

**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

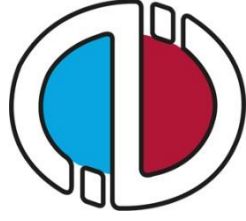
**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**KONUT PROJELERİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ
KULLANIMI: ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI**

**Hakan ALAT
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Serkan KIVRAK**

**BİLECİK, 2019
Ref. No:10314905**



**ESKİŞEHİR
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ**



**BİLECİK
ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ**

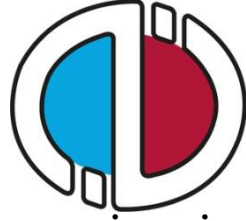
**Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**KONUT PROJELERİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ
KULLANIMI: ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI**

**Hakan ALAT
Yüksek Lisans**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Serkan KIVRAK**

BİLECİK, 2019



**ESKİŞEHİR
ANADOLU UNIVERSITY**



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ
BİLECİK
ŞEYH EDEBALI UNIVERSITY**

**Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering**

**USING BUILDING INFORMATION MODELLING IN
HOUSING PROJECTS: CASE STUDY**

**Hakan ALAT
Master's Thesis**

**Thesis Advisor
Assoc. Prof. Dr. Serkan KIVRAK**

BİLECİK, 2019



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 13/11/2019 tarih ve 69-01 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 29/11/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan **Hakan ALAT**'ın "**Konut Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı: Örnek Vaka Çalışması**" başlıklı tez çalışması İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

TEZ DANIŞMANI :

Doç. Dr. Serkan KIVRAK

ÜYE :

Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ

ÜYE :

Dr. Öğr. Üyesi Burak GÖRGÜN

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun / / tarih ve / sayılı kararı.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince verdiği destek ve Yapı Bilgi Modellemesi gibi önemli bu konuya beni yönlendirdiği için Tez Danıőmanım Doç. Dr. Sayın Serkan Kıvrak' a.

Her zaman yanımda olan, beni yetiőtiren ve desteklerini esirgemeyen Annem Ayőe Alat' a, Babam Mehmet Alat' a ve Kardeőlerim Salih ve Gökhan Alat' a

Akademik çalıőmamda destekleri ve sabırları için eőim Menekőe Alat' a, Ođlum Mehmet Egemen ve Kızım Almila Alat 'a

Destekleri ve teőviklerinden ötürü Babam Ramazan Aydın ve Annem Fatma Aydın' a en içten teőekkürlerimi sunarım.

BEYANNAME

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tez içindeki tüm verileri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun olarak sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu Üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

...../...../ 2019

Hakan ALAT

KONUT PROJELERİNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ KULLANIMI: ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI

ÖZET

Dünyada ve ülkemizde inşaat sektörü ekonomi açısından lokomotif sektörlerin başında yer almaktadır. İnşaat sektörü kendisine direkt olarak bağlı yaklaşık 250 ana alt kalem ile ülke kalkınmasında ve Gayri Safi Milli Hasılda önemli bir yere sahiptir. Ayrıca iş gücü istihdamı açısından da inşaat sektörü oldukça büyük paya sahiptir. Bununla birlikte kentleşme oranı arttıkça barınma, sosyal yaşam, ticari alanların ihtiyacı da hızla artmaktadır. Bu ihtiyaca yönelik yapıların inşası devam ederken emniyet, estetik ve ekonomiklik optimizasyonuna bağlı olarak maliyet analizleri hem yatırımcı hem de kullanıcı açısından önem arz etmektedir. Bu sebeple yapıların projelendirme aşamasında statik değerlendirmenin yanında inşa sürecini de içine alacak şekilde modellemelerin yapılması imalat sürecinde yaşanabilecek sorunların minimize edilmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda gelişen bilgisayar teknolojisine bağlı olarak “Yapı Bilgi Modellemesi” (YBM) kavramı ön plana çıkmaktadır. Bir yapı projesi genel olarak mimari, statik, mekanik, elektrik projelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) kavramının ana teması, bu proje kalemlerinin çakışan noktalarının daha detaylı incelenmesine olanak sağlamak için ortak bir alanda ayrıca modellenmesi üzerine dayanmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi kavramı sadece bilgisayar ortamında yapının her yönüyle modellemesini değil, tüm proje ve uygulama paydaşlarının da sistem üzerinde ortak bir değerlendirme yapma fırsatını sunmaktadır. Dolayısıyla yapı bilgi modellemesi genel olarak bir süreci ifade etmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, Kayseri İli, İncesu İlçesi, TOKİ Saraycık Konutlarının yapı bilgi modellemesi yaklaşımı ile projelendirilmesi yapılmıştır. Çakışma kontrolleri de yapılan örnek blok da yapı bilgi modellemesi süreci ile sistemin daha ekonomik ve daha hızlı yapılabilirliği araştırılmıştır. Tez çalışması ile yeni tasarlanan projelerde yapı bilgi modellemesi yönteminin kullanılmasının verimlilik ve maliyetler açısından önemi ortaya konulmuştur. Bu yöntemin mimar, mühendis, yüklenici ve yatırımcılar açısından farkındalık oluşturması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Sektörü, Konut Tipi Yapılar, Toplu Konut Projeleri, Yapı Bilgi Modellemesi, 3 Boyutlu Modelleme.

**USING BUILDING INFORMATION MODELLING IN HOUSING PROJECTS:
CASE STUDY
ABSTRACT**

The construction sector in the world and in our country is at the head of the locomotive sectors in terms of economy. The construction sector has been an important role in the country's development and Gross National Product with approximately 250 main sub-items directly connected to it. In addition, the construction sector has a significant share in terms of labor force employment. However, as urbanization rate increases, the need for housing, social life and commercial areas increases rapidly. Cost analysis is important for both investor and user depending on safety, aesthetics and economic optimization while constructing structures for this need continues. For this reason, modeling of the structures in the project planning stage including the static assessment with time planning will also minimize the problems that may occur during the manufacturing process. In this context, the concept of "Building Information Modeling" (BIM) comes to the fore due to the developing computer technology. A building project generally consists of a combination of architectural, static, mechanical, and electrical projects. The main theme of the BIM concept is based on the separated modeling of these projects items in a common area to allow a more detailed examination of the intersection points. The concept of Building Information Modeling offers not only the modeling of all aspects of construction in the computer environment, but also the opportunity for all project and application stakeholders to make a common assessment on the system. Therefore, structure information modeling generally refers to a process. Within the scope of this thesis, the project was designed with the building information modeling approach of Kayseri, İncesu, TOKI Saraycık Houses. In the sample structure, where the clash detection was made, the structure information modeling process was investigated for more economical and faster feasibility of the system. In this thesis, the importance of using the method of building information modeling in terms of efficiency and costs has been demonstrated. This method is intended to create awareness for architects, engineers, contractors and investors.

Keywords: Construction Sector, Housing Type Structures, Mass Housing Projects, Building Information Modeling, 3D Modeling.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR	
BEYANNAME	
ÖZET	I
ABSTRACT	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	4
1.2. Çalışmanın Yöntemi	5
2. YBM KAVRAMI (BUILDING INFORMATION MODELLING-BIM)	7
2.1. Yapı Bilgi Modellemesine Giriş	7
2.2. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Tanımı	8
2.3. Yapı Bilgi Modellemesinin ve Bilgisayar Destekli Tasarımın Tarihsel Gelişimi	9
2.4. YBM LOD Kavramı	12
2.5. YBM'in Olgunluk Seviyeleri ve nD Kavramı	15
2.6. YBM'ye Yönelik Literatür Çalışmaları	19
2.6.1. YBM'nin İnşaat Sektörüne Katkıları	19
2.6.2. YBM'ye Yönelik Uluslararası Çalışmalar	22
2.6.3. YBM'ye Yönelik Ulusal Çalışmalar	28
2.6.4. YBM'nin Sahada Kullanımına Yönelik Örnek Uygulamalar	34
3.YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN KONUTLARDA KULLANIMI	43
3.1. Türkiye'de Toplu Konut Uygulamaları Hakkında Genel Bilgiler	43
3.2. Toplu Konut Uygulamalarında Verimliliği Etkileyen Problemler	45
3.3. Toplu Konut Uygulamaları ve YBM	46
4. ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI: KAYSERİ İNCESU SARAYCIK TOKİ TOPLU KONUTLARI	55
4.1. Saraycık TOKİ Toplu Konutları	55

4.2. Saraycık TOKİ Toplu Konutları ve YBM	58
4.3. Saraycık TOKİ Konutları Örnek Yapı Bilgi Modeli	59
4.4. Yapı Bilgi Modellemesinde Autodesk Revit Yazılımı	62
4.5. Saraycık Toplu Konutları B1 Tip Blok Revit Modeli	70
4.6. Navisworks Yazılımı	76
5. BULGULAR ve DEĞERLENDİRMELER.....	78
5.1. Örnek Vaka Revit Modeli Bulguları.....	78
5.1.1. Yapı Bilgi Modellemesinde Yazılımın Sunduğu Kolaylıklar.....	78
5.1.2. Örnek Vaka Modeline Özel Değerlendirmeler	79
5.2. Navisworks Çakışma Analizi Bulguları	84
5.3. Yapı Bilgi Modellemesine Yönelik Değerlendirmeler	91
5.3.1. Toplu Konut Projelerinde YBM Kullanımının Avantajları	91
5.3.2. Toplu Konut Projelerinde YBM Kullanımının Zorlukları.....	93
5.4. YBM Yöneticisi Görev ve Sorumlulukları	94
5.4.1. YBM Çalışanı Sorumlulukları	94
6. SONUÇLAR	96
KAYNAKLAR	98
ÖZ GEÇMİŞ.....

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İnşaat Verimlilik İndeksi	1
Şekil 1.2.	Parasal İndekse Dayalı Verimlilik Değişimi II	1
Şekil 1.3.	Saraycık TOKİ Konutları	5
Şekil 2.1.	Yapı yaşam döngüsü ve bütünleşmiş tasarım süreci.	8
Şekil 2.2.	CAD yazılımlarından önce mimarların çalışması.	10
Şekil 2.3.	Ivan Surtherland'ın Sketchpad Uygulaması	10
Şekil 2.4.	LOD Seviyeleri ve Anlamları.....	13
Şekil 2.5.	LOD Seviyelerinin Görselleştirilmesi	14
Şekil 2.6.	nD Seviyeleri	15
Şekil 2.7.	YBM olgunluk diyagramı.	18
Şekil 2.8.	Uzun vadeli YBM avantajları.....	20
Şekil 2.9.	Kısa vadeli YBM avantajları.	21
Şekil 2.10.	YBM Uygulanmış Otel Yapısı	23
Şekil 2.11.	Geleneksel ve BIM Uygulanmış Tasarım Karşılaştırması.	24
Şekil 2.12.	BIM Yöntemi İle Yapı Maliyet Optimizasyonu.....	24
Şekil 2.13.	Mimari Modelleme.....	27
Şekil 2.14.	Tamamlanmış BIM Modeli.	27
Şekil 2.15.	MacLeamy Eğrisi.	31
Şekil 2.16.	Abdullah Gül Cumhurbaşkanlığı Müzesi ve Kütüphanesi.....	35
Şekil 2.17.	Yapı BIM Modeli	35
Şekil 2.18.	1000 Hektarlık Alana Ait 3D BIM Modeli	36
Şekil 2.19.	One Nine Elms Yapısı Modeli	36
Şekil 2.20.	Soğutma Tesisi	37
Şekil 2.21.	Konut BIM Modeli	37
Şekil 2.22.	Plaza BIM Modeli	38
Şekil 2.23.	Plaza İmalat Aşaması	38
Şekil 2.24.	İş Merkezi BIM Modeli.....	38
Şekil 2.25.	İş Merkezi BIM Plan Modeli.....	39
Şekil 2.26.	İş Merkezi Görünümü	39
Şekil 2.27.	İş Merkezi BIM Modelleri	40
Şekil 2.28.	İş Merkezi BIM Modelleri	41

Şekil 2.29.	İş Merkezi Mekanik Tesisat BIM Modeli	41
Şekil 2.30.	İstanbul Havalimanı	42
Şekil 2.31.	İstanbul Havalimanı	42
Şekil 3.1.	TOKİ faaliyetleri	44
Şekil 3.2.	Safranbolu Yöresi TOKİ konutları	45
Şekil 3.3.	Rize Yöresi TOKİ konutları	45
Şekil 3.4.	Toplu konut tünel kalıp uygulaması	47
Şekil 3.5.	Elektrik ve mimari projelerdeki uyumsuzluklar.....	48
Şekil 3.6.	Lavabo ve kapı çakışmasına özel bir konuttan örnek.....	49
Şekil 3.7.	Peyzaj düzeni ile birlikte modellemiş bir yapı	50
Şekil 3.8.	BIM modelinde yolların görünümü	51
Şekil 3.9.	BIM modelinde kule vinç görünümü	51
Şekil 3.11.	İmalatın BIM İle Denetimi	53
Şekil 4.1.	Saraycık TOKİ Konutları	55
Şekil 4.2.	Saraycık TOKİ Konutları Bloklardan Görünüm	56
Şekil 4.3.	Saraycık TOKİ Konutları Plan Görünümü.....	56
Şekil 4.4.	Saraycık TOKİ Konutları Çevre Düzenlemesi Görünümü	57
Şekil 4.5.	Saraycık TOKİ Konutları Çevre Düzenlemesi Görünümü	57
Şekil 4.6.	Sahada Karşılaşılan Bir Problem	59
Şekil 4.7.	2D Mimari Proje	60
Şekil 4.8.	2D Statik Proje	60
Şekil 4.9.	2D Elektrik Projesi	61
Şekil 4.10.	2D Mekanik Projesi	61
Şekil 4.11.	Autodesk Revit Açılış Ekranı	62
Şekil 4.12.	Autodesk Revit Kullanıcı Ara Yüzü	62
Şekil 4.13.	Revit Yeni Proje	63
Şekil 4.14.	Revit Yeni Proje Ölçü Birimi Seçimi	63
Şekil 4.15.	Revit Yeni Proje Mimari Ara Yüzü	64
Şekil 4.16.	Revit programına 2D çizim transferi.....	64
Şekil 4.17.	Revit programına 2D çizim görünümü	65
Şekil 4.18.	Revit programına aks tanımlama	65
Şekil 4.19.	Revit programına kolon, kiriş ve döşeme tanımlama	66

Şekil 4.20.	Revit programında iki katlı yapı taşıyıcı sistem modeli	66
Şekil 4.21.	Revit programında iki katlı yapı temel tanımı	67
Şekil 4.22.	Revit programında duvarların tanımı	67
Şekil 4.24.	Revit programında mimari detay tanımı gerçekçi model	68
Şekil 4.25.	Revit programında çatı tanımı gerçekçi model görünümü.....	69
Şekil 4.26.	Revit programında klima ve elektrik sistemi görünümü	70
Şekil 4.27.	Yapı kat planları	70
Şekil 4.28.	Yapı kat planları görünümü	71
Şekil 4.29.	Tünel kalıp sistem (betonarme elemanlar) Revit modeli	72
Şekil 4.30.	Tünel kalıp sistem imalat görünümü	72
Şekil 4.31.	Saraycık Toplu Konutları Revit Modeli	73
Şekil 4.32.	Saraycık Toplu Konutları Bitmiş Yapı Görünümü	73
Şekil 4.33.	Arazi topografyası tanımlanmış model	74
Şekil 4.34.	İleri gerçekçi model görünümü	74
Şekil 4.35.	Revit duvar katman tanımı	75
Şekil 4.36.	Revit elektrik projesi tanımı	75
Şekil 4.37.	Revit mekanik projesi tanımı	76
Şekil 4.38.	Navisworks yazılımı	76
Şekil 4.39.	Navisworks yazılımı çakışma analizi	77
Şekil 4.40.	Navisworks yazılımı animasyon	77
Şekil 5.1.	Statik perdenin yanlış konumlandırılması.....	79
Şekil 5.2.	YBM perde duvar beton metraj.....	80
Şekil 5.3.	YBM Modeli ile gerçek durumunda kıyaslanması.....	81
Şekil 5.4.	YBM Modeli kapı metrajı	82
Şekil 5.5.	YBM Modeli arazi kotları).....	83
Şekil 5.6.	Kazan dairesi girişinde yapılmayan rampa	83
Şekil 5.7.	Çakışma 1	85
Şekil 5.8.	Çakışma 2	86
Şekil 5.9.	Çakışma 3	86
Şekil 5.10.	Çakışma 4	87
Şekil 5.11.	Çakışma 5.....	87
Şekil 5.12.	Çakışma 5 İmalat Aşaması.....	88

Şekil 5.13.	Çakışma 6 Detay	88
Şekil 5.14.	Çakışma 6	89
Şekil 5.15.	Geleneksel Projelendirmede Görülemeyen Çakışma	89
Şekil 5.16.	Çakışma 6 İçin Yerinde Çözüm Detayı.....	90

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa No**

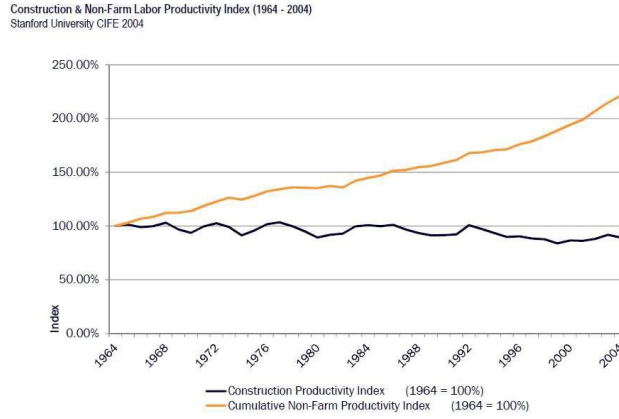
Çizelge 2.1. Yapı Bilgi Modellemesi Tanımları	9
--	----------

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

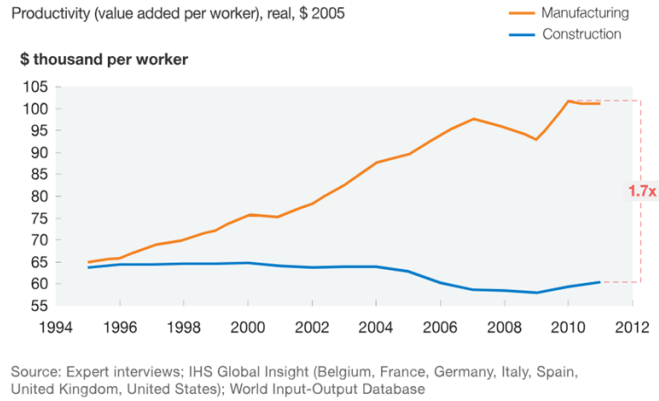
YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
BIM	: Building Information Modelling
CAD	: Computer Aided Design
İGA	: İstanbul Grand Airport
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi Başkanlığı
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UBUP	: Ulusal BIM Uygulama Planı
LOD	: Level of Development
BDS	: Building Description
AIA	: The American Institute of Architects
İMSAD	: İnşaat Malzemecileri Sanayicileri Derneği

1.GİRİŞ

Son on yılda ülkemizde birçok yapı inşasının tamamlanmasının yanında, yapılaşma ihtiyacının sürekliliğine bağlı olarak yeni projeler sunulmakta ve imalatlar hızla devam etmektedir. Buna bağlı olarak yapı sektöründe teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Yapı sektörü her ne kadar son yıllardaki süreçte imalat seyri ve malzeme çeşitliliği açısından teknolojik olarak gelişimini sürdürse de, yapı sektörü dışındaki alanlarla karşılaştırıldığı zaman sabit bir seyir izlediği görülmektedir (Şekil 1.1). 1990' lı yıllardan bu zamana inşaat dışı ticari sektörlerde verimlilik iki katına çıkarken yapı sektöründeki verimlilik oranlarında eski yıllara göre bir değişim gözlenmemiştir (Öktem, 2017). Ayrıca başka bir kaynakta parasal ölçüte dayanan sektörel bazda verimlilik değişimi Şekil 1.2 'de görülmektedir (BIMgenius, 2018).



Şekil 1.1. İnşaat Verimlilik İndeksi (Öktem, 2017)



Şekil 1.2. Parasal İndekse Dayalı Verimlilik Değişimi (BIMgenius, 2018)

Genel olarak verimliliği etkileyen faktörler malzeme, emek, yönetim, mühendislik, yapım teknikleri, ekipmanlar, sözleşme, ve yazılımlardan faydalanma olarak çeşitlendirilmektedir (Kuruoğlu vd., 2012). Yapı sektöründeki verimlilik oranlarının teknolojinin gelişimine rağmen sabit bir seyirde kalması proje ve imalat sürecindeki detayların irdelenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bir yapının ortaya çıkması süreci genel olarak proje ve imalat aşamaları şeklinde sınıflandırılabilir. Proje aşamasındaki tüm detaylar imalat hızını direkt olarak etkilemektedir. Bu kapsamda iyi projelendirilmemiş bir yapının imalat sürecinde ciddi aksaklıklar meydana gelebilmektedir. Bu aksaklıklar verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir. Çünkü verimliliği etkileyen faktörlerden mühendislik ve yazılımlardan faydalanma proje aşamasını ilgilendiren maddelerdir. Bununla birlikte projelendirme aşaması da farklı alt aşamalardan oluşmaktadır. Projelendirme süreci inşaat mühendisliği, mimarlık, elektrik mühendisliği, makine mühendisliği, harita mühendisliği, jeoloji mühendisliği gibi birçok branşın ortak çalışmasından oluşmaktadır. Yapının imalat aşaması ise verimliliği etkileyen faktörler ile malzeme, emek, yönetim, yapım teknikleri, ekipmanlar, sözleşme ile direkt olarak ilgilidir. Ancak bu faktörlerden malzeme, yapım teknikleri, kullanılacak ekipmanların belirlenmesi de projelendirme sürecinin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu durum projelendirme sürecinin önemini ortaya koymaktadır. Titizlikle projelendirilmiş bir yapının özenle uygulanması yapısal verimliliği oldukça arttıracaktır.

Bir yapının projelendirme süreci mimari projenin hazırlanması ile başlamaktadır. Statik hesabını yapan inşaat mühendisi emniyet, ekonomi ve estetik kriterlerini dikkate alarak mimarın hazırladığı projenin taşıyıcı sistemini düzenlemektedir. Bu aşamaya elektrik ve makine mühendisleri de dahil olarak mekanik ile elektrik projeleri ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla projelendirme aşaması dört ana kalemden oluşmaktadır. Bu projeler ortaya çıkarken yapının imalat süreci de belirginleşmektedir. Genellikle projelendirme aşamasında her meslek grubu kendi projesi üzerinde yoğunlaşmakta diğer proje paydaşlarının kendi projesi ile çakışan noktalarına dikkat etmemektedir ve bu durum ancak imalat aşamasına gelindiğinde fark edilmektedir. Bazı durumlarda projelendirme sürecinin en başa dönülmesi dahi yaşanmaktadır. Ruhsat süreçleri de göz önüne alındığında bu durum teknik eleman, yüklenici ve yatırımcı açısından maddi ve zaman kayıplarına neden olmaktadır. Dolayısıyla projelendirme sürecinde bu dört ana meslek grubunun, yüklenicinin ve yatırımcının ortak bir platformda süreci izlemesi

ortaya çıkabilecek problemlerin minimize edilmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda “Yapı Bilgi Modellemesi” (YBM) ihtiyacı tam da bu noktada ortaya çıkmaktadır.

Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisi günümüzde inşaat sektöründeki verimliliği arttırmanın en efektif yoludur. Çünkü yapı bilgi modellemesi ile imalat sürecinin tüm detayları en gerçekçi 3 boyutlu modeller ile oluşturulmakta ve bu modeller üzerinde tüm proje katılımcılarına ortak bir alanda çalışma ve değerlendirme imkanı ortaya çıkmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi süreci genel olarak başlıca yedi aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- 2D Modelleme,
- 3D Modelleme,
- Çakışmaların Tespit ve Analizleri,
- Proje Paydaşları İle Koordinasyon,
- Koordinasyon Sonucuna Bağlı Modelin Güncellenmesi,
- Modele Süre ve Metraj Parametrelerinin Eklenmesi (5D Modelleme),
- İnşaat Sürecinin Başlaması,

şeklindedir. Bu süreçte ilk olarak yapının 2D projeleri YBM için özelleşmiş yazılımlar vasıtasıyla 3D modellere dönüştürülmektedir. Eş zamanlı olarak YBM yöneticisinin gözetiminde proje katılımcıları ortak bir alana davet edilmektedir. Bu ortak alanda 3D YBM modeli üzerindeki çakışmalar tespit edilerek gerekli olan düzeltmeler ilgili proje paydaşına bildirilmektedir. Düzeltmelere ilişkin geri dönüşler alındıktan sonra YBM modeli güncellenerek tekrar tüm katılımcıların değerlendirmesine sunulmaktadır. YMB modelleme sürecinde son yıllarda iş programı, süre ve maliyetlerde modele eklenerek 5D modeller oluşturulmaktadır. Sonuç olarak tüm yapım süreci detayları, metrajlar, iş programı ve maliyet analizleri kolay erişilebilir şekilde ortaya çıkmaktadır. İnşaat sürecine başlamadan önce YBM modeli ve detayları YBM yöneticisi tarafından yüklenici ve yatırımcıya sunulmaktadır. Yüklenici ve yatırımcının yapısı ile ilgili gerçeğe en yakın maliyet ve süreçlere ilişkin bilgilendirilmesinin ardından yapım süreci başlamaktadır. Bu sayede tüm detayları ortaya çıkartılarak ve değerlendirilerek inşaat sürecindeki aksaklıklar en düşük seviyede kalmaktadır. Bu durumda inşaat verimlilik oranını oldukça yükseltmektedir. Teknolojinin ve yazılımların hızla geliştiği günümüzde YBM’ nin (Yapı Bilgi Modelleme) kullanımı konut düzeyinde yaygın olmamakla birlikte farkındalığı ve önemi her geçen gün artmaktadır. Önümüzdeki

yıllarda ekonomik parametrelerin daha da önem kazanmasıyla birlikte konut düzeyinde de YBM' nin kullanımının yaygınlaşacağı hatta kamu yapılarında tamamıyla zorunlu hale geleceği görülmektedir.

1.1.Çalışmanın Amacı

Günümüzde Yapı Bilgi Modelleme (YBM) sürecinin yaygınlaşması, kamu yapılarında kullanılmaya başlanması ve standart konut yapılarında da uygulanabileceğinden hareketle bu tez çalışmasında bu yöntemin detaylı araştırılması ve örnek bir uygulama ile incelenmesi yapılmıştır.

Büyük Ölçekli Konut Projelerinde proje paydaşları arasında ve uygulayıcılar arasında ki uyum maliyet ve süre bakımından büyük önem arz etmektedir. Tünel kalıp projelerinde bilindiği üzere farklı disiplinlere bağlı olarak kalıp ve kule vinç sayısının arttırılması ile kaba inşaat hızı arttırılabilmekte, yapılacak bir hatanın telafisi maliyet ve işçilik giderleri açısından azımsanmayacak derecede önem arz etmektedir. Bu süreçte, Yapı Bilgi Modellemesi farklı disiplinlerin ve proje paydaşlarının ortak bir noktada çalışmasına olanak tanıyan yapısı ile yarattığı farklar incelenecek, Yapı Bilgi Modellemesinin konut projelerinde dünyadaki kullanımı ve ülkemizde Konut Projelerinde kullanımı ile sağlayacağı faydaları irdelenmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında YBM yöntemine ilişkin detaylı literatür taraması yapılmıştır. Yöntemin aşamaları, günümüze kadar hangi tür yapılarda uygulandığı, verimliliğe yönelik avantajları varsa dezavantajları tespit edilmiştir. Tez çalışması kapsamında YBM yöntemine yönelik tüm modelleme yaklaşımlarına aşamalarla yer verilmiştir. Bununla birlikte Kayseri İli, İncesu İlçesi sınırlarında bulunan YBM uygulanmamış Saraycık TOKİ Konutları örnek uygulama seçilerek, yöntem ile bir adet bloğun modellemesi yapılmıştır. Modellemede AutoCAD Revit (Öğrenci Versiyonu) yazılımı kullanılmıştır. Modelleme öncesinde ilk olarak bloğun projeleri ilgili idarenin izni ile elde edilmiştir. YBM yaklaşımı ile sistemin sadece 3D modellemesi yapılarak çakışmalar tespit edilmiştir. Çakışmaların tespitinde Navisworks (Öğrenci Versiyonu) yazılımı kullanılmıştır.

Tez çalışması sonucunda YBM ile modellenmiş TOKİ bloğunun imalata yönelik avantajları mevcut durum ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Verimliliğin arttırılmasına yönelik elde edilen tespitler detaylı olarak belirtilmiştir. Tez çalışması ile YBM' nin tüm yapıların (kamu ve özel) projelendirme süreçlerinde kullanılmasına

yönelik bilincin arttırılmasının yanında yöntemin hangi aşamalarla uygulandığı ve sonuçların nasıl değerlendirildiği ortaya konulmuştur. Tez çalışmasının Yapı Bilgi Modellemesi yaklaşımının geliştirilmesine yönelik daha farklı akademik çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

1.2.Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışması yöntemi genel olarak dört ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler;

- Yapı Bilgi Modellemesine yönelik ulusal ve uluslararası literatür taraması,
- Yapı Bilgi Modellemesi yöntem ve modelleme detaylarının incelenmesi,
- Örnek vaka çalışması üzerinde YBM ' nin uygulanması,
- Modelleme ve analiz sonuçlarına göre değerlendirmelerin yapılması,

şeklinindedir. Bu çalışmada bir toplu konut projesinden bir blok örnek vaka olarak seçilmiştir. Vaka çalışmasında (Şekil 1.3.) Revit programı kullanılarak yapı bilgi modellemesi yapılmıştır.



Şekil 1.3. Saraycık TOKİ Konutları (KAYSERİ)

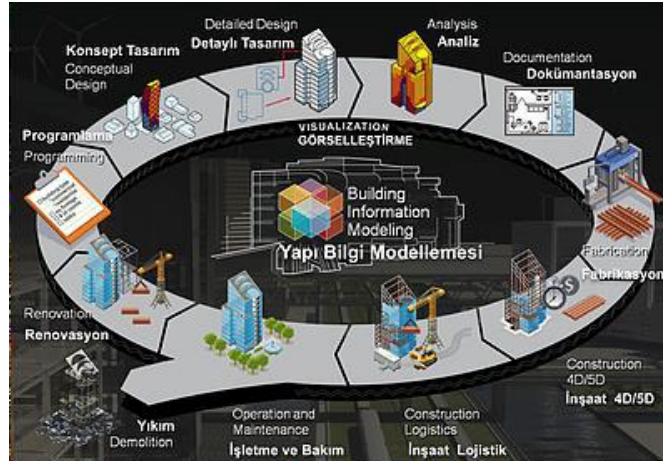
Revit ile modellemesi yapılan proje üzerinde Navisworks programı ile çakışma kontrolleri (Clash Detection) yapılarak çakışmaların gösterimi sağlanmıştır. Tez

alışması sonucunda Yapı Bilgi Modellemesinin avantajları, proje paydaşlarına yönelik sağladığı faydalar, imalat sürecinde verimliliğin arttırılmasına yönelik değerlendirmeler ve yöntemin hassasiyetinin sonuçlar üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur.

2. YBM KAVRAMI (BUILDING INFORMATION MODELLING-BIM)

2.1. Yapı Bilgi Modellemesine Giriş

YBM (Yapı Bilgi Modellemesi) değişen ve teknolojiye eő zamanlı olarak bilgisayar teknolojisinin gelişimi ile birlikte, en yaygın ve hızlı gelişen; inşaat yönetimi ve koordinasyon uygulaması olmuştur (Akkoyunlu, 2015). Uluslararası kaynaklarda ise genel olarak YBM tüm proje paydaşlarının “birlikte ve eő zamanlı çalışabilirliği” şeklinde tarif edilmektedir. Bu yöntem kullanılarak yapıların 3 boyutlu modelinin oluşturulmasının yanında veri katmanları ve metalar oluşturulur, oluşan bu meta ve katmanlar ortak iş akışı içinde eő güdümlü ilerleyiő sağlar. Geleneksel olarak sadece 2 boyutlu projelerin ele alındığı proje süreçleri ile karşılaştırıldığında BIM, süratle ve etkin bir şekilde aktarılabilen, tümü ya da istenilen kısmı kolaylıkla çıkarılabilen sayısal bilgi dağarcığıdır (Porwal ve Hewage, 2013). Bir başka ifadeyle YBM kavramı teknoloji ile süreçlerin bileşenidir. Bu bileşenler ile proje paydaşları, olası tasarım, inşaat veya işletme sorununu tanımlamada ortak bir paydada çalışarak neyin inşa edileceğinin görselleştirilmesi konusunda birbirlerine yardım ederek süreç boyunca birbirleri ile iş birliklerini mümkün kılar ve projeye katılan tüm paydaşlarının entegrasyonunu sağlar. Gelişen teknoloji ile birlikte yapı sistemleri de gittikçe kompleksleşmekte diğer bir ifadeyle karmaşık bir hal almaktadır. Bu kapsamda proje paydaşları arasında bilgi akışı ve koordinasyon oldukça önem arz etmektedir. Şekil 2.1.’ de standart bir yapının yaşam döngüsü görülmektedir (www.researchgate.net). Şekil 2.1.’ deki yapı yaşam döngüsü, yapının projelendirmesi ile başlamakta, imalat süreci ve sonrasında yapının kullanımı ile devam etmekte ve yapının ekonomik ömrünün tamamlanması sonrasında yıkım planları ile sonuçlanmaktadır. YBM bu süreçlerin tamamı ile ilişkilendirilebilmektedir. 3D modelleme ile tüm bu süreç ortak bir alanda tüm proje paydaşlarının, yüklenicinin ve kullanıcının değerlendirmesine sunulabilmektedir. Bu sürecin 3D modellemesinin yanında, maliyet tahmini, enerji simülasyonu, akışkan hesapları, alan planlama, yapının şartnamelere uygunluğu, iş programı, süre vb. birçok ilave parametre modeller ile birlikte incelenebilmektedir.



Şekil 2.1. Yapı yaşam döngüsü ve bütünleşmiş tasarım süreci (www.researchgate.net).

Tez kapsamında bu noktadan hareketle ilerleyen başlıklar altında YBM detaylı olarak irdelenmiştir. Uygulama detayları ve literatür çalışmaları incelenmiştir. Örnek bir yapı üzerinde modelin uygulaması yapılmıştır.

2.2. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Tanımı

Building Information Modeling (BIM), Türkçe adı ile “Yapı Bilgi Modellemesi” (YBM) bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin temsil edildiği proje verilerinin, dijital ortamda 3 boyutlu olarak tasarlanması ve yapım aşamasına geçilmeden önce analizlerinin ve çakışma kontrollerinin yapılması, ilk aşamada sanal ikinci aşamada fiziksel olarak reel hayata geçirilmesi ve yönetilmesidir. YBM’ nin yapı kısmı havaalanı, konut veya hastane gibi geniş bir alanı içerirken bilgi kısmı ise yapıya ait metraj, planlama ve maliyet bilgilerini içerir. Model kısmında ise mimari model, enerji modeli veya işletme modeli gibi kısımları içermektedir (Özorhon, 2018).

Yöntemin araştırmacılar tarafından farklı tanımları Çizelge 2.1. tablo halinde verilmiş olup, tek bir tanımı bulunmamaktadır. Çizelge 2.1.’ de görüleceği üzere YBM’ nin farklı tarifleri yapılmış ancak ortak nokta olarak Yapı Bilgi Modellemesi (YBM)’ nin ileri yenilikçi bir teknoloji ve süreç olduğu tespiti yapılmıştır. Bu kapsamda YBM ile yeni bir inşa modeli oluşturularak, tasarımdan imalat şekline ve hatta işletme yönetimine kadar hızla değişen bir sürece girilmiştir.

Çizelge 2.1. Yapı bilgi modellemesi tanımları.

(Ofluoğlu, 2014)	"BIM, bina ile ilgili grafik (geometri/biçim vb.) ve alfa sayısal (malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü vb.) veriden oluşan üç boyutlu bir model meydana getirerek, bu modelin yapı sektörü paydaşları tarafından ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yaklaşımıdır."
(Yaman ve İlhan, 2010)	BIM kavramı temel olarak tasarım, yapım ve yapının faaliyete geçmesi sonrası işletilmesi ve yönetilmesi için yapı üretim sürecinin, sayısal ortamda veri alışverişine ve birlikte çalışabilirliğe olanak sağlayacak şekilde modellenmesidir."
(Eastman vd. 2008)	"Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), "dijital formda bilginin değişimini ve birlikte işlerliğini kolaylaştırmak için bina sürecinin dijital bir sunumunun kullanıldığı tasarım, inşaat ve tesis yönetimi için yeni bir yaklaşım."

2.3. Yapı Bilgi Modellemesinin ve Bilgisayar Destekli Tasarımın Tarihsel Gelişimi

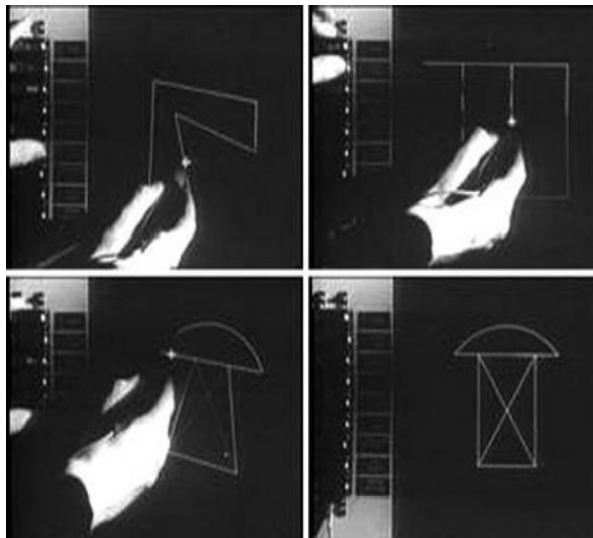
Geçmiş yıllarda muhtemelen iş başvurularında mimar ve mühendisler ilk olarak; kalem ve T cetvelini ne kadar iyi kullanıldığı sorgulanmaktaydı. Çünkü bu yıllarda büyük bir emek ve çalışma ile projeler kâğıtlar üzerine oluşturulmakta, projenin büyüklüğüne bağlı olarak aylarca süren çalışmalar sonucunda proje yapılmakta; tasarım esnasında ise herhangi bir revize ile tekrar başa dönülerek aynı emek ve çalışmaların yinelenerek yapılması gerekli olmaktadır (Şekil 2.2). Bu durumda inşaat imalat süreci kadar projelendirme süreçlerinin vakit almasına sebep olmaktadır. Sonrasında çizim programları geliştirilerek bu uzun tasarım sürelerinin kısalması sağlandı. Ayrıca projelendirme süreçlerinde daha az teknik personel ile daha büyük işlerin yapılabilmesi kolay hale geldi. Çizim programlarının geliştirilmesi CAD (Computer Aided Design) kavramının ortaya çıkışına neden oldu. "CAD" (Computer Aided Desing), Türkçe adı ile bilgisayar destekli tasarım alanındaki gelişmeler bilgisayar teknolojisinin ilerlemesi ile birlikte bugünkü halini aldı.



Şekil 2.2. CAD yazılımlarından önce mimarların çalışması.

(www.icmimarlikdergisi.com)

Amerikalı bilgisayar bilimcisi ve İnternet öncüsü Ivan Edward Sutherland'ın “bilgisayar grafikleri babası” olarak nitelendirildiği 1963 yılında, grafiksel kullanıcı ara yüzüne sahip ilk bilgisayar destekli tasarım (CAD) olan “Sketchpad” i geliştirdi ve inşaat sektöründeki modelleme programlarında yeni bir çıkır açtı. '70'ler ve 80'ler boyunca, Sketchpad (Şekil 2.3.) ile ayrıca şekil bilgisini gösterme ve kaydetme kabiliyetine izin veren inşaat teknolojisi açısından geometrinin hesaplamalı gösterimi oluşturmuş oldu (www.geospatialworld.net).



Şekil 2.3. Ivan Surtherland'ın Sketchpad Uygulaması (Jones, 1968).

Aynı zaman diliminde yapı bilgi modellemesi üzerinde de gelişmeler yaşanmaktaydı. Robert Aish 1986'da bir bildiri yayımlayarak, GA Van Nederveen ve F. Tolman tarafından yayınlanan “İnşaatta Otomasyon” adlı bir makalede bugün bildiğimiz Bina Bilgi Modellemesi (BIM) olan kelimesini belgelemiştir (Van Nederveen ve Tolman, 1992). Bir bina veri tabanını başarılı bir şekilde bulan ilk projelerden biri, alınabilen ve modele eklenebilen ayrı ayrı kütüphane öğelerini tanımlayan ilk yazılım olan (BDS) Building Description System, Bina Tanımlama Sistemi Charles Eastman tarafından tasarlanmıştır. Bu makalede tasarım ve işletme analizine izin veren ayrıntılı tasarım bilgisinin depolandığı, depolanan verilerin sağlıklı olarak işlendiği bir bilgisayar sisteminin tasarım ana hatları tanımlanmıştır. 1974 yılında Charles Eastman yayınladığı makalede basılı kopya çizimlerinin zamanla bozulma eğilimi gösterdiğini, çizimlerin güncellenme sorununun sıklıkla görülmesinden dolayı binayı temsil edemediğini belirterek, BDS'nin tasarım maliyetlerinde yüzde elli oranında düşüş göstereceği sonucuna varmıştır. Takip eden 1977 yılında Charles Eastman GLIDE yazılımını keşif ederek; bu gün kullanılan YBM platformunun sahip olduğu özelliklerin birçoğunun temelini atmıştır (www.geospatialworld.net).

İlerleyen yıllarda gelişmeler devam etmesi ve farklı firmaların çalışmaları sürece katkıda bulunması ile 2000' li yıllarda David Conant tarafından C+ ile yazılan nesne yönelimli programlama yolu ile parametrik bir değişim motoru kullanan revizyon ve hız anlamına gelen “ Revit ” adlı program geliştirilmesi sağlandı. Yaklaşık 2 yıl sonra “Autodesk” firması programı bünyesine alarak geliştirmeye başladı. Programa görsel bir programlama ortamı tanımlanarak dördüncü boyutun eklenmesine izin veren platform oluşturularak ve program bina modelleme yöntemleri ile ilişkilendirilerek tasarımcıların kullanımına açık hale getirildi. Revit programının ortaya çıkışı ile Yapı Bilgi Modellemesi literatürde daha da yaygın yer bulmaya başladı. Bu anlamda Manhattan'daki Freedom Tower projesi, inşaat programlaması ve tasarım da kullanılan ilk proje olması özelliğini kazanmıştır. Bu projede mimarlar, mühendisler ve yüklenicinin de içinde bulunacağı model eş zamanlı görüntülenerek ve karşılıklı etkileşimler sağlanarak YBM sahada pratik olarak uygulandı. Bu uygulama ile bütünleşik yazılımların geliştirilmesine büyük katkı sağlanmış oldu.

Yukarıda bilgisayar destekli tasarımın ve yapı bilgi modellemesinin tarihsel gelişimi birlikte ele alındığında ilerlemenin en fazla son on yıl içerisinde olduğu

görülmüştür. İnşaat imalatlarının gittikçe artması, revizyonların inşaat maliyetlerini ve imalat süreçlerini direkt olarak etkilemesi yapı bilgi modellemesinin önemini göstermektedir. Ancak bu yöntem gelişen bilgisayar teknolojisi ile anlam kazanacak ve ilerleyebilecektir. Günümüzde yapı tasarımının sadece yapı geometrisini içermeyen çevre koşullarından, maliyet hesaplarına kadar farklı proje paydaşlarının ortak bir alanda bulunduğu bir sürecin sonucu olduğu bilinci hızla yaygınlaşmaktadır. Yapı tasarım sürecinin tarihsel gelişiminde, sürecin karmaşık yapısı ve yapı maliyetine olan etkisi YBM sistemin gerekliliğini ortaya çıkarmış, bununla birlikte iki boyutlu tasarımdan üç boyutlu tasarıma zorunlu bir geçişi hızlandırmıştır. Dolayısıyla yenilikçi yapı tasarım süreci, yapı bilgi modellemesi kavramı ve bilgisayar destekli tasarım yazılımları ortak bir platformda kesişmektedir.

2.4. YBM LOD Kavramı

Gelişim Seviyesi (LOD: Level of Development), Yapı Bilgi Modellemesi uygulayıcıları arasında, model elemanlarının detay seviyelerini tanımlamak amacı ile kullanılan bir referans aracıdır. LOD seviyesi tanımlamasında en yaygın olarak kullanılan referans AIA (The American Institute of Architects) tarafından yayımlanmış olan G202-2008 ve G202-2013 Bina bilgi modelleme protokol formudur (AIA, 2017). Bu protokol kapsamında; LOD seviyeleri LOD 100 ile LOD 500 arasında sınıflandırılmıştır (Şekil 2.4.). LOD seviyeleri YBM kullanılarak yapılan projelerde görülen temel sorunlara çözüm getirmek adına geliştirilmiş tanımlamalardır. Genel olarak bu sorunların çıkış noktası projeyi üreten kişi dışında projeye bakıp ondan bilgi almak isteyen diğer paydaşların o proje ile ilgili yanlış çıkarımlar yapması ve çoğu zaman da işine yaramayacak detay bilgilerle boğuşmak zorunda kalmasıdır. Bu durum projelerin YBM süreçlerine zarar vermektedir (Akkoyunlu, 2015). YBM sürecinde, proje yapım aşamasında ihtimal model hataları daha sonra koordinasyon, planlama ve maliyet gibi zararlara neden olacağı için model elemanlarının kalitesi önem taşır. YBM proje aşamasında model tabloları, hangi aşamada nasıl yapılmasını tarif ettiği için anlaşmazlıkların çözülmesinde etken rol oynar. Örnek olarak bir ahşap kapı elemanı Avan proje aşamasında ebatları ile projede uygulanacağı yeri gösterilmesini rağmen, uygulama projesinde aksesuar bilgisi, cam kalınlığı ve pervaz bilgisi gibi tarif edilmektedir.



Şekil 2.4. LOD Seviyeleri ve Anlamları.

LOD sistemi ilk olarak Vico Software tarafından, “Ayrıntı Seviyesi” olarak adlandırılmıştır. Sistem modellerin otomatik olarak oluşturulması ve modellerin güvenilirliğini, uygunluğunu tanımlamak amacı ile kullanmak için geliştirilmiştir. Sistem daha sonralarda AIA tarafından genel standartlar haline getirilmiştir. Bu aşamada ayrıntı seviyesi, gelişim seviyesi adını almıştır. İsim değişikliği ile sadece sistemde geometrik özelliklerin tanımlanması değil, yapıyı oluşturan her bir elemanın YBM içeriği ile ilgili önemini de vurgulanmıştır. Şekil 2.5.’ de görselleştirilen LOD seviyeleri sırasıyla aşağıdaki şekilde tarif edilebilmektedir (Atabay, 2019).

LOD 100 Konsept Tasarım: Model elemanı tasarım evresinde alan, yükseklik, hacim, konum ve yön bilgileri gibi parametreler ile tanımlanır. 3B model tasarımında temel düzeyde bilgi içerir.

LOD 200 Şematik Tasarım: Yapı elemanının model içerisinde uygulamaya yakın şekil, boyut, konum bilgilerini içerir. Geometrik olmayan model elemanlarının eklenmesine olanak tanır.

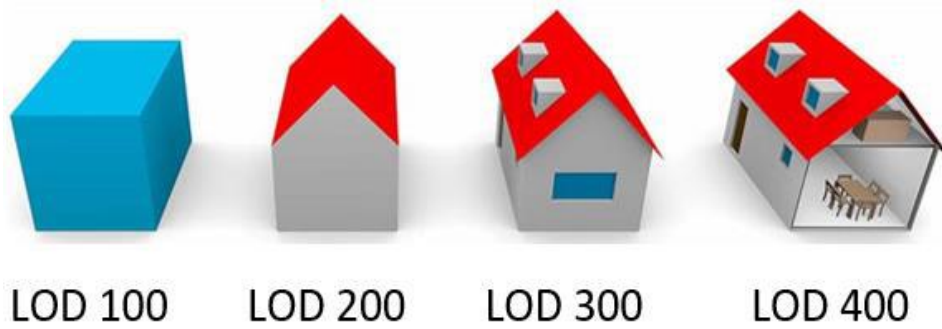
LOD 300 Detaylı Tasarım: Hassas geometri özellikleri barındıran, kesin miktar, şekil, boyut ve oryantasyonla tanımlandığı doğru modellemedir. Bu kısımda geometrik olmayan bilgiler eklenir, modelde yapı elemanlarının grafik ve yazılı tanımlarla nasıl birleştiğini gösteren detayları içerir.

LOD 350 Yapı Dokümantasyonu: Yapıyı oluşturan elemanların çeşitli sistemler ve diğer yapı elemanları ile grafik ve yazılı tanımlarla nasıl birleştiğini veya etkileşime girdiğini gösteren model detayını içerir.

LOD 400 İmalat ve Montaj: Yapıyı oluşturan model elemanlarının kesin boyut, şekil, konum, yön bilgilerinin içerir. Komple imalat, montaj ve detaylandırma bilgileri, model elemanlarına geometrik olmayan bilgiler eklenir.

LOD 500 Yapılı olarak: As-Built olarak literatürde tarif edilen bu seviyede model elemanların bakım ve işletme detaylarını içerir. Geometrik olmayan bilgiler de modellenmesi yapılmış olan öğelere eklenir.

2004 yılından itibaren farklı kurum ve kuruluşlar model elemanlarının içermesi gereken detay ve bilgi seviyelerinin standartlaşması yoluna gitmişlerdir. Ülkemizde halen LOD standartları dokümantasyonu tam anlamıyla oluşturulamamıştır.



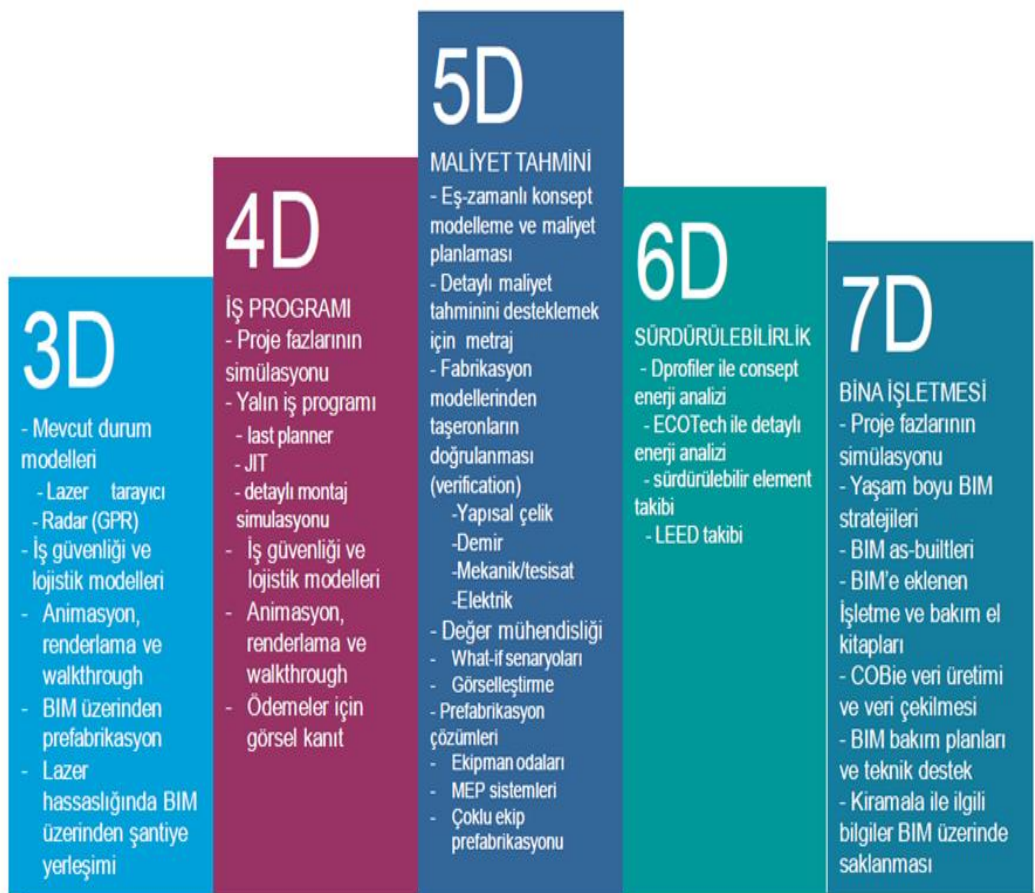
Şekil 2.5. LOD Seviyelerinin Görselleştirilmesi (Biblus, 2018).

YBM sistemi dünya çapında gelişimini hızla sürdürmekte ve LOD standartları üzerine AIA, BSI gibi kurum ve kuruluşların çalışmaları olsa da ülkemizdeki kamu kuruluşlarından referans alınabilecek dokümanların oluşturulması beklenmektedir. İMSAD (İnşaat Malzemecileri Sanayicileri Derneği) öncülüğünde 5 Aralık 2018 yılında bu kapsamda çalışmalara başlanmış, Building SMART Organizasyonunun Türkiye temsilciliği kurulmasına yönelik adımlar atılmıştır. Mimar, mühendis, akademisyenler ve teknik uzmanlardan oluşan 200'ün üzerinde katılımcı ile YBM kütüphanelerinin oluşturulması ve rehber dokümanların hazırlanması gibi konularda çalışmaların sürdüğü bilinmektedir. Ayrıca 2019 yılında ISO (Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı) ve TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ortak çalışması ile "Yapı Bilgi Modellemesi Ayna

Komitesi” kurulmuştur. Bu komite ile YBM üzerinde uluslararası çalışmaların takip edileceği ve standartların oluşmasını sağlamak için çalışılacağı belirtilmiştir.

2.5. YBM’ in Olgunluk Seviyeleri ve nD Kavramı

YBM, bir tesisin planlama, tasarım, yapım ve işletimini bilgisayar ortamında görselleştirmek için bilgisayar tarafından üretilen n-boyutlu (nD) modellerin geliştirilmesini ve kullanılmasını temsil eder (Azhar vd., 2008). YBM uygulanma seviyeleri mimarlar, mühendisler, yükleniciler ve diğer proje paydaşlarının ihtiyaçlarına göre görüş, bilgi ürettiği ve paydaşların ortak bir noktada entegre olduğu süreci tarif etmektedir. “nD” modelleri, kullanıcıların bir projenin bütün ömrünü görmesini ve simüle etmesini sağlamaktadır (Şekil 2.6.). Böylece karar verme sürecindeki belirsizliklerin azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Kamardeen, 2010).



Şekil 2.6. nD Seviyeleri (www.bimpanzee.com)

Yapı Bilgi Modellemesi alt kümeleri olan boyutları 2B Çizelge, 3B obje modeli, 4B zaman, 5B maliyet, 6B İşletme, 7B sürdürülebilirlik, 8B güvenlik olarak tanımlanmaktadır. YBM'in bu çok boyutlu kapasitesi "nD" olarak tanımlanmıştır, çünkü bina modeline sonsuz sayıda model eklenebilmektedir (Smith, 2014). Aşağıda nD seviyeleri tarif edilmiştir.

3 Boyutlu YBM: Yapı Bilgi Modellemesinin temel çıkış noktası olan 3. Boyutlu modelleme ile model üzerinde ayrıntılı çalışmaya olanak tanınır. Ayrıntılı çalışma ile kast edilen hususlar şunlardır. Grafikselleştirilmiş ve Grafikselleştirilmeyen bilgiyi oluşturur ve proje paydaşları arasında anlaşılır bir biçimde paylaşımına olanak tanır. Proje yaşam döngüsü ile eş zamanlı olarak projenin tamamlanmasından teslimine kadar tasarım hatalarını ve mekânsal çakışmaların kontrolüne olanak tanıyarak proje tasarımı esnasında çakışma kontrollerine de olanak tanır. Çakışma kontrolleri ile proje paydaşları arasında koordinasyonu sağlanır ve maliyet ve süre kayıplarının önüne geçilir.

4 Boyutlu YBM: Planlama ve yönetim ile ilişkilidir. 3B ile modellenen yapıya zaman boyutunun eklenmesi ile oluşur. Projenin başlangıç ve bitiş tarihlerini, inşa esnasında kullanılacak olan malzemelerin zamanında sahaya ulaşımını koordine ederek depolama alanı azaltır, montaj sürelerine ve verimliliğe katkıda bulunur. Modele kule vinç ve iş makineleri gibi farklı elemanlarında eklenmesi ile doğru yere, doğru zamanda kule vinç montajına olanak tanır. Kule vincin doğru yere ve zamanında iş güvenliği kurallarına riayet edilerek yapılması sağlanır. Özellikle bu seviyedeki tanımlamalar ülkemizde hemen hemen her ilde bulunan büyük ölçekli Toplu Konut Uygulamalarına büyük katkılar sağlayabilecektir. Thuraijah'a (2013) göre 4D YBM, yapı simülasyonundaki bilgi ve veri değişikliği sonucunda parametrelerin otomatik şekilde güncellemesini yaparak yapılan işlerin tekrar edilmesini önler böylece yapının yaşam döngüsü sürecini optimize edebileceği şeklinde tarif edilmiştir. 4D YBM teknolojisinin kullanımı sayesinde; inşaat müteahhitleri, bir inşaat alanındaki malzeme hareketini, insanları ve ekipmanları optimize edebilecektir.

5 Boyutlu YBM: Oluşturulan 4B modele, YBM' nin 'Maliyet' boyutu eklenir ve zaman ile eş güdümlü olarak bütçenin oluşturulmasına olanak tanınır. Maliyet modelleme olarak da isimlendirilen 5D YBM, özellikle daha hızlı, dinamik tekrarlanabilen maliyet hesaplamaları yapabilmeyi öngörür (Jones ve Laquidara,

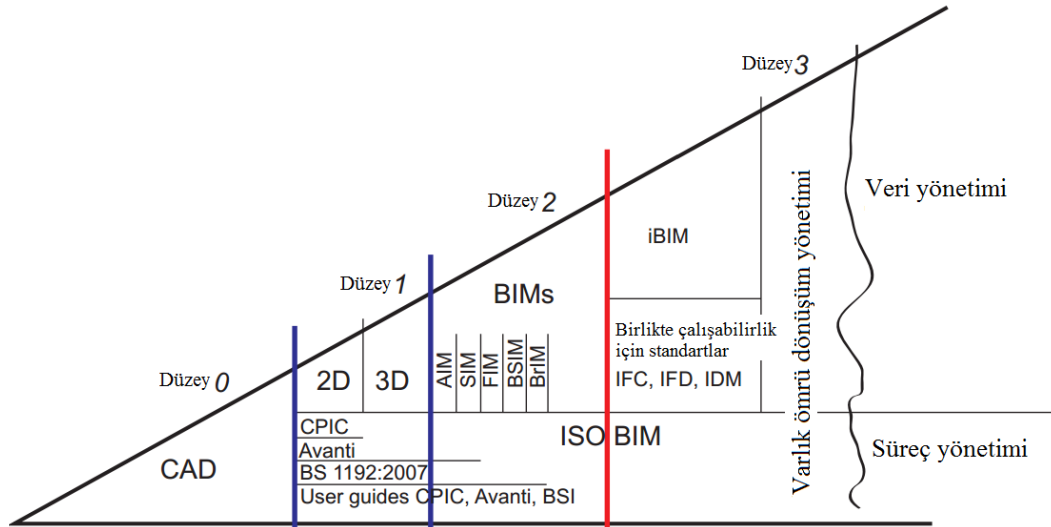
2015).Bu modelin dünyada ve Türkiye’de kullanımı genel anlamda istenilen seviyeye ulaşamamıştır.

6 Boyutlu YBM: Kısaca sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği olarak tanımlanabilir. Binalarda enerji verimliliği oldukça karmaşık ve farklı disiplinlerin ortak bir uyumunu gerektirir. Son yıllarda endüstri alanında görülen gelişmeler ile birlikte enerji verimliliği önem arz eder bir konuma gelmiştir. Projenin yaşam döngüsü boyunca enerji analizleri yapılarak gün ışığı, rüzgar ve aydınlatma gibi analizlerinin yapılma gerekliliği doğmuştur. Bu konuda Hong Kong toplu konut idaresinin yaptığı çalışmalar neticesinde %40’ a yakın enerjinin konutlarda kullanıldığını saptamış ve enerji verimliliği, yerel çevresel sürdürülebilirliği sürdürmek adına bu konuda çalışmalarına hız vermişlerdir.

7 Boyutlu YBM: Tesis yönetiminde kullanılan 7B modeller yapı tamamlandığında mevcut fiziki özellikler ile bire bir aynı olan ‘as-built’ modellerdir. Bu modellerin içerdiği nesnelere gömülü veriler ile bakım ve onarım zamanlarının daha hızlı ve efektif olması sağlanmaktadır (Öz Döşer, 2016). Tesis yönetiminde zamana bağlı olarak bakım ve onarım gibi faaliyetlerin doğru olarak gerçekleştirilmesine olanak tanır. Halen uygulanmakta olan 2B modeller üzerinde yapılan değişikliklerin, revizyonların veya dokümanların kontrolünü tek bir modele taşıması da büyük avantajlarından biridir.

8 Boyutlu YBM: İşçi sağlığı ve güvenliği açısından katkıda bulunan bu model YBM’ nin yeni boyutlarından biridir. İş güvenliği açısından yapının model gereksinimlerinin saptanmasında gerek proje tasarım aşamasında gerekse saha çalışmalarının koordinasyonu üzerine yapılan çalışmaları bütünüdür.

YBM’ nin uygulama seviyeleri kullanım amacı ve beklentilere göre şekillenmektedir. Bu gruplandırma YBM olgunluk seviyesi olarak adlandırılmaktadır (www.bimpanzee.com). 2008 yılında Mervyn Richards ve Mark Bew tarafından YBM olgunluk diyagramı hazırlanmıştır. YBM olgunluk seviyelerinde 4 düzey bulunmaktadır (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. YBM olgunluk diyagramı (BIM Task Group, 2012).

Düzey 0: 2 boyutlu CAD dosyasıdır. Üretim bilgisinin en basit halidir. Çıktılar elektronik kâğıt veya elektronik baskılar halindedir. Diyagramdan görülecek en önemli nokta CAD ile ilgili genel standartlar ve süreçlerin olmamasıdır.

Düzey 1: Konsept çalışması için 2 boyutlu CAD dosyasından 3 boyutlu modelde geçişinde, yasal onay belge ve üretim bilgisini içerir. Verilerin elektronik ortamda paylaşımı yöneticinin gözetiminde yüklenici tarafından yapılır.

Düzey 2: Seviye 2 de YBM işbirlikçi çalışma ile ayırt edilir ve “bu projeye özgü ve çeşitli sistemler ve proje katılımcıları arasında koordine edilen bir bilgi alışverişi süreci” gerektirir. Tüm proje paydaşları 3 boyutlu modelin üretim aşamasına dahil olur. Mayıs 2011’ de İngiltere hükümeti kamu sektöründe % 20 ye kadar maliyet azaltmasını amaçlamış ve YBM kullanımını zorunlu kılmıştır.

Düzey 3: Tüm proje paydaşlarının erişiminin olduğu tek bir model üzerinde çalışılan, model üstünde değişiklik yapılabilen ve son olarak çelişen bilgiler için riskleri ortadan kaldırarak avantaj sağlayan seviyedir (Arayıcı, 2015). En gelişmiş YBM düzeyidir, disiplinler arası tam bir işbirliği sağlanır. Düzey 3 ile tek noktadan erişim ve işbirliğinin sağlandığı, 4B zaman, 5B maliyet ve 6B proje döngüsünü içeren projeler oluşturulması hedeflenmektedir. Bu model ile 2025’ e kadar inşaatta dijital dönüşümün temelini oluşturulması amaçlanmıştır. Aşağıda Düzey 3 ile yapılabilecekler maddeler halinde sıralanmaktadır (Çuhadar, 2017).

- Kavramsal tasarım öncesi ve sırasında ihtiyaç planlamaları,
- Kavramsal tasarımda özgün formlar araştırma imkânı,
- Sürdürülebilir tasarım desteği,
- Doğru ve detaylı tasarım ve projelendirme,
- Bina performansından strüktür analizlerine ve ısıtma soğutma hesaplamalarından akustik analizlere kadar birçok konuda analiz imkânı,
- Güncel, koordineli ve eksiksiz 2 boyutlu dokümantasyon,
- 3 boyutlu iç - dış görselleştirme ve animasyon,
- Yapı elemanları ve sistemleri için ön imalat (pre-fabrication) desteği,
- 3 boyutlu koordinasyon,
- 4 boyutlu iş ve saha planlamaları,
- 5 boyutlu yapı maliyeti tahminleri,
- Saha lojistiği simülasyon ve planlamaları,
- Yapının işletilmesi ve yönetiminde kullanım,
- Bakım, onarım ve yenileme çalışmalarında kullanım,
- Veri tabanının kurumsal kaynak planlaması, tedarik zinciri yönetimi ve işletme ve bakım işleri ve yazılımları için kullanılabilmesi,
- Yıkım planlaması.

2.6. YBM' ye Yönelik Literatür Çalışmaları

Tez çalışması kapsamında yapı bilgi modellemesine (YBM) yönelik birçok literatür çalışması incelenmiştir. Bu kapsamda literatür çalışmaları,

- YMB' nin İnşaat Sektörüne Katkıları,
- YBM' ye Yönelik Uluslararası Çalışmalar,
- YBM' ye Yönelik Ulusal Çalışmalar,
- YBM' nin Sahada Kullanımına Yönelik Örnek Uygulamalar,

şeklinde alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

2.6.1. YBM' nin İnşaat Sektörüne Katkıları

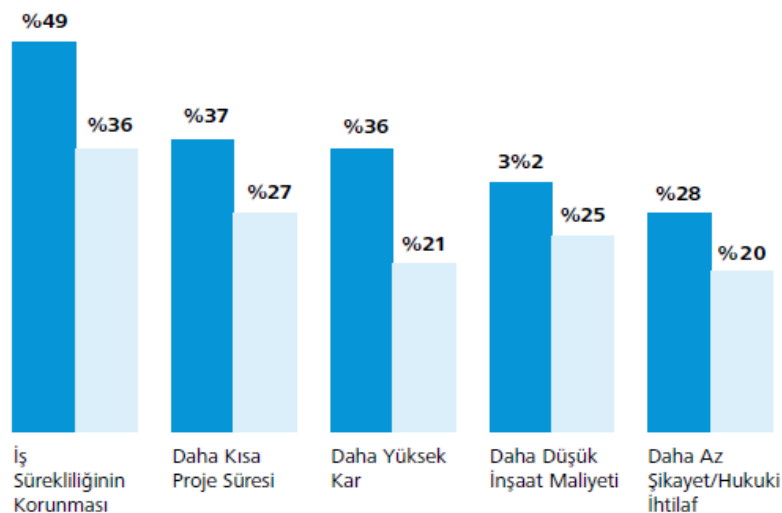
YBM 'nin faydaları üzerine birçok çalışmalar yapılmış, uygulayıcıların en çok görselleştirme, yapı modelinin oluşturulması ve çakışma tespitlerinin belirlenmesi için YBM' yi kullanıldığı gözlemlenmiştir. Görselleştiremediğiniz bir olgunun izahatı bir o

kadar da zordur. Saha uygulamalarında, uygulayıcılar ile uygulama denetçileri açısından en zor konulardan biri görselliktir. Projede gösterilen bir yapı elemanının nereye ne şekilde uygulanacağı, çakışmaların gösterilmesi veya açıklaması saha mühendisleri açısından oldukça zorlu geçen bir süreçtir. Bazen birçok çizim veya satırlarca yazının yerine bir görsel, bir resim uygulayıcıya birçok şey anlatır.

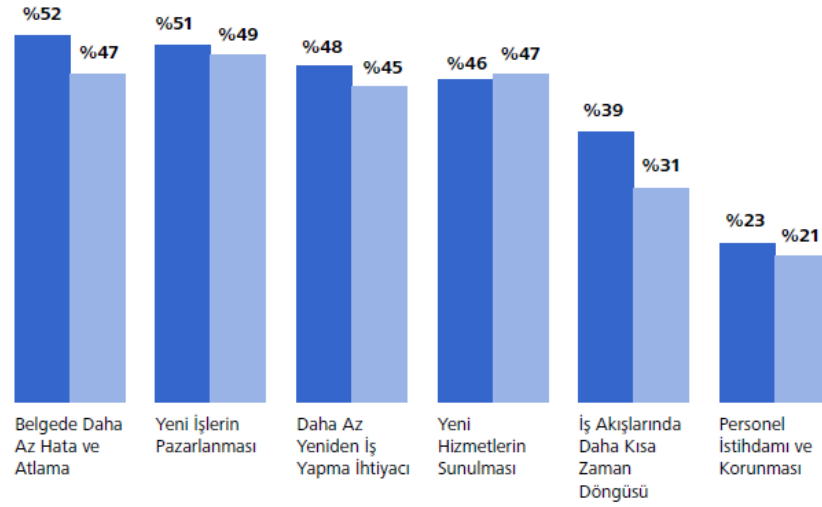
Autodesk firmasının yayınladığı “BIM İş Özetleri 04/ Rekabetçi Kalmak” başlıklı dokümanda Dünya’da 3 boyutlu tasarımın öneminin oldukça arttığı, Kuzey Amerika’da YBM’ ye geçiş seviyelerinin 2012 yılında %71 seviyesine geldiği belirtilmiştir. Aynı dokümanda YBM ’ nin tarifi ise “akıllı 3D modellerin oluşturulması ve kullanılmasını içeren bina tasarlama, işletme ve inşa etme yöntemi” olarak yer almaktadır. Dokümanda YMB’ nin inşaat sektörüne faydalarına yönelik ise;

- Belgede daha az hata ve ihmal,
- Daha az yeniden iş yapma ihtiyacı,
- Daha kısa proje süresi,
- Daha yüksek kar,
- Yeni işler kazanma ve tekrarlayan iş alma kapasitesi,

olarak sıralanmıştır. Ayrıca dokümanda 2012 SmartMarket raporuna atıfta bulunulan YMB ’ nin kısa ve uzun vadeli avantajlarını içeren iki grafik yer almaktadır (Şekil 2.8. ve Şekil 2.9.).



Şekil 2.8. Uzun vadeli YBM avantajları (<https://damassets.autodesk.net>).



Şekil 2.9. Kısa vadeli YBM avantajları (<https://damassets.aotudesk.net>).

Bu grafiklerde uzun vadeli YMB avantajlarına yönelik en dikkat çekici noktanın daha düşük maliyet ve daha az şikâyet/hukuki ihtilaf olduğu görülmektedir. Kısa vadeli avantajlarda ise daha kısa zaman döngüsü, daha az yeniden iş yapma ihtiyacı maddeleri günümüzde sektöre yönelik önemli problemlerin çözümünü getirmektedir. Ancak Şekil 2.8. ve Şekil 2.9.' dan görüleceği üzere YBM' nin inşaat sektörüne yönelik oldukça etkin avantajları yer almaktadır (<https://damassets.aotudesk.net>).

Akkoyunlu (2015) tarafından ortaya konulan “Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi” başlıklı tez çalışmasında, YBM' nin faydalarının,

- İnşaat Öncesi İşverene Olan Faydaları,
- Tasarım Sürecindeki Faydaları,
- İnşaat ve Üretim Sürecindeki Faydaları,
- İnşaat Sonrası Faydaları,

şeklinde ele alındığı görülmüştür. Çalışmada YBM ' nin faydalarının genel olarak proje paydaşlarına ve proje sürecine yönelik faydalar şeklinde ikiye ayrıldığı söylenmiştir. Proje süreçlerinde yapı bilgi modellemesi ile ön görülemeyen maliyetleri minimize edildiği, bütçedeki değişimleri %40 oranında azaltıldığı, maliyet tahminlerinin %3 hata payı ile yapılabilirdiği, maliyet tahminlerinin oluşturulmasında %80 daha az zaman harcandığı, yapısal elemanların çakışmalarından kaynaklanan ve

sözleşmeden doğan para kayıplarının %10 oranında azaldığı, tüm proje zamanının %7 oranında azaldığı vurgulanmıştır (Akkoyunlu, 2015 ve CIFE, 2007).

BIMgenius tarafından 2018 yılında sunulan BIM (Building Information Modeling-Yapı Bilgi Modellemesi) Türkiye Raporunda, YBM teknolojisinin çıkışının 1980’li yıllara dayanmasına rağmen, temel geçişin 1994 yılında olduğu belirtilmiştir. Raporda tüm göstergelerin yapı sektöründe dijital dönüşüm ve iş yapış şekillerinde bir değişimin zorunlu olduğu, ülkemizde YBM konusunda deneyimin İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa da yoğunlaştığı söylenmiştir. Raporda YBM teknolojisinin temel faydalarının “iş süreçlerinin etkin yönetimi, koordinasyon problemlerinin azalması, proje süreçlerinin kısılması” olarak sıralandığı görülmüştür. Rapor kapsamında yaptıkları anket çalışmasında YBM’ nin saha koordinasyon problemlerini azaltması hususuna katılımcıların %79.94’nün, iş süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesine katkısını ise % 75.24’ün, proje süreçlerini kısaltması konusunda ise katılımcıların 45.14 olumlu yanıt verdiği belirtilmiştir. Çalışmada YBM’ ye geçiş sürecinde deneyim eksikliklerinin sürece olumsuz etkilerinden de bahsedilmiştir (BIMgenius, 2018).

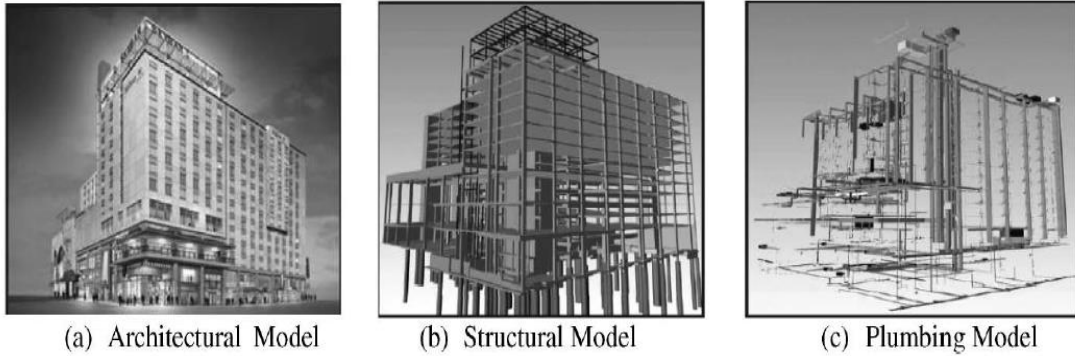
McKinsey’ in raporunda ise YBM ile çalışan firmaların % 75 inin proje tasarım sürecinde daha kısa sürede tamamladıkları ve doküman, çıktı maliyetlerinde de tasarruf sağladıkları belirtilmiştir (www.mckinsey.com).

2.6.2. YBM’ ye Yönelik Uluslararası Çalışmalar

YBM ‘nin incelenmesi ve uygulanmasına yönelik uluslararası birçok akademik ve özel sektöre ait araştırmalar bulunmaktadır. Bir önceki başlıkta YBM’ nin sektöre yönelik faydaları, literatürde bulunan araştırma raporları ve akademik çalışmalara bağlı olarak ortaya konulmuştur. Bu başlık altında ise günümüze en yakın ve en önemli görülen belirli sayıda uluslararası çalışma incelenmiştir.

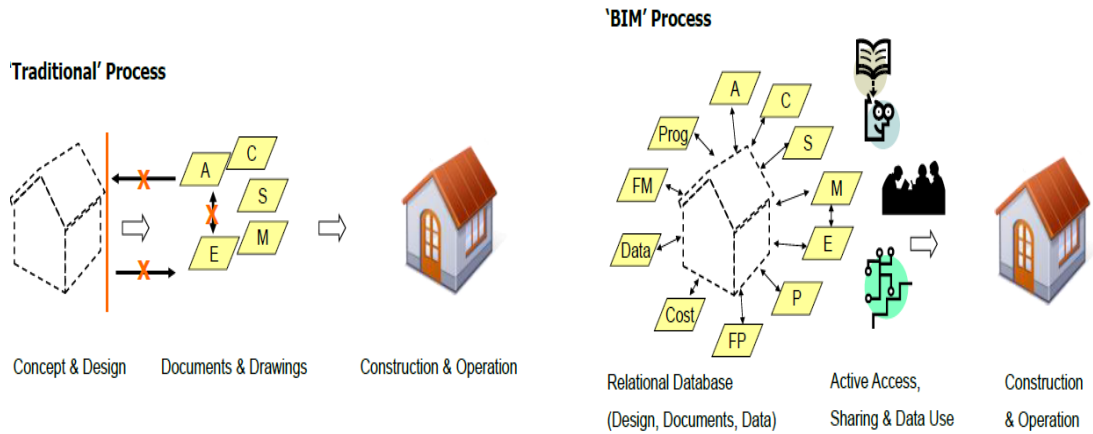
YMB genel olarak proje paydaşları ve proje sonrası imalat süreci için oldukça efektif bir yöntemdir. Azhar (2011) tarafından yaptığı çalışmada BIM (YBM) ‘in faydaları, riskleri, zorlukları ve mimar-mühendis-inşa sektörü açısından değerlendirmelerine yer vermiştir. Makalede temel olarak yapı bilgi modelinin; geometri, mekânsal ilişki, coğrafik bilgi, yapısal malzemelerin nitelik ve özellikleri, proje programı temsil ettiği belirtilmiştir. Çalışmada yapı bilgi modellemesinin 3 boyutlu görüntüleme, hazır proje çizimleri, şartnamelere uygunluk, maliyet tahmini,

yapı imalat sırası ve yönetimi, çakışmalar, yapı işletmesi başlıklarına yönelik kullanılabileceği vurgulanmıştır. Makalede YBM'nin faydalarına vurgu yapılırken inşaat maliyeti 46 milyon dolar olan örnek bir uygulamaya da yer verilmiştir. Bir otel yapısının YBM ile modellenmesinin ele alındığı bu çalışmada tasarım koordinasyonu, çakışma kontrolleri ve imalat sırasının üzerine yoğunlaşıldığı belirtilmiştir. Makalede sunulan bu projede YBM sayesinde çakışmaların bertaraf edilmesi sayesinde 200.000 dolar faydanın sağlandığı, 1143 saat zaman tasarrufu yapıldığı vurgulanmıştır. Çalışmanın sonucunda YBM'nin sanal tasarım ve proje yönetiminde oldukça yenilikçi bir yöntem olduğu, proje paydaşlarına koordinasyona yönelik yeni paradigma sağladığı ve YBM'nin geleceğinin inşaat sektöründe yeni gelişmelere sebep olacağını, proje maliyetlerini azaltacağını belirtmiştir (Azhar, 2011).



Şekil 2.10. YBM Uygulanmış Otel Yapısı (Azhar, 2011).

Azhar (2012) tarafından ortaya konulan başka bir çalışmada ise geleneksel yapı tasarım yaklaşımı ile yapı ilgi modellemesi kullanılarak yapılan bir projelendirmenin görsel olarak karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 2.11. Geleneksel ve BIM Uygulanmış Tasarım Karşılaştırması (Azhar, 2012).

Şekil 2.11. de BIM projelendirme sürecinin geleneksel tasarım sürecine göre çok daha fazla detay parametreyi içerdiği, tüm proje paydaşlarının veri tabanı üzerinde ortak çalışabildiği, veri tabanına giriş yapabildiği ve paylaşımında bulunabildiği görülmektedir. Ancak Şekil 2.11 'de geleneksel tasarım sürecinde koordinasyonun en fazla mimar ve mühendis arasında olabildiği ve bu kapsamda geriye dönüşlerin daha sık olduğu gösterilmiştir. Aynı çalışmada detayları verilen bir örnek de BIM metodu ile maliyet optimizasyonunun efektif bir şekilde yapılabilirdiği gösterilmiştir (Şekil 2.12.)

Aspect	Owner's Requirements	Option A	Option B	Option C
Front Elevation				
Plan				
Stories	Not specified	2	2	3
Cost Scenarios				
Budget:	\$147.74/sf	\$11,000,000	\$12,897,111	\$12,270,919
Mid-Range:	\$175.00/sf	\$13,030,325	\$15,276,800	\$14,535,140
High-Range:	\$200.00/sf	\$14,891,800	\$17,459,200	\$16,611,600
				\$10,910,894
				\$12,924,100
				\$14,770,400

Şekil 2.12. BIM Yöntemi İle Yapı Maliyet Optimizasyonu (Azhar, 2012).

Şekil 2.12. bir yapı için 3 farklı proje senaryosunun YBM ile üretilebildiğini ve bunlar arasında maliyet karşılaştırması yapılabildiğini göstermektedir. Bu yaklaşım proje yatırımcısı açısından oldukça kullanışlı bir özellik olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca şekil 2.12.'de YBM ile yatırımcıya imal etmeyi düşündüğü yapının 3 boyutlu görsel olarak tüm detayları içeren sunumunun farklı opsiyonlar üzerinden yapılabildiği gösterilmektedir.

Abrishami vd. (2014) tarafından yayınlanan bir çalışmada ise G-BIM (Generative Building Information Model – Üretken Yapı Bilgi Modellemesi) olarak adlandırılan yöntemin AEC (Mimar-Mühendis-Müteahhit) tasarım otomasyonu ile entegre gelişimini ele almışlardır. Makalede G-BIM metodu tasarımın ilk aşamalarında farklı parametrelerin kullanımı ve tasarım problemlerine yönelik alternatif çözümlerin bulunduğu bir yaklaşım olarak tarif edilmiştir. Yani G-BIM yaklaşımı farklı tasarım alternatiflerinin ön görülebildiği belirtilmiştir. Dolayısıyla bu yaklaşımın iteratif bir özellik içerdiği vurgulanmıştır. Makalede genel olarak G-BIM yaklaşımının irdelenmesi, G-BIM tasarım prensibinin gösterimi yapılarak avantajlarından bahsedilmiştir.

Harris vd. (2016) günümüzde YBM metodunun kullanımına yönelik bir rapor niteliğinde bir çalışma yapmışlardır. Makale YBM yönteminin sahada kullanımına yönelik istatistiksel bir araştırmayı ele almaktadır. Makalede inşaat sektöründen seçilen gruplara farklı sorular yöneltilerek YBM üzerinde genel bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışma sonucunda YBM metodunun sahada kullanımının makalenin yapıldığı yer ve zaman dilimine (2016) göre henüz tam istenilen düzeyde olmadığını, YBM' in güvenilirliği üzerinde bir sinerjinin olması gerektiğini, YBM paydaşlarının tasarım üzerinde tam kapasite çalışmadıklarını, saha personelinin YBM' yi tam uygulayamadığını ve güven problemleri olduğunu belirtmişlerdir.

Amoruso vd. (2019) yaptığı çalışmada yapılarda gün ışığından faydalanma ve enerji verimliliği ile BIM arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Makalede Seoul, Kore de yapıların %60 dan fazlasının toplu konut tarzında olduğu, düşük malzeme kalitesinden dolayı yapı ömrünün ortalama 20 yıl olduğu, gün ışığından faydalanmasının sınırlı olan yapılarda görsel konforun düşük tutulduğunu belirtmişlerdir. Makalede yapılardaki görsel konforun YBM kullanılarak düzeltilmesine yönelik analizler yapmışlardır. Çalışmada örnek seçilen mevcut bir yapının sanal ortamda YBM kullanılarak tekrar

tasarımını yapmışlardır. Bir yazılım araçlığı ile gün ışığı analizlerini yaptıklarını, yeni tasarım ile ısınma-soğutma-yapay ışıklandırma-görsel ve termal konfor üzerinde gelişmeler ortaya koyduklarını, gün ışığı faydası açısından düzelmenin %15 seviyesinde olduğunu vurgulamışlardır.

Chaves vd. (2015) yılında yaptıkları çalışmada sosyal konutların güçlendirilmesi sürecinde 4D YBM BIM kullanımını incelemişlerdir. Makalede İngiltere de düşük enerji performansına sahip çok fazla yapı stokunun bulunduğunu, bu yapılara yönelik iyileştirme yaklaşımlarının teknik tanımlamalarının zor olduğunu belirtmişlerdir. Bu kapsamda yapı bilgi modellemesi yaklaşımının yapı performanslarının iyileştirilmesinde bir fırsat ortaya koyduğunu vurgulamışlardır. Makalede 4D YBM modeller ile performans iyileştirme sürecinde teknik detayların daha iyi anlaşılabilirdiği, maliyet değerlendirmesinin efektif olduğu çözümler üretilebildiğini belirtmişlerdir.

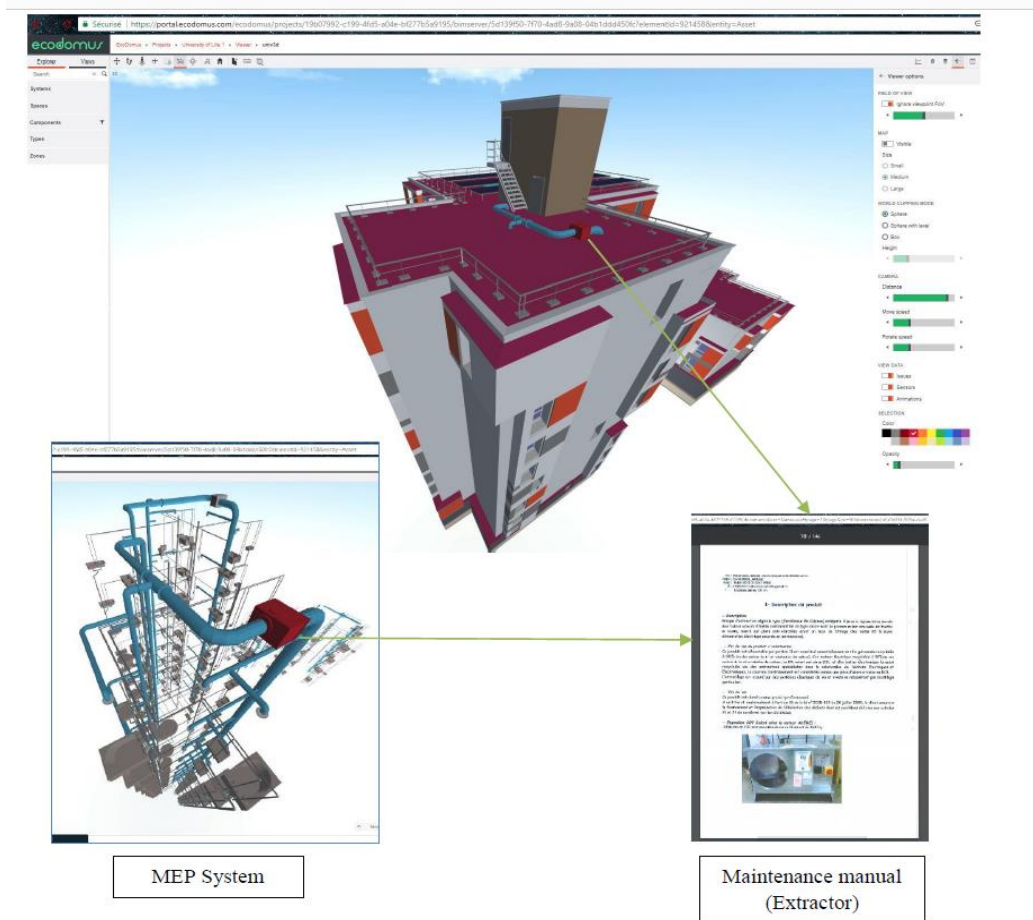
Jung ve Lee (2015) yılında yaptıkları çalışmada dünyanın 6 farklı bölgesinde YBM adaptasyon sürecini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Kuzey Amerika da YBM adaptasyonunun ileri seviyede olduğunu, Kuzey Amerika'yı Avrupa'nın takip ettiğini ardından Asya'nın, Orta Doğunun ve Afrika'nın geldiğini, adaptasyon sürecinde en düşük seviyenin Güney Amerika olduğunu belirtmişlerdir.

Alileche ve Shahrour (2018) yılında sosyal konutlarda YBM kullanımı başlıklı çalışmada Hollanda da bulunan mevcut sosyal konutları ele almışlardır. Çalışmada sosyal konut yönetiminin zorlukları olduğunu, YBM metodu ile bu zorlukların nasıl çözüleceğini detaylandırmışlardır. Makalede yapıları yeni, mevcut ve tarihi yapılar olarak sınıflandırmışlