnuniyeti sağlayarak projenin inşa edilebileceğini ve proje bitmeden inşaatın bilgisayar ortamında 3 boyutlu görülebilmesinin sağladığı avantajlar açıklanmıştır. Bu tez kapsamında örnek bir proje ele alınarak proje çizimi ve metraj hesaplamalarının hem YBM sistemi ile hem de geleneksel yöntem ile hazırlanması sonucunda her iki yöntemin proje üretimindeki hızları karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda metraj hesaplamalarının her iki yöntemle yapılarak hızı ve doğruluğu karşılaştırılmıştır. YBM sisteminin avantajları, dezavantajları ve proje bitirme tarihinde değişikliğe sebep olan faktörlerin etkilerini ölçmek için anket çalışması yapılmıştır. Tez sonucunda proje çizimlerini ve metraj hesaplamalarını daha hızlı yapmak için YBM sistemi kullanılmalı ve anketler sonucunda müşterinin taleplerinin sürekli değişmesi; proje revizyonları ve tadilatlarının oluşmasına etki eden en önemli faktör olarak görülmüştür. YBM sistemi kullanılarak projenin daha iyi çözümlenmesi ve yapılan değişikliklerin 3 boyutlu olarak gözükmesinden dolayı problemin azalacağı ve projenin maliyeti ve zamanı açısından fayda sağlayacağı belirlenmiştir.

MİSHRA S. ve ark. (2014); yapılan araştırmada mimari, mühendislik ve inşaat endüstrisinde YBM sisteminin avantajları ve dezavantajları araştırılarak YBM sisteminin gelecekteki yeri ve önemi yapılan anket çalışmasıyla analiz edilmiştir. Yapılan anket ile ulaşılması gereken hedeflerden biri İngiltere, ABD ve diğer ülkelerdeki YBM kullanım oranlarını belirlemek, diğer hedef ise bu sistemi kullanmayan şirketlerin neden kullanmadığını yani kullanmamasının önündeki engelleri araştırmaktır. Anket sonuçlarına göre çoğu şirketin YBM sistemini henüz kullanmadığı ve YBM sistemi hakkında ya çok az bilgi sahibi oldukları ya da hiçbir şey bilmedikleri belirlenmiştir. Bu sistemi kullanmayan şirketler YBM sistemi için eğitim almaları gerektiğini ve bununda çok fazla zaman ve insan kaynağı gerektirdiği için önlerinde bir engel olduğuna inanmaktadırlar. Anket sonuçlarından bir diğeri ise YBM sisteminin en önemli faydalarından birinin inşaat süresinin azaltmasıdır. Gelecek yıllarda ise çoğu şirket YBM sistemine geçmek istediklerini belirtmişlerdir.

KOPUZ B. (2015); yapılan tez çalışmasında YBM sisteminin daha etkin ve verimli bir şekilde uygulanması aynı zamanda projenin istenilen sonuçları verebilmesi için oluşturulması gereken YBM protokollerinde hangi konuların yer alması gerektiği araştırılmıştır. Bu da diğer ülkelerin oluşturduğu protokoller araştırılıp

değerlendirilerek ortaya konmuştur. American Institute of Architects (AIA), Associated General Contractors of America (AGC) ve Construction Industry Council (CIC) protokolleri incelenerek olması gereken YBM protokollerinin özellik ve içerikleri şu şekildedir;

- YBM sisteminin çeşitli tanımları ve kullanım şekilleri vardır. Bu yüzden disiplinlerarası oluşacak farklılıkları kaldırmak için ortak bir kapsam oluşturulmalıdır.
- YBM protokollerinde, proje boyunca hangi seviyede hangi disiplinlerin ya da eylemlerin yer alacağı belirtilerek karışıklığı önlemek gereklidir.
- Proje teslim metotlarının tümünde kullanılabilir olması gereklidir.
- YBM süreci boyunca oluşabilecek problemleri çözmek için eğitimli personellere ihtiyaç vardır ya da personellerin eğitilmesi gereklidir.
- YBM sürecinde tüm disiplinler tarafından kullanılan YBM yazılımları ve donanımlarının yanında bu süreçteki veri türleri de belirtilmelidir.
- YBM sisteminin proje yaşam döngüsü boyunca oluşturulan YBM sisteminin içeriği belirlenmeli ve tüm bileşenler tanımlanmalıdır.

MURATOĞLU H. (2015); tez çalışmasında yapının yaşam döngüsünün en başında yer alan tasarım aşamasında oluşabilecek uyumsuzlukların ve bu problemlerin yapım aşamasını da etkilediği göz önünde bulundurularak YBM sisteminin bu problemler üzerinde oluşturduğu etkileri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında daha önce yapılan projelerdeki uyumsuzluklar incelenmiş ve YBM sistemi araştırılarak projeler üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Daha sonra YBM sistemi kullanılan ve kullanılmayan örnek iki proje üzerinde YBM sisteminin uyumsuzluk sorununu nasıl etkileyeceği incelenmiştir. İlk olarak literatür taramasından elde edilen uyumsuzluk kaynakları belirlenmiştir. Örnek olarak verilen iki projenin yetkilileri ile görüşülerek projeler hakkında bilgiler alınmıştır. Bu çalışma sonucunda YBM sistemi disiplinler arası koordinasyonu sağladığı ve tasarım aşamasında oluşan uyumsuzluklar ve bu uyumsuzluklardan dolayı yapım aşamasında gerçekleşen sıkıntıları azalttığı belirlenmiştir.

FRANCO J. Ve ark. (2015); bu çalışmanın amacı projenin maliyet tahmini ve zamanlama konusunda YBM sistemini kullanmanın engellerini belirlemektir. Bu

amaçlara uygun olarak 30 adet şirkete anket çalışması yapılmıştır. Yapılan bu anket çalışması sonunda vaka çalışması ile birlikte YBM sistemini daha verimli kullanmak için engellerin nasıl kaldırılabilceği konusunda öneriler sunulmuştur. Yapılan vaka çalışması hafif metal çerçeve ve alçıpan tahminleri ile sınırlı kalmıştır. Bu çalışma Revit programı kullanılarak çizilmiştir. Bu çalışma sonucunda metal çerçeve boyutları ve ölçülerini belirlemede YBM sistemini kullanmanın daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. YBM sistemini kullanmanın engellerinden bir tanesi gerçek Revit modeli oluşturulurken harcanan zamandır. Anket çalışması sonucunda ise kişiler işbirliği ve koordinasyon için YBM sisteminin ortak kullanımının önemini belirtmişlerdir. Ancak yanıtlardan çıkan sonuçlara göre geleneksel tahmin yöntemi ile yapılan tahminlerin YBM sistemi ile yapılan yani otomatik yapılan tahminlere hazır olmadığı ve YBM sistemini benimseme yapısına uygun olmadığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak deneyimli işçi ve işçilik azlığı, zaman ve maliyet eksikliği belirlenmiştir.

AZHAR S. ve ark. (2015); bu makalede YBM sisteminin genel kavramları, projenin yaşam döngüsü boyunca projedeki disiplinlerin görevleri, vaka analizleri ve uygulamaları açıklanmıştır.

Proje planlanması açısından YBM sisteminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile entegrasyonu sağlanarak şu faydalara ulaşılmıştır.

- Proje gereklilikleri teknik ve mali faktörler için gerekli kriterleri sağlayıp sağlamadığı belirlenebilir.
- Yıkım maliyetleri düşürülmesi ve tehlikeli maddelerden oluşacak zararların en aza indirgenmesi sağlanabilir.

Proje tasarımı açısından tasarımcılar; YBM sisteminin, proje tasarımındaki farklı aşamalarda sağladığı yararlılardan faydalanabilirler. Örnek bir vaka çalışması yapılarak tasarım için optimum seçeneği belirleyen tasarımcı 2 haftada tüm projeyi tamamlayarak en ekonomik tasarım ile 1.995.000 \$ maliyetten tasarruf sağlamıştır.

AKKOYUNLU T. (2015); tez çalışmasındaki amacı Türkiye’de yapılan kentsel dönüşüm projeleri için uygun bir YBM planı oluşturmaktır. Bu YBM uygulama planı oluşturulurken en önemli kaynak yabancı ülkelerdeki YBM çalışmaları ve uygulamalarıdır. Bu kapsamda çoğu ülkeler inşaat sektöründe kamu projelerinden başlamak üzere YBM sistemine geçmektedirler. Bu sistemin geçiş esnasında

adaptasyon sorunlarını çözmek için kullanılan en verimli yol ise mevzuat oluşturmaktır. Yapılan araştırmalar sonucunda mevzuat oluşturan ülkelerin inşaat sektöründeki en benzer özellikleri müşavirlik sisteminin gelişmiş olmasıdır. Çünkü YBM mevzuatı ve uygulama planları adaptasyon sorununu azaltmak için en etkili yol olan müşavirlik sistemi ile geçişi sağlanacaktır.

Daha sonra kentsel dönüşüm ile ilgili bilgiler paylaşılan tezde; kentsel dönüşüm projelerinde oluşan problemler araştırılmıştır. Türkiye’de kentsel dönüşüm 6306 sayılı “afet riski altındaki alanların dönüşümü” kanunu ile yapılmaktadır. Kentsel dönüşüm yapılırken gerekli olan tüm paydaşlar arasında ortaya çıkan sorunlar irdelenmiştir. Bunun sonucunda oluşan YBM çözümleri araştırılmıştır.

Kentsel dönüşüm projelerinde en önemli konulardan biri ise sürdürülebilirlik ve atık yönetimidir. Sürdürülebilirlik geleneksel yöntemler ile şu şekilde yapılır. Bilgisayar ile uygun programlarla çizilen modele enerji simülasyon programı için gerekli olan veriler ayrı ayrı girilmesi gerekmektedir. Ama YBM sisteminde enerji simülasyon programı için gerekli bilgiler proje çizilirken farklı disiplinler ile ortak oluşturulduğundan otomatik olarak girilmiş bulunmaktadır. Bu da analizler için hatayı azaltmaktadır. İnşaat yapımı ya da yıkımı esnasında oluşan atık miktarları geleneksel metotta el ile yapılan hesaplamalar sonucunda bulunurken YBM sisteminde ise atık miktarlarını otomatik olarak farklı eleman kategorileri için, malzeme tipleri için ya da yeni yapılan binada oluşan atık malzeme ile yıkılan binada oluşan atık malzeme ayrı ayrı hesaplanabilir.

Kentsel dönüşüm projelerinde YBM uygulama planı oluşturulurken gerçekleşmesi gereken aşamalar şu şekildedir:

- Mevcut yapının modellenmesi,
- Mevcut yapının yıkım yönteminin ve atık malzeme miktarının belirlenmesi,
- Kentsel dönüşüm yapılacak bölgenin topografik durumunun modellenmesi,
- Mevcut zemin durumu ve yapılacak kazı veya dolgu işlemlerinin miktarı,
- Mimari modelin oluşturulması ve mimari elemanların boyutları ve metrajları,
- Malzeme bilgilerinin girilmesi ve mimari model üzerinde çakışma kontrolünün yapılması,
- Yapısal modelin oluşturulması,
- Yapısal model üzerinden statik analizin yapılması, malzeme miktarları ve metrajı,

- Mekanik ve elektrik modelinin oluşturulması boru ve kabloların çizimi,
- Çakışma kontrolünün yapılması, malzeme bilgileri ve metrajının belirlenmesi,
- Tüm bu modeller birleştirilerek ana modelin oluşturulması ve toplam metrajların belirlenmesi gereklidir. Aynı zamanda tüm disiplinler tarafından anında görüntülenerek gerekli revizyonların yapılması sağlanır.

Sonuç olarak yapılan tez çalışmasında Kadıköy’de 10 adet kentsel dönüşüm inşaatının verileri alınmış ve yaşanan problemler belirlenerek önerilen YBM uygulama modeli çizelge 2.2’de gösterilmiştir.:

Çizelge 2.2. YBM uygulama modeli

YBM UYGULAMA MODELİ		
SÜREÇLER	İŞLEMLER	PAYDAŞLAR
Fizibilite	Kentsel dönüşüm alanının imar durumu Proje alternatiflerinin üretilmesi Yapı yaklaşık maliyet hesaplamaları Çevresel etkilerin hesaplanması	Mal sahibi Mimar ve Mühendis Yüklenici
Modelleme	Mevcut model Topografik model Mimari model Yapısal model Mekanik ve Elektrik modeli Uygulama modeli	Mal sahibi Mimar ve Mühendis Yüklenici
Analiz	Mevcut yapı yıkım analizi Yapısal analiz Enerji analizi Çakışma analizi İş programı analizi Maliyet analizi Görselleştirme Atık yönetimi ve atık değerlendirme	Mal sahibi Mimar ve Mühendis Yüklenici
Kontrol ve Onay	Mevcut yapı yıkım kontrol ve onayı Zemin raporu ve altyapı şebeke analizleri İmar durumuna bağlı kontroller Statik analiz ve deprem yönetmelik kontrol Tesisat ve bina enerji kontrolleri Simülasyonlar (Trafik, silüet, enerji, atık) Tüm analizlerin kontrolü Çevre ve atık kontrolü	Kamu (kontrol ve onayı)

ROGERS J. ve ark. (2015); yapılan çalışmada YBM sisteminin Malezya'daki kullanımı ve mühendislik danışmanlık firmalarının bakış açısıyla bu sistemin benimsenmesindeki etkenler anket çalışması ile göz önüne alınmıştır. Anket sonuçlarına göre firmalar YBM sistemini belli ölçülerde bildikleri ancak eğitimli personel, devlet desteği ve rehberlik eksikliği gibi engeller YBM sistemini kullanmadaki temel eksiklikler olarak belirlenmiştir. Danışman firmalar tam anlamıyla YBM sistemini benimsemelerini belirtmeseler de pazar talepleri ve firmalar arası rekabet avantajı sağlamak için ilerleyen yıllarda benimsemeleri yönündeki istekleri olduğu belirlenmiştir.

KAYA S. (2016), yaptığı çalışmada yapı bilgi modelleme sistemini atık su arıtma tesisi inşaatı üzerine uygulayan bir araştırma yapmıştır. İlk olarak atık su arıtma tesisi inşaatının planlanması, tasarımı ve mevcut durumu konusunda bilgiler verdikten sonra yapı bilgi modellemenin tanımı, yararları, zararları ve disiplinler arası çalışma şartlarını incelemiştir. Yapı bilgi modellemede disiplinler arası koordine anket çalışmasıyla incelenmiştir. Yapılan anket çalışmasında Türk şirketler arasında yapı bilgi modellemeyi kullanan ya da kullanmayan yüklenici, taşeron ve İSKİ kurumlarına yönlendirilen sorular sonucunda karşılaştırma yapılarak aradaki farklar incelenmiştir. Yapılan anket sonuçlarına göre yapı bilgi modellemenin yararları konusunda taşeron ve İSKİ kurumlarının olumlu düşündükleri, YBM sisteminin bir yapının yaşam döngüsü boyunca kullanım alanlarının olduğunu ise tüm kurumların kabul ettiği ve yapı bilgi modellemeye geçiş sürecinin ise firmalar tarafından zor olacağı cevapları alınmıştır. Bu çalışma sonucunda yapı bilgi modelleme sisteminin kullanımı için teşvik edilmesi ve teknik elemanların yetiştirilmesi gerekmektedir.

ÖZPERÇİN G.D. (2016), tez çalışmasında yapı bilgi modelleme sistemi ile birlikte çalışan entegre proje teslim metodu yönteminin sürdürülebilir mimari ve uygulamaları üzerindeki katkıları incelenmiştir. İlk olarak çalışmada proje teslim metodları açıklanarak yapı bilgi modelleme sistemi için en uygun metodun entegre proje teslim metodu olduğu açıklanmıştır. Daha sonra yapı bilgi modelleme sisteminin tanımı yapılarak yararları belirtilmiştir. Bu çalışmada aynı zamanda YBM sisteminin tüm disiplinlerden gelen verileri süperpoze ederek birleştirmesi özelliğine de değinilmiştir. Bu sayede projede çakışma analizi yapılarak proje kontrolü gerçekleştirilebilir. Bu

çalışmada Marriott Hotel projesi örnek alınmıştır. Örnek proje baz alınarak entegre proje teslim metodu ile geleneksel proje teslim metodu karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak her iki metodunda sonuçları farklı açılardan değerlendirilerek entegre proje yönteminin sürdürülebilirlik açısından daha fazla yarar sağlayacağı belirlenmiştir.

ÖZ DÖŞER A. (2016); yaptığı tez çalışmasında YBM sistemini tesis yönetimi açısından değerlendirerek geleneksel olarak yapılan tesis yönetimi ile karşılaştırmıştır ve oluşturulan modellerdeki problemlere çözümler getirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada ilk olarak tesis yönetimi açıklanmıştır. Daha sonra tesis yönetiminin YBM sistemine neden ihtiyaç duyulduğu araştırılmıştır. Yapılan çalışmada Özdilek park alışveriş merkezinin vaka çalışması yapılarak bakım süreci ve iş akış şeması oluşturulmuştur ve YBM entegrasyonu ile optimizasyon yapılarak karşılaştırılmıştır. Özdilek park alışveriş merkezinin tesis yönetimindeki verimsizlikler belirlenmiştir. Belirlenen verimsizlikleri çözmek için bakım sürecinin YBM sistemine entegre edilmesi önerilmiştir. Daha sonra geleneksel bakım iş akış şeması ile YBM entegre iş akış şeması karşılaştırılmıştır. Veri kalitesi yönünden YBM entegre bakım diğer yöntemlere göre daha kaliteli görülmüştür. Hem zaman ve çalışma hem de veri kalitesinden dolayı YBM entegre bakım iş akışı geleneksel yöntemlere göre yapılan bakıma oranla maliyeti daha düşük anlaşılmıştır. Yapılan bu çalışma YBM entegreli bakım iş akış süreci ile geleneksel bakım sürecini maliyet, zaman, iş gücü ve veri kalitesi açısından optimize etmektedir.

BUI N. ve ark. (2016); yapılan derleme çalışmasında tüm YBM konularını kapsayan teknik konular içeren uygulama çerçevesi oluşturulmuştur. Bu çerçeve YBM sisteminin teknik özelliklerini, perspektifini ve inşaat işlevlerini ele alarak oluşturulmuştur. Bu çalışmanın amacı gelişmekte olan ülkelerde YBM sisteminin güncellenmesine yardımcı olmaktır. YBM sisteminin gelişmekte olan ülkelere en çok dikkat çeken özelliklerden birisi coğrafi bilgi sistemi verilerinin YBM sistemi ile oluşturulan modele entegre edilerek 3 boyutlu olarak görselleştirilmesi, inşaat güvenliği açısından faydaları, yapılan hataların minimize edilmesi, tasarım süresini kısaltması ve sürdürülebilirlik açısından enerji tasarrufu sağlaması olduğuna dikkat çekilmiştir. Buna rağmen YBM sisteminin kullanımı gelişmekte olan ülkelere düşük bir seviyede ilerlediği ve bunun nedenlerinden birinin gelişmekte olan ülkelerdeki

altyapı ve tesis problemlerinden dolayı olduğu belirtilmiştir. Bunun çözümü olarak ise bu ülkelerdeki sorunlar dikkate alınarak yeni YBM çözümleri geliştirmek gerektiği ve aynı zamanda gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasında işbirliği kurularak YBM kullanımını yaygınlaştırılabilmesi için etkili bir strateji geliştirilmesi önerilmiştir.

DÍAZ P.M. (2016); yapılan çalışmada YBM sisteminin önemini ve avantajlarını mevcut literatür yardımıyla değerlendirip incelemiştir. Ayrıca YBM sisteminin 4D boyutunu araştırmıştır. Daha sonra ise anket yardımıyla YBM sisteminin faydaları belirlenerek bu sisteminin geleceği tartışılmıştır. İlk olarak YBM sisteminin tanımının yapıldığı çalışmada YBM sistemi tasarım, planlama, inşaat ve tesis yönetimi bunları birbirine bağlayan 3 boyutlu proje modeli ve parametrik modelleme tekniği kullanılmıştır. YBM sisteminin yükleniciler ve alt yükleniciler tarafından sıklıkla kullanılmasının sebepleri aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

- Metraj ve maliyet tahmini yapması
- Tasarım hatalarının inşaat başlamadan belirlenmesi
- İnşaat planlama analizi yapması
- İnşaatı yapılma aşamasında izleme imkânı sunma ve şantiye dışı imalatları kontrol etme
- Şantiye güvenlik planı oluşturulması
- Disiplinler arası daha iyi bir iletişim sağlaması

YBM sisteminin; mimari proje ile yapısal, mekanik ve elektrik projelerinin birleştirilmesiyle tek bir model olarak sunulmasının inşaat başlamadan önce inşaat aşamasında oluşacak çakışmaları engelleyerek maliyet tasarrufu sağlamadığı, projenin performansını ve kalitesini arttırdığı, sarfiyatı azalttığı ve proje süresini kısaltarak hızlı proje teslimi sağladığı belirtilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmanın sonucuna göre YBM sistemi bir projede teknik eleman ve ekipmanlar olmasına rağmen karar verme aracı olarak kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bununla birlikte üniversitelerdeki inşaat mühendisliği müfredatına YBM sisteminin girmesi ve bu konuda bilgili insan kaynağının artırılması gerektiği vurgulanmıştır.

KIVIRCIK İ. (2016); yaptığı tez çalışmasında yapı bilgi modelleme sisteminin inşaatın proje yönetiminde kullanımı ve uygulanması ile ilgili yapılan anket çalışması yardımıyla belirlenen avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurularak YBM

sisteminin daha sık kullanılması için öneriler sunulmuştur. Ayrıca YBM sisteminin 3 ile 7 arası boyutlara ayrılması da aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

- 3B modelleme, YBM sisteminde projenin tüm disiplinler ile birlikte 3 boyutlu olarak tasarlanıp daha sonra çakışma analizi yapılarak kontrol edilir.
- 4B, YBM 3 boyutlu olarak tasarlanan projeye iş programı yüklenerek projenin zamanını kontrol etmemize yardımcı olur.
- 5B, YBM zaman bilgisi eklenen 4 boyutlu projeye maliyet bilgileri eklenerek inşaat boyunca proje maliyeti kontrol edilebilir.
- 6B, YBM projenin sürdürülebilirlik için uygun olup olmadığını ve yapının enerji sarfiyatını optimize ederek enerji başarı sertifikalarını kazanmaya yardımcı olur.
- 7B, YBM inşaat sonrasında tesis yönetimi için kullanılır.

Yapılan tez çalışmasında diğer ülkelerde YBM hakkındaki bilgiler ve bu sistemin geliştirilmesi için uygulanan strateji ile aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

- ABD ilk olarak kamu işlerinde YBM sistemini zorunlu kılarak bu gelişimde liderlik etmiştir. İnşaat ve gayrimenkul ağı programı oluşturularak YBM kullanımını artırmayı hedeflemektedirler.
- Birleşik Krallık YBM için uygulama planı oluşturmuşlardır ve aynı zamanda kamu projelerinde zorunlu hale getirmişlerdir. Bu uygulamaya örnek olarak Heathrow havaalanı projesinde kullanılan YBM proje maliyetini 210 milyon £ düşürmüştür.
- Danimarka ve Finlandiya'da tüm kamu projelerinde kullanılmak zorunda olan YBM sisteminin Finlandiya'da yapılan anket sonuçlarına göre %93 ile en çok kullanıcısı mimarlar ve sonrasında %60 ile mühendisler yer almaktadır.
- Norveç'te YBM uygulamaları statsbygg şirketi öncülüğünde 2007'den bu yana uygulanmaktadır.
- Singapur'da 2000 yılında inşaat ve gayrimenkul ağı kurularak YBM kullanıcılarını artıran stratejik bir adım olmuştur.
- Çin'de inşaat sektörü YBM sistemini daha yeni yeni kullanmaya başlamışlardır. 2012 yılında yapılan bir ankete göre Çin'deki inşaat şirketlerinin YBM sistemini kullanım oranı %15'den daha azdır.

- Japonya’da McGraw Hill 2014’te yaptığı bir araştırmada YBM kullanımında Japonya’daki inşaat şirketlerinin yüksek bir seviyede olduğunu belirtmiştir.
- Avustralya’da hükümet YBM sistemini pek fazla uygulamasa da buildingsmart kuruluşu YBM sistemini benimseme ve geliştirme konusunda çalışmaktadırlar.
- Brazilya ve Hindistan’da YBM yeni kullanılmaya başlanmasına rağmen bu ülkelerdeki uluslararası inşaat firmaları YBM kullanım seviyesini yükseltmektedirler.
- Türkiye’de ise inşaat şirketleri yeni yeni YBM sistemini kullanmaya başlamışlardır. Son zamanlarda ise büyük ölçekli kamu projelerinde YBM uygulamaları gözükmemektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan anket sonuçlarına göre ankete katılan 18 inşaat şirketinin YBM sistemini en çok tasarım aşamasında kullanıldığı belirlenmiştir. YBM kullanımında ise en büyük eksikliğin bu sistemi kullananların eğitimlerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir. Bu eksikliğin azaltılması için YBM danışmanları yardımıyla hem eğitim hem de bu sisteme geçiş için uygun yol haritası belirlemesi ve ayrıca YBM sisteminin kullanımını ve farkındalığını artırmak için kamu inşaatlarında teşvik edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

ALADAĞ H. ve ark. (2016); yaptıkları çalışmada Türk inşaat sektöründeki şirketlerin rekabet gücünü artırmak amacıyla YBM sistemini kullanmaya yöneltmek öngörülmüştür. Bu nedenle YBM sistemini benimsemeleri için bu sistemin yararlarını ve zorluklarını araştırarak Türk inşaat şirketleri için önerilerde bulunulmuştur. SMART analizi kullanılarak yapılan çalışmaya göre Türk endüstrisinde karşılaşılan en büyük zorluklar arasında şirketin örgüt yapısı ve kültürü aynı zamanda YBM sisteminin yeterince bilinmemesi ve bu konuda standart ya da mevzuat bulunmaması belirlenmiştir. Diğer taraftan maliyet ve süre açısından proje yaşam döngüsü boyunca verimli bir proje yönetimi sağlamasından dolayı YBM sistemi Türk inşaat şirketlerine önerilmiştir.

YÖNDEM F. (2017); yapılan tez çalışmasında YBM sistemi kullanılarak kamu ihalelerinde meydana gelen anlaşmazlıklar ve problemlerin önceden belirlenmesi amaçlanmıştır. Proje kapsamında 3 adet kamu projesi incelenmiştir. YBM yazılımları ile analizleri yapılarak tasarım aşamasında problemler belirlenmiş ve düzeltilebileceği sunucuna varılmıştır.

Al-HUMAIRI S.F.I. (2017); yaptığı tez çalışmasında YBM sisteminin projelerin karar verme süreçlerine destek sağlaması ve proje hedeflerine bağlı kalınması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, YBM sistemi ile ilgili anket yapmış ve daha önce yayınlanmış makaleleri inceleyerek YBM sistemi ile ilgili bazı sonuçlara varmıştır. Bu sonuçlardan en önemlisi bu sistemin kullanımının çok az olmasıdır. Bunun nedeni ise yapı üretiminin aşamalarında toplanan verileri birleştirmede kullanılan yöntemler, verileri üst aşamalara çıkarma sıkıntısı ve mevcut yapılardaki parça ve ilişkilerin, doğrulanamayan bilgilere işlenmesi gibi zorluklar olarak ifade edilmiştir.

3. YAPI BİLGİ MODELLEME (BUILDING INFORMATION MODELING-BIM) SİSTEMİ

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) sisteminin ülkemizde bilinirliği oldukça yeni olmakla birlikte geçmişi yaklaşık 40 yıl önceye dayanmaktadır. Çok önceleri T cetveliyle elle, daha sonra da CAD programları ile bilgisayar ortamında çizilen projeler inşaat endüstrisinde kullanılmaktaydı. Teknolojinin gelişmesiyle tasarım aşamasında 3 boyutlu olarak görselleştirme ve simülasyonlar kullanılmaya başlanmış ve bununla birlikte YBM sisteminin temelleri atılmış ve günümüzde gelişmiş ülkelerde aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu kapsamda; YBM sistemi açıklanırken ilk olarak bu sistemin tarihçesi, tanımı ve kapsamı açıklanmıştır. Daha sonra YBM sistemi ile ortaya çıkan YBM sistemi proje yaşam döngüsü, YBM sistemi çoklu boyutları, LOD detay ve gelişim seviyeleri, nesne tabanlı parametrik modelleme, disiplinler arası koordinasyon (birlikte çalışabilirlik), bütünlük projeksiyon sistemi ve çakışma analizi gibi terimler açıklanmıştır. Bu açıklamalar doğrultusunda YBM sisteminin faydaları ve zorlukları belirlenmiştir.

3.1 Yapı Bilgi Modelleme Sisteminin Tarihçesi, Kavramı, Tanımı ve Kapsamı

Yapı üretiminin tasarımı ve bu tasarımın aynı şekilde uygulanması gün geçtikçe karmaşıklaşmaktadır. Bu nedenle yapı üretiminde daha önce iki boyutlu çizim yapılırken daha sonra bu çizimlerin çeşitli bilgisayar programlarında katı modellemeleri ve maketleri yapılarak görselleştirilmesi sağlanmaktaydı. İnşaat endüstrisinde daha da karmaşık hale gelen yapılar için görselleştirme büyük sorun haline gelmiştir. Bunun için ise gelişen teknoloji ile yeni çözümler aranmaya başlanmıştır. Bu sorunun çözümü için geliştiren “yapı bilgi modelleme (YBM)” sistemi günümüzde büyük bir gelişim göstermiştir. YBM kavram olarak 1970’li ve 1980’li yıllarda ortaya çıkmıştır (Bergin, 2013). 1975 yılında Bina Tanımlama Sistemi adlı bir makale ile parametrik tasarım ve 3 boyutlu gösterim hakkında bilgi veren Charles Eastman 1977’de modern YBM sisteminin özelliklerinin çoğunun sergilendiği Etkileşimli Tasarım için Grafik Dilini oluşturdu (Bergin, 2013). 1984 yılında 3 boyutlu parametrik nesnelere oluşan sanal bina fikri ile GraphiSoft’un oluşturduğu ArchiCAD yazılımı ortaya çıkmıştır. Bu yazılım YBM sisteminin önemli bir yazılımı haline gelmiştir (Acs, 2015). Bu sistemin dönüm noktası olarak gösterilen 1988 yılında

Paul Teichholz tarafından Stanford'ta kurulan Entegre Tesis Mühendisliği Merkezi (CIFE) kurulmuş ve bununla birlikte inşaat sektöründe 4 boyutlu bir yapı modelinin geliştirilmesi sağlanmıştır. 1993 yılında Lawrence Berkeley Ulusal laboratuvarında geliştirilen Bina Tasarım Danışmanı adlı bir yazılım ile yapının geometrisi, malzeme özellikleri, grafik analizleri ve simülasyonlarını gösteren ilk kişilerden biri olarak kabul edilir (Bergin, 2013). 2000'li yıllarda mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe şimdilerde YBM sisteminin en çok kullanılan yazılımı olan Revit yazılımının ortaya çıkmasıyla (Kıvırcık, 2016) YBM uygulamaları da hız kazanmıştır.

Müteahhitler arasında oluşan rekabet gücü daha büyük ve daha karmaşık yapıların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Karmaşıklaşan yapı üretiminde mevcut tarafların artması koordinasyon eksikliğinin daha da artmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda projesi yapılacak yapının bütün projelerinin aynı platformda yer alması gerektiği anlaşılmış ve bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda “yapı bilgi modellemesi (YBM)” kavramı gelişen teknoloji ile birlikte önem kazanmıştır. Bu sistemin önem kazanması ve inşaat sektöründe uygulanmasına binaen YBM sistemi konulu çalışmalar da artmıştır. Literatür taramasına göre YBM sistemi hakkında yapılan bazı tanımlamalar şu şekildedir:

Eastman vd. (2008), YBM hakkında yazdıkları kitapta Yapı Bilgi Modelleme sisteminin mimarlık, mühendislik ve inşaat sanayisinde gelişime açık bir teknoloji olduğunu ve bu teknoloji ile tasarlanan projenin 3 boyutlu sanal modelinin oluşturulduğunu ayrıca bu sistem binanın yaşam döngüsü boyunca yapı için gerekli tüm verileri içerdiğini ve disiplinler arası koordinasyonu sağlayarak iletişimi kuvvetlendirdiğini belirtmişlerdir.

Azhar vd. (2007)'ne göre YBM sistemi bir yapının sırasıyla planlanması, tasarımı, yapımı ve tesis yönetimi süreçlerinin bilgisayar ortamında üretilen nesne tabanlı parametrik bir model oluşturulması ve oluşturulan bu model yardımıyla yapının her türlü ihtiyaçlarını karşılayan ve teslim sürecini iyileştiren bir sistemdir. YBM sistemi; yapının geometrisi, coğrafi bilgileri, yapı elemanlarının özellikleri ve miktarları, maliyet tahmini ve projenin iş akışını sağlar aynı zamanda projeyi yaşam döngüsü boyunca kontrol ederek yapının nitelikli bir şekilde inşa edilmesini sağlar.

Akkoyunlu (2015) ise YBM sistemini Şu Şekilde tanımlamıştır. “YBM sistemi; inşaat endüstrisinde planlama, tasarlama, inşaat ve işletme aşamalarının hepsinde yer alan tüm elemanlarının akıllı nesnelere oluŐtuđu aynı zamanda yapının proje aşamasında sanal olarak inşa edilmesi ve yapım aşamasında da normal inşaatın gerçekteŐirilmesi ile 2 defa inşa edilmesini sağlayan bir teknolojidir.”

Hergunsel (2011) yaptığı tanımda ise YBM; bir yapının yaşam dōngüsü boyunca bilgisayar ortamında sanal tasarımı ve inşaat yapım sürecidir. Aynı zamanda proje paydaşları arasında bilgi paylaşımı ve iletişimini sağlayan bir platformdur.

Ulusal Bina bilgi Modelleme Standardına (NBIMS) göre YBM; bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal bir Şekilde gösterilmesidir. Tesisin yaşam dōngüsü boyunca güvenilir bir Şekilde inşa edilebilmesi ve tüm veriler için bilgi kaynağı olarak hizmet vermektedir

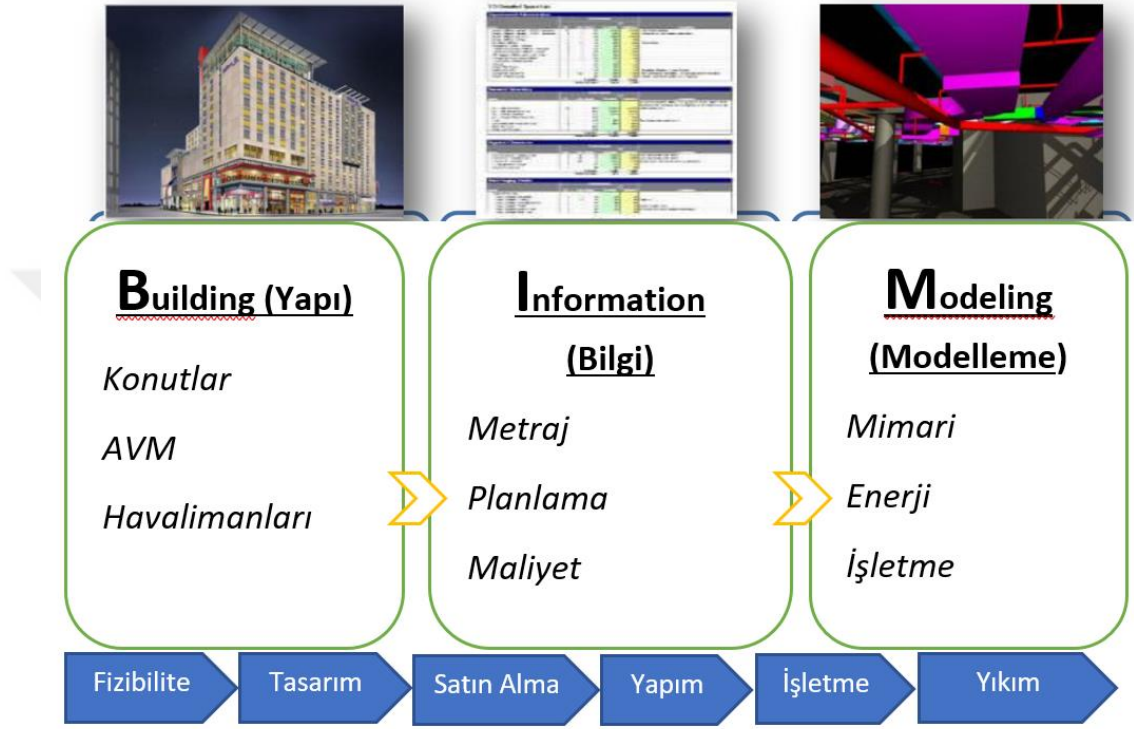
Turk (2016), YBM sisteminin amacını inşaat endüstrisinde bir yapının tasarım, yapım ve bakımının kaliteyi ve verimliliği artırarak disiplinler arası iş birliğinin sağlaması olarak belirlemiştir. YBM sisteminin tanımının ise yapısal, işlevsel ve davranıŐsal olmak üzere 3 özelliğe sahip olduğunu belirtmiştir. Yapısal özelliği yapının nasıl düzenleneceğini, hangi bölümlere oluŐtuđunu ve birlikte nasıl çalıŐtıklarını; fonksiyonel özellik, bir yapının faydalarını; davranıŐsal özellik ise, bir yapının çevresine nasıl tepki verdiği ifade edilmektedir.

Bargstädt (2015) ise YBM sistemini bir modelleme teknolojisi ve üretilecek süreçler kümesi olarak tanımlamıştır.

Yapılan çalışmalar ve uygulamalar göz önüne alındığında inşaat sektöründe teknolojik bir sistem olarak kabul edilen YBM sistemi aŐađdaki Şekilde tanımlanabilir:

“YBM sistemi; projenin yaşam dōngüsü boyunca yani tasarım öncesi, tasarım, inşaat ve inşaat sonrası aşamalarında kullanılan 3 boyutlu gösterim ve çakışma analizleri ile hataları minimize eden aynı zamanda paydaşlar arasında iş birliği ve koordinasyonu sağlayan yani genel olarak projenin gerçekte inŐasının yanında sanal olarak da inşa edilmesini sağlayan bir sistemdir.”

Bu tanımlama kapsamında, Şekil 3.1’de (Azhar vd., 2015; Özorhon, 2018) gösterildiği gibi YBM sisteminin her kelimesi bir anlam ifade etmektedir. “Building” kelimesi hangi tür yapılarda uygulandığını, “information” kelimesi bu yapıda hangi bilgiler kullanılarak inşa edileceği ya da edildiği, “modeling” kelimesi ile de hangi modelleme sisteminin kullanıldığı, nasıl modellendiği ve çakışma analizleri gösterilmektedir.

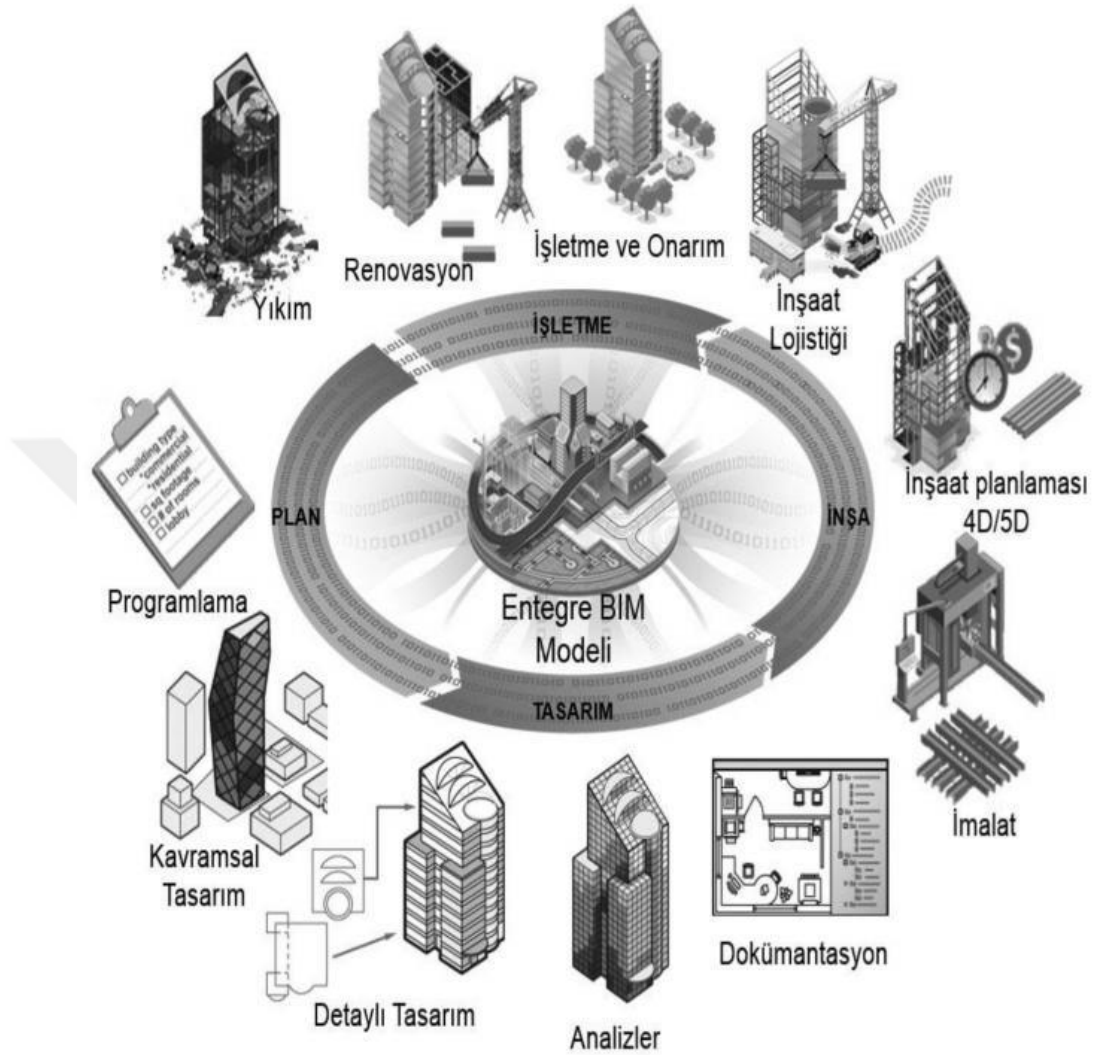


Şekil 3.1. YBM kavramı

3.2 YBM Sisteminde Proje Yaşam Döngüsü (Project Lifecycle)

Bir yapı inşa edilirken daha düzenli ve koordineli olması için çeşitli aşamalardan oluşması gerekmektedir. Bu aşamalar binanın tasarımından işletimine kadar yapılan bütün uygulamaları içerir. Şekil 3.2’de (Yöndem, 2017) gösterildiği gibi bir yapının planlanması, fizibilitesi, tasarımı, yapım öncesi hazırlıkları ve yapım aşaması, işletimi, bakımı ve yıkımına kadar geçen aşamaların tamamını kapsayan sürece proje yaşam döngüsü denir (Eadie vd., 2013). YBM sisteminde proje yaşam döngüsü aşamalarına bakıldığında genellikle yapıların planlanması, tasarımı ve yapım aşamalarında yaygın olarak kullanılmakta olduğu görülmektedir. Ancak son zamanlarda özellikle karmaşık

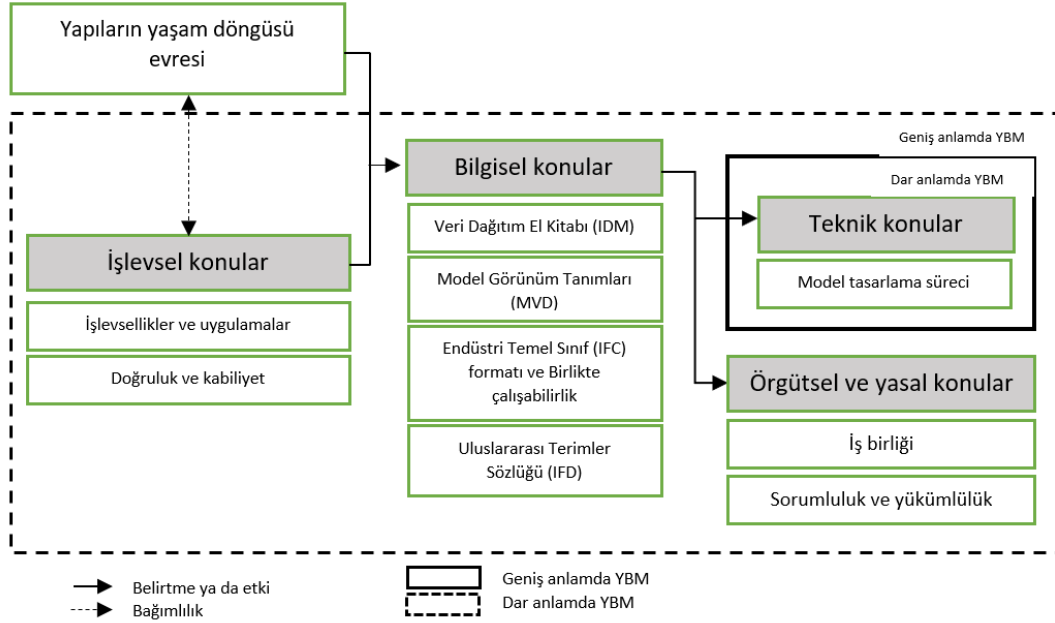
ve büyük yapılarda bakım, tadilat ve yıkım aşamalarında da önem kazanan bu sistem bu aşamalarda da kullanılmaktadır (Volk vd., 2014).



Şekil 3.2 YBM sistemi proje yaşam döngüsü

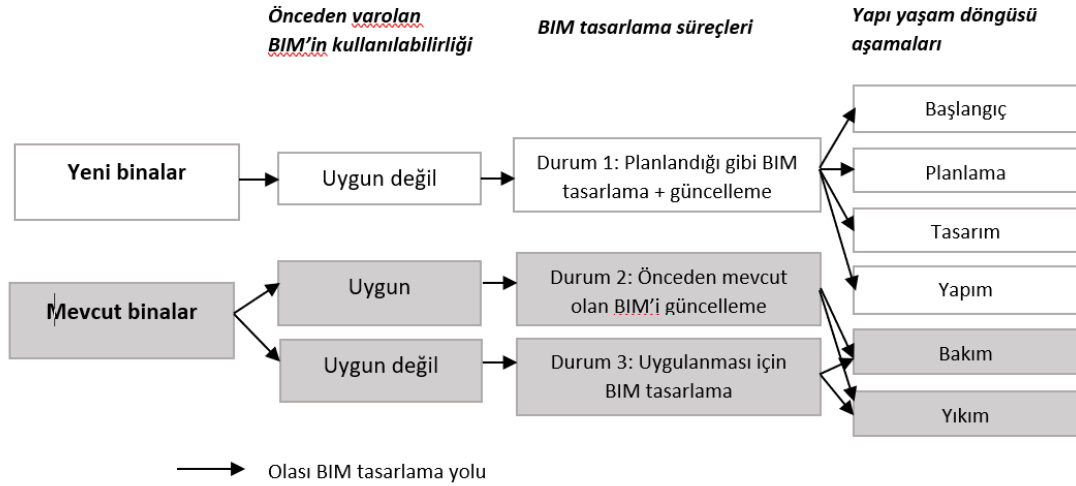
Volk vd. (2014), proje yaşam döngüsü konusunda yaptıkları çalışmaya göre proje yaşam döngüsü ile YBM sistemindeki işlevsel, bilgisel, teknik ve örgütsel konular arasındaki ilişkiler şekil 3.3'de (Volk vd., 2014) verilmiştir. Şekil 3.3'e göre proje yaşam döngüsü ve işlevsel konular birbirleriyle bağımlıdır. Bu iki kavram bilgisel konuları, teknik konuları, örgütsel ve yasal konuları belirler ve etkilerler. Örnek olarak proje yaşam döngüsünde istenilen herhangi bir işlevselliğe göre bilgi yapısı ve veri alışverişi daha sonra ise proje tasarımı yapılması ve birlikte çalışabilirlik ile iletişimin sağlanması gereklidir. Aynı zamanda bu verilerin ve analizlerin doğruluğu için yasal

sorumluluklar belirlenir. Şekil 3.3’de gösterildiği gibi tüm konuları içeren proje yaşam döngüsü “geniş anlamda YBM sistemi” olarak tanımlanırken sadece teknik konuları içeren proje yaşam döngüsüne “dar anlamda YBM sistemi” denir.



Şekil 3.3. YBM sistemi proje yaşam döngüsü ile YBM sistemindeki işlevsel, bilgisel, teknik ve örgütsel konular arasındaki ilişkiler

Proje yaşam döngüsü yeni yapılar için ve mevcut yapılar için farklılık gösterebilmektedir. Yeni ve mevcut yapılar için oluşturulan proje yaşam döngüsü şekil 3.4’de gösterilmiştir. Yeni binalarda; inşaatın başlangıcından yıkımına kadar olan proje yaşam döngüsü kullanılmaktadır. Mevcut binalarda ise YBM sisteminin kullanılabilirliğine bağlı olarak bina ya YBM sistemine göre güncellenir ya da YBM sistemi yeniden oluşturularak proje yaşam döngüsü devam eder. Mevcut binalar genellikle proje yaşam döngüsüne bakım aşamasından devam ederek ömrünü tamamlarlar (Volk vd., 2014).

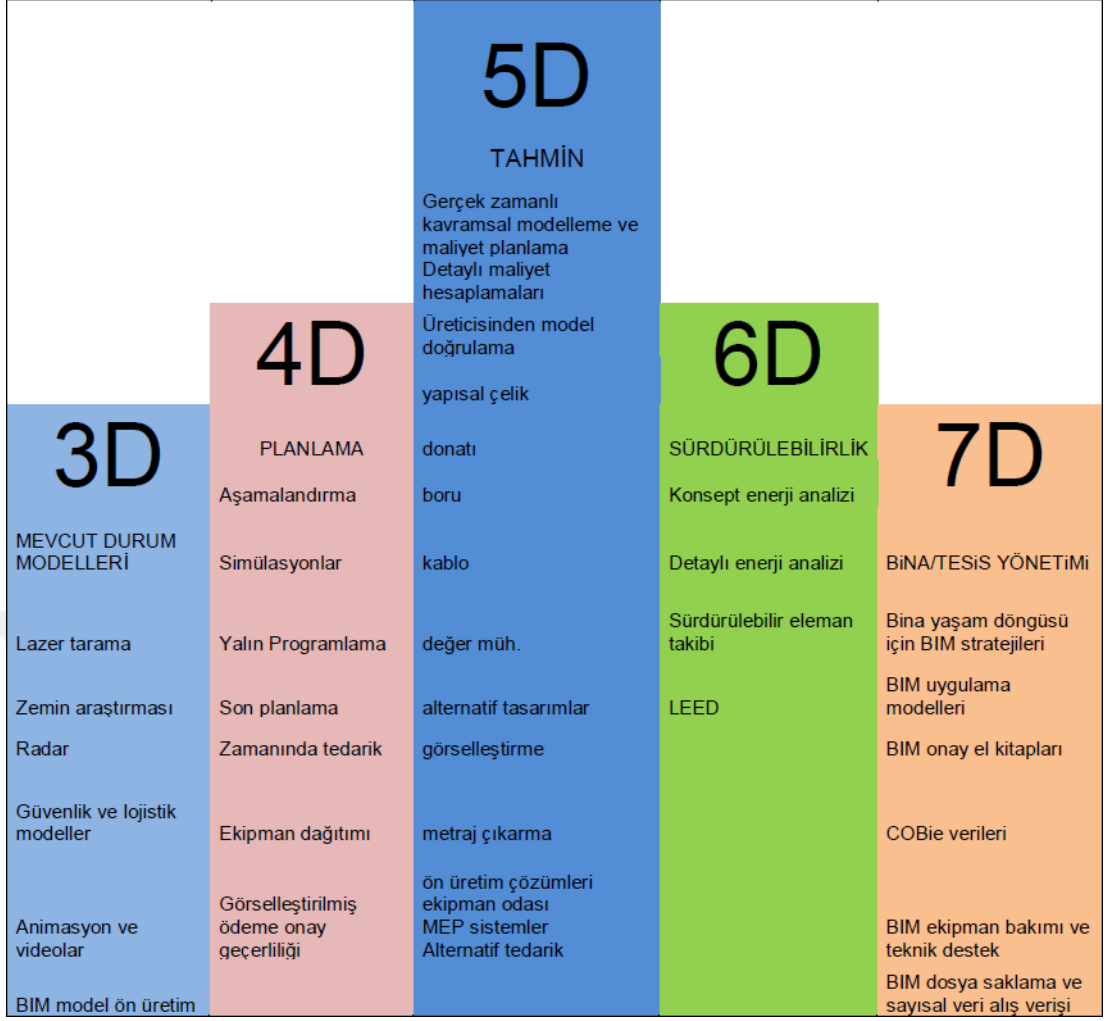


Şekil 3.4. Yeni ve mevcut yapılar için oluşturulan proje yaşam döngüsü

3.3 YBM Sisteminin Çoklu Boyutları (nD)

YBM sistemi mimari, mühendislik ve inşaat sanayisinde birçok projede farklı disiplinler tarafından farklı amaçlar için kullanılabilir. Bu yüzden YBM sistemi ile oluşturulan sanal binanın daha gerçekçi olması için YBM sisteminin çoklu boyutları ortaya çıkmıştır (Akkoyunlu, 2015). Şekil 3.5’de YBM sistemi ile ortaya çıkan çoklu boyutlar ve işlevleri gösterilmiştir. İnşaat endüstrisinde sıklıkla kullanılan bu boyutların özellikleri ve nasıl kullanıldıkları açıklanmıştır.

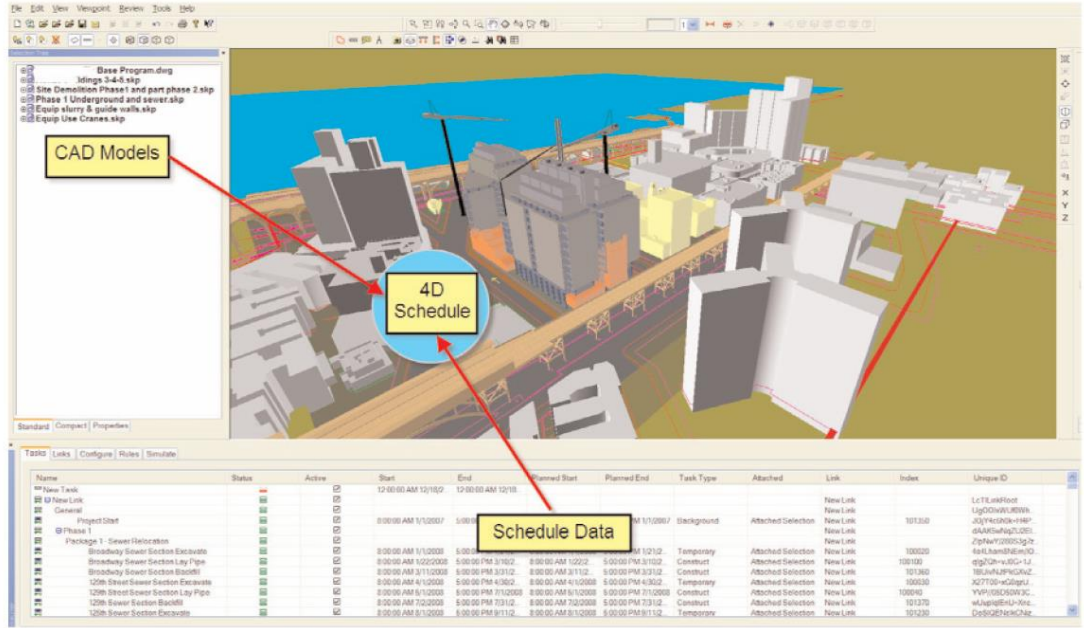
3D BIM; YBM sisteminde mimari, mühendislik ve inşaat sanayisinde en çok kullanılan ve en fazla bilgi sahibi olunan YBM boyutudur (Akkoyunlu, 2015). Bu boyutta yapının parametrik modelleme ile tasarlanan mimari, statik, mekanik, elektrik, tesisat vb. projelerinin 3 boyutlu görselleştirilmesi sağlanır. Aynı zamanda inşaat başlamadan önce tasarlanan projenin simülasyonu izlenerek ve çakışma analizi yapılarak hataların düzeltilerek tekrar tasarlanması sağlanabilir (Salah, 2014). Bir diğer tanımla 3D BIM doğru ve akıllı parametrik veriler içeren, görsellik sağlayan sanal bir modeldir. Bu sayede HVAC, elektrik, sıhhi tesisatlar ve mimari proje 3 boyutlu olarak gerçekçi bir şekilde görselleştirilerek YBM sisteminin en önemli özelliklerinden biri olan çakışma algılama ile meydana gelen çakışmalar inşaattan önce algılanır ve çözülür (Öz Döşer, 2016).



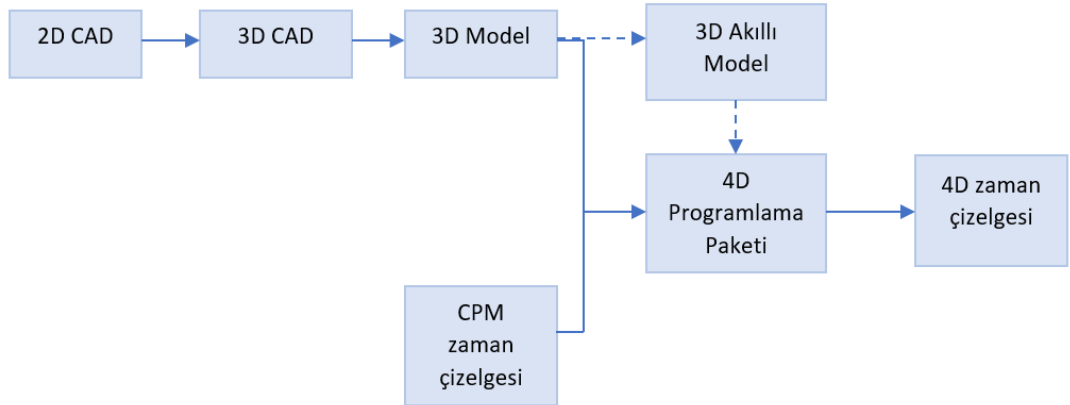
Şekil 3.5. YBM sisteminin çoklu boyutları (nD)

4D BIM; 3 boyutlu bir modele zaman çizelgesi eklenerek meydana gelen boyuttur. 4D BIM süreci; inşaatta yapılan uygulamaları tanımlamak, otomatik metraj çıkarma ile sürelerin hesaplanmasını sağlamak, şantiye kurulum planı oluşturmak, kaynak gereksinimlerini planlamak ve teslim sürecini kolaylaştırmak için kullanılır (Perera vd., 2017). 4D BIM genel olarak inşaat planlanma tekniklerini ve disiplinler arası iletişimi geliştirerek yapının herhangi bir zamanda hangi aşamada olduğunu şekil 3.6'da gösterildiği (Basu, 2007) gibi görsel olarak sunarak yapının ilerleme hızını belirler ve gecikme riskini değerlendirir. 4D BIM boyutunun hazırlanma süreci şekil 3.7'de (Basu, 2007) gösterilmiştir. Geleneksel olarak yapılan 2 boyutlu çizimler ilk olarak 3D BIM yazılımları ile 3 boyutlu hale getirilerek model oluşturulur. Daha sonra oluşturulan inşaat programı 4D BIM yazılımları ile 3 boyutlu modele entegre edilerek 4D BIM boyutu oluşturulur. Oluşturulan bu model ile inşaat sırasında görselleştirme,

disiplinler arası iletişim, planlama, inşaatın belirlenen programa göre ilerleyişi kontrol edilebilir ve gecikme analizi yapılabilir.



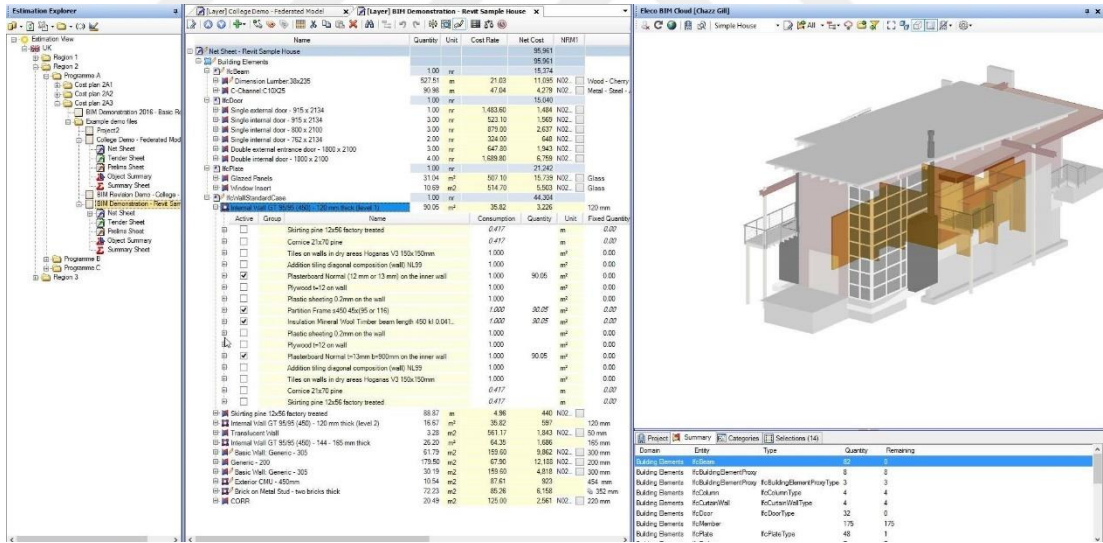
Şekil 3.6. Örnek 4D BIM kullanımı ve görselleştirilmesi



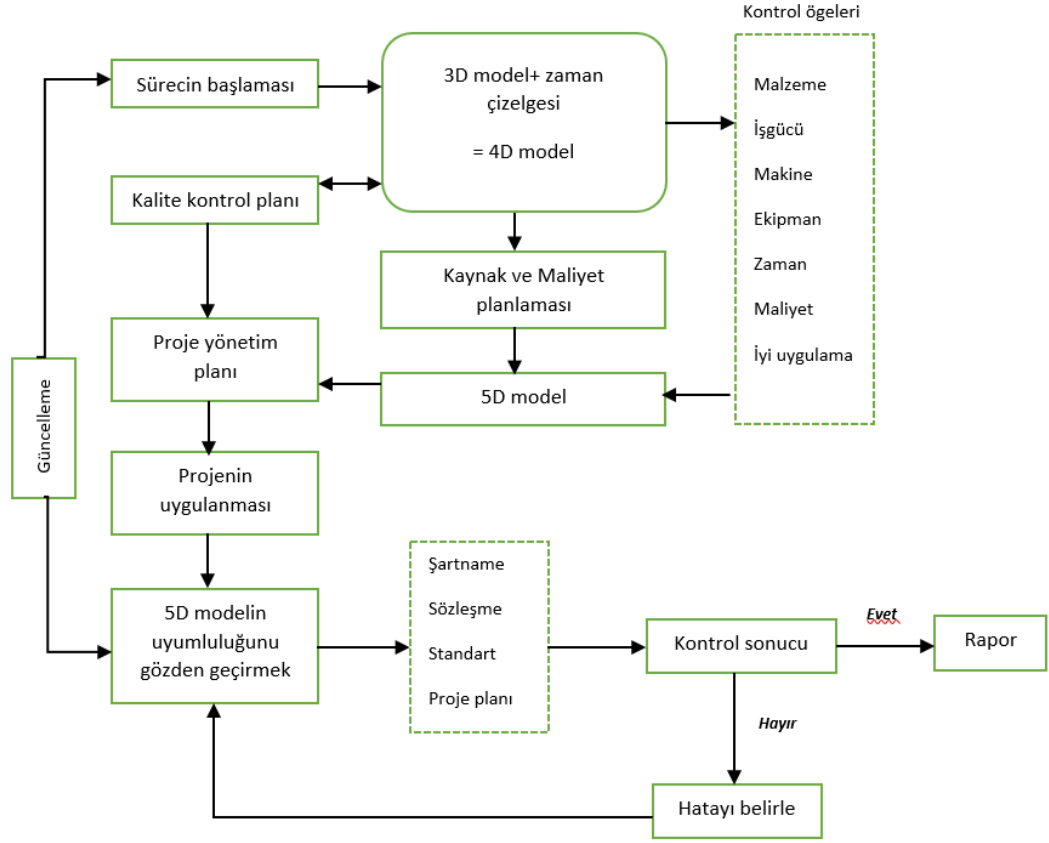
Şekil 3.7. 4D BIM hazırlanma süreci

5D BIM; YBM sisteminde kullanılan 5. Boyut özelliğinin temelinde maliyet tahmini ve otomatik metraj çıkarma özelliği vardır. 4D BIM modeline maliyet özelliği eklenerek oluşturulan 5D BIM modelinde yapılan değişiklikler otomatik algılanarak güncellenir (Jiang, 2011). Bu model ile metraj ve maliyetin belirlenme süresi oldukça kısalmaktadır. Aynı zamanda tahminlerin doğruluğunun artması ile oluşacak israf ve ek maliyetler azalacaktır (P. Smith, 2014). 5D BIM modelinin oluşum ve kontrol

süreci şekil 3.8’de (Ismael ve Isık, 2017) gösterilmiştir. İlk olarak 3D BIM ve 4D BIM boyutları oluşturulmuştur. Zaman ögesinin yer aldığı 4D BIM boyutuna projenin kaynak ve maliyet planlaması eklenerek 5D model oluşturulur. Ayrıca 4D modelin içerisindeki malzeme, iş gücü, makine, ekipman, zaman, maliyet ve iyi uygulama öğeleri kontrol edilerek 5D BIM modeline uygun hale getirilir. Oluşturulan model proje yönetim departmanına gönderilerek projenin uygulanması sağlanır. Proje uygulanırken bu modelin projeye uyumluluğu projenin şartnamesi, sözleşmesi, standardı ve proje planına göre gözden geçirilir. Yapılan kontroller sonucu 5D modelin uyumlu olup olmadığına göre süreç tamamlanır ya da devam edilir. Yapılan değerlendirmelere göre 5D BIM boyutunun temel özellikleri; 3D ve 4D BIM boyutlarını da kapsadığı için genel olarak görselleştirme, sanal yapı oluşturma, ilerleme kontrolü ve şantiye yerleşim simülasyonu oluşturması (Şekil 3.9) ve optimizasyon sağlamasıdır. Aynı zamanda maliyet kontrolü ve YBM modelinin gerçek zamanlı güncellenmesini sağlayarak proje yönetimine kolaylık sağlar (Xu, 2016).

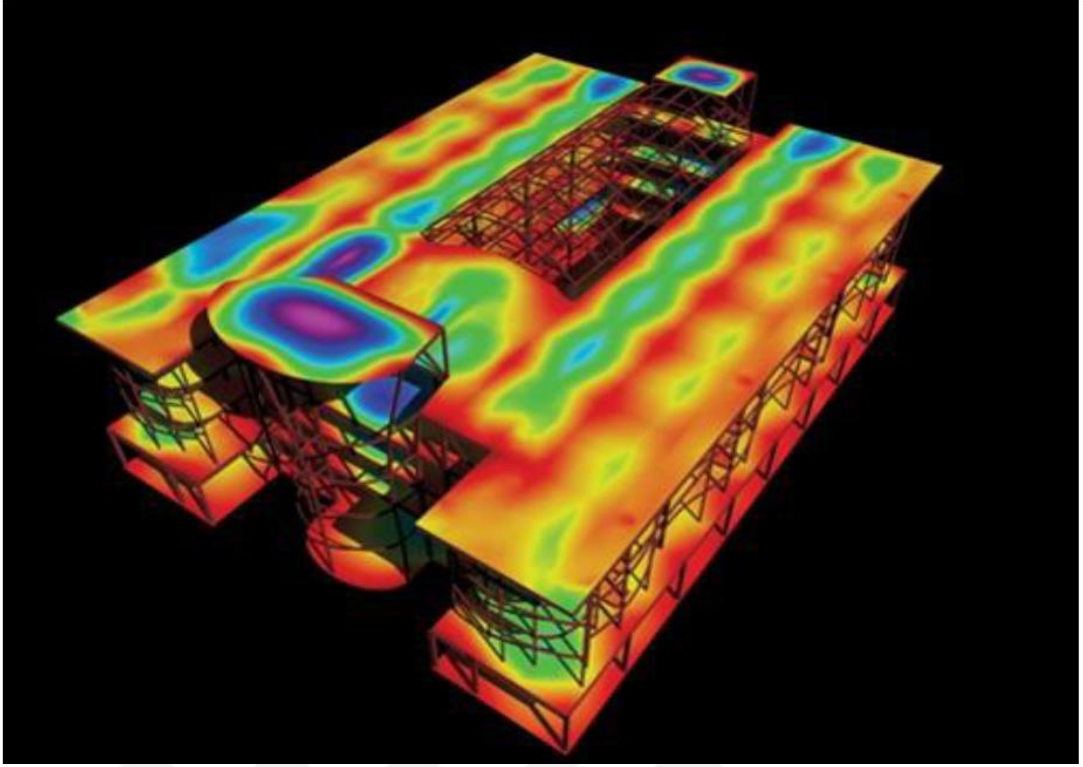


Şekil 3.8. Örnek 5D BIM kullanımı ve görselleştirilmesi



Şekil 3.9. 5D BIM modelinin oluşum ve kontrol süreci

6D BIM; YBM sisteminin 6. boyutu çevreyi koruma, binanın enerji tüketimi ve analizleri ile ilgili verilerin projeye entegre edilmesi ile oluşur (Czmoch ve Pćkala, 2014). Bu şekilde 6D BIM boyutu ile binaların enerji performansları şekil 3.10'daki (Nicał ve Wodyński, 2016) gibi sanal olarak değerlendirilir (Salah, 2014) ve binalara sürdürülebilirlik özelliği getirilir. Aynı zamanda 6D BIM boyutu uluslararası yeşil bina değerlendirme sistemleri LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ve BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) tarafından tanımlanan yeşil bina gereksinimlerini karşılamak için temel bir araç olarak kullanılır (Czmoch ve Pćkala, 2014).



Şekil 3.10. 6D BIM yazılımları ile enerji analiz simülasyonu

7D BIM; YBM sisteminin 7. boyutu binanın tesis yönetimini içermektedir. Yapım aşamasında ya da sonrasında kullanılan tüm ekipmanların çeşidi, özellikleri, garanti süresi, bakımı ve değiştirme zamanı gibi veriler YBM sistemine entegre edilerek binanın uygun bir şekilde bakımının sağlanmasına ve meydana gelebilecek arıza durumunda arızayı hızlı bir şekilde tespit edip onarılabilmesine yardımcı olur (Czmochove Pckala, 2014). Tesis yönetiminin YBM sistemine entegre edilmesini Teicholz (2013) şu şekilde özetlemiştir. “Proje tamamlandığında teslim edilen YBM sistemi modelleri tesis yönetimi için zengin bir bilgi kaynağıdır. Ancak tesis yönetiminin geniş alanı içinde tüm bilgiler faydalı değildir. Bu yüzden tesis yöneticilerin bilgi gerekliliklerine ve kritik verilere göre bilgileri detaylandırıp öncelik sıralaması yapmalıdırlar.”

8D BIM; YBM sisteminde yeni geliştirilen boyut olan 8. boyut tasarım ve yapım aşamasındaki binanın güvenlik ve acil yönetimini içermektedir (Smith, 2014). Bu model ile gerçek zamanlı iki yönlü bilgi akışları sağlanarak acil durum sistemi oluşturulur ve kullanıcının konumuna göre tahliye rotaları hesaplanır (Wang vd., 2014).

Yukarıda belirtilen YBM sistemi boyutlarının hangi YBM yazılımları ile kullanıldığı ve bu yazılımların hangi firmalar tarafından üretildiği çizelge 3.1’de (Broquetas, 2010) gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. YBM yazılımları, üreticileri ve hangi boyutta kullanıldıkları

YBM Yazılımı	Üreticisi	Kullanıldığı YBM Boyutu
Revit Architecture	Autodesk	3D
ArchiCAD	Graphisoft	3D
Allpan Architecture	Nemetschek	3D
Bentley Architecture	Bentley	3D
Digital Project Designer	Gehry Technology	3D
Revit Structure	Autodesk	3D
Tekla Structure	Tekla	3D,4D
STAAD & Pro steel	Bentley	3D
Revit MEP	Autodesk	3D
Bentley Hevacomp	Bentley	3D
4MSA Fine HVAC	4M	3D
Navisworks	Autodesk	4D
Vico Office Suite	Vico	4D,5D
Bentley Navigator	Bentley	4D
Synchro Professional	Synchro LTD	4D
Visual Simulation	Innovaya	4D
Graphisoft Estimator	Graphisoft	5D
Innovaya	Innovaya	5D
Quantity Takeoffs QTO	Autodesk	5D
Ecotect Analysis	Autodesk	6D
Eco Designer	Graphisoft	6D
Tas Simulation	Bentley	6D
Green Building Studio	Autodesk	6D
Bentley Facilities	Bentley	7D
FM Systems	FM: Systems	7D
Vintocon Archi FM	Graphisoft	7D
Onuma System	ONUMA Inc.	7D

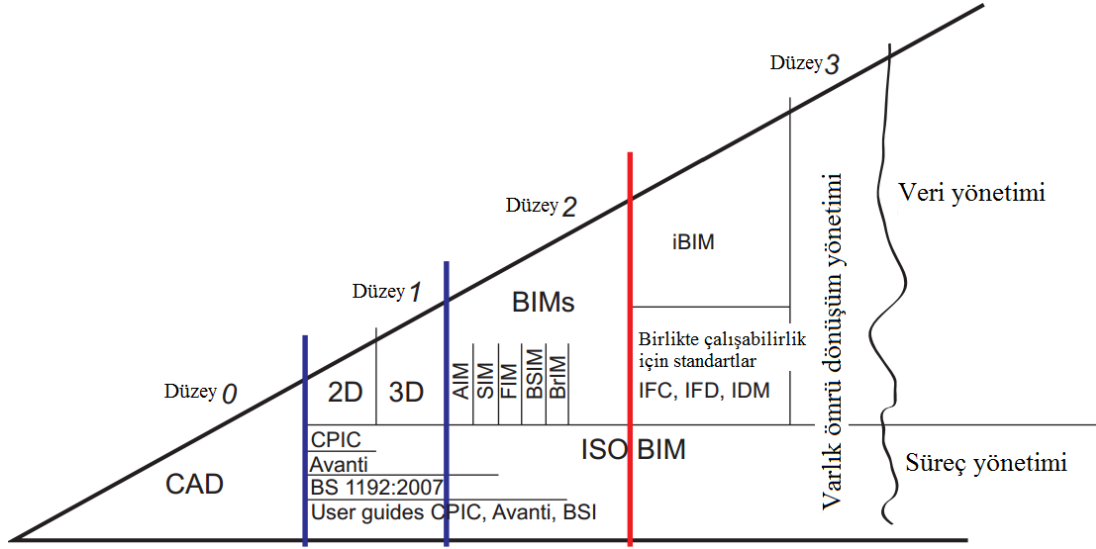
3.4 YBM Sisteminde LOD Detay ve Olgunluk Seviyeleri

YBM sistemi birçok özelliği ile tüm disiplinleri içeren çok kapsamlı bir sistem olduğu için uygulanma aşamalarına göre seviyelere ayrılmıştır. BIM Maturity Level olarak bilinen bu seviyeler çalışmada “YBM olgunluk seviyeleri” olarak açıklanmaktadır.

YBM sisteminde tasarım yapılırken nesne tabanlı parametrik modelleme kullanılmaktadır. Tasarımda kullanılan nesnelere ise; modelin geometrisini, içerdiği detayı ve veriyi işlevleri doğrultusunda kullanabilmek için seviyelere ayrılmıştır. Bu seviyelere LOD yani Level of Detail (detay seviyesi) ya da Level of Development (gelişim seviyesi) denir. Bu iki kavram arasında farklılıklar vardır. Detay seviyesi; modeldeki elemanda ne kadar detay bulunduğunu, gelişim seviyesi ise modeldeki elemanın geometrisinin ve elemana eklenen bilgilerin ne ölçüde düşünülerek oluşturulduğunu ya da ne kadar güvenilir olduğunu belirtmektedir. Yani detay seviyesi elemanın girdisi, gelişim seviyesi ise çıktısı olarak düşünülebilir. (BimForum, 2017). Ancak LOD kavramı bu çalışmada hem detay seviyesini hem de gelişim seviyesini kapsayarak LOD detay seviyesi olarak anılacaktır.

3.4.1 YBM Olgunluk Seviyeleri (Maturity Levels)

Mervyn Richards ve Mark Bew tarafından 2008 yılında geliştirilen şekil 3.11'deki model Bew-Richards diyagramı olarak anılmaktadır (Harun vd., 2016). Düzey 0, Düzey 1, Düzey 2, Düzey 3 olmak üzere 4 aşamaya ayrılan modelde YBM sisteminde veri ve süreç yönetim sistemleri gösterilmektedir (Muratoğlu, 2015). Her ülke YBM sistemi kullanırken kendi projeleri için farklı YBM olgunluk seviye stratejileri belirlerler (Dilsizoğlu Özperçin, 2016). Örneğin 2012 yılından beri İngiltere'deki kamu projelerinde kullanılan bu model en az düzey 2 seviyesine kadar uygulanmaktadır (Muratoğlu, 2015). Türkiye'de ise YBM sistemi yaygın olmadığı için henüz bir YBM olgunluk seviye stratejisi bulunmamaktadır (Dilsizoğlu Özperçin, 2016).



Şekil 3.11. Bew-Richards YBM olgunluk diyagramı (Sinclair, 2012)

Düzye 0; bu seviye Şekil 3.11'deki diyagramda da belirtildiği gibi 2 boyutlu CAD dosyalarının kullanıldığı (Sinclair, 2012) ve tasarım sürecinin büyük çoğunluğunun gerçekleştiği seviyedir (Muratoğlu, 2015). Düzye 0 seviyesinde dikkati çeken en önemli nokta Şekil 3.11'deki diyagramda da gösterildiği gibi veri ve süreç yönetimini ayıran yatay çizginin bu seviyede yer almamasıdır. Bunun sebebi CAD kullanımı ile ilgili ortak standart ve süreçlerin bulunmamasıdır (Sinclair, 2012).

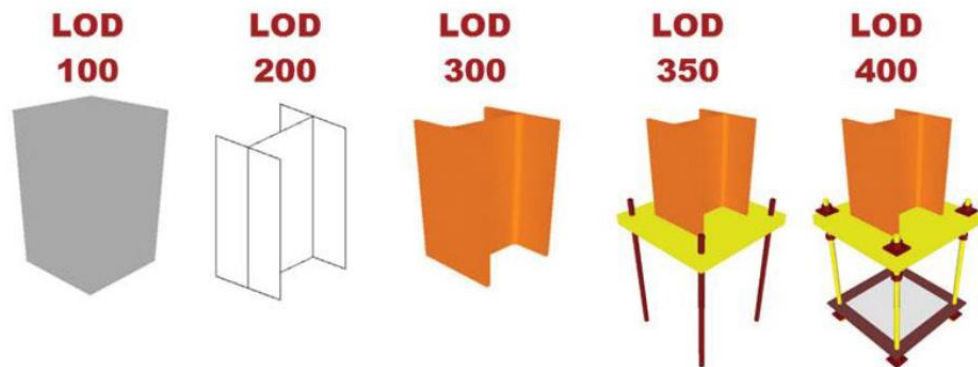
Düzye 1; projede bir önceki seviyede oluşturulan 2 boyutlu CAD çizimleri ile 3 boyutlu CAD çizimlerinin başlangıcından itibaren kullanılan tasarım seviyesidir (Sinclair, 2012). Süreç yönetimi için kullanılan CAD standartları belirtilir ve elektronik veri paylaşımı gerçekleştirilebilir (Dilsizoğlu Özperçin, 2016). Ancak bu seviyede YBM sistemi proje paydaşlarından biri tarafından kullanılabilen ortak çalışma yapılamamaktadır (Muratoğlu, 2015).

Düzye 2; YBM sisteminin 4D programlama ve 5D maliyet yönetimi boyutları bu seviyede kullanılabilir (NBIM, 2012). Bu boyutların da özelliklerinden biri olan proje paydaşlarının birlikte çalışabilme özelliği bu seviye ile kullanılmaya başlanmıştır (Dilsizoğlu Özperçin, 2016). Yani farklı aşamalarda ve disiplinlerde yer alan proje paydaşları proje yaşam döngüsü içerisinde birbirleriyle iletişim halinde bulunmaktadır (Muratoğlu, 2015).

Düzey 3; YBM sistemini tam anlamıyla uygulayan birlikte çalışabilirlik standartlarını içeren açık bir süreçtir (Harun vd., 2016). YBM sisteminin en ileri seviyesi olan Düzey 3 seviyesi; paylaşımlı tek bir model üzerinden tüm paydaşların ortak çalışabilmesini ve işbirliğini sağlar (Dilsizoğlu Özperçin, 2016). Bu seviye ile tasarım süresi oldukça kısalmaktadır. Yeni maliyet araçları ile maliyet tahminleri çok hızlı bir şekilde hesaplanabilmektedir. Yapının inşasında ve tesis yönetiminde iş güvenliği analizi yapılmaktadır. Aynı zamanda yapının değer mühendisliği analizi yapılarak gelecekteki durumu belirlenmektedir (Muratoğlu, 2015; Sinclair, 2012).

3.4.2 LOD Detay Seviyeleri (Detail Levels)

YBM sistemi kullanılarak tasarlanan projelerde projeyi tasarlayan dışında bu proje hakkında bilgi almak isteyen kişilerin projeyi incelediğinde işine yaramayacak bilgileri de detaylı olarak görmektedir. Bundan dolayı da projeyi inceleyen kişi fazla detaylardan oluşan karmaşıklık sebebiyle yanlış çıkarımlarda bulunabilir (Akkoyunlu, 2015). Meydana gelen bu sorunlara çözüm bulmak amacıyla ilk çalışma Vico Software Inc tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ortaya çıkan LOD detay seviyeleri tasarımın meydana geldiği nesnelere dayalı olarak tanımlanır. Bu nesnelere tasarımda kullanımına ya da işlevine göre en düşük seviyeden yani kavramsal tanımından, en yüksek seviyeye yani projede uygulanan gerçek nesnenin tanımına kadar ilerleyen adımlardır. (Bedrick, 2008; Leite vd., 2011). YBM sistemi kullanıcıları arasındaki iletişim kalitesini iyileştirmek için geliştirilmiş olan LOD detay seviyesi sınıfları (şekil 3.12) aşağıda açıklanmıştır (Akkoyunlu, 2015; BimForum, 2017):



Şekil 3.12. LOD detay seviyeleri (Akkoyunlu, 2015)

LOD 100; bu seviyedeki model elemanı tasarımda sembol veya başka bir gösterim ile grafiksel olarak gösterilebilir. Fakat LOD 200 için gerekli olan detayları bünyesinde bulundurmaz. Bu model içerisindeki bilgiler ise diğer modellerden türetilerek elde edilmiştir.

LOD 200; bu seviyedeki model elemanı tasarımdaki sistem, nesne, boyut, şekil, konum, yön ve metraj gibi bilgileri yaklaşık olarak grafiksel şekilde gösterir. Grafiksel olmayan şekiller de bu seviyedeki model elemanına eklenebilir.

LOD 300; bu seviyedeki model elemanı tasarımdaki sistem, nesne, boyut, şekil, konum, yön ve metraj gibi bilgileri doğrudan grafiksel olarak modelde gösterilir. Grafiksel olmayan şekiller de bu seviyedeki model elemanına eklenebilir.

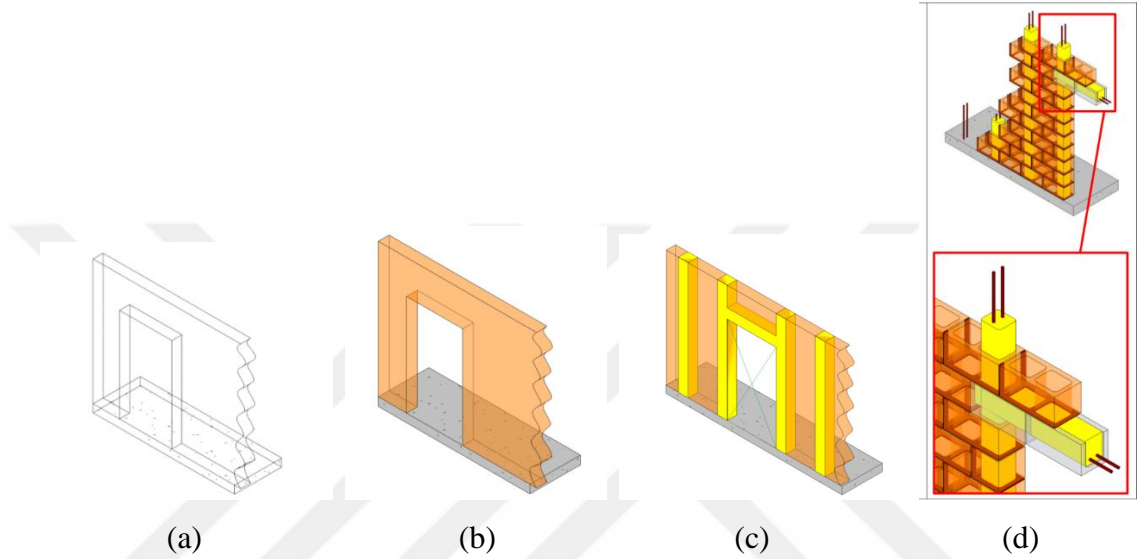
LOD 350; bu seviyedeki model elemanı tasarımdaki sistem, nesne, boyut, şekil, konum, yön ve metraj gibi bilgiler diğer bina sistemleriyle koordineli bir şekilde grafiksel olarak modelde gösterilir. Grafiksel olmayan şekiller de bu seviyedeki model elemanına eklenebilir.

LOD 400; bu seviyedeki model elemanı tasarımdaki sistem, nesne, boyut, şekil, konum, yön ve metraj gibi bilgilere ek olarak detaylı bir şekilde imalat, montaj ve kurulum bilgileri ile grafiksel olarak modelde gösterilir. Grafiksel olmayan şekiller de bu seviyedeki model elemanına eklenebilir.

LOD 500; bu seviyedeki model elemanı tasarımdaki sistem, nesne, boyut, şekil, konum, yön ve metraj gibi bilgilerin gerçekte uygulanmış hali olarak gösterilir. Bu seviye tasarlanan modelin uygulanmış, gerçek hali olduğu için bazı şartnamelerde tanımlanmaz.

LOD detay seviyeleri ve bu seviyelerin tanımlamalarından hareketle bir duvarın detay seviyeleri şekil 3.13'de örnek olarak gösterilmiştir (BimForum, 2017). LOD 100 detay seviyesi; kavramsal olarak tanımlanmış bir semboldür. LOD 200 detay seviyesi; malzeme türüne göre ayrılmış duvar tek montaj olarak gösterilmiştir ve duvar kalınlığı, konumu, yüksekliği vb. özellikler yaklaşık olarak modellenmiştir (şekil 3.13a). LOD

300 detay seviyesi; duvar tek montaj olarak gösterilmiş ve duvar elemanları belirli plana, konuma ve yüksekliğe göre modellenmiştir (şekil 3.13b). LOD 350 detay seviyesi; duvar ve duvar boşlukları gerçek boyutta gösterilmiştir. Duvar; kolon ve kirişlerle koordinasyonlu bir şekilde modellenmiştir (şekil 3.13c). LOD 400 detay seviyesi; modellenen duvara üretim ve montaj bilgileri (donatılar, bağlantılar, enjeksiyon malzemeleri, bağ kirişleri, lentolar, üretim parça numaraları, kurulum için gerekli parçalar vb.) eklenerek oluşturulur (şekil 3.13d).



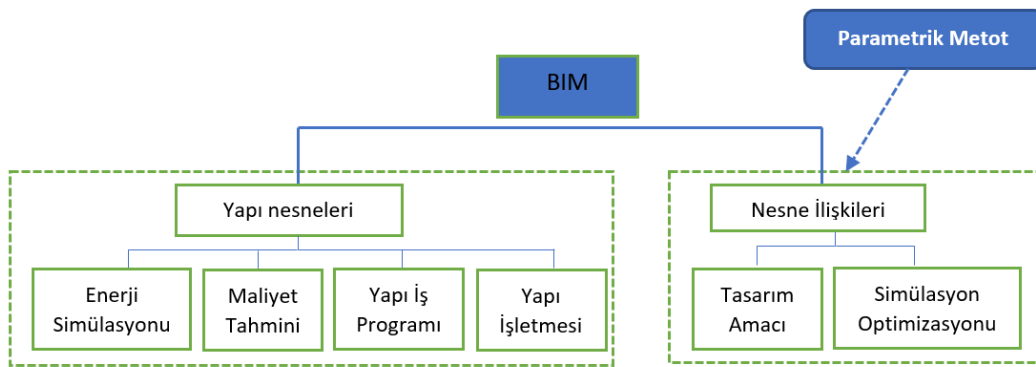
Şekil 3.13. Örnek bir duvar için (a) LOD 200 detay seviyesi (b) LOD 300 detay seviyesi (c) LOD 350 detay seviyesi (d) LOD 400 detay seviyesi (BimForum, 2017)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
The content in G5:083 is shown for example only - it is expected that each project team will validate and adjust the content to align with the particular needs of the project and capabilities of the team members. The Level of Detail by Phase entries shown here are the minimum that would satisfy the phase descriptions in the AIA/AIACC IPD Guide*.						PD Prime Designer DC Design Consultants PC Prime Constructor TC Trade Contractors S Suppliers							
1	See "Level of Detail Descriptions" tab for descriptions of LOD 100 - 500.												
2	"Integrated Project Delivery: A Guide"												
3	Model Component (ASTM Uniformat II Classification)					Level of Detail and Model Component Author by Phase							
4						Conceptual-ization		Criteria Design		Detailed Design		Implemen-tation Docs	
5						LOD	MCA	LOD	MCA	LOD	MCA	LOD	MCA
6	A	A10	Foundations	A1010	Standard Foundations	100	PD	200	DC	300	TC	400	TC
7				A1020	Special Foundations	100	PD	100	DC	300	TC	400	TC
8				A1030	Slab on Grade	100	PD	200	DC	300	TC	400	TC
9		A20	Basement Construction	A2010	Basement Excavation	100	PD	200	DC	300	TC	300	TC
10				A2020	Basement Walls	100	PD	200	DC	300	TC	400	TC
11	B	B10	Superstructure	B1010	Floor Construction	100	PD	200	PD	300	PD	300	PC
12				B1020	Roof Construction	100	PD	200	PD	300	PD	300	PC
13		B20	Exterior Enclosure	B2010	Exterior Walls	100	PD	200	PD	300	TC	400	TC
14				B2020	Exterior Windows	100	PD	200	PD	300	TC	400	TC
15				B2030	Exterior Doors	100	PD	200	PD	300	TC	400	TC
16		B30	Roofing	B3010	Roof Coverings	100	PD	200	PD	300	TC	300	TC
17				B3020	Roof Openings	100	PD	200	PD	300	TC	300	TC
18	C	C10	Interior Construction	C1010	Partitions	100	PD	200	PD	300	PD	400	TC

Şekil 3.14. Örnek bir projede LOD detay seviyelerinin kullanımı (Bedrick, 2008)

3.5 Nesne Tabanlı Parametrik Modelleme (Object-Based Parametric Modeling)

YBM sisteminin tanımları incelendiğinde karşımıza parametrik modelleme kavramı çıkmaktadır. Bu kavram ilk olarak 1980’li yıllarda geliştirilmiştir. Öncelikle parametrik terimini tanımlayacak olursak parametrik terimi; bitişik bir elemanın ya da bir elemana montajı yapılmış birleşim gibi daha önce kurulmuş bir ilişkiyi korumak için otomatik olarak ayarlanması işlemidir. Nesne tabanlı parametrik modelleme tanım olarak yapı elemanlarının birbirleriyle olan ilişkilerini ve kurallarını içeren parametreleri kullanarak bir yapının modellenmesine denir (Eastman vd., 2008). Parametrik modelleme, nesnelerin birbirleriyle olan ilişkilerinin yanında proje yaşam döngüsü boyunca yapı için gerekli tüm bilgileri de içerir (Azhar vd., 2009). Nesne tabanlı parametrik modelleme, YBM sistemi ile geleneksel olarak kullanılan CAD çizim programları arasındaki en önemli farklılıklardan biridir (Akkoyunlu, 2015). Parametrik modellemenin esas niteliği inşa edilen yapının malzemeler arasındaki ilişkileri ve özellikleri göz önüne alarak daha yapı tasarım aşamasındayken bilgisayar ortamında bir model oluşturmaktır. Bu modelin içerdiği bilgiler tüm yaşam döngüsü boyunca ek bilgiler eklenebilir ya da mevcut bilgilere ayrıntılı bir şekilde ulaşılabilir (Zeng ve Tan, 2007). YBM sisteminin yönetilmesini kolaylaştıran ve süreç verimliliğini artıran nesne tabanlı parametrik modelleme; bir projenin tasarım amacıyla kullanılan yapı nesneleri ve nesnelerin ilişkilerini içerdiği YBM sisteminde nesne ilişkilerinin kurulmasını ve yönetilmesine yardımcı olur (Şekil 3.15) (Kensek ve Noble, 2014).



Şekil 3.15. Parametrik modellemenin YBM sistemindeki görevi

Parametrik modellemeye örnek olarak NBBJ ve CCDI firmaları tarafından tasarlanan Çin’de inşa edilen Hangzhou Olimpiyat Stadyumu (Şekil 3.16a) ve Gensler ile Tongji

Mimari Tasarım Enstitüsü tarafından tasarlanan Shanghai Center projesi (Şekil 3.16b) gösterilir. Her iki projede de bir 3D modelleme aracı ve bir görsel programlama aracı kullanılarak parametrik tasarlanmıştır ve önemli ölçüde fayda sağladığı belirlenmiştir (Kensek ve Noble, 2014).



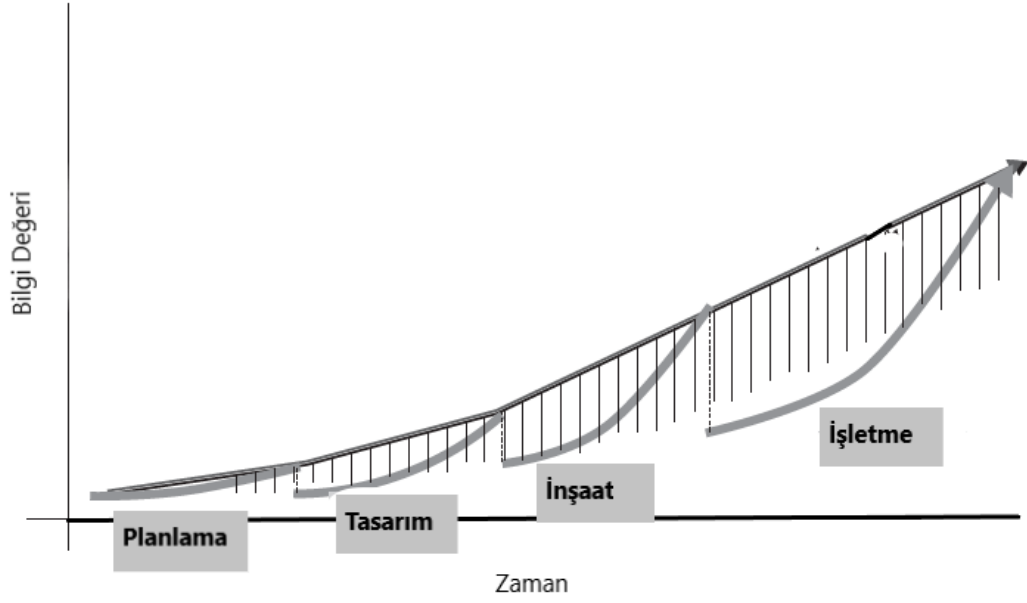
Şekil 3.16a. Hangzhou Olimpiyat Stadyumu



Şekil 3.16b. Shanghai Center

3.6 Birlikte Çalışabilirlik (Collaboration)

Yapı sektöründe tasarım, yapım ve işletme paydaşları arasındaki sorunlardan biri birbirleri arasında bilgi alışverişi ve iletişim sağlayabilecekleri bir platform olmamasıdır. Geleneksel yöntemlerle sağlanan iletişim zaman alıcı, verimsiz ve ek maliyetlere sebep olmaktadır (Gallaher vd., 2004). Geleneksel yöntemlerle çizilen projelerde de veri alışverişi yapılabilmektedir. Ancak sadece geometrik veri alışverişi sağlandığından yapının farklı özellikleri, nitelikleri ve davranışları aktarılamamaktadır. Aktarılan verilerin ise aktarıldıkları ortamdaki elemanlar ile birlikte çalışıp çalışmayacakları bilinmemektedir (Eastman vd., 2008). Şekil 3.17'de (D. K. Smith ve Tardiff, 2009) gösterildiği gibi en fazla bilgi kaybı proje yaşam döngüsü evreleri arasında bir sonraki evreye geçilirken yaşanmaktadır. Özellikle yapım aşaması bittiğinde tesis yönetimi aşamasına geçilirken bilgi kaybı maksimum seviyesine çıkmıştır. Bu nedenle YBM sistemi; proje paydaşları arasındaki etkili veri alışverişi sayesinde proje yaşam döngüsü evreleri arasındaki bilgi kayıplarını azaltarak ve birlikte çalışma imkânı sunarak bu sorunları gidermeyi amaçlamaktadır.



Şekil 3.17. Proje yaşam döngüsü evreleri arasındaki geçişte yaşanan bilgi kayıpları

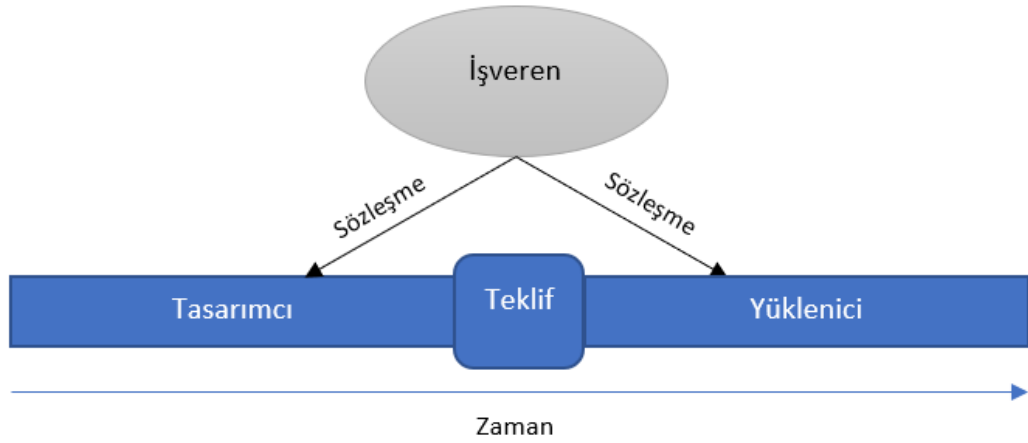
Arayıcı ve Tah (2007)'a göre, birlikte çalışabilirlik bir yapının yaşam döngüsü evresindeki tüm disiplinlerin bina verilerini sorunsuz bir şekilde birbirleriyle paylaşabilmesi olarak tanımlanmıştır. Birlikte çalışabilirlik ortak bir platform sağlayarak mimarisi çizilen bir projenin aynı anda statik, elektrik ve mekanik projeleri de çizilerek bu platform üzerinden süperpoze edilir ve uygulamada ortaya çıkabilecek sorunlar tasarım aşamasında çözülebilir. Aynı zamanda bir projenin revize edilmesi diğer disiplinler tarafından görülebilir ve bu revizyona göre tüm projeler güncellenebilir. Birlikte çalışabilirlik için birçok uygulama şeması bulunmaktadır. YBM sisteminde en yaygın kullanılan uygulama şeması Industry Foundation Classes (IFC)'dir. Bu uygulama şeması tasarlanan modelin birçok özelliğini temsil ederek veri alışverişini sağlamaktadır (Eastman vd., 2008). IFC bir yapı projesinde kullanılan disiplinler, aşamalar ve yazılım araçları arasındaki birlikte çalışabilirliği sağlamak için Uluslararası Birlikte Çalışabilirlik Birliği (International Alliance for Interoperability-IAI) tarafından 1994 yılında geliştirilmiştir (NBIMS/NIBS, 2008). Bugüne kadar büyük gelişme gösteren IFC şimdilerde buildingSMART birliği tarafından yönetilmektedir (Kopuz, 2015). 2013 yılında itibaren uluslararası standardizasyon örgütü ISO tarafından inşaat ve tesis yönetiminde veri paylaşımı için ISO16739 IFC standardı tescil edilmiştir. Sonuç olarak IFC sadece modellemeyi içermeyen veri

değişim formatıdır. Tasarlanan 3D modellerin farklı disiplinlerle veri alışverişini sağlamak için .IFC formatına dönüştürülür ve diğer disiplinler tarafından yüksek veri kalitesinde kullanılabilir. IFC'nin tanımlanmasında genellikle faydaları belirtilse de bilgi kaybı ve kısmi malzeme özellikleri kaybı gibi veri bozulması da hesaba katılmalıdır (Kensek ve Noble, 2014).

3.7 YBM Sisteminde Kullanılan Proje Teslim Yöntemleri ve Entegre Proje Teslim Yöntemi (Integrated Project Delivery-IPD)

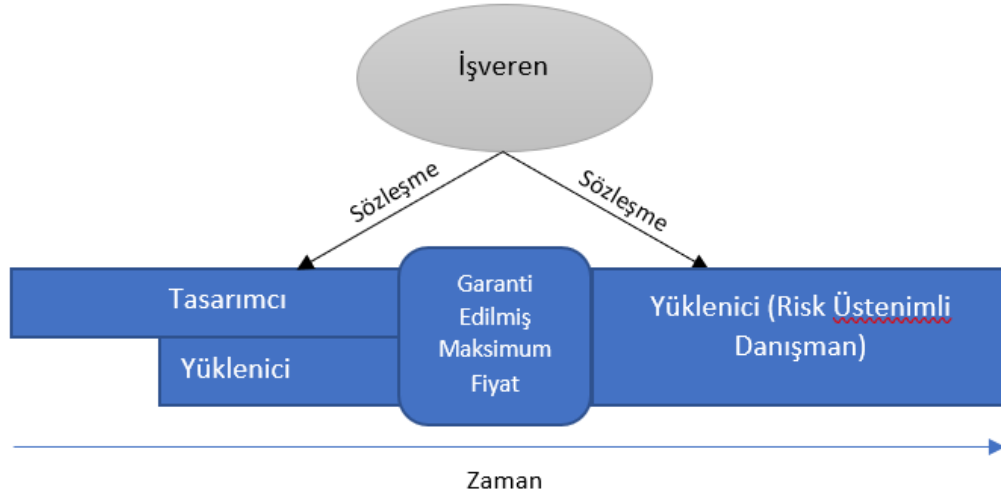
Yapı projelerinin yaşam döngüsü boyunca paydaşların projenin hangi bölümünde yer alacağı, bu paydaşların görevlerinin, sorumluluklarının ve diğer paydaşlar arasındaki ilişkilerinin nasıl olacağı yapı inşaat projelerinde kullanılan teslim yöntemleri ile belirlenir. Yapı projelerinde kullanılan birçok teslim yöntemi vardır. Seçilen proje teslim yöntemi; YBM kullanımında projeyi yönetme ve YBM sisteminin faydalarından yararlanma açısından önemlidir (Eastman vd., 2008). Yapı projelerinde çoğunlukla kullanılan proje teslim yöntemleri tasarla-teklif et-yap proje teslim yöntemi, risk üstlenimli danışmanlık proje teslim yöntemi, tasarla-yap proje teslim yöntemi ve entegre proje teslim yöntemidir. (Hardin ve Mccool, 2014).

Tasarla-Teklif et-Yap teslim yöntemi; uygulanan en geleneksel yöntemdir. Şekil 3.18'de gösterildiği gibi projenin riskini elinde bulunduran mal sahibi; tasarım ekibi ve yükleniciyle olmak üzere iki sözleşme yapar. Tasarımdan sonra ihale yapılarak iş yükleniciye verilir ve yapı inşa edilir. Bu yöntem YBM sisteminin sağladığı avantajları kısıtlar (Hardin ve Mccool, 2014). Örneğin; tasarla-teklif et-yap teslim yönteminde inşaat ekibi tasarım kısmında yer almaz ve bu durum inşaat aşamasında öngörülemeyen hatalara sebep olur. Bu hataların inşaat aşamasında değil de tasarım aşamasında belirlenmesi hatalardan kaynaklanan ek maliyetleri minimuma indirecektir.



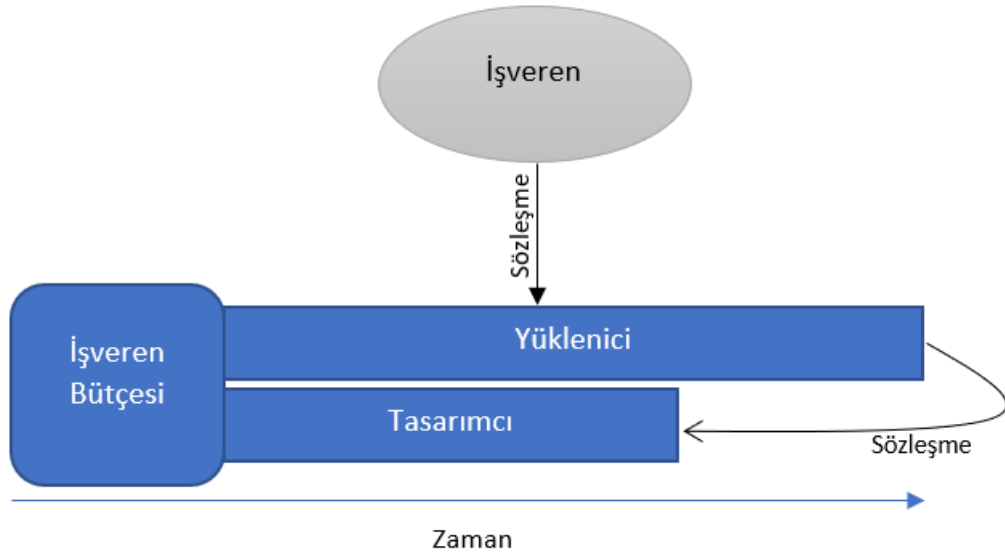
Şekil 3.18. Tasarla-Teklif et-Yap teslim yöntemi uygulama şeması

Risk Üstlenimli Danışmanlık teslim yöntemi; bir projenin mal sahibi ya da inşaat yöneticisi tarafından belirlenen şartnameler doğrultusunda tasarım ve inşaat yüklenicilerinin Garantili Maksimum Fiyatı (GMP) yani maliyet ve kar ile birlikte belirledikleri tavan fiyatı aşmamasını, eğer aşarsa bu maliyeti karşılayarak projeyi bitireceklerini garanti vererek oluşturulan teslim yöntemidir (Shane ve Gransberg, 2010). Tasarla-teklif et-yap teslim yöntemine benzerliği bulunan bu yöntem şekil 3.19’da gösterildiği gibi yüklenicinin tasarım aşamasında da yer almasıyla tasarla-teklif et-yap yönteminden ayrılmaktadır (Hardin ve Mccool, 2014). YBM sisteminde bu teslim yöntemi kullanıldığında yüklenicinin tasarım aşamasına erken katılmasından dolayı projenin tasarım ekibinin sorumluluk kaygıları ve fikri mülkiyet haklarının etik olmayan bir şekilde kullanılması riskleri sebebiyle tasarladıkları modelleri paylaşmak istememektedirler. Ayrıca bu yöntem genellikle tasarım aşamasında hizmet verdiği için tasarımda görev alacak yüklenicinin YBM sistemini kullanacağından tasarım aşamasının başından itibaren projeye dahil olmalıdır ve bu proje maliyetini artıracaktır (Hergunsel, 2011). Bu nedenlerden dolayı risk üstlenimli danışmanlık teslim yöntemi YBM sisteminin faydalarını kısıtlamaktadır.



Şekil 3.19. Risk Üstlenimli Danışmanlık teslim yöntemi uygulama şeması

Tasarla-Yap teslim yöntemi; bu yöntem mal sahibinin belirlediği bir bütçe dahilinde hem tasarım hem de yapım işleri için yasal sorumlulukları üstlenen tek bir kuruluş ile yapılan sözleşmeye göre uygulanan proje teslim sistemidir (Darrington, 2011). Şekil 3.20’de gösterildiği gibi yüklenicinin tasarım ekibiyle sözleşme yapması birbirleri arasındaki işbirliğini güçlendirerek tek bir ekip olarak çalışma imkanı sunar (Hardin ve Mccool, 2014). Tasarım ve yapım işleri genellikle maliyet ve kaliteye bağlıdır. Yüklenicinin tasarım ekibiyle birlikte çalışması ile maliyet kaliteye göre öncelikli olabilir (Hergunsel, 2011). Bu yöntem ile yüklenicinin ve tasarım ekibinin iş birliği içinde çalışması YBM sisteminin güçlü ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir (Hardin & Mccool, 2014).



Şekil 3.20. Tasarla-Yap teslim yöntemi uygulama şeması

Entegre Proje Teslim Yöntemi (IPD); son yıllarda geleneksel olarak kullanılan proje teslim sistemleri yerine kullanılan IPD'nin Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tanımına göre; projenin yaşam döngüsü sürecine insanları, sistemleri, inşaat faaliyetlerini ve uygulamalarını entegre eden ve projenin değerini artırmak için tüm katılımcıları işbirliği içinde kullanarak projeyi optimize eden bir teslim yöntemidir (American Institute of Architects California Council, 2007). Şekil 3.21'de gösterildiği gibi tasarla-yap yöntemine benzerliği bulunan IPD yönteminde bu yöntemden farklı olarak proje riski ve avantajları mal sahibi, tasarım ekibi ve inşaat ekibi arasında paylaşılır ve her paydaş birbirleri ile sözleşme imzalar (Hardin & Mccool, 2014). Başarılı bir IPD yöntemi için katılımcılar işbirlikçi, birbirleriyle bütünleşmiş ve üretken ekipler oluşturmalıdır. Bu ekiplerin mümkün olduğunca verimli bir şekilde projenin tasarlanmasını, inşa edilmesini ve işletilmesini sağlamaları için 9 temel ilkeyi benimsemeleri gereklidir (American Institute of Architects California Council, 2007). Bunlar;

- Karşılıklı saygı ve güven,
- Karşılıklı fayda ve mükafat,
- İşbirliği içinde karar verme ve yenilik yapma,
- Temel paydaşların erken katılımı,
- Erken hedef tanımı,

- Yoğun planlama,
- Açık iletişim,
- Uygun teknoloji,
- Organizasyon ve liderlik.

Ancak bu yöntemi kullanacak kuruluşlar; katılımcıların iş birliği içinde çalışmalarını sürdürebilmeleri için kültürel, teknolojik ve hukuksal gereklilikleri sağlamalıdır (Ghassemi ve Becerik-Gerber, 2011). YBM sistemi ile yapılan projelerin IPD yöntemiyle gerçekleşmesi verimliliği artırarak, hataları azaltarak ve katılımcılar arasında iş birliği sağlayarak diğer yöntemlere göre daha etkili bir teslim sistemi oluşturur (Porwal ve Hewage, 2013). Ancak bu yöntemin uygulanmasında bazı zorluklar vardır. Bunlardan biri inşaat sektörü genellikle geleneksel sistemlere alışkan olduğu için değişim zor ve yavaştır. Bir diğeri ise yüklenici ve mimar bu teslimat sistemi için daha fazla para ve zaman harcarlar. Aynı zamanda bu yöntemin henüz herhangi bir kamu kuruluşunda kullanılmamış olması bu yöntem için bir dezavantajdır (Hardin ve Mccool, 2014).

Yukarıda belirtilen proje teslim sistemleri arasında risk üstlenimli ve tasarla-yap teslim yöntemi YBM sistemi için uygun olsa da IPD yönteminin özellikleri, sağladığı faydalar ve zorluklar göz önüne alındığında, projenin yaşam döngüsü boyunca proje bütünlüğünün sağlanması ve tüm katılımcıların iş birliği içinde çalışması açısından diğer proje teslim yöntemlerine oranla daha avantajlıdır.



Şekil 3.21. Entegre Proje teslim yöntemi uygulama şeması

3.8 Çakışma Analizleri (Clash Detection)

YBM sisteminde birlikte çalışabilirlik özelliği ile farklı disiplinler birlikte çalışabilir. Bu özellik kullanılarak bir proje hazırlanırken tüm disiplinlerin hazırladıkları projeler inşaat başlamadan önce süperpoze edilerek mimari, statik, elektrik ve mekanik projeler arasında koordinasyon sağlanır. Geleneksel olarak yapılan 2 boyutlu projelerde tüm çizimler bir araya getirildiğinde çakışmalar özellikle büyük boyutlu projelerde gözden kaçabilmektedir. Bu yüzden bazı YBM sistemi yazılımları çakışma analizi yaparak projeler arasındaki çakışmaları ve hataların meydana geldiği yerleri belirlerler. Eastman vd., (2008)'a göre çakışma analizi mimari, mekanik ve yapısal sistemler arasındaki çakışmaları kontrol etmek ve yerlerini belirleyerek düzeltmek için kullanılan sistemdir. Doğru bir analiz için model uygun detay seviyelerinde modellenmelidir. Örneğin borular, kanallar, yapısal sistemler ve diğer tüm bileşenler doğru detaylandırılırsa çakışma analizi de daha doğru sonuç verir. Eğer modeller yanlış detaylandırılırsa; yapı inşa edilmeden önce çakışma bulunmayacak ve sorunlar tespit edilemeyecektir. Bu durum da projeyi maliyet ve zaman açısından olumsuz etkileyecektir (Eastman vd., 2008). McGraw-Hill Construction (2012) tarafından yapılan araştırmalar neticesinde YBM kullanımını %33 oranında etkileyen çakışma analizi YBM sisteminin önemli bir özelliğidir. YBM sisteminde 3 boyutlu tasarım tamamlandıktan sonra 4D boyutunda kullanılan çakışma analizinin faydaları tanımında da bahsedildiği gibi koordinasyonu güçlendirir, hatalar ve ihmalleri azaltır, maliyeti ve inşaat süresini azaltır (Dal, 2014). Azhar vd. (2008) yaptığı çalışmada YBM sistemi ile projelendirilip inşa edilen Atlanta'daki Hilton Aquarium ve Hong Kong'taki One Island East projelerinin çakışma analizi irdelemiştir. Analiz sonuçlarına göre inşa edilen bu büyük projeler yapım aşamasında sıfır çakışma hatası ile inşa edilmiştir.

3.9 YBM Sisteminin Faydaları ve Zorlukları

Yapı üretimi gelişen teknoloji ile birlikte sürekli gelişmektedir. Geleneksel yöntemler ile üretilen yapılarda karşılaşılan zorluklar ve problemler belirlenerek yapı üretimini kolaylaştırmak için her geçen gün yeni çözümler geliştirilmektedir. Bu çözümlerden biri olan YBM sisteminin yukarıda açıklanan terimler ışığında literatür araştırmaları ve vaka çalışmaları ile belirlenen birçok faydası vardır. Bu faydaların yanı sıra bu sisteme geçiş esnasında ya da uygulanırken karşılaşılan zorluklar bulunmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında YBM sisteminin faydaları ve zorlukları ifade edilmektedir.

3.9.1 YBM Sisteminin Faydaları

YBM sisteminin faydalarını belirlemek için literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan birinde Bryde vd., (2014); yaptığı çalışmada 35 inşaat projesini incelemiş ve YBM sisteminin faydaları ve bu faydaların sağladığı etkilere göre her proje için puan verilerek fayda dereceleri de belirlenmiştir. Yapılan analize göre YBM sisteminin sağladığı en çok fayda maliyetin azaltılması ve kontrolü, daha sonra ise zamanın azaltılması ve kontrol edilmesidir. YBM sisteminin diğer sağladığı faydalar sırası ile iletişimi güçlendirmesi, koordinasyonu geliştirmesi, projenin kalitesini yükseltmesi, riski düşürmesi ve organizasyonu geliştirmesidir.

Avustralya hükümeti ve Queensland Teknoloji Üniversitesi tarafından ortak kurulan inşaat alanında uygulama, geliştirme ve araştırma merkezi olan CRC (Cooperative Research Centre) Construction Innovation YBM sistemi ile inşa edilen Sydney Opera Binasını odak noktası seçerek 2007’de hazırladığı raporda YBM sisteminin faydalarını belirtmiştir. Buna göre en önemli fayda projenin 3 boyutlu olarak görselleştirilmesidir. Diğer faydaları hızlı ve etkin bir süreç sağlaması, daha iyi bir tasarım oluşturulması, projenin her aşamada ve her özelliğinin kolaylıkla kontrol edilebilmesi, imalat ve montaj için kolaylık sağlaması ve projenin tüm verilerinin saklanması ve düzenlenebilir olmasıdır (CRC Construction Innovation, 2007).

Eastman vd. (2008)’nin BIM Handbook kitabına göre YBM sisteminin faydaları proje yaşam döngüsü boyunca ayrı ayrı açıklanmıştır. Buna göre YBM sisteminin faydaları şu şekildedir;

YBM sisteminin inşaat öncesi aşamasındaki faydaları;

- Yapılması planlanan projenin hedeflenen maliyet ve zamanda yapılıp yapılamamasını analiz ederek inşaat sırasında oluşacak zararları minimize edebilir.
- Yapının detaylı bir modeli oluşturulmadan önce şematik bir model oluşturularak fonksiyonel ve sürdürülebilir gereksinimler değerlendirilerek yapının performansı ve kalitesi artırılır.
- İnşaat başlamadan önce YBM sistemi ile birlikte kullanılacak en uygun proje teslim sistemi seçilerek proje paydaşlarının iş birliği içinde çalışması ve daha kaliteli yapılar oluşturulması sağlanır.

YBM sisteminin tasarım aşamasındaki faydaları;

- Tasarlanan proje; herhangi bir aşamada detaylı olarak ve 3 boyutlu görselleştirilerek daha kolay uygulanması sağlanır.
- Proje parametrik olarak tasarlandığı için tasarımda herhangi bir değişiklik olduğunda bu değişiklik tüm projede otomatik olarak değiştirileceğinden daha doğru, tutarlı ve eksiksiz bir tasarım oluşturulur.
- YBM sistemi ile tasarım aşamasındaki paydaşlar eş zamanlı ve iş birliği içinde çalışarak tasarım süresi kısaltılır ve tasarımdaki hatalar ve eksiklikler inşaat başlamadan önce belirlenerek bu problemlerin çözülmesi sağlanır.
- Tasarım; maliyet, metraj ve nesnelerin özellikleri bakımından tutarlı olarak tasarlanması ile projenin doğruluğunun tasarım aşamasında belirlenmesi sağlanır.
- Tasarım yapılırken herhangi bir aşamada maliyet tahminleri yapılarak yapının hangi aşamada ne kadar maliyeti olduğu belirlenir.
- Tasarım aşamasında yapıya enerji analizleri yapılarak yapının enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik özelliği artırılır.

YBM sisteminin yapım aşamasındaki faydaları;

- YBM sisteminin 4D boyutunun özelliği kapsamında oluşturulan tasarıma inşaat planlanması entegre edilerek inşaat sürecinde yapının herhangi bir aşamada nasıl görüleceği görsel olarak sunulmaktadır.

- Yapım aşamasında fark edilen tasarım hataları YBM sisteminin çakışma kontrolü özelliği yardımıyla daha önceden tespit edilerek tasarım aşamasında bu hataların giderilmesi sağlanır.
- Yapım aşamasında gerçekleşen revizyonlar ilk olarak YBM modeli üzerinde değiştirilir. Bu değişiklikten etkilenen diğer nesnelere de otomatik olarak güncellenir. Bu şekilde YBM modeli üzerinde hızlı bir şekilde revizyon yapılır.
- YBM sistemi kullanılarak tasarlanan yapılarda oluşturulan 3 boyutlu modeller inşaatteki malzemelerin üretiminde kullanılarak üretim kolaylaştırılabilir ve maliyet ve süreden tasarruf sağlanır.
- İnşaat sektöründe atığın azaltılması ve işverenin taleplerine göre karlı bir teslim için yapım sürecinin iyileştirilmesi olarak tanımlanan yalın inşaat sürecinin YBM sistemi ile beraber daha iyi uygulanması sağlanır.
- Yapım aşamasında YBM sistemi ile tasarlanan proje üzerinde belirlenen malzemelerin ve nesnelere doğru miktarlarda temin edilebilmesi sağlanarak israflar önlenir ve maliyette tasarruf sağlanır.

YBM sisteminin yapım sonrası aşamasındaki faydaları;

- YBM sistemi; yapım aşamasının bitmesiyle tesisin teslimi sırasında devir teslim işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesini ve bina verilerinin saklanmasını sağlar.
- Yapının tasarlanması ve inşaatı aşamasındaki veriler tesisin daha iyi yönetilmesi ve işletilmesini sağlar. Bu veriler ile yapıdaki tüm sistemlerin düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edilebilir ve bakımı sırasında gerekli bilgilere kolaylıkla ulaşılabilmesi sağlanır.
- YBM sistemi ile tesis yönetimi ve yönetim sistemleri entegrasyonu sağlanır. Bu şekilde yapıya entegre edilmek istenen kontrol sistemleri, sensörler vb. yönetim sistemleri YBM modeli üzerinden tasarlanarak kolaylıkla yapıya entegre edilebilir (Eastman vd., 2008).

McGraw Hill tarafından 2012 yılında yapılan araştırmaya göre birçok proje incelenerek YBM sisteminin faydaları belirlenmiştir (McGraw Hill Construction, 2012). Bu faydalar;

- Müşteri memnuniyetinden dolayı sürekli iş imkânı,

- Projenin tamamlanma süresinin azalması,
- Projeden sağlanan kârın artması,
- Yapı maliyetinin azalması,
- Sözleşmeden kaynaklanan anlaşmazlıkların azalması,
- Yapı dokümanlarında kaynaklanan hataların azalması,
- Hatalı imalatları azaltması,
- İnsan kaynağından verimli bir şekilde yararlanmasıdır.

McGraw Hill'in bu araştırmasındaki diğer bir sonucu ise YBM sisteminin faydasını artırmak için gereken en önemli faktörleri belirlemiştir. Bunlar fayda derecelerine göre sırayla şu şekildedir;

- Bilgisayar yazılımları arasındaki birlikte çalışabilirlik özelliği,
- Geliştirilmiş yazılım fonksiyonları,
- YBM sisteminin kullanılmasını isteyen mal sahipleri,
- Tasarım yapılırken çok çeşitli 3 boyutlu yapı ürünlerinin bulunması,
- YBM yazılımlarının düşük maliyeti,
- YBM sistemine hâkim personelin artması,
- YBM sistemini destekleyen sözleşmeler yapılması,
- YBM sistemini kullanan firmaların artması.

Azhar (2011); YBM sisteminin faydalarını açıklamak için yaptığı makalede vaka çalışmalarıyla, YBM sistemi kullanıldığında gerçekleşen zaman ve maliyet tasarruflarını maddeler halinde şöyle belirtmiştir:

- Aquarium Hilton Garden Inn, Atlanta projesinde YBM sisteminin kapsamı tasarım koordinasyonu ve çakışma analizlerinden oluşmaktadır. Gerçekleşen proje kapsamında 200000\$'dan fazla maliyet tasarrufu ve 1143 saat zaman tasarrufu sağlanmıştır.
- Savannah State University, Savannah projesinde YBM sisteminin kapsamı planlama ve değer analizidir. Gerçekleşen proje kapsamında 1995000\$ maliyet tasarrufu sağlanmıştır.

- The Mansion on Peachtree, Atlanta otel projesinde YBM sisteminin kapsamı planlama ve yapının belgelendirilmesidir. Gerçekleşen proje kapsamında 15000\$ maliyet tasarrufu sağlanmış ve inşaat 29 ay sürmüştür.
- Emory Psychology Building, Atlanta projesinde YBM sisteminin kapsamı sürdürülebilirlik analizleridir. Gerçekleşen proje kapsamında sürdürülebilirliğin sağladığı maliyet tasarrufu her yıl artarak katlanmaktadır (Azhar, 2011).

3.9.2 YBM Sisteminin Zorlukları

YBM sistemi inşaat sektöründe yeni bir teknoloji olduğundan bu teknolojiyi benimsemek ve aşına olmak oldukça zordur. YBM sisteminin yapı üretiminde etkin bir şekilde benimsenmesinin birçok faydası vardır. Ancak bu faydaların yanında zorlukları, dezavantajları ve riskleri de bulunmaktadır.

YBM sistemi için, öncelikle inşaat şirketleri, gerekli olan yazılımları ve donanımları kurmaları gerekmektedir. Diğer bir yandan bu yazılımları kullanmak için personelin eğitilmesi ya da bu sistemi bilen personelin istihdam edilmesi gerekmektedir. Bu şekilde sistem değiştirmek örneğin yeni bir teknolojiye geçmek her zaman zorlu olmuştur (Dal, 2014). YBM sistemine geçişin ve benimsenmesinin zor ve yavaş olmasının teknik ve yönetsel nedenleri vardır (Azhar, 2011).

Teknik nedenler; birlikte çalışabilirlik sorunlarıdır. Bu sorunları gidermek için iyi tasarlanmış inşaat süreç modeli oluşturmak gerekir. Dijital tasarım verilerinin hesaplanabilir olmasının gerekliliği ve YBM modelleri arasındaki eksiksiz bilgi alışverişi için geliştirilmiş stratejilere duyulan ihtiyaçtır.

Yönetsel nedenler ise; YBM sistemini nasıl uygulanacağı konusunda net bir fikir birliğinin olmaması ve YBM sistemi için bir standart ve mevzuatın bulunmamasıdır (Azhar, 2011). YBM sistemi kullanılan inşaat projelerinde karşılaşılan zorluklar ve engeller şu şekildedir (ACE, 2008);

- YBM sisteminde tüm paydaşların ortak çalışmalarıyla oluşturulan modelin paydaşların tavsiyeleri alınmadan değiştirilme endişesi,
- Lisans alma, telif hakkı ve güvenlik sorunları,
- Daha önce test edilmemiş stratejilerin kullanılması,
- Tasarım ve yapım aşamasında oluşan maliyetlerin YBM sisteminin uygulanma sürecini karşılamama endişesi,

- YBM sisteminin yasal ve sigorta konuları hakkındaki prosedürlerin geliştirilmesi,
- Tasarlanan YBM modelindeki LOD detay seviyelerinin doğruluğu,
- Veri ve dosya paylaşımı ve projenin güncellenmesi konusunda paydaşlar arasındaki iş birliğinin bozulmaması için belirlenen proje standartları,
- Farklı aşamalarda projenin farklı kişiler tarafından sahiplenilmesi,
- Tasarlanan projenin paydaşlar arasındaki paylaşımlarında belirlenmiş olan standartlar.

YBM sistemi uygulamaları, gerçekleşmesi muhtemel riskler de barındırmaktadır. YBM standartlarının eksikliğinden dolayı YBM modeli üzerinde yapılacak herhangi bir işlem projede yanlışlığa ve tutarsızlığa sebep olabilir. Diğer bir risk ise yukarıda da bahsedildiği üzere telif hakkı sorunudur. Bu sorunu çözmek için sözleşme belgelerinde telif hakları ve sorumlulukları belirtilmelidir. YBM sisteminde verilerin güncellenmesi ve doğruluğunu sağlamak ve bunun sorumluluğunu almak büyük bir risk gerektirmektedir. Böyle riskleri ortadan kaldırmak için paydaşlar arasında risk ve ödüllerin paylaşılması ve ortaklaşa bir sözleşmeye sahip olmalıdırlar (Azhar vd., 2015).

Ku ve Taiebat (2011) ABD’de 31 şirkete yapılan anket sonuçlarına göre projelerinde YBM sistemini uygulayan şirketlerin karşılaştığı engeller belirlenmiştir. Bunlar;

- Uzman personel eksikliği,
- Yüksek uygulama maliyeti,
- Diğer paydaşların isteksiz davranmasının tüm projeyi etkilemesi,
- Birlikte çalışabilirlik süreçlerinin ve modelleme standartlarının eksikliği,
- Yasal ve sözleşmeden dolayı gerçekleşen anlaşmazlık durumları,
- Yazılımla ilgili sorunlardır.

4. DANIŞMANLIK HİZMETLERİNDE YBM SİSTEMİNİN YERİ

Danışmanlık hizmetleri ülkemizde genellikle büyük ölçekli projelerde kullanılmaktadır. Çünkü günümüzde yapılan büyük ölçekli projelerin büyüklüğü ve karmaşıklığı danışmanlık hizmetlerinin yapı üretiminin her aşamasında kullanılmasının elzem hale gelmesine neden olmuştur. Bununla birlikte teknolojiyle gelişen YBM sisteminin danışmanlık hizmeti sistemiyle entegre olması yapı üretiminin kalite, zaman ve maliyet bileşenlerini olumlu yönde etkileyeceği açıktır. Bu çalışmanın bu aşamasında, bu iki sistemin birlikteliğini irdelemek öngörülmektedir.

Bu kapsamda, öncelikle danışmanlık hizmetlerinin tanım ve kapsamı, daha sonra sırasıyla danışmanlık hizmeti ve YBM sistemi, YBM protokolleri ve paydaşlar arasındaki organizasyon şemaları ve YBM sistemi kullanımında danışmanın görev ve sorumlulukları açıklanmıştır.

4.1 Danışmanlık Hizmetlerinin Tanımı ve Kapsamı

Yapı üretiminde ve inşaat projelerinin yönetiminde projenin daha profesyonel bir şekilde inşa edilmesini sağlamak amacıyla işverenin aldığı destek olarak bilinen danışmanlık hizmetinin tanımı ve kapsamı literatürde aşağıdaki şekilde açıklanmıştır. Türk Müşavir Mühendisler ve Mimarlar Birliği (TürkMMMB) tarafından tanımlanan Danışmanlık Hizmeti “Mühendislik ve mimarlığın bir veya birkaç dalında tecrübesi, yeterli teorik ve pratik bilgisi olan, doğal veya inşa edilmiş çevre üzerinde teknolojiye bilgi ve düşünceye dayalı fikir hizmeti veren kişi veya kuruluş” olarak tanımlanır.

4734 sayılı Kamu İhale Kanuna (KİK) göre Danışman “Danışmanlık yapan, bilgi ve deneyimini idarenin yararı için kullanan, danışmanlığını yaptığı işin yüklenicileri ile hiçbir organik bağ içinde bulunmayan, idareden danışmanlık hizmeti karşılığı dışında hiçbir kazanç sağlamayan ve danışmanlık hizmetlerini veren hizmet sunucuları” olarak adlandırılır.

Budak (2016) yaptığı tez çalışmasında danışmanlığı “işverenin proje kapsamında beklentilerini karşılamak, mağduriyetlerini gidermek ve işveren kaynaklı sorunları minimuma indirmek için uzman kişilerden ya da organizasyonlardan alınan profesyonel destek” olarak tanımlamıştır.

Genel anlamda danışmanlık; yapı üretiminde işverene yardımcı olan gerektiğinde projeyi yöneten, teknik konularda yeterince teorik ve pratik anlamda bilgi sahibi olan

bilimsel gerçeklere göre hareket eden, bilgi ve düşünceye dayalı fikir hizmeti veren kişi veya kuruluşa denir.

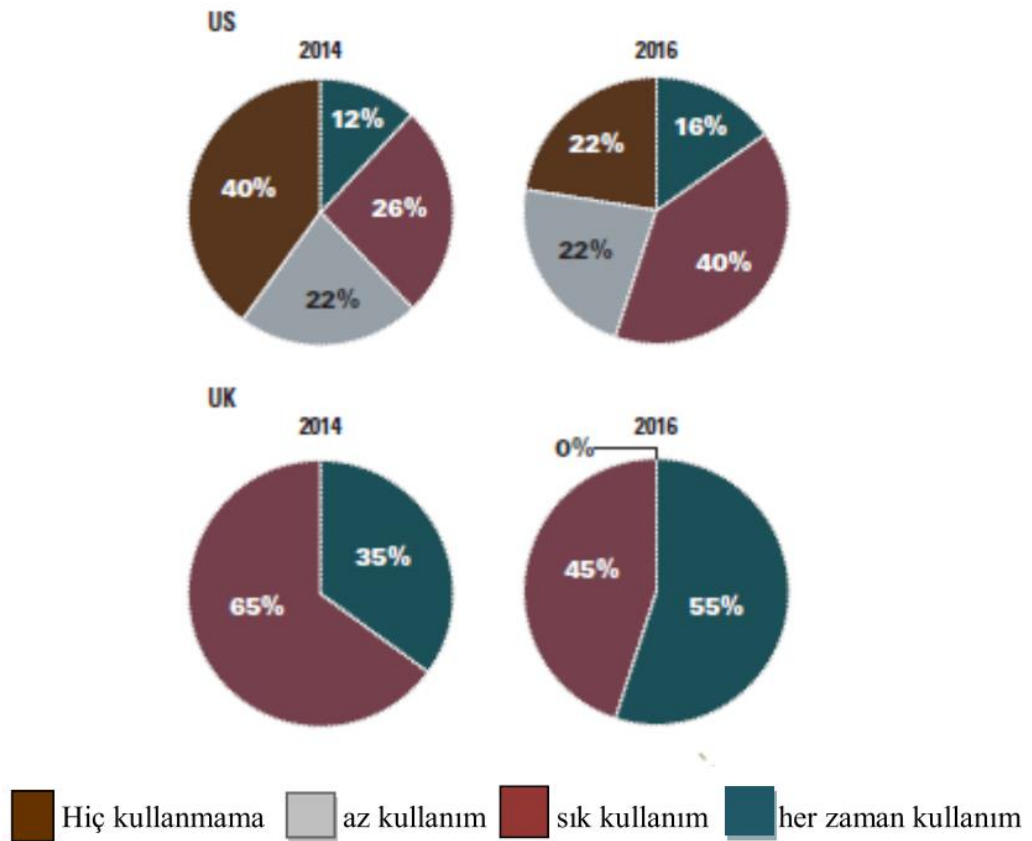
TürkMMMB tarafından belirlenen danışmanların çalışma konularının kapsamı şunlardır:

- Planlama/Değerlendirme
- Zemin Etütleri
- Fizibilite (Olabilirlik) Etütleri
- Mimarlık-Mühendislik Tasarım İşleri
- İhale Dokümanlarının Hazırlanması
- İhale Değerlendirme ve Sözleşme Akdine Yönelik Teknik Yardım Hizmetleri
- İnşaat Yönetimi
- Proje Yönetimi
- İşletmeye Alma Danışmanlığı
- Personelin Teknik Eğitimi
- Anlaşmazlıkların Giderilmesi

4.2 Danışmanlık Hizmetleri ve YBM Sistemi

Bir inşaat projesi kapsamında danışmanlık hizmeti; mevcut sermayenin optimum kullanımını, çalışmanın kapsamını kontrol etmeyi, etkili projenin planlanmasını, gecikmelerin önlenmesini, değişiklik ve uyuşmazlıkların yapılmasını, proje tasarımının ve inşaat kalitesinin artırılmasını, sözleşme ve satın almada optimum esnekliğin yapılmasını içerir. Geleneksel olarak danışmanlar periyodik toplantılar, planlar, raporlar ve çalışma programları aracılığıyla gerekli bilgilere sahip olurlar. Bu bilgiler ışığında inşaat süreçlerini koordine ediyorlar. Ancak karmaşık inşaat projelerinin kontrol ve koordine edilmesi geleneksel yöntemlerle yetersiz kaldığı için geliştirilen YBM sistemi tüm disiplinleri kapsamakta ve proje ekibinin her bir üyesinin katkılarını tanımlamakta ve belgelemektedir. Aynı zamanda YBM sistemi, danışmanın daha doğru ve güncel bilgilere ulaşmasının sağlanması açısından ve projeyi daha etkili bir şekilde koordine etmesi bakımından önemlidir (Yalcinkaya ve Arditi, 2013). Yapılan bir araştırmaya göre YBM sisteminin danışmanlık firmaları tarafından ABD’de ve Birleşik Krallıkta 2014 ve 2016 yıllarındaki kullanım oranları

belirlenmiş ve şekil 4.1’de gösterilmiştir. Buna göre danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanmama oranı ABD’de 2014 yılında %40 iken 2016 yılında ise %22 oranına düşmüştür. Yani ABD’de 2 yılda YBM sistemini kullanım oranı %18 oranında yükselmiştir. Diğer taraftan Birleşik Krallıkta tüm danışmanlık firmaları YBM sistemini kullanmaktadır. Sık kullanan firmalar ise yıllar geçtikçe daha sık kullanarak YBM sisteminin faydalarından daha fazla yararlanmaktadırlar (Akkoyunlu, 2015). Yapılan bu araştırma ile Birleşik Krallıkta danışmanlık firmalarının tümünün YBM sistemini kullanması dikkat çekmektedir. Bunun en büyük sebebi 2011 yılından itibaren Birleşik Krallıkta mimarlar ve mühendis odaları tarafından inşaat sektöründe YBM sisteminin kullanılması amacıyla standart ve mevzuat oluşturulması ve aynı zamanda hükümetin tüm kamu projelerinde bu standart ve mevzuatlar doğrultusunda YBM sisteminin kullanılmasını zorunlu kılmasıdır.



Şekil 4.1. ABD ve Birleşik Krallıkta danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanım oranları

Yalcinkaya ve Arditi (2013); YBM sistemi ve inşaat yönetimi bilgi birikimi adlı makalesinde YBM sisteminin, inşaat yönetimi veya danışmanlık hizmetlerini nasıl etkilediğini 12 başlık altında açıklamaktadır. Bu konular ve konuların içeriği kısaca şu şekildedir;

- Bütçe Yönetimi; Danışmanlık hizmetlerinde tüm projenin maliyet ile ilgili her türlü konusunu kapsamaktadır. Danışman; maliyetlerin ilk tahmin aşamasından son muhasebesine kadar doğrulama, üretme, takip etme, rapor etme ve kanıtlama sorumluluğuna sahiptir. Bu kapsamda proje maliyeti mümkün olduğunca erken tahmin edilir ve uygulamalar gerçekleştikçe bu tahminler doğrulanır. Bütçe yönetiminin diğer bir önemli bölümü ise projenin tamamlanması için ihtiyaç duyulan malzeme ve ekipmanların maliyet tahminini gerçekleştirmektir. YBM modelleri metraj cetveli oluşturarak bu maliyet tahminlerini kolaylaştırır. Bu şekilde danışman herhangi bir uygulama için maliyet veya harcamayla ilgili bilgileri alarak değerlendirme yapabilir.
- Sözleşme Yönetimi; Danışmanın, projede kullanılan sözleşmelerin işlevsel ve idari hükümlerine katılmasını ve bu hükümler hakkında bilgi sahibi olmasını kapsar. Çünkü danışmanlık sistemi, geleneksel sözleşmede diğer disiplinlerin de dahil olduğu tarafların rollerinin ve sorumluluklarının uygulanabilir bir biçimde işbirliğine dayandırıldığı benzersiz bir sözleşme sistemidir. Proje için sözleşme formatının oluşturulması ve her bir yüklenicinin işlevsel ve idari gerekliliklerini de içeren sözleşme hazırlanması danışmanın sorumluluğundadır. Ayrıca YBM sistemi proje teslim yöntemlerine yeni bir bakış açısı sağladığından danışman bu yeni sözleşme türlerine aşina olmalıdır.
- Karar Yönetimi; Proje ile inşaat ekibi arasındaki ilişkileri ve bu ilişkilerin geliştirilmesini aynı zamanda inşaat ekibi üyelerinin de kendi aralarındaki ilişkilerini kapsamaktadır. Proje yaşam döngüsü boyunca takım üyeleri arasındaki dengeyi bozmayarak tutarlı bir şekilde kararlar almak danışmanın sorumluluğundadır. YBM sistemi, yapının tüm tasarım ve yönetim verilerini içerdiğinden danışmanın karar verme sürecinde YBM uygulamalarından destek alınarak doğru bir karar verilebilir. Yani danışman; çizimler, raporlar,

tasarım analizi, maliyet tahminleri, program simülasyonları ve tesis yönetimi gibi uygulamaları kullanarak bilinçli kararlar verebilir. Sonuç olarak bir projenin her bir aşaması benzersiz bir karar verme süreci gerektirir.

- Bilgi Yönetimi; Projedeki tüm bilgilerin toplanmasını, belgelenmesini, yayılmasını, güvenli tutulmasını ve yok edilmesini kapsar. Ekiplerin yapısı, karmaşıklığı ve çoklu sözleşmelerin kullanımı bilgi yönetiminin önemini artırmaktadır. Bilgi yönetimi; YBM sistemi gibi bir iletişim platformu ile oluşturulur. YBM sistemi bir bilgi veri tabanı olduğundan danışman gerektiğinde sayısallaştırılmış belgelere ulaşabilir ve disiplinler arasında iletişim ve veri alışverişi sağlayabilir.
- Malzeme ve Ekipman Yönetimi; Şartnamelerden kurulum ve garantiye kadar malzeme ve ekipman edinimi ile ilgili tüm uygulamaları kapsar ve malzemenin taşınma, tedarik, envanter, imalat ve saha hizmetlerini içerir. Malzemelerin doğru kontrolü ve yönetimi verimliliği önemli ölçüde artıracaktır. Materyaller ve ekipmanlar, bir projenin toplam maliyetinin büyük bir bölümünü oluşturduğu için sıkı bir kontrol altında tutulmalıdır. Seçilen malzemelerin zaman ve maliyet etkilerini analiz etmek için 4D ve 5D YBM modelleri kullanılabilir. Proje için uygun inşaat ekipmanlarını seçmek ve bu ekipmanların güvenlik koşullarını kontrol etmek için aynı zamanda şantiye yerleşimi, lojistiği ve şantiye alanı çalışmalarını optimize etmek için 4D YBM modelleri kullanılmaktadır.
- Proje Yönetimi; Tasarım sürecinin başlangıcından itibaren yapının garanti süresinin sona ermesine kadar gerekli unsurları belirlemek, formüle etmek, geliştirmek, kurmak, koordine etmek, yönetmek ve proje teslim edilene kadar tüm operasyonel işlemleri kapsamaktadır. Danışman projedeki disiplinler ile birlikte hedefe ulaşmak için projeyi koordine etme sorumluluğuna sahiptir. YBM sistemi modelleri ile inşaat hataları azalır, optimum inşaat yöntemleri ve sıraları belirlenir ve inşaat ilerlemesi izlenebilir. Danışman; birden fazla proje verilerini birleştirerek projenin bütün bir resminin 3D olarak gösterilmesini

sağlaması ve projenin ilerlemesine bağlı olarak proje durumunun hesaplanmasından sorumludur.

- Kalite Yönetimi; Projenin şartnamelerde istenilen malzemelerin ve ihtiyaçların karşılanmasını sağlar. Kalite politikası, istenilen hedeflere göre kalite planlaması, kalite güvencesi, kalite kontrol ve kalite iyileştirme uygulamalarının tüm faaliyetlerini içermektedir. YBM modelleri tasarım ekibi ve danışmanın projedeki çakışmaları gözden geçirmesi ve koordinasyon toplantılarında çözmesi inşaat başlamadan önce projenin kalitesini büyük ölçüde artırmaktadır. Aynı şekilde YBM sisteminin temel ögesi olan 3D sanal gösterim ile proje görselleştirilerek incelenir ve inşaat yapıldıktan sonra revizyonu zorlaşan yanlış uygulamalar inşaat başlamadan önce kolaylıkla çözümlenerek yapının kalitesi artırılabilir.
- Kaynak Yönetimi; Hem insan hem de fiziksel olarak tüm proje kaynaklarının seçimi, organizasyonu, yönetimi ve kullanılmasını içerir. Tüm danışmanlık, tasarım, yönetim, taahhüt ve inşaat hizmetlerinin kaynak yönetimi danışman tarafından koordine edilen bir ekip ile sağlanır. YBM sistemi ile kurumsal kaynak planlama (ERP- Enterprise Resource Planning) bilgi sisteminden bina tasarım verileri kullanılarak projenin farklı bileşenlerinin durumu izlenebilir. Böylece dinamik kaynak yönetimi ve karar destek sistemini entegre eden YBM tabanlı bir sistem oluşturulabilir.
- Risk Yönetimi; İnşaat sürecinde takım kararlarına ve statik risklere doğrudan bağlı olan dinamik riskleri kapsar. İnşaat projelerinde güvenlik, maliyet, zaman ve sözleşme yönetimi alanlarında risk yönetimi uygulanmaktadır. Danışman; güvenlik risklerini azaltmak, güvenlik planlaması ve iletişimi için YBM sistemini kullanabilir. YBM sisteminin kullanımı, inşaat planlamasına güvenlik konularının bağlanması, açıklayıcı şantiye düzeni ve şantiye durum bilgilerinin yönetimi, güvenlik planlarının oluşturulması ve güvenlik iletişimini destekleyerek daha iyi iş güvenliği sağlayabilir. Danışman sadece güvenlik risklerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda maliyet ve zaman yönetimi ile ilgili riskleri de azaltır.

- Güvenlik Yönetimi; İnşaat projesinin kişisel yaralanma, ölüm veya maddi hasara neden olan kazaları önlemek için uygun bakım ile yürütülmesini sağlamak için gerekli olan işlemleri içerir. İnşaat sektöründe yaşanan kazalar ve sonuçları hem can kaybı hem de doğrudan ve dolaylı maliyetler açısından büyük bir endişe içermektedir. Geleneksel olarak periyodik toplantılar ve eğitim ile güvenlik sağlanmaya çalışılır. YBM sistemi ile inşaat aşamasından önce projenin sanal olarak görselleştirilmesi, güvenlik yöneticilerinin ve danışmanların güvenlik önlemlerini simüle etmeleri ile olası güvenlik sorunları tanımlanarak önlemler alınması sağlanır.
- Zaman Yönetimi; İnşaat planlamacıları genellikle bir projenin planı için CPM çubuk diyagramını kullanırlar. Ancak bu diyagram mekânsal bilgi ve proje bileşenlerinin karmaşıklığı hakkında bilgi sağlamaz. CPM soyut bir temsil olduğu için faaliyetleri yorumlamak gereklidir. Bu sebepten dolayı YBM sisteminin 4D boyutu, projenin geometrik özelliklerinin yanı sıra faaliyetlerin başlangıç ve bitiş zamanlarını belirten bir zaman niteliği içermesi amacıyla geliştirilmiştir. Yani bir yapının 4D modeli, inşaat işlemlerinin sırasını grafiksel olarak simüle etmek için kullanılır. YBM sisteminin 4D modeli farklı detay seviyelerinde çeşitli proje katılımcıları tarafından kullanılabilir.
- Değer Yönetimi; Bir projenin maliyet değeri, tasarlanabilirlik, inşa edilebilirlik ve anlaşma yapılabilirlik gibi 3 değer bileşenine sahiptir. Tasarlanabilirlik değer bileşeni, değeri, genel proje tasarımıyla ilişkilendirir. YBM modelleri tasarımcıların gerekli özelliklere göre değerinde bir bina tasarlanmasını sağlar. İnşa edilebilirlik değer bileşeni, değeri, inşaat malzemeleri, detaylar, araçlar, yöntemler ve tekniklerle ilişkilendirir. YBM modelleri tasarım ekibi ve danışmanlar tarafından çakışma tespiti yaparak çözümlenmesi ile projeye değer katar. Anlaşma yapılabilirlik değer bileşeni, değeri, sözleşme seçenekleri, sözleşme görevleri ve sözleşme prosedürleri kapsamında ele alarak değer kazandırır. İşveren, danışmanın, projenin tasarlanabilirlik, inşa edilebilirlik ve anlaşma yapılabilirlik değerleri bakımından değerlendirerek değer yönetimini en etkin ve verimli kullanılmasını sağlayarak maksimum değer elde etmesini öngörmektedir.

4.3 YBM Protokolleri ve Paydaşlar Arasındaki Organizasyon Şemaları

YBM sistemi incelenirken yukarıdaki bölümde Birleşik Krallıktaki danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanmasındaki en önemli sebebi YBM standartları ve protokolleri olarak belirtilmektedir. Dünya’da Birleşik Krallık, ABD, Singapur, Finlandiya, Norveç ve Hong Kong gibi ülkeler YBM standartlarını ve protokollerini oluşturarak inşaat projelerinde YBM sisteminin kullanımını artırmaktadır (Akkoyunlu, 2015). YBM sistemi protokolü ve uygulama planı; YBM sisteminin yaşam döngüsü boyunca tasarlanan projenin uygulanması ve koordinasyonu için disiplinlerin sorumluluk çizgilerini belirleyen en önemli belgelerdir. YBM protokolünün amacı YBM sisteminin uygulanmasında projenin koordineli ve tutarlı bir yaklaşım ile yapı üretim verimliliğini en üst düzeye çıkarmaktır. Ayrıca YBM protokolü dijital YBM dosyalarının doğru bir şekilde planlanması ve disiplinlerin ortak bir ortamda verimli bir şekilde veri paylaşımı sağlaması için gereklidir. Başarılı bir YBM projesi üretmek için her inşaat projesinin benzersiz yapısı sebebiyle her YBM projesi için ayrı bir YBM protokol belgesi oluşturulmalıdır. YBM protokolleri, her projenin kendine özgü bir organizasyona ve yapıya sahip olmasından dolayı belirli bir proje için YBM sisteminin amaçlarını, hedeflerini, kurallarını ve nasıl uygulanacağını anlamak için proje ekibine bir yol haritası sağlar. Aynı zamanda yeni katılan takım üyelerinin ise karmaşık model yapısını daha iyi anlamaları ve böylece projeye kolaylıkla uyum sağlayarak katılmaları gerçekleşir (Barnes ve Davies, 2014). Tipik olarak YBM sistemi ile ilgili bir protokol belgesinin içeriği, Barnes ve Davies (2014) ‘BIM in Principle and in Practice’ kitabında aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- Projeye giriş bölümü,
- Projede YBM sisteminin ne için kullanılacağına genel bakış,
- YBM protokolünün sözleşme belgelerinin öncelik sıralamasındaki yeri,
- Dikkat edilmesi gereken diğer belgelerin referans olarak belirtilmesi,
- Tüm disiplinlerin YBM sistemine katkısı, projedeki yükümlülükleri, rolleri, sorumlulukları, teslim süreleri ve iletişim bilgilerini gösteren organizasyon şeması,
- YBM yöneticisinin detayları ve kim tarafından belirlenmesi gerektiği,
- Protokol belgesinde kullanılan terminolojinin tanımları,

- Kullanılacak yazılımların detayları ve farklı yazılım türleri arasındaki veri alışverişi için kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi,
- Her bir takım üyesinin YBM modelinin nasıl düzenlendiğini anlamalarını sağlayan bir model şeması oluşturulması,
- Proje dosya yapısı belirlenmeli ve proje paylaşılmışsa projenin güvenlik protokolleri açıkça belirtilmelidir,
- Veri güvenliği ve bu YBM verilerinin yedeklenmesi konusunda kimin sorumlu olduğu belirtilmelidir,
- Model uyumluluğu için tüm tarafların uyması gereken anahtar veriler örneğin, projenin sıfır noktası ve x, y, z koordinatları gibi veriler belirtilmelidir,
- Yeni oluşturulacak nesnelere veya öğelerin nasıl ve nerede oluşturulacağı ve kimin tarafından belirleneceği belirtilmelidir,
- Protokol dokümanı modeldeki değişikliğin yönetildiği ve kaydedildiği yöntemi belirlemelidir. YBM sistemi projede bir değişiklik olması durumunda geleneksel olarak sıralı iş akışını takip etmek yerine danışmanların aynı anda çalışmasını sağlar. Yani yapılan değişiklik ile danışmanlar bu değişiklikleri izlemeli ve değişikliklerin etkilerini belirleyerek değişiklikler için bir yöntem belirlemesi gerekmektedir,
- Hazırlanan protokol belgeleri proje ilerlerken ek gereksinimlere ihtiyaç duyabilir ve değişiklikler yapılması gerekebilir. YBM protokolünün projedeki diğer işbirlikçilerle düzenli olarak kontrol edilmesi planlanmalı, gerektiğinde değişiklikler yapılmalı ve tüm disiplinlere açıklanmalıdır,
- YBM protokolü, oluşturulan modelleri kimlerin kullandığı, kimlerin görüntüleyip değişiklikler yapabildiğini tanımlamalıdır,
- Telif hakkı ile ilgili olarak protokol izin verilen amaçlar için diğer disiplinlere nasıl lisans verilebileceğini belirlemelidir.

Dünya’da YBM sistemi ile ilgili oluşturulan birçok mevzuat, standart ve şartnameler bulunmaktadır. Birçok ülkede ise bu mevzuatların hazırlanma aşamasında olduğu bilinmektedir. Örneğin aşağıda bazı ülkelere ait yapılan YBM kapsamında mevzuat yenilikleri özetlenmiştir:

ABD’de genellikle maliyeti kontrol etmek için geliştirilen YBM mevzuatlarında projedeki verilerin açık ve anlaşılır olması, bundan dolayı da projedeki disiplinlerin

yanı sıra projeye yeni katılan üyelerin projeye daha kolay katılmasını ve projenin kolaylıkla anlaşılmasını sağlamaktadır. (Akkoyunlu, 2015). ABD'nin geliştirdiği "National BIM Standart (NBIMS)" Dünya'da en çok kullanılan standartlardan biridir. Bir diğer ülke olan Birleşik Krallıkta ise, kamu inşaatlarında zorunlu hale gelen YBM sisteminin kullanılmasından dolayı kamu kurumları tarafından şartnameler yayımlanmıştır (Akkoyunlu, 2015). Bunlardan bazıları;

- "PAS 1192-2" YBM sistemi ile oluşturulan inşaat projelerinde teslim aşamaları için şartname
- "PAS 1192-3" YBM sistemi kullanılarak yapım öğelerinin kullanım/faaliyet aşamasının yönetimi için şartname
- "BS 8541-1" Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat sektörü için eleman kütüphanesi: Tanımlar ve gruplamalar
- "BS 8541-2" Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat sektörü için eleman kütüphanesi: YBM sistemi için önerilen 2D sembolleri
- "BS 8541-3" Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat sektörü için eleman kütüphanesi: Şekiller, ölçüler ve simülasyon

Finlandiya'da ise inşaat projelerinde sürdürülebilirlik, kalite, etkinlik, güvenlik ve bakım konuları hedef olarak belirlenerek "COBIM" adında bir mevzuat oluşturmuştur. Bu mevzuat; genel, avan proje, mimari tasarım, mekanik-elektrik tasarım, yapısal tasarım, kalite güvencesi, metraj, görselleştirme, mekanik-elektrik uygulamaları, enerji analizleri, YBM projesinin yönetimi, tesis yönetimi ve modelin inşaat aşamasında kullanılması gibi konular ile 13 bölüme ayrılarak oluşturulmuştur (Akkoyunlu, 2015). Singapur'da YBM mevzuatının oluşturulması için 2012 yılında "Singapur BIM Guide" yayınlanmıştır. İçerik olarak YBM sisteminin tüm tanımları, yenilikleri ve hedefleri belirlenmiştir. İnşaat projelerinde kullanılmak üzere YBM uygulama planı geliştirilmiştir. Bu şekilde ülkede YBM kullanımını zorunlu hale getirilerek inşaat sektörü açısından önemli bir gelişme sağlanmıştır (Akkoyunlu, 2015).

Hong Kong'da ise YBM sistemi ile inşa edilen birçok yapı 2009 yılında yayınlanan ve giriş, referans ve isimlendirme kuralları, proje dosyalama yapısı ve modellerin hiyerarşisi gibi bölümlerden oluşan "YBM el kitabı ve YBM standartları" ile yapılmıştır (Akkoyunlu, 2015).

Norveç'te YBM sistemi ile oluşan problemleri önlemek için "YBM el kitabı 1.2.1" yayınlanmıştır. Giriş, genel şartlar, ilgili alan için şartlar, model kalitesi, YBM

çıktılarının paylaşılması, sınıflandırma, detay sözleşmeleri, referanslar ve değişiklikler gibi 9 bölümden oluşan bu kitap YBM sisteminin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır ve 2010 yılından beri kamu projelerinde kullanılması zorunlu hale getirilmiştir (Akkoyunlu, 2015).

Almanya'da "BIM-Guide for Germany"

Avustralya'da "National BIM Guide"

Çin'de "National BIM Standart"

Fransa'da "BIM Road Map"

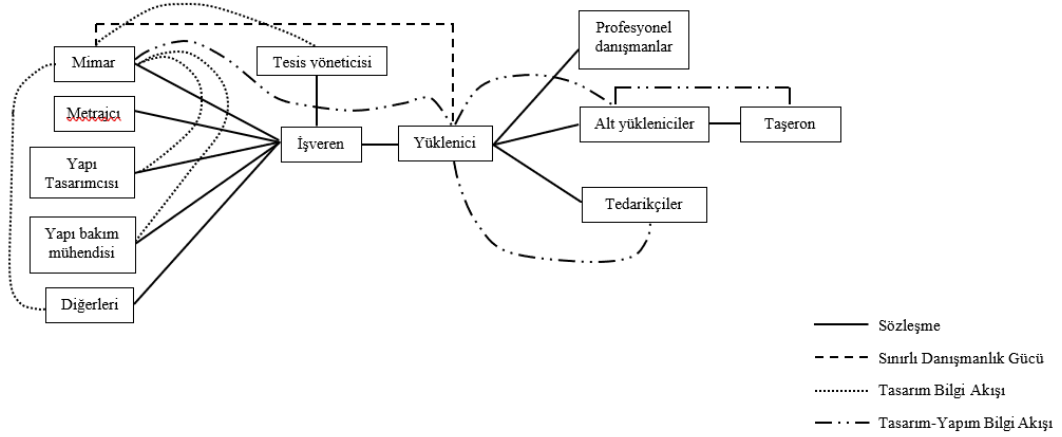
Japonya'da "Guidelines for Architectural BIM Models"

Malezya'da "BIM Guideline Standard" ve

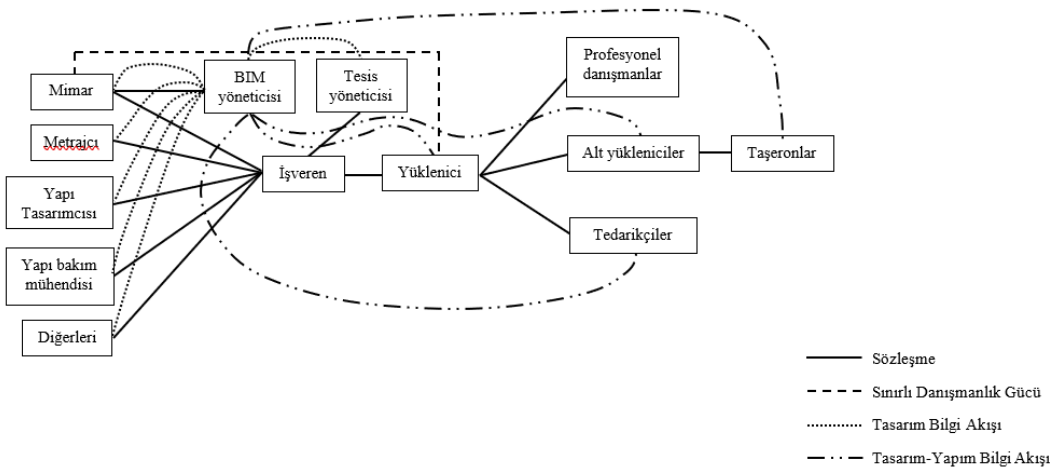
Yeni Zelenda'da "New Zealand BIM Handbook" gibi standartlar (Özorhon, 2018) yayımlanmıştır.

Yukarıda belirtilen YBM protokol belgesinin içeriğinde olması gereken YBM sisteminde tüm disiplinlerin birbirleri arasındaki ilişkileri gösteren organizasyon şemaları tasarla-teklif et-yap ve tasarla-yap teslim sistemlerine göre ve inşaat yönetimi ve yönetim sözleşmesi kapsamında YBM sistemi kullanılınca disiplinlerin arasındaki ilişkilerin nasıl değiştiği aşağıda gösterilmiştir.

Geleneksel tasarla-teklif et-yap teslim sisteminde, organizasyon şeması ve bu teslim sistemi YBM sistemi ile birlikte uygulandığında disiplinler arasındaki ilişkilerin nasıl değiştiği şekil 4.2 ve şekil 4.3'de (Barnes ve Davies, 2014) gösterilmiştir. Buna göre; proje YBM sistemi ile yapıldığında geleneksel sisteme göre farklı olarak projeye YBM yöneticisi katılmıştır ve mimar ile sözleşme imzalamıştır. YBM yöneticisinin katılmasıyla mimar tarafından gerçekleşen tasarım bilgi akışı ve tasarım-yapım bilgi akışı YBM yöneticisi tarafından gerçekleşmektedir. Geleneksel yöntemle mimardan yükleniciye, yükleniciden alt yükleniciye ve ondan da onun taşeronuna sırasıyla tasarım-yapım bilgi akışı sağlanmaktadır. Ancak YBM sistemi ile YBM yöneticisi tüm bu bilgileri ilgili kişilere ayrı ayrı bildirerek akışı sağlamaktadır.

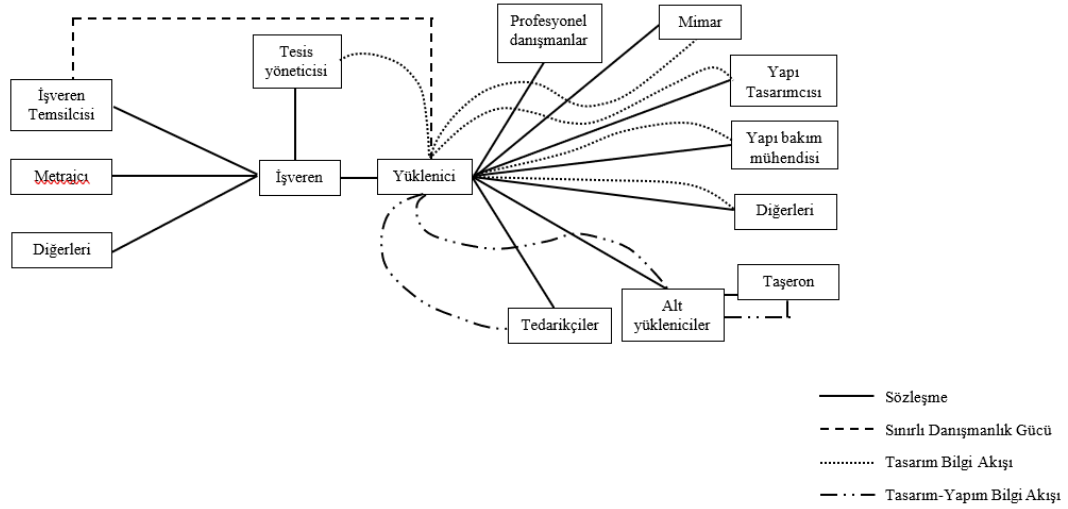


Şekil 4.2. Geleneksel tasarla-teklif et-yap teslim sisteminin organizasyon şeması

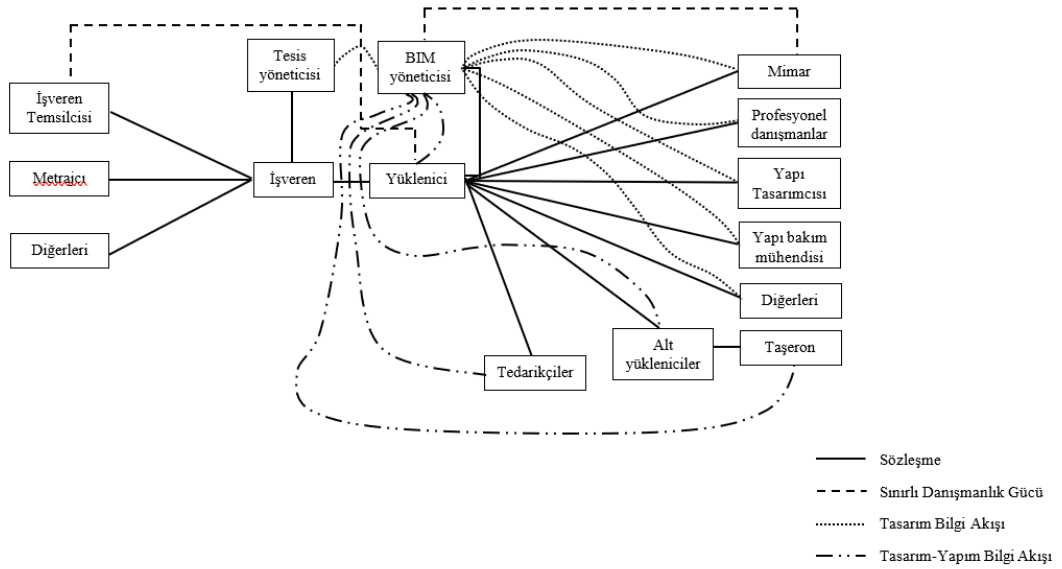


Şekil 4.3. YBM sistemi entegreli geleneksel tasarla-teklif et-yap teslim sisteminin organizasyon şeması

Tasarla-yap teslim sistemine YBM sistemi entegre edilmesiyle oluşan organizasyon şeması şekil 4.4 ve şekil 4.5’deki (Barnes ve Davies, 2014) gibidir. Aynı şekilde YBM sisteminin entegre edilmesi ile YBM yöneticisi organizasyona katılmıştır. Bu durumda YBM yöneticisi yüklenici ile sözleşme imzalayarak yüklenicinin yapması gereken tüm disiplinlere tasarım bilgi akışını sağlamaktadır. Bir başka görevi ise alt yükleniciler ve tedarikçilere de tasarım-yapım bilgi akışını gerçekleştirmektedir. YBM yöneticisi aynı zamanda mimar ile sınırlı vekalet yetkisi bulunmaktadır. Bu yetki ile mimar YBM yöneticisinin belirlediği sınırlar dahilinde YBM yöneticisi adına hareket etmeye yetkilidir.



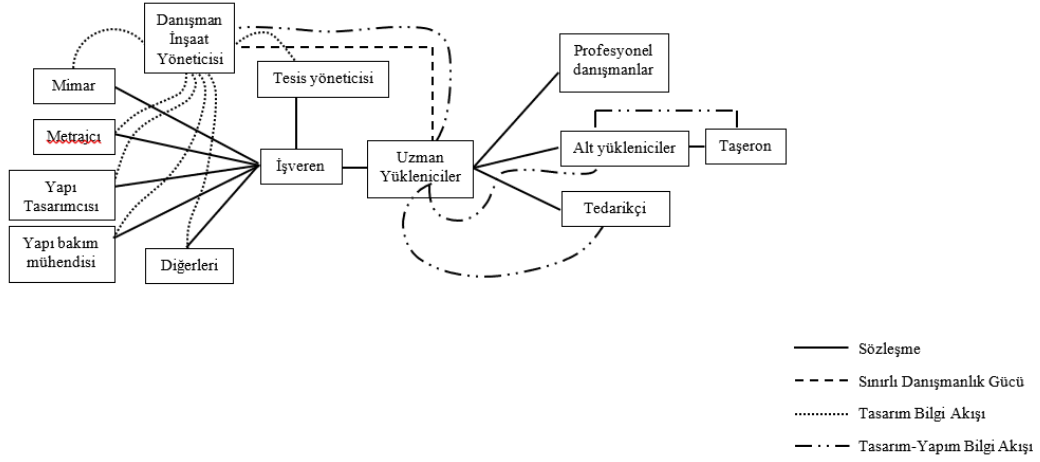
Şekil 4.4. Tasarla-yap teslim sisteminin organizasyon şeması



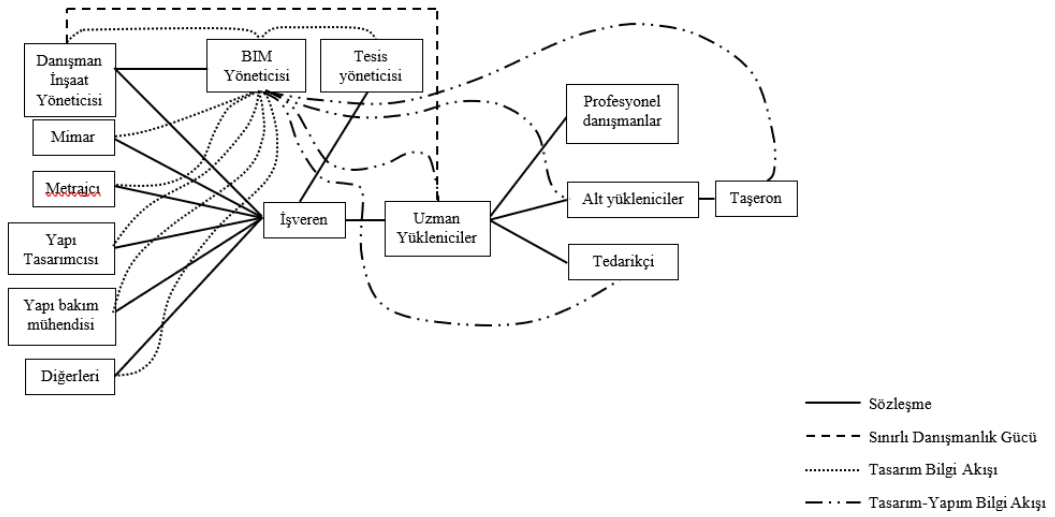
Şekil 4.5. YBM sistemi entegreli tasarla-yap teslim sisteminin organizasyon şeması

Bir inşaat projesi için danışman organizasyonlu inşaat yöneticisi teslim sisteminin hem geleneksel hem de YBM sistemi kullanılarak oluşturulan organizasyon şeması şekil 4.6 ve şekil 4.7’de (Barnes ve Davies, 2014) gösterilmiştir. Geleneksel olarak oluşturulan organizasyon şemasına bakıldığında iş sahibi tüm disiplinler ile sözleşme imzalar ve tüm projeyi inşaat yöneticisi ya da danışman yönetir. Disiplinlere tasarım bilgi akışını sağlayan danışmanın yüklenici ile arasında sınırlı vekalet yetkisi bulunmaktadır. Aynı zamanda yüklenici ile tasarım-yapım bilgi akışı da sağlanmaktadır. Proje YBM sistemi ile inşa edildiğinde ise danışman YBM yöneticisi ile sözleşme imzalayarak danışmanın yaptığı tüm görevler disiplinlere tasarım bilgi

akışı, yükleniciye ve farklı olarak alt yüklenicilere de tasarım-yapım bilgi akışı sağlanmaktadır. Ancak YBM sistemi konusunda uzman bir danışman projede yer alması durumunda YBM yöneticisi yerine geleneksel inşaat yönetimi organizasyon şemasında da gösterildiği gibi inşaat yöneticisi veya danışman tüm bilgi akışlarını sağlayabilmektedir.



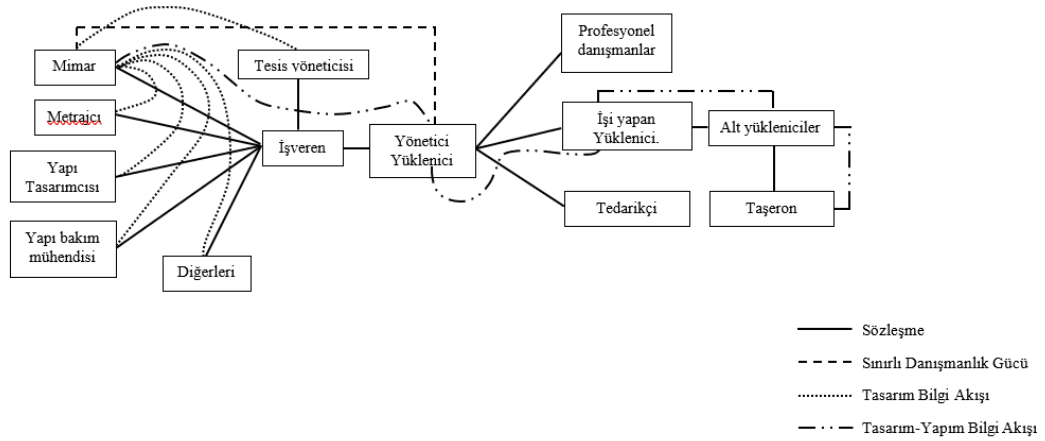
Şekil 4.6. Danışman organizasyonlu inşaat yöneticisi teslim sisteminin organizasyon şeması



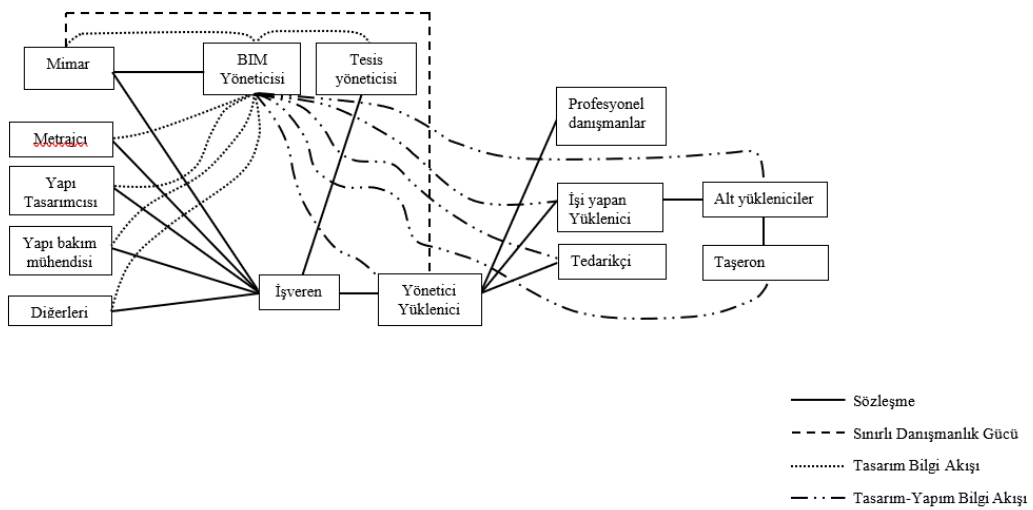
Şekil 4.7. Danışman organizasyonlu inşaat yöneticisi teslim sisteminin YBM sistemi kullanılarak oluşturulan organizasyon şeması

İşverenin inşaat yöneticisi olarak yükleniciyi kullanması durumunda organizasyon şeması şekil 4.8 ve şekil 4.9'daki (Barnes ve Davies, 2014) gibi olmaktadır. Bu sistem

geleneksel tasarla-teklif et-yap sistemine benzemektedir. Yapının tasarımı aşamasında tüm tasarım bilgi akışı mimar tarafından gerçekleştirilmektedir. İnşaat yöneticisi olarak görev yapan yüklenici, işi yapmak için bir yüklenici ile sözleşme yaparak işin yapılmasını sağlamaktadır ve tasarım-yapım bilgi akışı sıralı bir şekilde sağlanmaktadır. Bu organizasyon şeması, projenin YBM sistemi ile uygulanması durumunda YBM yöneticisi, mimar ile sözleşme imzalayarak diğer disiplinler ile tasarım bilgi akışını sağlamaktadır. Aynı zamanda yapım yönetiminde inşaat yöneticisi olan yüklenici ve diğer alt yüklenicilere ayrı ayrı tasarım-yapım bilgi akışını sağlayarak YBM sisteminin daha verimli bir şekilde projede uygulanmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.8. İşverenin inşaat yöneticisi olarak yükleniciyi kullanması durumunda geleneksel organizasyon şeması



Şekil 4.9. İşverenin inşaat yöneticisi olarak yükleniciyi kullanması durumunda YBM entegreli organizasyon şeması

4.4 YBM Sistemi Kullanımında Danışmanın Görev ve Sorumlulukları

Proje yönetiminde sıklıkla kullanılan danışmanlık hizmetleri, gelişmiş ülkelerde YBM sistemi kullanılarak yapılan projelerde de genellikle tercih edilmektedir. YBM sisteminin ülkemizde pek bilinmemesinden dolayı daha çok projelerin tasarım, yapım ve yapım sonrası aşamalarında ihtiyaç duyulan danışmanların YBM sistemi kullanılan projelerdeki görevleri ve sorumlulukları da halen tartışılmaktadır. Konuyla ilgili birçok kaynakta bu görev ve sorumluluklar belirtilmektedir. Bu kaynaklardan biri olan ve bu konuda detaylı bir çalışma sunan Construction Management Association of America (CMAA) tarafından hazırlanan “Yapım Yönetimi Uygulama Standartları” kitabıdır. Bu kitap genel olarak danışmanlık hizmetlerini tüm yönlerden açıklamasının yanında YBM sisteminin kullanılmasında danışmanlık hizmetlerini ve YBM sistemi kullanımında danışmanın görev ve sorumluluklarını tanımlamaktadır. “Yapım Yönetimi Uygulama Standartları” kitabında YBM sisteminde danışmanlık hizmetlerinin yeri ve proje yaşam döngüsü aşamalarına göre danışmanın görev ve sorumlulukları aşağıda gibi açıklanmaktadır:

Tasarım ve inşaat endüstrisinde YBM sisteminin kullanılması ile danışmanlık hizmetleri; danışmanın sözleşme yükümlülükleri, proje teslim ekibi ve YBM sisteminin işveren tarafından benimsenme derecesine göre önemli ölçüde değişebilir. Danışmanlık hizmetleri, proje yönetiminde bilgi merkezidir ve YBM sürecinin yönetiminde olmazsa olmaz bir konuma sahiptir. YBM sisteminin kullanım sürecinde danışmanların kabul etmesi gereken genel sorumluluklar şunlardır;

- Danışman YBM sürecinde güncel kalma ve eğitim görmeye devam etme sorumluluğu vardır.
- Danışmanın; YBM sisteminin faydaları, özellikleri, kısıtlamaları ve uygulama süreçlerini işveren ve proje takımına öğretme sorumluluğu vardır.
- Danışman uygun YBM uygulamaları ile proje teslim süreci içinde liderlik rolünü üstlenme sorumluluğu vardır.

Geleneksel olarak belirli bir teslim yöntemiyle tasarlanan ve YBM sistemiyle uygulanmasına karar verilen bir projede BIM yöneticisi rolü ortaya çıkmıştır. BIM yöneticisi, YBM konusunda uzman bir danışmanın yanı sıra mimar/mühendis, yüklenici ya da diğer şahıslar tarafından da seçilebilir. Projenin YBM sistemine

geçişini eksiksiz bir şekilde sağlayan ve YBM sürecini koordine eden BIM yöneticisinin ana sorumlulukları şunlardır;

- Modelin tasarım aşamasından inşaat aşamasına sorunsuz geçişini sağlamak.
- Projenin merkezi bir model üzerinde birçok projede katılımcılardan gelen en güncel bilgileri birleştirmek.
- Mevcut model durumu ve YBM proje hedeflerinin hızlanması için yeni proje takım üyeleri getirmek.
- Modelin yapım aşamasından sonra işverene tam ve eksiksiz geçişi sağlamak.
- Tüm proje aşamalarında işverenin karşılanmasını istediği YBM gereklilikleri ve YBM şartnamelerini kontrol etmek.
- Birden fazla model yaklaşımının kaçınılmaz olduğu projelerde modeller arasında birlikte çalışabilirliği sağlamak.

YBM sistemi kullanılmasıyla oluşturulan projelerde projenin yaşam döngüsü boyunca danışmanın görev ve sorumlulukları proje aşamalarına göre şu şekildedir;

➤ Ön Tasarım Aşaması

Bu aşamanın amacı işveren için YBM sisteminin çalışma kapsamı, uygulama aşamaları, takım sorumlulukları ve hedeflenen sonuç hakkında net bir öngörü oluşturmaktır. Oluşturulan YBM çalışma kapsamı tasarımcıya ve sonradan ekibe katılacak tüm disiplinlere açık ve net bir şekilde tanımlanmalıdır.

- Danışman, proje boyunca YBM sisteminin kullanımındaki amaç ve hedefleri belirlemek için işveren ile birlikte çalışacaktır.
- Danışman, proje paydaşları arasında YBM rolleri ve sorumlulukları ile beklentilerin uyuşmasını sağlamak için projedeki YBM sisteminden beklentileri ve YBM ekibinin niteliklerini mümkün olduğunca erken belirlemelidir.
- Danışman, işvereni YBM süreci hakkında eğitmeli ve uygun kullanımı için desteklemelidir. Ayrıca projeyi etkileyebilecek sonuçların yanı sıra projeye ilgili YBM teknolojisinin eksiklerini net bir şekilde belirlemelidir.
- Yapım yönetim planında projede YBM sisteminin kullanılacağı belirlenirse danışman; YBM sistemi ile tasarım yapacak tasarım ekibinin seçiminde YBM deneyimi ve yeterliliği konusunda uygun olan tasarım ekiplerini araştırmalı ve proje teklifinde bulunmalıdır.

- Danışman; tasarım ekibine yönelik sözleşmeyi geliştirmek için işverenin hukuk danışmanı ile birlikte çalışmalıdır. Sözleşme YBM sisteminin yapısını ve formatını ele alması gerekmektedir. Bu sözleşme ayrıca, tasarım ekibi tarafından oluşturulan modelin uygunluğu ve YBM sisteminin kullanımı konusunda danışman ve inşaat ekibi de dahil olmak üzere diğer proje ekibi üyeleri tarafından da anlaşılabilir bir dil ile yazılmalıdır.
- Danışman, projenin tüm aşamaları için YBM sistemi ile ilgili prosedürleri ele alan bir geliştirmelidir. Proje prosedür kılavuzu YBM sistemi için modelleme kriterleri oluşturacaktır. Böylece model tüm projedeki YBM sisteminin hedefleri için kullanılabilir. YBM prosedürleri teklif ve sözleşme belgeleri ile koordine edilmelidir.
- Eğer proje YBM sistemi ile tasarlanmadıysa danışman, YBM araçlarını kullanarak modeli geliştirmeyi ve YBM sistemini kullanmayı düşünmelidir. Buna göre danışman projenin türü ve büyüklüğü, modelin maliyet ve detay seviyesi ve modelden elde edilecek faydalara bağlı olarak; bütçe ve ayrıntılı tahmin, 4D programlama, yapılabirlik incelemeleri, belirli saha lojistiği ve koordinasyon konularında bir model oluşturabilir.
- Danışman tarafından tam bir proje için ayrıntılı bir model geliştirilmesi iyi bir yatırım değil ise danışman projenin başarısını artırabilecek, yatırımın olumlu geri dönüşünü sağlayabilecek uygun işlevler elde etmek için proje tasarım ekiplerini araştırmalıdır.
- Danışman, YBM sistemi uygulamalarının seçilen teslim sistemine göre önemli ölçüde değiştiği konusunda bilgi sahibi olmalıdır. Ayrıca teslim sistemi bir proje üzerinde YBM sisteminin benimsenmesini etkileyecektir. Tasarla-yap teslim sisteminde; modeli kullanan tasarımcı ve inşaatçı arasındaki iş birliği en üst düzeydedir. Tasarım aşamasında tasarım desteği sağlayan ana taşeronun imkânı ile birlikte risk üstlenimli danışman proje teslim sisteminin kullanımı YBM sisteminin işbirlikçi bir araç olarak kullanımını artırır. Geleneksel tasarla-ihale et-inşa et proje teslim sistemi sürecinde ise inşaat başlangıcına kadar olan modelin kullanılması tasarımcı ve inşaatçı arasındaki etkileşimi sınırlayabilir. Bu durumda ise YBM sisteminin başarılı bir şekilde uygulanması için YBM birleştiricisi projeye dahil edilmelidir. Aynı zamanda

teslim sistemine bağlı olarak inşaat yönetim planı ve proje prosedür kılavuzundaki ilgili bölümler de önemli ölçüde farklı olacaktır.

➤ Tasarım Aşaması

- Danışman, YBM standartlarını ve proje üzerindeki uygulama prosedürlerinin daha çok anlaşılabilmesi ve uygunluğunun kabul edilmesi için bir “YBM başlangıç” toplantısı düzenlemelidir.
- Danışman ve tasarım-inşaat ekibi çoklu tasarım projelerinin incelemeleri gerçekleştirmek için YBM modelini kullanmaldırlar. Bu modelin kullanılması danışman ve tasarım-inşaat ekibinin mekn ve uygulamaları görselleştirmesine, tasarımı optimize etmesine ve uygulamalar hakkında karar verme sürecini kolaylaştırmasına yardımcı olur.
- Danışman, YBM sisteminin görselleştirme özelliğinin tüm avantajlarını kullanacak, böylece işveren ve diğer disiplinler projelerini sanal olarak görebilecek ve bina inşa edildikten sonra potansiyel değişiklikler en aza indirilmiş olacaktır.
- Çakışma tespiti uygulamaları; tasarımcılar ve danışman tarafından fiziksel çakışmalar, mekânsal kısıtlamalar ve çeşitli disiplinler arasında daha iyi bir koordinasyon sağlamak için gerçekleştirilmelidir.
- Danışman; belge kontrolünden sorumlu olmalıdır ve tüm disiplinlerin, belge dağıtımını ve diğer belge kontrol protokollerini takip etmesini sağlamalıdır. Bu protokol ayrıca YBM modellerine erişme ve revizyon yapma prosedürlerini de tanımlamalıdır.
- Belge kontrol protokollerinde herhangi bir revizyon tespit edilirse danışman, YBM sistemi prosedür belgesinin güncellenmesini sağlamalıdır.
- Danışman, projeyi toplulukla ve projeden etkilenecek taraflara iletmek üzere, halkla ilişkiler faaliyetlerine yardımcı olmalıdır.
- Proje için oluşturulan YBM hedeflerine bağlı olarak danışman, model tabanlı bütçeleme ve tahmin kullanımını en üst seviyeye çıkarmaya çalışmalıdır. Ayrıca danışman, bu tahminlerin geliştirilmesini sağlamak için model geliştirme kriterlerini tanımlamak üzere tasarım ekibi ile iş birliği yapmalıdır.
- Danışman modelden en iyi şekilde yararlanmak için projenin maliyet yapısını geleneksel bir projeden daha önce geliştirebilir. Bunun sebebi danışman,

tasarımı bütçeye uyacak şekilde değiştirerek model tabanlı bütçe ve tahmin uygulamaları ile seçenek analizi ve değer mühendisliği için kullanılabilir.

➤ Temin (Üretim) Aşaması

- Danışman, çeşitli teslimat yöntemleri için temin aşamasında YBM sisteminin uygulanması hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Teklif verme sürecini de kapsayan bu aşamada YBM kullanımı, teslim yöntemlerine göre önemli ölçüde değişecektir.
- YBM modeli; temin belgelerinin bir parçası olarak projeye dahil edilmelidir. Bu yaklaşım; tüm disiplinlere projeyi tam olarak anlamaları sağlamak için maksimum bilgiyi sağlar. İşveren ve tasarımcı modelleme belgelerini temin belgelerinin bir parçası olarak projede içermemesini tercih ederse; danışman verilen belgelerin, öncelik sıralamasını uygun bir şekilde belirtmeli ve referans belgeler olarak kullanılmasını sağlamalıdır.
- Danışman; işvereni sözleşme belgelerinde yazılı olan YBM sistemi şartlarına sahip olmaya teşvik etmelidir.
- Danışman; YBM modelinin ve bu modelin parçalarının veya alt modellerinin tümü ve veritabanlarının uygulanan şartları yansıtacak şekilde güncellenmesi ve revize edilmesi gerektiğini doğrulamalıdır. Sözleşme, uygulanan modellerin ve veritabanlarının belgelerini projenin sonunda biraraya getirilmesini ve teslim edilmesini sağlamalıdır.
- Danışman; projeyi teklif öncesi veya ön teklif toplantısındaki muhtemel teklif eden ya da teklif verene iletmek ve tekliflerin sunulmasından önce yükleniciler tarafından yorum ve soru üretilmesini kolaylaştırmak için modeli kullanacaktır. Danışman ayrıca bu toplantıda projenin YBM sistemi gerekliliklerini vurgulamalı ve açıklamalıdır.
- Danışman, projeyi genel olarak pazarlamalıdır ve YBM sistemi konusunda tecrübesi ve bilgisi olan nitelikli kuruluşların temin aşamasında yer almasını sağlamalıdır.
- Bir tasarla-ihale et-inşa et teslim sistemi sürecinde danışman ön yeterlilik sürecini kullanabilir ve YBM deneyimini yeterlilik faktörlerinden biri olarak birleştirebilir. Teklifler alındıktan ve değerlendirildikten sonra düşük teklif veren ile ön teklif toplantısı düzenlenecektir. Danışman, yüklenicinin sözleşme

belgelerinde belirtilen projenin YBM gerekliliklerine uyup uymadığı konusunda yükleniciyi kontrol etmelidir.

- Risk üstlenimli danışman veya tasarla-yap proje teslim sisteminde seçim süreci muhtemelen yazılı tekliflerin ve mülakatların gözden geçirilmesini içerecektir. Danışman; YBM gerekliliklerine uygunluk için teklifi gözden geçirirken merkezi bir rol oynayacaktır. Mülakatlarda danışmanın YBM ile ilgili kuruluşların yaklaşım ve kabiliyetlerini açıkça ifade etmesini ve bu yaklaşım ve kabiliyetlerin seçimdeki faktörlerden biri olarak kabul edilmesini sağlamalıdır.

➤ İnşaat Aşaması

- Danışman, modelin inşaat aşamasına geçişinde belge kontrol protokolünü kullanarak inşaat aşaması ekibi ile yakın bir şekilde çalışmalıdır.
- İnşaat sırasında danışman, işveren/işletmeci, tasarımcı, yüklenici, alt yüklenici, üretici, ekipman imalatçısı ve YBM sistem birleştiricisinin yanı sıra bina yetkilileri yerel kamu hizmet şirketleri, sigorta şirketleri, teminat verenler gibi üçüncü taraflarda dahil olmak üzere paydaşların proaktif katılımını kolaylaştırmalıdır.
- Danışman; her bir modelin güncellenmesi sorumluluğunu ve yukarıda sıralanan ekip üyelerinin tüm gereksinimlerinin iş ve sözleşme dili kapsamında açıkça tanımlanmasını sağlamalıdır.
- Danışman; karşılaşılan problemlerin çözümünü kolaylaştırmak için YBM sisteminin tam kullanımını teşvik etmelidir. Uygun büyüklük ve karmaşıklığa sahip projelerde bu kabiliyetin kolaylaştırılması için mevcut modeli yerinde incelemek ve proje ilerledikçe modeli izleyecek ve güncelleyecek bir YBM birleştiricisine sahip olması tavsiye edilir. Bir “sanal plan odasının” bulunması inşaat için YBM sisteminin kullanımından sağlanan faydaları da önemli ölçüde artıracaktır.
- Danışman, inşaat boyunca proje koordinasyonundan sorumludur. Proje teslim yöntemine bakılmaksızın inşaat ekibi danışmanın sorumluluğunda proje koordinasyonunu sağlamak için modeli kullanmak ve sözleşmeye bağlı olmak zorundadır. Bu, modelin mevcut koşullara dayalı olarak revize edilmesini, alt yüklenicilerin oluşturduğu evrakları ve çakışma tespit bilgilerinin birleşimini

içerecektir. Danışmanın rolü; YBM sisteminin koordinasyon ve olası sorunların çözümünde tam olarak kullanılmasını sağlamak ve teşvik etmektir.

- Danışman; inşaat ekibi tarafından zaman yönetiminde 4D modelin kullanılmasını teşvik etmesi gerekmektedir. Danışmanın YBM projesine dayalı bir belirli 4D model projesi geliştirmesi de öngörülür olacaktır. Yapı çizelgesi, plan bölümlerinden ve sürelerden sapmaları görselleştirilmesine izin vermek için modele bağlanabilir. Bu uygulama dönemsellerin ilerlemenin gözden geçirilme sürecine dahil edilmelidir. Bunu başarmak için danışmanın sözleşme belgeleri veya prosedür kılavuzu ile protokolü oluşturması gerekmektedir.
- Danışman için inşaat sırasında YBM sisteminin kullanımında maliyet yönetimi sınırlı olsa da inşaat ekibi maliyet yönetimi için YBM sistemini kullanma fırsatına sahiptir. Maliyet yönetiminde YBM sisteminin kullanılmasında değişiklik talimatları önem arz etmektedir.
- Değişiklik talimatlarını incelerken ve fiyatlandırırken YBM sistemi, modele bakarak değişimi görselleştirmek için harika bir araç olarak danışmanın ihtiyaçlarını karşılayabilir. Model üzerindeki değişiklik talimatlarının belgelendirilmesinin sorumluluğu açıkça belirtilmelidir ve genellikle inşaat ekibi görevlendirilmelidir. Danışman; uygulanan işlerin dokümanlarındaki değişiklikleri kontrol ederek doğrulamalıdır.
- Danışman, saha çizimlerinin için modelin kullanımını teşvik etmelidir. Ancak bunun için şartlar sözleşme belgelerinde tanımlanmalı ve uygulanmalıdır. Saha çizimlerinin gözden geçirilmesi; tasarım ekibi tarafından inşaat ekibinin teslim ettiği modelin gözden geçirilmesi ile yapılabilir. Bu tür kapsamlı YBM uygulamasında tasarım ve inşaat ekibinin ihtiyaçları sözleşme belgelerinde ve proje prosedürlerinde açıkça ifade edilmeli ve inşaat yönetim planında mümkün olduğunca erken tanımlanmalıdır. Ayrıca danışmanın başarı şansını en üst düzeye çıkarmak için paydaşlar tarafından YBM sistemi tam olarak uygulanması gerekmektedir. Proje bilgilerinin incelenmesi için modelin kullanılması, tasarım ekibinin proje bilgi dokümanı ile ilgili koşulları görselleştirmesi ile sağlanır.
- İnşaat sırasındaki ilave bileşenler, malzemeler ve ekipmanlar işveren tarafından sağlanıp temin edilirse model, işverenin satın almasının tanımını içerecek şekilde danışman, inşaat ekibi veya YBM birleştiricisi tarafından

güncellenir. Danışman, inşaat ekibi veya YBM birleştiricisi tarafından hesaplanan malzemeler için hakediş programı ve miktarları, daha doğru hesaplanması için YBM modelinden çıkarılabilir ve zamandan tasarruf edilebilir.

- Danışman, inşaat aşaması boyunca güncellenen modeli izlemeli ve eğer işveren tarafından istenirse model uygulamaların bitmiş halini simülasyon olarak kayıt edebilir.
- Danışman ayrıca sözleşmeyi, uygulanan işin dokümanını ve istenen detay seviyesinin güncellenmesi için sorumlu kişiyi belirleyip kontrol etmelidir. Ayrıca, sözleşme şartlarına uygun olarak, işverenin inşaatın sonunda, doğru uygulanmış modeli teslim alması için modelin uygunluğunu kontrol etmelidir.

➤ İnşaat Sonrası Aşaması

- Danışman; tasarım ve yapım süreci boyunca bir uygulanmış modelin işverene geçişini sağlamalıdır. Bu model, tesis yönetimiyle ilgili işverene kullanıcının görevleri, mobilya ve ekipman envanteri ile ilgili alan planlanması gibi faydalar sağlayabilir. Bu model ayrıca işverenin tesis yönetim sistemlerine, mevcut operasyonlarına, bakım işlemlerine ve prosedürlerine büyük ölçüde bağımlıdır.
- Danışman; tesis yönetim ekibinin modelden ne istediği ve neye ihtiyaç duyduğunu ve gelecekteki kullanım için hangi formatta yararlı olacağını tanımlanması için işverenin tesis yönetim ekibi ve proje ekibi ile yakın bir şekilde çalışması gerekir.
- Danışman; yapım sonrası aşaması süresince, işveren/işletmeci, tasarımcı, yüklenici, altyüklenici, tedarikçi, ekipman üreticisi ve YBM birleştiricisi de dahil olmak üzere paydaşlarla iş birliği içinde çalışmaya devam etmelidir.
- Uygulanan çizimin veya tesis yönetim (YBM) modeline hâkim olmanın sorumluluğu tesis yönetim işlemlerinin yürütüldüğü ofistedir. Danışman, işverene ve tesis yöneticilerine YBM sistemi hakkında uygun eğitimi vererek modelin bu ofiste yönetilmesini ve güncellenmesini sağlar.
- YBM yazılımları ile uygulanan çizim modeline; işletme ve bakım dokümanları bağlanmalıdır. İşletme personeli, bilgileri tazelemek için eğitim videolarına başvurması gerekir veya işletme prosedür dokümanlarına YBM

sisteminin bağlantısı yoluyla erişilebilir olacaktır. Danışmanın bu gelişmelere ayak uydurması ve uygun durumda projeye katılımların kolaylaştırılmasını sağlamalıdır.

- Teslim edilen yedek parçaların çizelgeleri ve ilgili teminatlar, işletme personelinin erişebileceği uygulanan çizim modelinin içine girebilir. Danışman; inşaat ekibinin sözleşmesinde bu tür gereksinimleri içermesini ve modelin içine bu tür bilgilerin dahil edilmesi sağlamalıdır.
- Bu model tesis yönetim personeline aktarıldıktan sonra tesis yönetim personeli yedek parça çizelgelerinin envanterini güncel tutmakla yükümlüdür. Bu personel daha sonra gereğince yeni parçalar sipariş edebilir. Danışmanın sorumluluğu; model ve tesisi onlara devretmeden önce tesis işletme personelinin eğitiminin sözleşme belgelerinde yer aldığı ve yönetildiğini doğrulamaktadır.
- Danışman ayrıca son izinlerin kopyalarının, işletme personeli tarafından referans olarak verilen uygulanan çizim modeline bağlı olmasını sağlamalıdır.
- Düzenli denetim, bakım ve onarım günlükleri, ekipman ve materyallerde dahil olmak üzere tesisin doğru güncel bir tarihçesini oluşturmak için modele bağlanabilir. Danışmanın sorumluluğu mevcut teknolojiye ayak uydurmak ve tesis için uygun olan uygulamayı seçmek ve tesis işletim personelinin işlerini kolaylaştırmak için yardım etmektir.

5. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, YBM sisteminin ve bu sistemle karşımıza çıkan kavramların tanımlanması ve aynı zamanda bu sistemin danışmanlık hizmetlerindeki kapsamı, önemi ve kullanılma durumunun incelenmesi; danışmanın YBM sistemi kullanılan projelerdeki görev ve sorumluluklarının belirlenmesi ve danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin uygulanabilirliğinin irdelenmesi amaçlanmaktadır.

Belirtilen amaç doğrultusunda uluslararası ve ulusal kitaplar, tezler, makaleler gibi bu konuyla ilgili yayınlar incelenerek elde edilen bilgiler kaynak olarak kullanılarak YBM sisteminin genel ve danışmanlık hizmetlerindeki kullanımı açıklanmıştır. Bu kapsamda, literatür taraması ile ilk olarak YBM sistemine genel bir giriş yapılmıştır. Sonra ise danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin yeri ve kapsamı araştırılmıştır. Daha sonra YBM sisteminin kullanımı, faydaları, zorlukları, engelleri ve uygulanabilirliği konusunda elde edilen veriler dikkate alınarak danışmanlık hizmeti veren şirketlere ve danışmanlık yapan kişilere hazırlanan sorular doğrultusunda anketler uygulanmıştır. Anket; danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin kullanılıp kullanılmama durumuna göre 2 ayrı bölümden oluşmaktadır. Ankette elde edilmek istenen nitel verilerin nicel olarak ifade edilebilmesi için hazırlanan sorularının bazılarında 5’li Likert ölçeği kullanılmıştır. Bazı sorular ise açık uçlu olarak hazırlanmıştır.

Hazırlanan anketler “Google Forms” ile web tabanlı olarak hazırlanarak danışmanlık hizmeti veren şirketler ve danışmanlık yapan kişilere yüz yüze ve e-posta yoluyla uygulanmıştır. İstanbul’da bulunan şirketler ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiş olup Ankara başta olmak üzere diğer şehirlerdeki şirketlere ve danışmanlık yapan kişilere e-posta yoluyla anket uygulanmıştır. Yapılan anket çalışmasında ülkemizdeki profesyonel anlamda danışmanlık firmalarının çok az sayıda olması nedeniyle toplam 30 adet firmadan cevap alınarak anket tamamlanmıştır. Anket verilerinin değerlendirilmesi her cevap için yüzde (%) ve frekans (n) değerlerine göre yapılmıştır ve yorumlanmıştır.

Daha sonra, tez çalışması anket uygulamasının yanı sıra bir vaka çalışması ile de desteklenmiştir. Geleneksel yöntemlerle inşa edilen bir proje YBM yazılımlarından Autodesk Revit ile çizilerek tasarım ve inşaat aşamasında danışmanların karşılaştığı sorunların YBM sistemi uygulandığında önceden belirlenerek işin kontrolü, zamanı ve maliyeti açısından kolaylık sağlayıp sağlamadığı araştırılmıştır. Aynı zamanda Autodesk Navisworks Manage yazılımı yardımıyla da mimari proje ve tesisat projesi arasında çakışma analizleri yapılarak inşaat yapılırken meydana gelmesi muhtemel çakışmaların önceden belirlenmesi sağlanmıştır.

Yapılan vaka çalışması için inşaatı devam eden yapının şantiye sahasına gidilerek müşavirlik firmasının görevlendirdiği kişiler ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. İnşaat aşamasında şantiyede gerçekleşen sorunlar konusunda bilgi alınmıştır. Bu yapı için çizilen tüm projeler temin edilerek bu projelerden mimari ve tesisat projeleri YBM sistemi yazılımları ile tekrar çizilerek analizler yapılmıştır ve şantiyede gerçekleşen sorunlar projenin YBM sistemi ile tasarlanması durumunda önceden belirlenip belirlenmediği araştırılmıştır. Vaka çalışması sürecinde kullanılan YBM yazılımları hakkındaki bilgiler ise aşağıda verilmiştir.

Autodesk Revit; mimari, statik ve makine, elektrik ve mekanik tesisat (MEP) projelerinin 3 boyutlu olarak tasarlandığı bir YBM yazılımıdır. YBM uygulamaları arasında teknolojik açıdan en gelişmiş uygulamalardan biridir. Revit ismi “Revise Instantly” yani hemen düzeltme, revizyon yapma anlamına gelmektedir (Dzambazova vd., 2009). Projeye girilen verinin proje yaşam döngüsü boyunca korunması ve istenildiğinde kullanılabilen parametrik yazılım sistemine dayanan Revit yazılımları 3’e ayrılmıştır. Revit Architecture; duvar, kapı, pencere ve merdiven gibi mimari model elemanları ile çalışarak model oluşturur. Revit Structure; statik analiz, tasarım, detaylandırma ve dokümantasyon süreci model oluşturur. Revit MEP ise makine, elektrik ve tesisat (MEP) tasarımı ile mekanik analizler ve modeller oluşturulmasını sağlar.

Autodesk Navisworks Manage; inşaat sektöründe kullanılan bir YBM yazılımıdır. Mimarlar, mühendisler ve danışmanların, projedeki inşaat öncesi ve inşaat aşamaları boyunca Revit gibi tasarım yazılımı ile oluşturulan modellerin kapsamlı kontrolü,

simülasyonu, analiz edilmesini ve tüm paydaşların birlikte projeyi gözden geçirmelerine yardımcı olur. Mimari, statik, mekanik vb. tüm projelerin süperpoze edilerek görselleştirilmesi, animasyonları, çakışma analizleri, zaman ve maliyet analizi ile projenin YBM sistemine uyumlu bir şekilde yönetilmesine yardımcı olur.

Son olarak, bu tez çalışmasında yukarıda da açıklandığı üzere literatür araştırmalarından elde edilen kaynaklar ile anket oluşturulması ve vaka çalışması için temin edilen projeler üzerinden Autodesk Revit ve Autodesk Navisworks Manage yazılımları ile oluşturulan modeller bu tez çalışmasının malzemelerini oluşturmaktadır. Hazırlanan anketin uygulanması ve YBM yazılımları kullanılarak yapılan analizler ise tez çalışmasının uygulama metodunu oluşturmaktadır.



6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümü iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, profesyonel anlamda danışmanlık hizmeti veren şirketlere ve danışmanlık yapan kişilere yönelik hazırlanan YBM sisteminin kullanımı ile ilgili oluşturulan anketlerden elde edilen verilerin analizi ve sonuçları değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise vaka çalışması için modellenen projeden elde edilen bulguların analizi ve sonuçları değerlendirilmiştir

6.1 Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanım Düzeyi Adlı Anket Bulguları

Ülkemizdeki yapı üretimindeki YBM sisteminin yeri, önemi ve uygulanabilirliği konusunda bilgi elde etmek amacıyla, profesyonel anlamda danışmanlık hizmeti veren firmalara yönelik anket uygulanmıştır. Anket bulguları analiz edilirken her bir soru için yüzde (%) ve frekans (n) değerleri belirlenmiş, Veriler değerlendirilirken % (yüzde) değerlerinin yoğunlukta olduğu cevaplar dikkate alınmış ve bu değerler üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Anket uygulanan profesyonel danışmanlık firmalarının ülkemizde az sayıda olması nedeniyle toplam 30 katılımcıdan anket sorularına cevap alınabilmektedir. Anket sorularından elde edilen veriler aşağıda özetlenmiştir:

Çizelge 6.1’de ankete katılan danışmanlık firmalarının genellikle YBM sistemini kullandıkları belirlenmiştir. Bu da ülkemizde bulunan danışmanlık firmalarının az sayıda olmasına rağmen mevcut danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin kullanımının yaygın olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.1. Danışmanlık Hizmetlerinde YBM sisteminin kullanılma durumu

YBM sisteminin kullanılma durumu	%	n
Evet	70	21
Hayır	30	9
Toplam	100	30

Çizelge 6.2’de YBM sistemi kullanan danışmanlık firmalarının bu sistemi hangi inşaat projelerinde kullandıkları belirlenmiştir. Danışmanlık firmaları YBM sistemini en çok konut projelerinde daha sonra ise sırasıyla endüstriyel tesis projeleri, havalimanı

projeleri, AVM, otel, hastane vb. projeler, metro projeleri ve alt yapı projeleri YBM sisteminin kullanıldığı önde gelen inşaat projeleridir. Baraj, köprü, yol ve karma yapılarda ise YBM sistemi çok sık kullanılmamaktadır.

Çizelge 6.2. YBM sistemini kullanılan inşaat projeleri

YBM sistemi kullanılan inşaat projeleri	n	%
Konut Projeleri	15	71,4
Endüstriyel Tesis Projeleri	11	52,4
AVM, Otel, Ofis, Hastane vb. Projeler	11	52,4
Havalimanı Projeleri	10	47,6
Metro Projeleri	9	42,9
Altyapı Projeleri	5	23,8
Karma Kullanımlı Yapı Projeleri	3	14,3
Köprü Projeleri	2	9,5
Yol Projeleri	1	4,8
Baraj İnşaatı Projeleri	0	0
Toplam Yanıt Sayısı	21	

Çizelge 6.3’de danışmanlık firmalarının YBM sistemi ile inşa edilen projelerde kullandıkları YBM yazılımlarının kullanma oranları verilmiştir. Buna göre danışmanlık firmaları büyük çoğunlukla Revit ve Navisworks programlarını projelerinde kullanmaktadır. ArchiCAD, Allplan, Tekla Structure ve Synchro Profession yazılımları da projelerde kullanılmasına rağmen danışmanlık firmaları Bentley, Digital Project ve Dynamo gibi yazılımları nadiren kullanmaktadır. Autodesk firmasının yazılımları olan Revit ve Navisworks’un sık kullanılmasının sebepleri arasında yazılım bütçesinden dolayı sektörde yaygın olarak kullanılması, yazılıma hızlı bir şekilde adapte olunabilmesi ve kullanım kolaylığı söylenebilir.

Çizelge 6.3. YBM sistemi ile kullanılan yazılımlar

YBM sistemi ile kullanılan yazılımlar	n	%
Revit Architecture/Structure/MEP	19	90,5
Navisworks	18	85,7
Tekla Structure	7	33,3
Synchro Profession	4	19
ArchiCAD	4	19
Allplan	4	19
Digital Project	1	4,8
Dynamo	1	4,8
Autocad MEP	1	4,8
Bentley Architecture/Structure/MEP	0	0
Toplam Yanıt Sayısı	21	

Çizelge 6.4’de ankete katılan danışmanlık firmalarının YBM sistemini kaç yıldır kullandıkları görülmektedir. Danışmanlık firmalarının yaklaşık %38 oranında 8 yıldan daha fazla süredir YBM sistemini kullandıkları gözükmektedir. Son 1 yıl içerisinde ise çok az danışmanlık firmasının YBM sistemini kullanmaya başlaması dikkate değerdir.

Çizelge 6.4. Danışmanlık firmalarının YBM sistemini kullanma süreleri

YBM sisteminin kullanılma süresi	n	%
1 yıldan az	1	4,8
1-2 yıl	4	19
2-4 yıl	5	23,8
4-8 yıl	3	14,3
8 yıldan fazla	8	38,1
Toplam	100	21

Çizelge 6.5’de YBM sistemini kullanan danışmanlık firmalarının YBM sistemi konusunda eğitim verip vermediği gözükmektedir. Ankete katılan danışmanlık firmalarının çoğunluğu YBM sisteminin ülkemizde gelişmesine yardımcı olmak için YBM sistemi konusunda eğitim vermektedir.

Çizelge 6.5. Danışmanlık firmalarının YBM eğitimi verme durumu

YBM sistemi konusunda eğitim verme durumu	n	%
Evet	13	61,9
Hayır	8	38,1
Toplam	100	21

Çizelge 6.6’da ankete katılan danışmanlık firmalarının YBM sisteminin kullanımında karşılaştıkları önem derecelerine göre eksiklikleri, zorlukları ve engelleri görülmektedir. Veriler değerlendirilirken % (yüzde) değerlerinin yoğunlukta olduğu cevaplar dikkate alınmıştır.

Ankete katılan firmaların;

- **%42,9’u çok önemli ve %33,3’ü önemli derecede** standart ve mevzuat olmamasını,
- **%57,1’i çok önemli ve %28,6’sı önemli derecede** YBM sisteminin yeterince bilinmemesi ve YBM kültürünün olmamasını,

- %19'u çok önemli ve %47,6'sı önemli derecede yeterli eğitim hizmetinin olmamasını,
- %33,3'ü çok önemli ve %47,6'sı önemli derecede iş birliği ve koordinasyon eksikliğini,
- %33,3'ü çok önemli ve %47,6'sı önemli derecede sistemin uygulanmasına yönelik devlet desteğinin olmamasını,
- %47,6'sı çok önemli ve %42,9'u önemli derecede eğitimli eleman eksikliğini,
- %19'u çok önemli ve %28,6'sı önemli derecede lisans alma, telif hakkı ve güvenlik sorunları,
- %14,3'ü çok önemli ve %47,6'sı önemli derecede sistemin uygulama maliyetinin yüksek olması olarak belirtmektedirler.

Çizelge 6.6. YBM sisteminde karşılaşılan eksiklikler, zorluklar ve engeller

Danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin kullanımında karşılaşılan eksiklikler, zorluklar ve engeller	Yüzde/ Frekans	Çok Önemli	Önemli	Fikrim Yok	Önemsiz	Çok Önemsiz	Toplam Cevap Sayısı
Standart ve mevzuat olmaması	n	9	7	4	1	0	21
	%	42,9	33,3	19,0	4,8	0,0	
BIM sisteminin yeterince bilinmemesi ve BIM kültürünün olmaması	n	12	6	1	2	0	
	%	57,1	28,6	4,8	9,5	0,0	
Yeterli eğitim hizmetinin olmaması	n	4	10	4	3	0	
	%	19,0	47,6	19,0	14,3	0,0	
İş birliği ve koordinasyon eksikliği	n	7	10	2	1	1	
	%	33,3	47,6	9,5	4,8	4,8	
Sistemin Uygulanmasına Yönelik Devlet desteğinin olmaması	n	7	10	2	1	1	
	%	33,3	47,6	9,5	4,8	4,8	
Eğitimli Eleman Eksikliği	n	10	9	1	1	0	
	%	47,6	42,9	4,8	4,8	0,0	
Lisans alma, telif hakkı ve güvenlik sorunları	n	4	6	4	4	3	
	%	19,0	28,6	19,0	19,0	14,3	
Sistemi uygulama maliyetinin yüksek olması	n	3	10	2	4	2	
	%	14,3	47,6	9,5	19,0	9,5	

Çizelge 6.7’de ankete katılan danışmanlık firmalarının yapı üretim aşamalarında YBM sisteminin sağladığı faydaların fayda derecelerine göre oranları görülmektedir. Veriler değerlendirilirken % (yüzde) değerlerinin yoğunlukta olduğu cevaplar dikkate alınmıştır. Buna göre ankete katılan firmalar;

- Tasarım öncesi aşamasını, %47,6’sı çok faydalı ve %47,6’sı faydalı,
- Tasarım aşamasını, %76,2’si çok faydalı ve %23,8’i faydalı,
- Yapım öncesi (ihale, sözleşme vb.) aşamasını, %76,2 çok faydalı ve %23,8’i faydalı,
- Yapım aşamasını, %61,9’u çok faydalı ve %28,6’sı faydalı,
- Yapım sonrası aşamasını, %42,9’u çok faydalı ve %33,3’ü faydalı olarak belirtmişlerdir.

Çizelge 6.7. YBM sisteminin yapı üretim aşamalarına göre sağladığı fayda dereceleri

YBM sisteminin Yapı Üretim Aşamaları	Yüzde/ Frekans	Çok Faydalı	Faydalı	Fikrim Yok	Faydasız	Çok Faydasız	Toplam Cevap Sayısı
Tasarım Öncesi	n	10	10	1	0	0	21
	%	47,6	47,6	4,8	0,0	0,0	
Tasarım	n	16	5	0	0	0	
	%	76,2	23,8	0,0	0,0	0,0	
Yapım Öncesi (ihale, sözleşme vb.)	n	16	5	0	0	0	
	%	76,2	23,8	0,0	0,0	0,0	
Yapım	n	13	6	2	0	0	
	%	61,9	28,6	9,5	0,0	0,0	
Yapım Sonrası	n	9	7	4	1	0	
	%	42,9	33,3	19,0	4,8	0,0	

Çizelge 6.8’de ankete katılan danışmanların YBM sisteminin sağladığı faydalardan ne derece fayda sağladıkları görülmektedir. Veriler değerlendirilirken % (yüzde) değerlerinin yoğunlukta olduğu cevaplar dikkate alınmıştır.

Ankete katılan firmalar;

- Maliyet tasarrufu açısından **%52,4 çok faydalı ve %38,1 faydalı** olduğunu,
- Zaman tasarrufu-açısından **%66,7 çok faydalı ve %23,8 faydalı** olduğunu,
- İnsan kaynağı tasarrufunun **%47,6 çok faydalı ve %33,3 faydalı** olduğunu,
- Proje yönetiminin **%61,9 çok faydalı ve %38,1 faydalı** olduğunu,

- Proje denetiminin **%71,4 çok faydalı ve %23,8 faydalı** olduğunu,
- Enerji tasarrufu ve sürdürülebilirliğin **%14,3 çok faydalı ve %66,7 faydalı** olduğunu,
- İş sağlığı ve güvenliği açısından **%4,8 çok faydalı ve %38,1 faydalı** olduğunu,
- Disiplinlerarası koordinasyon açısından **%85,7 çok faydalı ve %14,3 faydalı** olduğunu,
- Parametrik modelleme ve 3D görselleştirmenin **%81 çok faydalı ve %19 faydalı** olduğunu,
- Çakışma analizi ile tasarım hatalarını azaltmanın ise **%100 çok faydalı** olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 6.8. Danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin sağladığı fayda dereceleri

Danışmanlık Hizmetlerinde YBM sisteminin kullanılmasının faydaları	Yüzde/ Frekans	Çok Faydalı	Faydalı	Fikrim Yok	Faydasız	Çok Faydasız	Toplam Cevap Sayısı
Çakışma Analizi ile Tasarım Hatalarını Azaltma	n	21	0	0	0	0	21
	%	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Maliyet Tasarrufu	n	11	8	1	1	0	
	%	52,4	38,1	4,8	4,8	0,0	
Zaman Tasarrufu	n	14	5	0	2	0	
	%	66,7	23,8	0,0	9,5	0,0	
İnsan Kaynağı (işçilik) Tasarrufu	n	10	7	3	1	0	
	%	47,6	33,3	14,3	4,8	0,0	
Proje Yönetimi	n	13	8	0	0	0	
	%	61,9	38,1	0,0	0,0	0,0	
Proje Denetimi	n	15	5	0	1	0	
	%	71,4	23,8	0,0	4,8	0,0	
Enerji Tasarrufu ve Sürdürülebilirlik	n	3	14	4	0	0	
	%	14,3	66,7	19,0	0,0	0,0	
Disiplinlerarası Koordinasyon	n	18	3	0	0	0	
	%	85,7	14,3	0,0	0,0	0,0	
Parametrik Modelleme ve 3D Görselleştirme	n	17	4	0	0	0	
	%	81,0	19,0	0,0	0,0	0,0	
İş Sağlığı ve Güvenliği	n	1	8	9	3	0	
	%	4,8	38,1	42,9	14,3	0,0	

Çizelge 6.9’da ankete katılan danışmanlık firmalarının YBM sistemini uygulama amaçlarına göre kullanılma sıklığı gösterilmektedir. Veriler değerlendirilirken % (yüzde) değerlerinin yoğunlukta olduğu cevaplar dikkate alınmıştır.

Buna göre ankete katılan firmalar;

- **%71,4 her zaman ve %14,3 sıklıkla** parametrik modelleme ve 3D görselleştirmeyi kullandıklarını,
- **%66,7 her zaman ve %28,6 sıklıkla** çakışma analizini kullandıklarını,
- **%33,3 her zaman ve %19 sıklıkla** bütçe ve maliyet tahminini (5D BIM) kullandıklarını,
- **%81 her zaman ve %14,3 sıklıkla** otomatik metraj çıkarılmasını kullandıklarını,
- **%19 her zaman ve %38,1 sıklıkla** iş programını (4D BIM) kullandıklarını,
- **%9,5 her zaman ve %14,3 sıklıkla** enerji analizleri ve sürdürülebilirliği (6D BIM) kullandıklarını,
- **%38,1 her zaman ve %19 sıklıkla** yapılabirlik incelemelerini kullandıklarını,
- **%81 her zaman ve %9,5 sıklıkla** disiplinlerarası koordinasyon ve iletişimi kullandıklarını,
- **%71,4 her zaman ve %14,3 sıklıkla** projeye ilgili her türlü verilerin saklanması ve kullanılması amacıyla kullandıklarını belirtmişlerdir.

Çizelge 6.10’da ankete katılan danışmanlık firmalarının danışmanlık hizmeti almak için kendilerine başvuran işverenlerin YBM sistemini tercih etme sıklığı verilmiştir. Buna göre danışmanlık hizmeti alan işverenler YBM sistemini %19 her zaman ve %19 sıklıkla tercih ettikleri belirlenmiştir.

Çizelge 6.9. Danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin uygulanma amaçlarının kullanılma sıklığı

İnşaat projelerinde YBM sisteminin uygulanma amaçlarının kullanılma sıklığı	Yüzde/ Frekans	Her Zaman	Sıklıkla	Bazen	Nadiren	Hiçbir Zaman	Toplam Cevap Sayısı
Parametrik Modelleme ve 3D Görselleştirme	n	15	3	2	0	1	21
	%	71,4	14,3	9,5	0,0	4,8	
Çakışma Analizi	n	14	6	1	0	0	
	%	66,7	28,6	4,8	0,0	0,0	
Bütçe ve Maliyet Tahmini (5D BIM)	n	7	4	7	0	3	
	%	33,3	19,0	33,3	0,0	14,3	
Otomatik Metraj Çıkarılması	n	17	3	0	0	1	
	%	81,0	14,3	0,0	0,0	4,8	
İş Programı (4D BIM)	n	4	8	6	3	0	
	%	19,0	38,1	28,6	14,3	0,0	
Enerji Analizleri ve Sürdürülebilirlik (6D BIM)	n	2	3	6	7	3	
	%	9,5	14,3	28,6	33,3	14,3	
Yapılabilirlik İncelemeleri	n	8	4	2	3	4	
	%	38,1	19,0	9,5	14,3	19,0	
Disiplinlerarası Koordinasyon ve İletişim	n	17	2	1	1	0	
	%	81,0	9,5	4,8	4,8	0,0	
Projeyle İlgili Her Türlü Verinin Saklanması ve Kullanılması	n	15	3	1	1	1	
	%	71,4	14,3	4,8	4,8	4,8	

Çizelge 6.10. Danışmanlık hizmeti alan işverenlerin YBM sistemini tercih etme sıklığı

Danışmanlık hizmeti alan işverenlerin YBM sistemini tercih etme sıklığı	Her zaman	Sıklıkla	Bazen	Nadiren	Hiçbir Zaman	Toplam Cevap Sayısı
n	4	4	6	7	0	21
%	19,0	19,0	28,6	33,3	0,0	

Çizelge 6.11’de danışmanlık firmalarının ve danışmanlık yapan kişilerin YBM sistemi kullanımındaki görev ve sorumlulukları görülmektedir. Literatür araştırmasında belirlenen görev ve sorumlulukların neredeyse hepsini, ankete katılan danışmanlık firmalarının da onayladığı belirlenmiştir. YBM sistemi kullanımında danışmanların

önemli görevlerinden bazıları; YBM sistemi kapsamında proje teslim sistemini belirlemek ve uygulamak, proje boyunca YBM uygulamalarının doğru yapılmasını sağlamak, Projenin tüm aşamaları için YBM sistemi ile ilgili proje prosedür kılavuzu hazırlamak ve YBM modelini oluşturmayı ve geliştirmeyi sağlamaktır.

Çizelge 6.11. YBM sisteminin kullanımında danışmanların görevleri

YBM sisteminin kullanımında danışmanların görevleri	n	%
Proje boyunca BIM uygulamalarının doğru yapılmasını sağlamak.	15	71,4
BIM kapsamında proje teslim sistemini belirlemek ve uygulamak.	15	71,4
BIM modelini oluşturmayı ve geliştirmeyi sağlamak.	14	66,7
Projenin tüm aşamaları için BIM ile ilgili proje prosedür kılavuzu hazırlamak.	14	66,7
Tüm disiplinlerden gelen verileri birleştirerek modelin güncel kalmasını sağlamak.	13	61,9
BIM süreci kapsamında tüm paydaşlara eğitim verilmesini sağlamak.	12	57,1
Tasarım aşamasından yapım aşamasına eksiksiz geçişi sağlamak.	12	57,1
Projede yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirliği sağlamak.	12	57,1
İşveren ve diğer proje paydaşları arasındaki yapılacak sözleşmelerin hazırlanmasına yardımcı olmak.	12	57,1
Proje tamamlandığında BIM kapsamında tanımlanan modelin işverene eksiksiz geçmesini sağlamak.	12	57,1
Projede uygulanacak BIM standartlarını ve proje prosedür kılavuzunu açıklamak ve kabulü için toplantı yapmak.	12	57,1
BIM kapsamında tüm katılımcıların projeye proaktif katılımını sağlar.	11	52,4
BIM kullanılarak tesis yönetiminde işverene/tesis yöneticisine yardımcı olmak.	6	28,6
Toplam Yanıt Sayısı	21	

Çizelge 6.12’de YBM sistemini kullanmayan danışmanların YBM sistemi hakkında ne kadar bilgi sahibi oldukları gösterilmektedir. Buna göre ankete katılan danışmanların %55,4’ü orta derecede %44,4’ü ise hiç bilmediklerini belirtmişlerdir.

Çizelge 6.12. YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının bu sistem hakkındaki bilgi dereceleri

YBM sistemi hakkındaki bilgi derecesi	n	%
Çok iyi derecede	0	0
İyi derecede	0	0
Orta derecede	5	55,6
Kötü derecede	0	0
Hiç Bilmiyorum	4	44,4
Toplam Yanıt sayısı	9	

Çizelge 6.13'te YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının niçin bu sistemi kullanmadıkları gösterilmektedir. Ankete katılan firmaların YBM sistemini kullanmamasının birçok sebebi olduğu ancak en çok YBM sistemi hakkında bilgi sahibi olmadıkları için, geçiş maliyetinin yüksek olmasından dolayı ve mevcut yazılımlar ile uyumlu olmamasından dolayı kullanamadıklarını belirtmişlerdir.

Çizelge 6.13. YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının bu sistemi kullanmamalarının sebepleri

YBM sistemi kullanılmamasının sebebi	n	%
BIM hakkında yeterince bilgi sahibi değilim	4	44,4
Geçiş Maliyetinin yüksek olması	2	22,2
Mevcut yazılımlar ile uyumu	2	22,2
BIM uygulama planının olmaması	1	11,1
Eğitilmiş eleman eksikliği	1	11,1
Yeni bir uygulama olması	1	11,1
Riskli bir yatırım olarak görülmesi	1	11,1
Zaman yönetimi (fazla zaman alması)	1	11,1
İşveren talebi olmaması	1	11,1
Tasarım gruplarının yetersiz olması	1	11,1
Toplam Yanıt Sayısı	9	

Çizelge 6.14'de YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının YBM sistemine geçmek isteyip istemedikleri görülmektedir. Buna göre ankete katılan firmaların %33,3'ü YBM sistemine geçmek istediklerini, %66,6'sı ise geçmeyi düşünmedikleri belirmişlerdir.

Çizelge 6.14. Danışmanlık firmalarının YBM sistemine geçme düşünceleri

BIM sistemine geçme düşüncesi	n	%
Olumlu	3	33,3
Olumsuz	6	66,7
Toplam	9	100

6.2 Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanım Düzeyi Belirleme Anketi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin kullanılması kapsamında ülkemizdeki danışmanlık firmalarına uygulanan anketler sonucunda elde edilen bulguların değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir;

- Ülkemizde danışmanlık firmaları genellikle YBM sistemini kullandıkları ancak ülkemizde bulunan danışmanlık firmalarının sayılarının az olması diğer ülkelere oranla YBM sisteminin ülkemizde yaygın olmadığı sonucuna varılmasına sebep olmuştur (Çizelge 6.1).
- YBM sistemini kullanan danışmanlık firmaları bu sistemi en çok konut projelerinde daha sonra ise sırasıyla endüstriyel tesis projeleri, havalimanı projeleri, AVM, otel, hastane vb. projeler, metro projeleri ve alt yapı projelerinde kullandıkları; baraj, köprü, yol ve karma yapılarda ise YBM sistemi çok sık kullanılmamaktadır (Çizelge 6.2).
- YBM sistemini kullanan danışmanlık firmaları projeleri tasarlarken ya da yönetirken YBM yazılımlarını kullanmak zorundadırlar. Danışmanlık firmaları bu yazılımlar arasında büyük çoğunlukla Revit ve Navisworks programlarını projelerinde kullanmaktadır. ArchiCAD, Allplan, Tekla Structure ve Synchro Profession yazılımları da projelerde kullanılmasına rağmen danışmanlık firmaları Bentley, Digital Project ve Dynamo gibi yazılımları nadiren kullanmaktadır. Autodesk firmasının yazılımları olan Revit ve Navisworks'un sık kullanılmasının sebepleri arasında yazılım maliyetinden dolayı sektörde yaygın olarak kullanılması, yazılıma hızlı bir şekilde adapte olunabilmesi ve kullanım kolaylığı olması değerlendirilebilir (Çizelge 6.3).

- Ülkemizdeki danışmanlık firmalarının YBM sistemini kaç yıldır kullandıkları sorulduğunda yaklaşık %38 oranında 8 yıldan daha fazla süredir YBM sistemini kullanıyoruz cevabı alınmıştır. Son 1 yıl içerisinde ise çok az danışmanlık firmasının YBM sistemini kullanmaya başlaması dikkate değerdir. Ayrıca kamu kurumları yatırımlarında genellikle danışmanlık hizmetinin kullanıldığı düşünüldüğünde YBM sisteminin daha etkin olması beklenmektedir. (Çizelge 6.4).
- YBM sistemini kullanan danışmanlık firmalarının çoğu YBM sisteminin ülkemizde gelişmesine yardımcı olmak için işverenlere, şirketlere, taşeronlara vb. kişilere YBM eğitimleri vermektedir. Ülkemizde YBM sistemi konusunda eğitim ihtiyacı olduğu söylenebilir (Çizelge 6.5).
- İnşaat projelerinde YBM sistemi faydalı bir uygulama olsa da bazı engeller ve zorluklar ile karşılaşmaktadır. Danışmanlık firmalarına YBM sisteminde karşılaşılan zorluklar sorulmuştur. Danışmanlık firmaları için YBM sistemi uygulanırken karşılaşılan en önemli zorluğun eğitilmiş eleman eksikliği olduğunu belirtmişlerdir. Diğer zorluklar ise sırasıyla; YBM sisteminin yeterince bilinmemesi ve YBM kültürünün olmaması, insanlar arasındaki işbirliği ve koordinasyon eksikliği, sistemin uygulanmasına yönelik devlet desteğinin olmaması, standart ve mevzuat olmaması, yeterli eğitim hizmetlerinin olmaması, sistemi uygulama maliyetinin yüksek olması ve YBM sisteminin lisans alma, telif hakkı ve güvenlik sorunlarıdır (Çizelge 6.6).
- YBM sisteminin sağladığı faydalar yapı üretim aşamalarına göre farklılıklar göstermektedir. Danışmanlık firmaları için yapı üretim aşamalarının neredeyse hepsinde YBM sisteminin faydalı olduğu görülmektedir. YBM sisteminin en çok faydalı olduğu aşama tasarım ve yapım öncesi aşaması olarak belirlenmiştir. Sırasıyla tasarım öncesi, yapım ve yapım sonrası aşamalarında da faydalı olduğu gözükmektedir (Çizelge 6.7).
- Danışmanlık firmalarına YBM sisteminin faydaları sorulduğunda alınan cevaplar arasında danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin en faydalı uygulaması çakışma analizi ile tasarım hatalarını azaltma olmuştur. Daha sonra ise disiplinlerarası koordinasyon, parametrik modelleme ve 3D görselleştirme ve proje yönetimi yer almaktadır. YBM sisteminin diğer faydaları ise sırasıyla proje denetimi, zaman tasarrufu, maliyet tasarrufu,

işçilik tasarrufu, enerji tasarrufu ve sürdürülebilirliktir. İş sağlığı ve güvenliği açısından danışmanlık firmalarının çoğunlukla bir fikri olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 6.8).

- Danışmanlık firmaları projelerinde hedeflerine ulaşabilmek için YBM sisteminin bazı özelliklerini kullanmaktadırlar. Danışmanlık firmalarının bu özelliklerden en sık kullandıkları otomatik metraj çıkarma ve çakışma analizidir. Diğer özellikler ise kullanılma sıklığına göre sırasıyla disiplinlerarası koordinasyon ve iletişim, parametrik modelleme ve 3D görselleştirme, projeyle ilgili her türlü verinin saklanması ve kullanılması, yapılabirlik incelemeleri, iş programı yapılması, bütçe ve maliyet tahminidir. Enerji analizleri ve sürdürülebilirlik ise danışmanlık hizmetlerinde YBM sisteminin nadiren kullanıldığı bir uygulamalardır (Çizelge 6.9).
- Danışmanlık hizmeti alan işverenlerin genellikle YBM sistemini tercih etmedikleri anlaşılmaktadır (Çizelge 6.10). Bu sonuca göre de YBM sisteminin avantajları dikkate alındığında bu sistemin ülke genelinde yaygınlaştırılması için tanıtım ve eğitime ağırlık verilmesi gerekmektedir.
- YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının YBM sistemi hakkında yeterince bilgi sahibi olmadıkları belirlenmiştir (Çizelge 6.12). Bundan dolayı YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarının çoğu YBM sistemine geçmeyi düşünmemektedirler (Çizelge 6.14).
- YBM sistemini kullanmayan danışmanlık firmalarına bu sistemi neden kullanmadıkları sorulduğunda en önemli sebep bu sistem hakkında bilgi sahibi olmamaları ve geçiş maliyetinin yüksek olmasıdır. Danışmanlık firmalarının belirttiği diğer sebepler ise mevcut yazılımlar ile uyumu, eğitilmiş eleman eksikliği, yeni bir uygulama olması, riskli bir yatırım olarak görülmesi, işveren talebi olmaması ve tasarım gruplarının yetersiz olmasıdır (Çizelge 6.13).
- YBM sistemi kullanan danışmanlık firmalarındaki danışmanların en çok yaptıkları görevler sırasıyla şu şekildedir (Çizelge 6.11);
 - ✓ YBM kapsamında proje teslim sistemini belirlemek ve uygulamak.
 - ✓ Proje boyunca YBM uygulamalarının doğru yapılmasını sağlamak.
 - ✓ Projenin tüm aşamaları için YBM ile ilgili proje prosedür kılavuzunu hazırlamak.
 - ✓ YBM modelini oluşturmayı ve geliştirmeyi sağlamak.

- ✓ Tüm disiplinlerden gelen verileri birleştirerek modelin güncel kalmasını sağlamak.
- ✓ İşveren ve diğer proje paydaşları arasındaki yapılacak sözleşmelerin hazırlanmasına yardımcı olmak.
- ✓ YBM süreci kapsamında tüm paydaşlara eğitim verilmesini sağlamak.
- ✓ Tasarım aşamasından yapım aşamasına eksiksiz geçişi sağlamak.
- ✓ Projede yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirliği sağlamak.
- ✓ Projede uygulanacak BIM standartlarını ve proje prosedür kılavuzunu açıklamak ve kabulü için toplantı yapmak.
- ✓ Proje tamamlandığında BIM kapsamında tanımlanan modelin işverene eksiksiz geçmesini sağlamak,
- ✓ BIM kapsamında tüm katılımcıların projeye proaktif katılımını sağlamak,
- ✓ BIM kullanılarak tesis yönetiminde işverene/tesis yöneticisine yardımcı olmaktır.

6.3 Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanılması ile İlgili Vaka Çalışması Bulguları

Bu bölümde, geleneksel yöntemlerle inşa edilen bir konut projesi, bu tezin vaka çalışması olarak ele alınmıştır. Geleneksel yöntemlerle yapılan bu inşaat projesinde danışmanlar açısından karşılaşılan sorunların, projenin YBM sistemi ile uygulanarak yapılan analizler sonucunda önceden belirlenip önlem alınabilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda, ilk olarak vaka çalışması için ele alınan proje hakkında bilgiler verilmiştir. Sonra projenin inşaat aşamasında karşılaşılan sorunlar belirlenmiştir. Son olarak, proje, YBM sistemi yazılımlarından Revit programıyla çizilerek çakışma analizleri ile elde edilen bulgular belirtilmiştir.

6.3.1 Örnek Vaka Çalışmasının Tanımlanması

Tez çalışması kapsamında yapılan vaka çalışmasında kullanılan proje kamu inşaatı kapsamında yapılan bir toplu konut projesidir. Şekil 6.1’de vaziyet planı gösterilen proje 9 bloktan ve farklı 2 tip binadan oluşmaktadır. Projedeki bina sayıları, bina tipleri, kat sayıları ve konut sayıları çizelge 6.15’de gösterilmektedir. B tipi binalarda bir katın alanı yaklaşık 290 m² iken C tipi binalarda bir katın alanı yaklaşık 460 m²’dir.

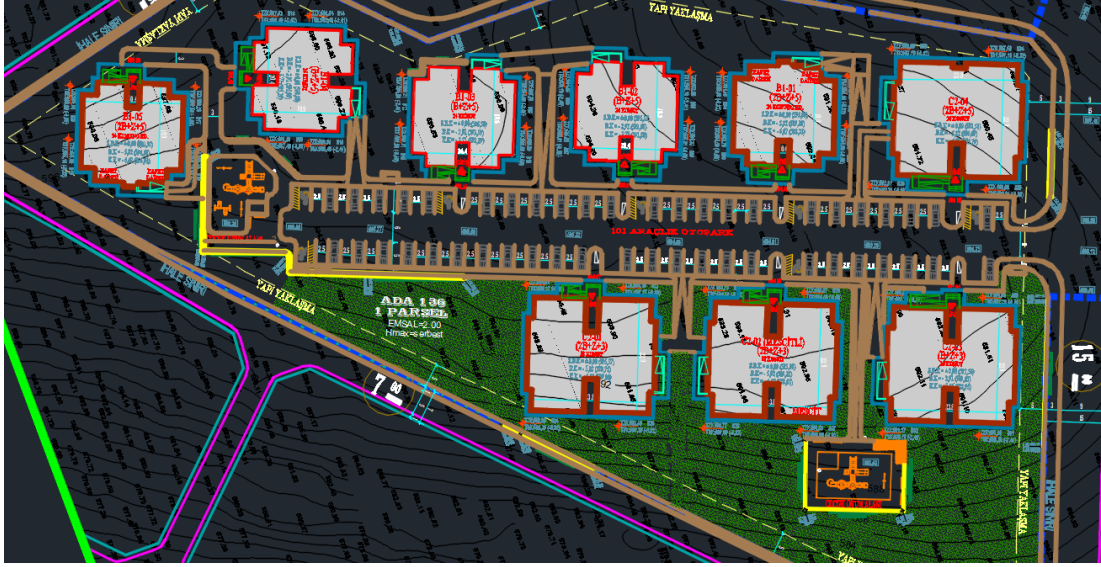
Bu proje bir kamu inşaatı olduğu için proje boyunca danışmanlık hizmeti veren bir müşavirlik şirketi de görev almaktadır. Müşavirlik şirketinde bu şantiyede görevli mühendis ile yüz yüze görüşmeler sonucunda projedeki binalar birbirine benzer olduğu ve bir blokta oluşan sorunların diğer bloklarda da görüldüğü göz önünde tutularak vaka çalışması için şekil 6.2’de görünüşleri gösterilen C-02 tipli bina seçilmiş ve YBM modeli Revit programı ile çizilmiştir. Danışmanın şantiyede karşılaştığı sorunlar belirlenerek projenin YBM sistemi ile uygulanması durumunda bu sorunların olası çözümleri araştırılmıştır. Ancak çalışmanın kısıtlı olarak, örnek projenin yapım aşamasından itibaren takip edilebilmesi söylenebilir.

Çizelge 6.15. Vaka çalışması proje bilgileri

Bina Tipi	Kat Sayısı	Konut Sayısı
B-01	2B+Z+5	24 Konut+2 Kapıcı dairesi
B-02	B+Z+5	24 Konut
B-03	B+Z+5	24 Konut
B-04	B+Z+5	24 Konut
B-05	2B+Z+5	24 Konut+2 Kapıcı dairesi
C-01	2B+Z+3	18 Konut
C-02	2B+Z+3	18 Konut
C-03	B+Z+3	16 konut
C-04	2B+Z+5	26 Konut



Şekil 6.1. Seçilen örnek binanın görünüşleri



Şekil 6.2. Vaka çalışması vaziyet planı

6.3.2 Örnek Vaka Çalışmasında Karşılaşılan Sorunlar

İnşaat projelerinde tasarım aşamalarında gözden kaçan ve yapım aşamasında karşılaşılan sorunlara sıklıkla rastlanmaktadır. Bu sorunlar inşaat projesinde hem zaman hem de maliyet açısından projeye zarar vermektedir. Vaka çalışması kapsamında bu projenin inşaat aşamasında karşılaşılan sorunlar ise şu şekildedir;

- Şekil 6.3’de gösterildiği gibi çatıdan gelen yağmur suyu borularının döküldüğü kot seviyesinin yağmur suyu bacasının kotundan daha düşük seviyede olduğu için problem oluşmuştur. Projede gözden kaçan bu problem şekil 6.4’de gösterildiği gibi kotu daha aşağıda olan başka bir bacaya bağlanmıştır. Bu da ek boru ve maliyete sebep olmuştur.
- Proje tünel kalıp sistemi ile inşa edilmektedir. Bu proje de karşılaşılan bir başka sorun ise tünel kalıpta kapının yerinin yanlış konumda olması ya da kalıbın düzgün yapılamamasından dolayı kalıbın hatasının sıvayla düzeltilmesi yoluna gidilmiştir. Kalıbın üzerinde kapının olması gereken yerinde olmamasından dolayı kalıp üzerinde bazı yerlerin kırılarak ve bazı yerlerin de dolgu yapılarak kapıların olması gereken yere yapılması sağlanmıştır.
- Projenin sözleşmesinde belirtilen malzemelerin sınıflandırılması ve kalitesi tam olarak belirtilmediği için projenin kalitesi düşmektedir.



Şekil 6.3. Yağmur suyu kotu sorunu-1



Şekil 6.4. Yağmur suyu kotu sorunu-2

- Bina projelerinde çöp bacası olmamasına rağmen proje revize edilmeden çöp bacası şekil 6.5'te gösterildiği gibi sonradan eklenmiştir.



Şekil 6.5. Binaya çöp bacası eklenmesi

- Binaların bodrum katında havalandırma ve diğer tesisat borularının geçiş yerlerinde kirişin hizasına denk gelmesinden dolayı şekil 6.6 ve şekil 6.7’de görüldüğü üzere asma tavan ve mevcut kapı kasaları yerleştirilemediğinden kapı boyutları küçültülmek zorunda kalmıştır.



Şekil 6.6. Binadaki pis su borularının yerleşimi



Şekil 6.7. Binadaki pis su boruları ve havalandırma kanallarının görünümü

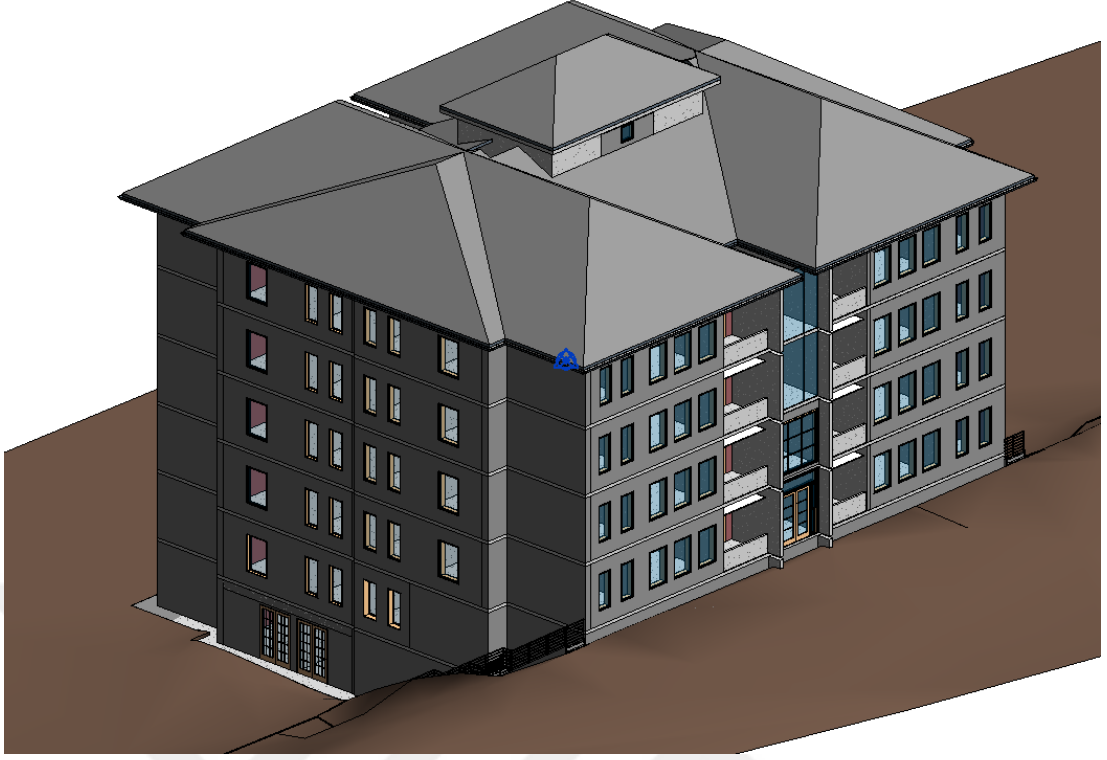
Yukarıda belirtilen sorunların yanı sıra inşaat devam ederken danışmanların karşılaştığı yüklenici kaynaklı eksiklikler ve sıkıntılar tutanak şeklinde düzenlenerek yükleniciye bildirilmiştir. Tutanaklarla belirtilen daha çok önem arz eden eksikliklerin geneli şunlardır:

- İş programı kapsamında perde ve döşeme tünel kalıplarında hasar bulunan yüzeylere gerekli tamiratlar bitmeden kat betonarme imalatlarına başlanılmaması konusunda yüklenici uyarılmıştır.
- Tünel kalıplarda hasarlı olan panoların değiştirilerek yeni panolarla betonarme imalatına başlanması ve işçilik hatalarının azaltılması konusunda yüklenici uyarılmıştır.
- Tünel kalıplarda kısa ve çalışmayan kontrifüjlerin değiştirilmesi ve sonrasında betonarme imalatına başlanması gerektiği ve segregasyon tamiratlarının zamanında yapılması gerektiği belirtilmiştir.
- Proje iş programı kapsamında imalatların imalat sıralamasına dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir.
- Mevcut projede paslanmaz çelik baca, baca şaftına sığmadığı belirlenmiş ve baca kesitine göre baca şaftı bırakılması gerektiği yükleniciye iletilmiştir.

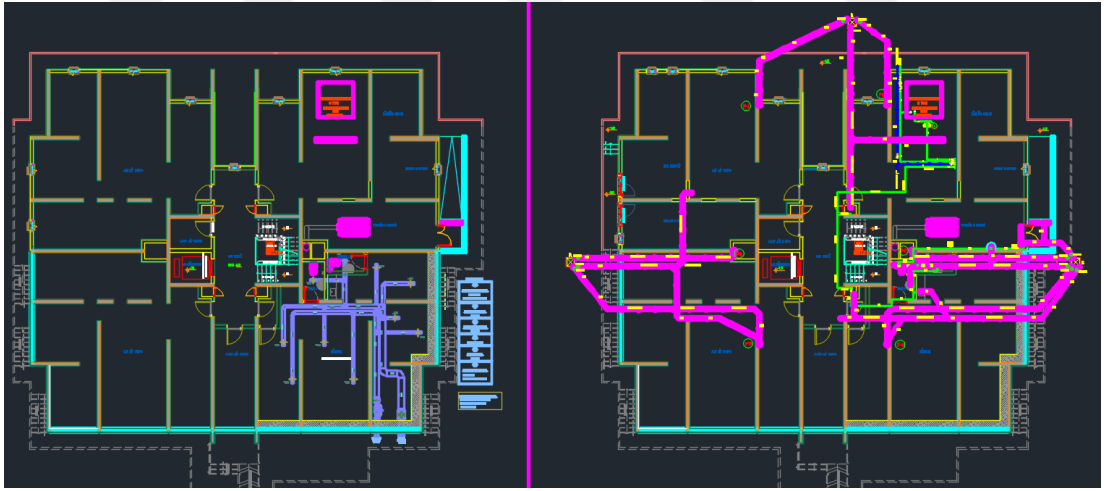
- Projede yapılan uygulamaların kontrolü sırasında alçı sıva imalatının anolu yapılması, pencere, kapı vb. köşe merkezlerinin gönyesinde, mastarında ve terazisinde yapılması ve imalat sıralamasına uyulması belirtilmiştir.
- Projenin iş programı ve proje denetimi kapsamında kat betonarmesi biten bloklarda, merdiven ve asansör çatı kulelerinin yapımının kısa sürede bitmesi ve çatı imalatına başlanması gerektiği belirtilmektedir.
- Malzeme envanteri kapsamında mermer kaplaması imalatı için getirilen mermerlerde, renk uyumsuzluğu ve seçilen numune malzeme ile aynı olmadığı imalata başlandıktan sonra fark edilmiş olup uygun olmayan malzemelerin gönderilerek uygun malzemelerin temin edilmesi gerektiği belirtilmektedir.
- İstinat perdesinde kullanılan donatılar projede istenilen demir çapını sağlamadığından beton dökülmemesi ve imalatın projeye uygun olarak yapıldıktan sonra imalatın tamamlanması gerektiği belirtilmiştir.

6.3.3 Örnek Vaka Çalışmasının YBM sistemi ile Tasarlanması ve Çakışma analizi Sonucunda Elde Edilen Bulgular

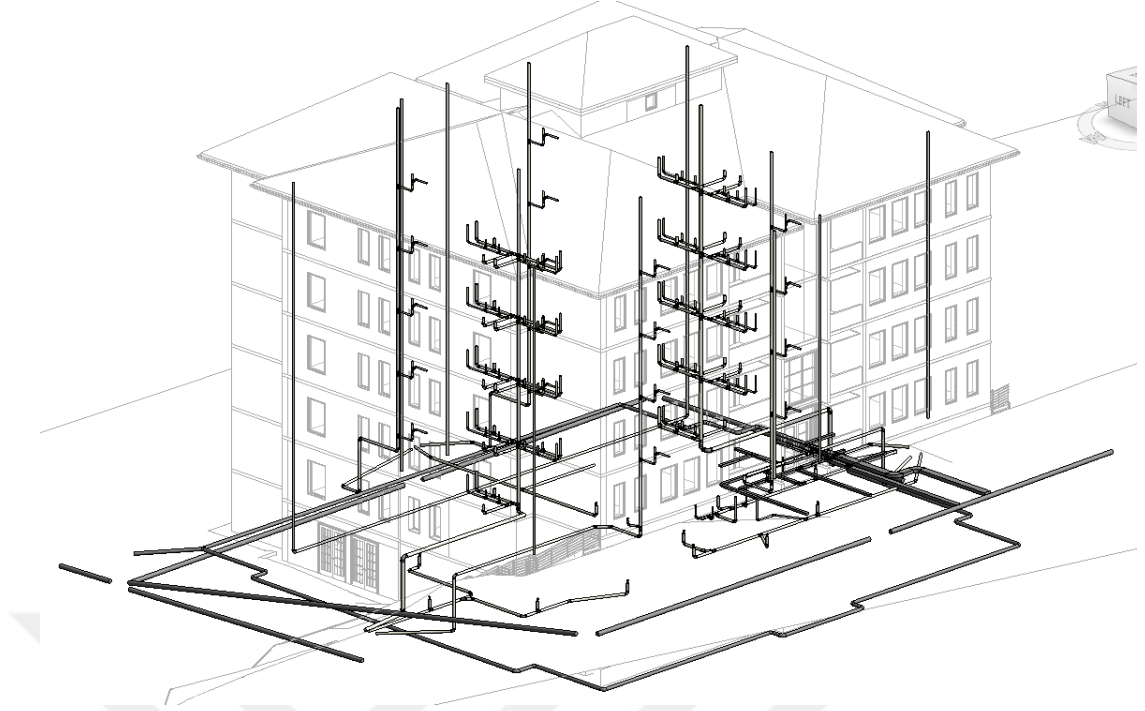
Tez çalışması kapsamında projede belirlenen C-02 bloğu, temin edilen projeler ışığında birebir olarak çizilmiştir. İlk olarak mimari projesi çizilen binanın 3 boyutlu olarak görünümü şekil 6.8’de gösterilmiştir. Daha sonra binanın şekil 6.9’da gösterilen sıhhi tesisat projesi Revitte 3 boyutlu olarak çizilerek şekil 6.10’da gösterilmiştir. Aynı zamanda rögarların kotundan dolayı yaşanan sorunlar için ise rögarlar ve altyapı boruları da çizilmiştir. Son olarak çizilen bu iki proje Naviswork Manage programında şekil 6.10’daki görüldüğü gibi birleştirilerek çakışma analizleri yardımıyla tasarım sorunları görülmektedir.



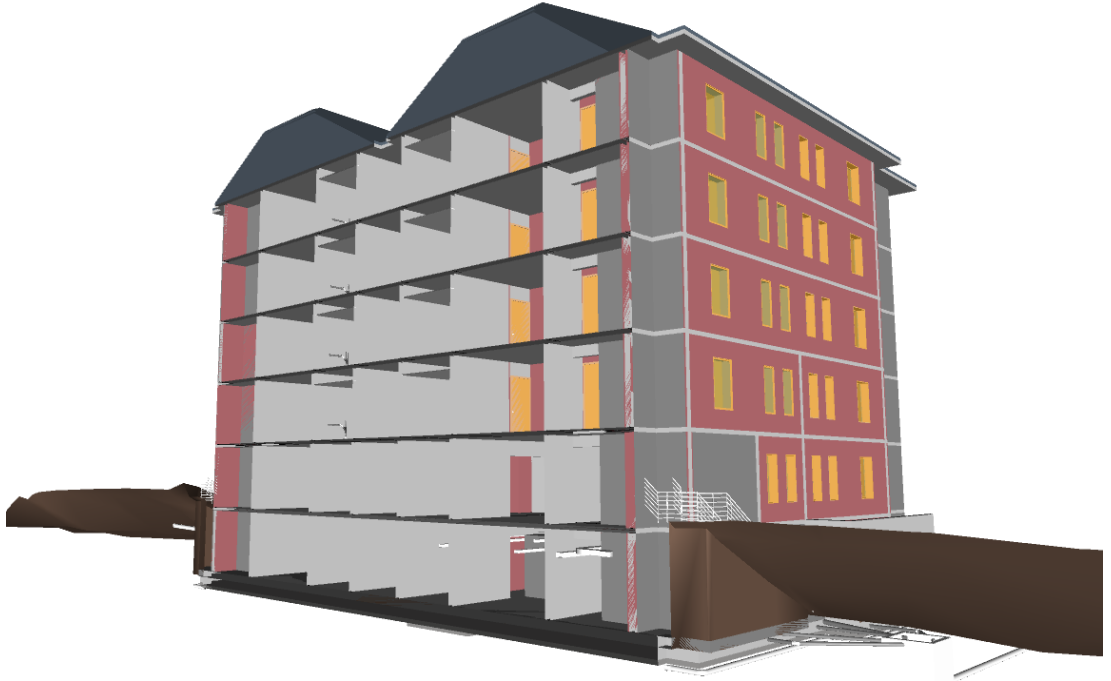
Şekil 6.8. Örnek binanın mimari projesinin Revitte 3D olarak çizimi



Şekil 6.9. Örnek binanın pissu ve havalandırma kanalı projesi

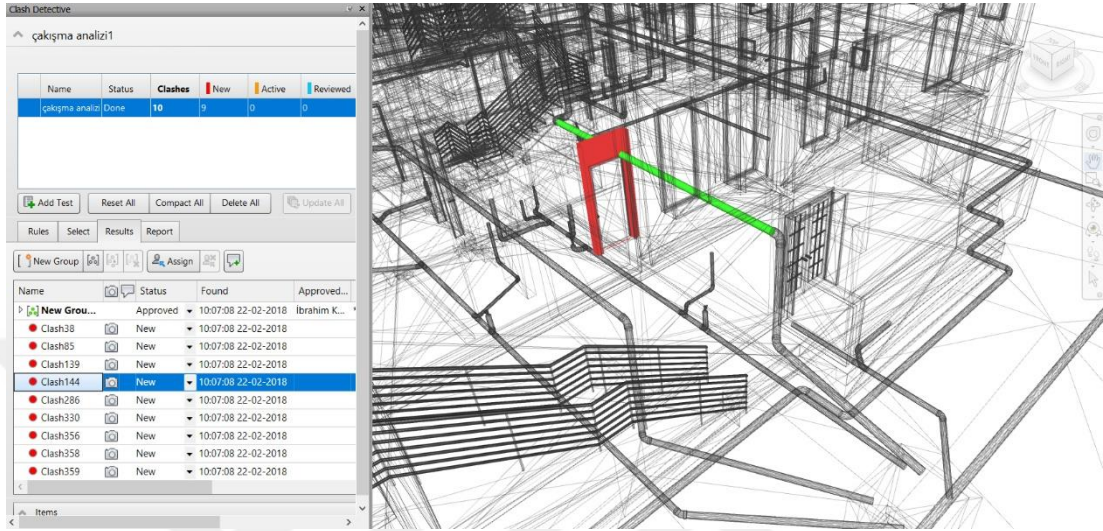


Şekil 6.10. Örnek binanın pıssu ve havalandırma kanalı projesinin Revitte 3D olarak çizimi

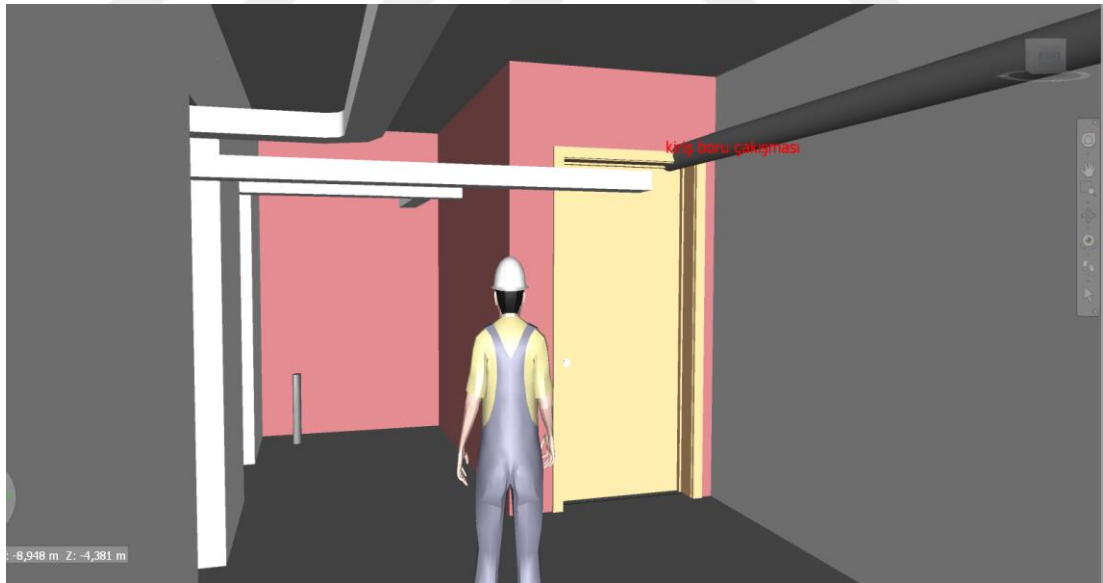


Şekil 6.11. Örnek binanın mimari ve mekanik projesinin birleştirilmesi ve Navisworks ile görünümü

Yapılan çakışma analizleri sonucunda şekil 6.11’de görüldüğü üzere inşaat yapımında bodrum katta görülen pıssu borusunun kiriş ile çakışması görülmektedir. Yapılan analiz sonucu görülen çakışma animasyon olarak şekil 6.12’de gösterilmektedir. Aynı zamanda bir başka çakışma ise şekil 6.13’de gösterilmektedir.



Şekil 6.12. Navisworks ile çakışma analizi görünümü



Şekil.6.13. Çakışma analizi sonucu görülen çakışmanın animasyon gösterimi-1



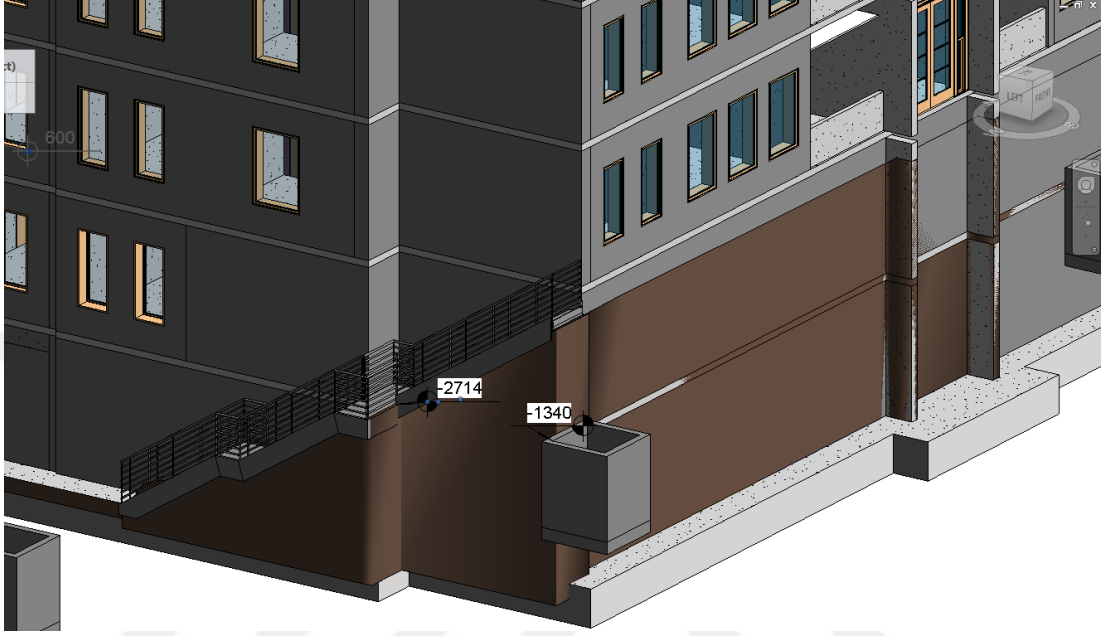
Şekil.6.14. Çakışma analizi sonucu görülen çakışmanın animasyon gösterimi-2

Animasyonlar sonucunda sığınakta bulunan pissu boruları ile havalandırma kanallarının birbiri ile çakışmaması için şekil 6.14’de gösterildiği gibi havalandırma boruları pissu borularının altına gelecek şekilde konulmuştur. Bu şekilde yerleştirildiğinde havalandırma kanallarının yerden yüksekliği 1,915 m olarak görülmektedir.



Şekil 6.15. Havalandırma kanallarının animasyon gösterimi

Şantiyede belirlenen sorunlar arasında gösterilen çatıdan gelen yağmur suyunun yağmur suyu bacasına aktarılması konusunda yağmur suyu bacasının daha yüksekte bulunması bir sorun oluşturmuştur. Bu sorun şekil 6.15’de görüldüğü gibi Revit programında kotları ile gösterilmiştir.



Şekil 6.16. Yağmur suyu borusu ile yağmur suyu bacasının kotlarının gösterimi

6.4 Danışmanlık Hizmetlerinde YBM Sisteminin Kullanılması ile İlgili Vaka Çalışması Bulgularının Değerlendirilmesi

İncelenen vaka çalışması sonucunda; şantiyede karşılaşılan tasarımdan kaynaklı ve hazırlanan tutanaklara göre belirlenen sorunlar binanın YBM sistemi yazılımları ile çizilerek görselleştirilmiştir. Bazı sorunlar ise YBM sisteminin kapsamı göz önüne alınarak karşılaşılan sorunun bu sistem ile nasıl çözüme ulaştırılacağı değerlendirilmiştir.

- Şekil 6.3’de gösterildiği gibi çatıdan gelen yağmur suyu borularının döküldüğü kot seviyesinin yağmur suyu bacasının kotundan daha düşük seviyede olması şekil 6.15’de YBM sistemi ile çizilen projede 3D olarak görselleştirilmiştir. Projede belirlenen kotlara göre tasarım aşamasında bu sorun görülüp revize edilmesi sağlanabilir.
- Projenin sözleşmesinde belirtilen malzemelerin sınıflandırılması ve kalitesi tam olarak belirtilmemiştir. Ancak YBM sistemi ile tasarlanan projede YBM

protokolleri, şartnameleri ve standartları hazırlanarak projenin kaliteli bir şekilde inşa edilmesi sağlanır.

- Mevcut bina projelerinde çöp bacası bulunmamaktadır. Ancak proje revize edilmeden çöp bacası şekil 6.5'te gösterildiği gibi sonradan eklenmiştir. YBM sistemi ile tasarlanan proje modeline çöp bacasının eklenmesi ile kolay bir şekilde revize edilmesi sağlanır.
- Binaların bodrum katında havalandırma kanalları ve diğer tesisat borularının yerleşiminde karşılaşılan sorunlar kapsamında çakışma analizi sonucunda pissu borularının kirişler ile çakışması YBM sistemi ile belirlenmiş ve görsel olarak şekil 6.11'de gösterilmiştir. Bu şekilde çakışma analizleri ile tasarım aşamasında farklı disiplinlerin tasarladığı projelerin birleştirilmesi ile inşaat aşamasında olası çakışmaların tasarım aşamasında belirlenerek çözülmesi sağlanır. Aynı zamanda YBM sistemi animasyonları ile görselleştirilerek bina inşa edildikten sonra nasıl görüneceği belirlenir.
- 29.09.2010 Tarih ve 27714 sayı ile resmî gazetede yayınlanan sığınak yönetmeliğine göre sığınakların iç yüksekliği net 2.40 m'den aşağı olamaz. Bina projesinde sığınakta yer alan havalandırma kanalları pissu borularının altında yerleştiği için sığınakın yüksekliğini düşürmektedir. Şekil 6.14'de gösterildiği gibi havalandırma kanalının yerden yüksekliği 1.915 m olarak görülmektedir. Buna göre YBM sistemi ile önceden belirlenen bu sorun tasarım aşamasında çözülerek inşa edilmesi sağlanır.
- YBM sisteminin 4D boyutu kullanılarak gerçekleştirilen iş programı kapsamında imalatların imalat sıralaması kontrol edilerek projenin bitiş zamanı önceden belirlenen plan doğrultusunda kontrol edilebilir.
- YBM sistemi ile tasarlanan projelerde 3D gösterimler ve animasyonlar ile projenin kontrolü kolaylaşır ve imalatlar kolaylıkla kontrol edilerek yanlış ve hatalı imalatların önüne geçilmiş olur. Böylelikle zaman ve maliyetten tasarruf sağlanabilir.
- Mevcut projede paslanmaz çelik baca, baca shaftına sığmadığı belirlenmiştir. YBM sistemi ile tasarlanan projede tasarım aşamasında bu sorun belirlenerek gerekli önlemlerin alınması sağlanır.
- Mevcut projede mermer kaplaması imalatı için getirilen mermerlerde, renk uyumsuzluğu ve seçilen numune malzeme ile aynı olmadığı imalata

başlandıktan sonra fark edilmiştir. YBM sistemi ile şartnamelerde belirlenen malzemeler modele eklenerek hangi imalat için hangi malzemelerden ne kadar gerektiği belirlenerek malzeme envanteri malzeme kontrolü kolaylıkla sağlanır.



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yapı üretimindeki YBM sisteminin kapsamının incelenmesi, bu sistemin danışmanlık hizmetlerindeki yeri ve uygulanabilirliğinin irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışma iki farklı şekilde ele alınmıştır. İlk olarak, YBM sisteminin danışmanlık hizmetlerindeki yeri ve uygulamadaki kapsamının belirlenmesi için, ülkemizdeki danışmanlık firmalarından anket yoluyla veri toplanması öngörülmüştür. İkinci olarak ise, YBM sisteminin uygulanabilirliği, faydaları ve zorluklarının belirlenmesi için, kullanılmayan ancak danışmanlık hizmeti verilen bir örnek proje ele alınmış, YBM sistemi kullanılarak çizilmiş ve inşaat devam ederken danışmanların karşılaştığı sorunlar belirlenerek YBM sistemi kapsamında irdelenmiştir. Bu kapsamda, bu bölümde, öncelikle sonuçlar ve sonra öneriler sunulmuştur.

7.1 Sonuçlar

Karşılıklı görüşmeler ve e-mail aracılığıyla ulaşılarak ülkemizde faaliyet gösteren ve inşaat sektöründe hizmet sunan 30 danışmanlık firmasına yapılan anketlerden elde edilen veriler ve YBM sistemi kullanılmayan ancak danışmanlık hizmeti verilen bir örnek proje analiz edilerek elde edilen bulgular 6. bölümde sunulmuştur. Bu analizler sonucunda elde edilen bulguların yorumlanmasıyla elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmektedir:

- Ülkemizde YBM sisteminin kullanımının pek yaygın olmadığı sonucuna varılmıştır. Örneğin YBM sistemi ile yapılan nadir projeler arasında Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey metro hattı, Adana Entegre Sağlık kampüsü, İstanbul 3. Havalimanı ve İstanbul Emaar Square gibi projeler bulunmaktadır. Yapılan araştırmaya göre ülkemizde YBM sisteminin kullanımı pek yaygın olmamasına rağmen az sayıda bulunan danışmanlık şirketlerinin çoğu YBM sistemini kullanmaktadır.
- YBM sistemini kullanmayan firmaların çoğu ise YBM sistemi hakkında yeterince bilgi sahibi olmadıkları belirlenmiştir.
- YBM sistemini kullanmayan firmalar YBM sistemine geçiş maliyetinin yüksek olmasından dolayı ve mevcut yazılımlar ile uyumsuzluk

yaşanmasından dolayı YBM sistemine geçmeyi düşünmedikleri sonucuna varılmıştır.

- Danışmanlık firmaları büyük çoğunlukla YBM sistemi kullanırken Revit ve Navisworks yazılımlarını kullandıkları belirlenmiş ve bu tez çalışmasında da Revit ve Navisworks yazılımları seçilerek vaka analizleri yapılmıştır.
- Yapılan vaka çalışmasında projede görevli danışman tarafından şantiyede karşılaştıkları sorunların birçoğu YBM sistemi ile tasarlanan projede tasarım aşamasında belirlenebileceği ve inşaat başlamadan önce yağmur suyu kotu ve kirli su gider borusunun çakışması gibi sorunların çözülebileceği anlaşılmıştır.
- Yapılan vaka çalışmasında, karşılaşılan imalat sıralaması uyulması ve takip edilebilmesi için YBM sisteminin danışmanlar açısından faydalı bir sistem olduğu belirlenmiştir.
- YBM sisteminin birçok faydası olmasına karşın danışmanlık firmaları tarafından bazı zorluklarıyla da karşılaşılmıştır. Bu zorluklar arasında ülkemizde YBM sistemi çok kullanılmadığı için bu konuda eğitilmiş eleman eksikliği öne çıkmıştır. Buna karşın YBM sistemi hakkında sektöre yönelik bazı danışmanlık firmaları tarafından yeterli düzeyde olmasa da eğitimler düzenlendiği belirlenmiştir.
- Yeterli düzeyde eğitimin olmaması ve YBM sisteminin çok kullanılmamasından dolayı YBM sisteminin ülkemiz inşaat sektöründe yeterince bilinmediği sonucuna varılmıştır.
- Ülkemizde YBM kültürünün olmaması bu sistemin en önemli zorlukları arasında yer almıştır.
- YBM sistemi, bir projede planlamadan yıkımına kadar tüm yaşam döngüsü boyunca uygulanmaktadır. Vaka çalışmasında da görüldüğü üzere projenin parametrik modellenmesi, 3 boyutlu görselinin oluşturulması ve çakışma analizi ile tasarım hatalarını azaltması YBM sisteminin tasarım aşamasında çok faydalı bir uygulama olduğunu göstermektedir.
- YBM sistemiyle projenin otomatik olarak hızlı bir şekilde metrajının ve maliyetinin hesaplanması ile yapım öncesi aşamasında ihale ve sözleşme hazırlanırken de danışmanlık hizmetleri açısından faydalı olduğu belirlenmiştir.

- YBM sisteminin en çok kullanıldığı ülkelerden olan ABD ve Birleşik Krallıkta danışmanlık hizmeti veren firmaların hepsi YBM sistemini kullanmakta ve faydalarından yararlanmaktadır. YBM sisteminin diğer ülkelerde hazırlanan mevzuat, standart ve şartnamelere göre danışmanlık hizmeti veren firmaların ya da danışmanların bu sistemin uygulandığı projelerdeki görevleri dikkate alınarak hazırlanan anket sonucunda elde edilen bulgulara göre, danışmanlık hizmetinde YBM sistemi kapsamında yapı üretimindeki danışmanın yaygın olarak belirlenen görevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;
 - YBM kapsamında proje teslim sistemini belirlemek ve uygulamak,
 - Proje boyunca YBM uygulamalarının doğru yapılmasını sağlamak,
 - Projenin tüm aşamaları için YBM ile ilgili proje prosedür kılavuzunu hazırlamak,
 - YBM modelini oluşturmayı ve geliştirmeyi sağlamak,
 - Tüm disiplinlerden gelen verileri birleştirerek modelin güncel kalmasını sağlamak,
 - İşveren ve diğer proje paydaşları arasındaki yapılacak sözleşmelerin hazırlanmasına yardımcı olmak,
 - YBM süreci kapsamında tüm paydaşlara eğitim verilmesini sağlamak,
 - Tasarım aşamasından yapım aşamasına eksiksiz geçişi sağlamak,
 - Projede yaşam döngüsü boyunca birlikte çalışabilirliği sağlamak,
 - Projede uygulanacak BIM standartlarını ve proje prosedür kılavuzunu açıklamak ve kabulü için toplantı yapmak,
 - Proje tamamlandığında BIM kapsamında tanımlanan modelin işverene eksiksiz geçmesini sağlamak,
 - BIM kapsamında tüm katılımcıların projeye proaktif katılımını sağlamak,
 - BIM kullanılarak tesis yönetiminde işverene/tesis yöneticisine yardımcı olmaktır.

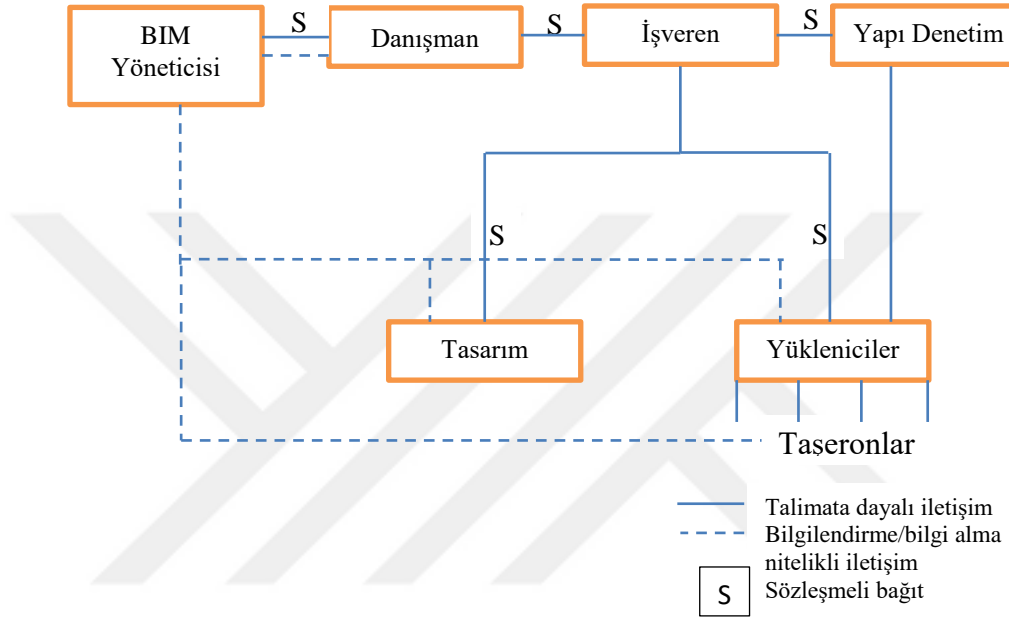
7.2 Öneriler

Gelişen teknoloji ile birlikte rekabetin artması ve bundan dolayı da karmaşık yapıların inşa edilmesi artmıştır. Bundan dolayı inşaat sektöründe diğer ülkelerde sıklıkla kullanılan YBM sisteminin danışmanlık firmaları tarafından kullanılması ve sağladığı

faydalar tez çalışması kapsamında belirlenmiş ve bu sistemin ülkemizde de sıklıkla kullanılmasına yönelik öneriler aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

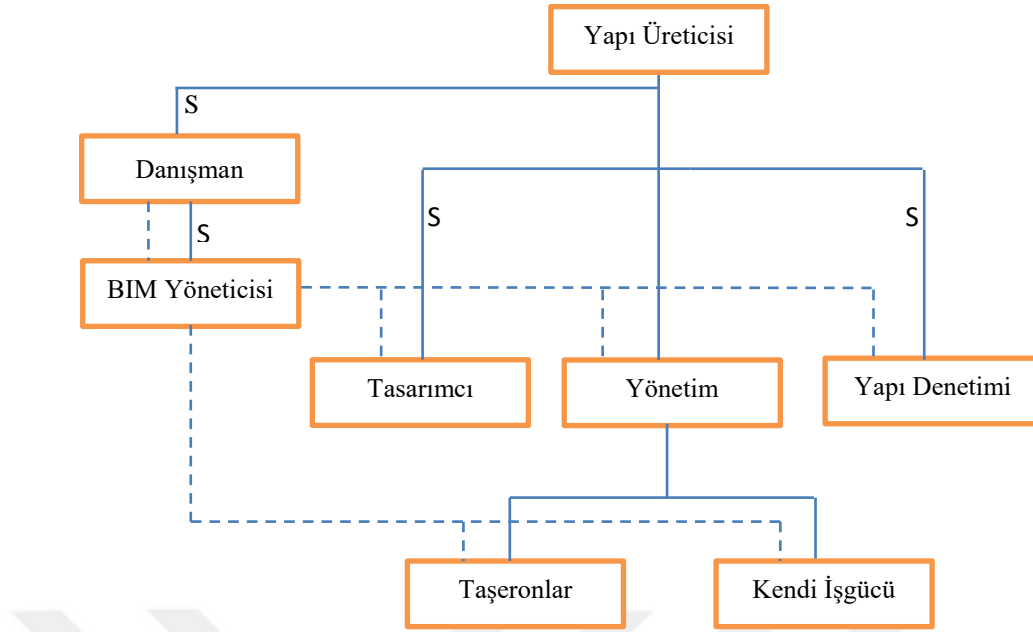
- Yapılan vaka çalışması kapsamında YBM yazılımlarının inşaat kalıp projelerinin tasarlanması ve kalıp uygulamasının kontrolü konusunda eksik olduğu ve bu konuda yazılımların geliştirilmesi,
- Tez çalışması kapsamında YBM sisteminin yapı üretiminde faydalı olduğu belirlenmiş ve ülkemizde de yalnızca büyük ölçekli projelerde değil tüm projelerde bu sistemin uygulanması ve yaygınlaşması,
- YBM sistemi hakkında bilgi sahibi olmayan işverenlere, müteahhitlere, mühendislere bu sistem hakkında bilgi verilmeli ve kurslar açılmalıdır. Böylece ülkemizde bu sistem konusunda bilgi sahibi insan kaynağı artmış olacaktır. Aynı zamanda YBM sisteminin kullanımının artması için en azından kamu projelerinde bu sistemin kullanılmasını devlet teşvik etmeli, hatta bazı gelişmiş ülkelerde olduğu gibi zorunlu hale getirilmesi,
- YBM sisteminin ülkemizde kullanılması için YBM sisteminin ülkemiz koşullarına uygun olacak şekilde mevzuat, şartnameler ve standartlar oluşturulması ve aynı zamanda sözleşmelere YBM sisteminin uygulanması ile ilgili konular eklenmesi.
- YBM olgunluk seviye stratejisi oluşturulması gerekmektedir. Yani YBM sistemi ile inşa edilecek projenin mevzuatlarda hangi olgunluk seviyesine kadar zorunlu tutulması ya da yapılması gerektiğinin belirtilmesi,
- Budak (2016) yaptığı tez çalışmasında danışmanın işveren organizasyondaki yeri kapsamında hazırladığı organizasyon şemalarına, YBM sistemi kullanılması durumunda oluşabilecek organizasyon şemalarının önerileri Şekil 7.1, şekil 7.2 ve şekil 7.3’de gösterilmiştir. Bu işveren organizasyon şemalarında ortak nokta olarak BIM yöneticisinin danışman ve diğer taraflar ile olan ilişkisi gösterilmektedir. Ancak, BIM yöneticisinin danışmanlık firması ile yapacağı sözleşmede konunun kapsamını detaylı olarak açıklaması ve BIM yöneticisinin inşaatı uygulayan taraflara YBM hakkında bilgilendirme/bilgi alma nitelikli iletişim ile inşaatın YBM sistemi ile sorunsuz uygulanmasını sağlaması gerekmektedir.

Şekil 7.1’de gösterilen arsasına yapı yaptıran işveren organizasyonunda işveren danışman, yapı denetim, tasarım ekibi ve yükleniciler ile sözleşmeli bağit yapmaktadır. Eğer bu yapı YBM sistemi ile inşa edilmek istenirse BIM yöneticisi danışmanla sözleşmeli bağit yaparak hem danışmanla hem de tasarım ekibi, yükleniciler ve taşeronlarla YBM sistemi konusunda bilgi verme nitelikli iletişim sağlayarak organizasyon şemasına eklenmesi önerilir.



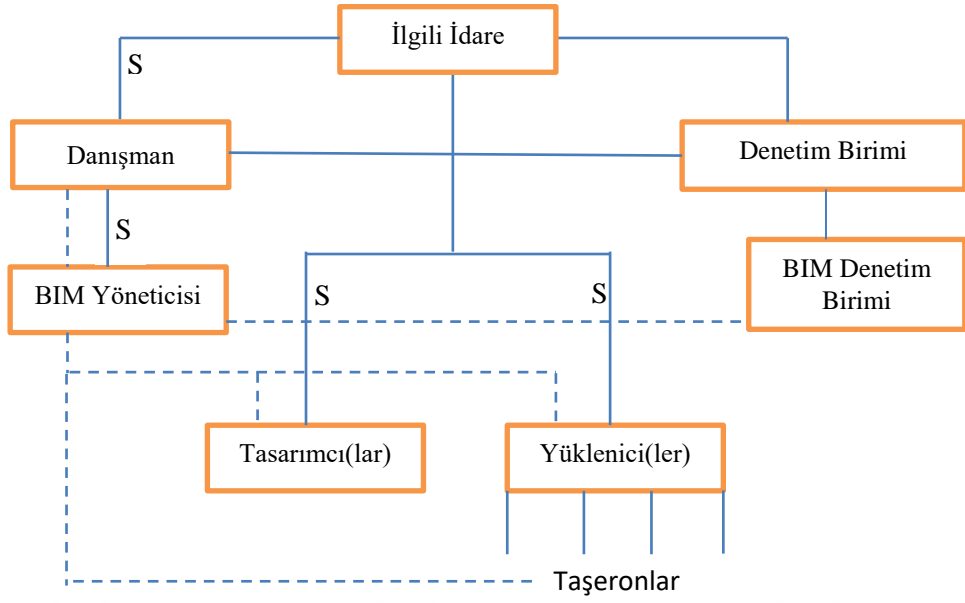
Şekil 7.1. YBM sistemi kullanarak arsasına yapı yaptıran konumundaki işveren organizasyonu

Şekil 7.2’de gösterilen organizasyon şemasına göre yap-sat veya sat-yap tipi inşaat yapan hem yüklenici hem de işveren konumundaki yapı üreticisi danışman, tasarımcı ve yapı denetimi ile sözleşmeli bağit yapmıştır. Aynı zamanda yönetim ile de talimata dayalı iletişim halindedir. Bu organizasyon şemasına YBM sistemi eklendiğinde BIM yöneticisi danışman ile hem sözleşmeli bağit hem de bilgilendirme nitelikli iletişim sağlamaktadır. BIM yöneticisinin aynı zamanda organizasyon şemasındaki tüm birimlerle bilgilendirme nitelikli iletişim halinde olması önerilmektedir.



Şekil 7.2. YBM sistemi kullanarak yap-sat veya sat-yap tipi inşaat yapan hem yüklenici hem de işveren konumundaki yapı üreticisi organizasyonu

Şekil 7.3'te YBM sistemi kullanarak yapılan kamu inşaat işlerinde danışmanın ve BIM yöneticisinin konumu gösterilmiştir. Bu şemada da BIM yöneticisi danışman ile sözleşmeli bağıt ve bilgilendirme nitelikli iletişim yaparak organizasyon şemasına eklenmiştir. Farklı olarak kamu denetim biriminde BIM denetim biriminin oluşturulması, kamu kurumlarında denetim biriminin BIM sistemine geçişini kolaylaştıracağı düşünülmektedir.



- Talimata dayalı iletişim
- - - Bilgilendirme/bilgi alma nitelikli iletişim
- S Sözlüsel bağit

Şekil 7.3. YBM sistemi kullanarak yapılan kamu inşaat işlerinde danışmanın ve BIM yöneticisinin konumu

KAYNAKLAR

- A.C.E., Building Information Modelling, An Introduction to Best Methods Approach, Arizona Board of Regents, USA, 2008.
- Akkoyunlu, T., Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 184, 2015.
- American Institute of Architects (AIA) California Council, Integrated Project Delivery: A Guide, 2007.
- Arayıcı, Y., Towards building information modelling for existing structures, Structural Survey, 26(3), 210-222, 2007.
- Azhar, S., Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, Leadership and Management in Engineering, 11(3), 241–252, 2011.
- Azhar, S., Brown, J., Farooqui, R., BIM-based Sustainability Analysis : An Evaluation of Building Performance Analysis Software, Proceedings of the 45th ASC Annual Conference, 1–4, University of Florida, Gainesville, June 2009.
- Azhar, S., Hein, M., Sketo, B., Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges, BIM-benefit measurement, 18(9), 11, 2007.
- Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood, T., Building information modelling (BIM): now and beyond. Construction Economics and Building, 12(4), 15–28, 2015
- Bargstädt, H. J., Challenges of BIM for construction site operations, Procedia Engineering, 117(1), 52–59, 2015.
- Barnes, P., Davies, N., BIM in Principle and in Practice 2nd Edition, One Great George Street, Westminster, London, 2014.
- Basu, A., 4D Scheduling – A Case Study. AACE International Transactions, PS.12, 1–6, 2007.
- Bedrick, J., Organizing the Development of a Building Information Model, AECbytes, 2008).
- Bergin, M. S., History of BIM. Erişim adresi: <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim/> , 2013.
- Broquetas, M., List of BIM Software & Providers. Erişim adresi: <http://www.cad-addict.com/2010/03/list-of-bim-software-providers.html>., 2010
- Bryde, D., Broquetas, M., Volm, J. M., The project benefits of Building Information

- Modelling (BIM), *International journal of project management*, 31(7), 971-980, 2014.
- Budak, A., İnşaat Proje Yönetiminde Danışmanlık Ve İşveren Temsilciliği Sisteminin Yeri, Önemi Ve Türkiye’de Uygulanabilirliğinin İrdelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 265, 2016.
- CRC Construction Innovation., *Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House*, Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia, (2007).
- Construction Management Association of America (CMAA), *Construction Management Standard of Practice*, Virginia., 2010.
- Czmoch, I., Pckala, A. Traditional Design versus BIM Based Design, *Procedia Engineering*, 91, 210–215, 2014.
- Dal, A., An Investigation on Some Benefits of BIM Application, Eastern Mediterranean University, Institute of Graduate Studies and Research, MSc. Thesis, 145, 2014.
- Darrington, J. Using a design-build contract for Lean Integrated Project Delivery, *Lean Construction Journal*, 85, 91, 2011.
- Dilsizoğlu Özperçin, G., *Integrated Project Delivery Method Using Bim To Support Of Sustainable Design And Construction*, Yıldız Technical University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, MSc. Thesis, İstanbul, 508, 2016.
- Dzambazova, T., Krygiel, E., Demchak, G., *Introducing Revit Architecture 2010 BIM For Beginners*, 2009.
- Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., McNiff, S., BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction*, 36, 145–151, 2013
- Eastman, C., Liston, K., Sacks, R., Liston, K., *BIM Handbook Paul Teicholz Rafael Sacks.*, 2008.
- Acs F., *Building Information Modelling Impacts and Opportunities for Land surveying and the Cadastre*. University of Tasmania, MSc. Thesis, Australia, 138, 2015
- Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™
National BIM Standard, Erişim tarihi: 27.02.2018, Erişim adresi:
<https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>,
- Gallaher, M. P., O’connor, A. C., Dettbarn, J. L., Gilday, L. T., *Cost Analysis of*

- Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry., No. Grant/Contract Reports (NISTGCR)-04-867. 2004.
- Ghassemi, R., Becerik-Gerber, B., Transitioning to Integrated Project Delivery: Potential barriers and lessons learned. *Lean Construction Journal*. 2011.
- Hardin, B., Mccool, D. BIM and Construction Management-Proven tools, methods, and workflows. Igarss, 2014.
- Harun, A. N., Samad, S. A., Nawi, M. N. M., Haron, N. A., Existing Practices of Building Information Modeling (BIM) Implementation in the Public Sector, *International Journal of Supply Chain Management*, 5(4), 166-177.5(4), 2016.
- Hergunsel, M. F. Benefits Of Building Information Modeling For Construction Managers And Bim Based Scheduling, Worcester Polytechnic Institute, MSc. Thesis, 89, 2011.
- Ismael, S. F., Isik, Z., 5D BIM Based Construction Quality Lifecycle Inspection Model. *Tamap Journal of Engineering*, 12(1), 37–42, 2017.
- ISO 16739:2013- Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Erişim tarihi: 21 Mart 2018, Erişim adresi: <https://www.iso.org/standard/51622.html>.
- Jiang, X. (2011). Developments in cost estimating and scheduling in BIM technology, Northeastern University, PhD. Thesis, 2011.
- Kensek, K. M., Noble, D. E., Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice. *Journal of Chemical Information and Modeling*, John Wiley & Sons, 2014
- Kıvırcık, İ. An Investigation Into The Building Information Modeling Applications In The Construction Project Management, Istanbul Technical University Graduate School Of Science Engineering And Technology, MSc. Thesis, İstanbul, 2016.
- Kopuz, B., İnşaat Projelerinde Etkin Bir BIM Uygulaması İçin Katılımcılar Arasındaki BIM Protokollerinin İncelenmesi Ve Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 113, 2015.
- Ku, K., Taiebat, M., BIM Experiences and Expectations: The Constructors' Perspective, *International Journal of Construction Education and Research*, 7(3), 175-197, 2011
- Leite, F., Akcamete, A., Akinci, B., Atasoy, G., Kiziltas, S., Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models.

- Automation in Construction, 20(5), 601–609, 2011
- Level Of Development Specification 2017, Erişim adresi: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Part-I-2017-11-07-1.pdf>
- Level Of Development Specification Guide 2017. Erişim adresi: www.bimforum.org/lod
- McGraw-Hill Construction 2012, The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings. Erişim adresi: <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2012/12/MHC-Business-Value-of-BIM-in-North-America-2007-2012-SMR.pdf>
- Muratoğlu, H. (2015). BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıklar Üzerine Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 123, 2015.
- National Building Information Modelling Initiative Volume 1: Strategy. (2012). Erişim tarihi: http://buildingsmart.org.au/wp-content/uploads/2014/03/NationalBIMInitiativeReport_6June2012.pdf
- Nicał, A. K., Wodyński, W., Enhancing Facility Management through BIM 6D, Procedia Engineering, 164(164), 299–306, 2016
- Öz Döşer, A. M., Integration Of BIM To Facility Management, Mimar Sinan Fine Arts University Institute Of Science And Technology, MSc. Thesis, İstanbul, 92, 2016.
- Özorhon, B., Yapı Bilgi Modellemesi İBB Anadolu Yakası Raylı Sistem Projeleri, Abaküs, 2018.
- Perera, S., Eadie, R., Drivers for electronic procurement and building information modelling in the construction industry. Advances in Construction ICT and e-Business. Routledge, 65-86, 2017.
- Porwal, A., Hewage, K. N., Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. Automation in Construction, 31, 204–214, 2013.
- Salah, F. (2014). Investigation Of Strengths And Weaknesses Of 4D BIM Software Applications In Managing Construction Projects. University Of Gaziantep Graduate School Of Natural & Applied Sciences, MSc. Thesis, Gaziantep, 94, 2014.
- Shane, J. S., Gransberg, D. D., Contractual Coordination of the Design Contract with

- the Construction Manager-at-Risk Preconstruction Service Contract, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, (2151), 55–59, 2010
- Sinclair, D. (2012), BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work. Erişim adresi: www.ribaenterprises.com
- Smith, D. K., Tardiff, M., Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers, John Wiley & Sons, 2009
- Smith, P., BIM & the 5D Project Cost Manager, Procedia-Social and Behavioral Sciences 119, 475-484, 2014.
- Teicholz, PBIM for Facility Managers. New Jersey, U.S.: John Wiley & Sons, 2013.
- TürkMMMB, Türk Müşavir Mühendisler Ve Mimarlar Birliği Derneği Tüzüğü, TürkMMMB, Ankara, 2014.
- Turk, Z., Ten questions concerning building information modelling, Building and Environment, 107, 274-284, 2016.
- Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F., Building Information Modeling (BIM) for existing buildings- Literature review and future needs. Automation in Construction, 38, 109–127, 2014.
- Wang, B., Li, H., Rezgui, Y., Bradley, A., Ong, H. N., BIM based virtual environment for fire emergency evacuation, The Scientific World Journal, 2014,
- Xu, J., Research on Application of BIM 5D Technology in Central Grand Project, Procedia engineering, 174, 600-610, 2016.
- Yalcinkaya, M., Arditi, D., Building Information Modeling (BIM) and the Construction Management Body of Knowledge, In IFIP International Conference on Product Lifecycle Management, Berlin, Heidelberg, 619–629, 2013.
- Yöndem, F., Kamu Yapım İşi İhalelerinde Tasarımdan Kaynaklanan Problemlerin Yapı Bilgi Modellemesi İle İhale Öncesinde Belirlenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 96, 2017
- Zeng, X., Tan, J., Building information modeling based on intelligent parametric technology. Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China, 1(3), 367–370, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : İbrahim KARATAŞ
2. Doğum Tarihi : 01.06.1993
3. Ünvanı : Arş. Gör.
4. Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	İnşaat Müh.	İstanbul Üni.	2015
Yüksek Lisans	İnşaat Müh.	Osmaniye Korkut Ata Üni	2018

5. Akademik Ünvanlar:

Görevi	Bölümü	Kurumu	Yıl
Arş. Gör.	İnşaat Müh.	Osmaniye Korkut Ata Üni	2017

6. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
		XXXX

7. Yayınlar:

8. Yazılan uluslar arası kitaplar veya kitaplarda bölümler:

9. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

10. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler:

11. Diğer yayınlar:

12. Projeler:

13. Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler:

14. Ödüller: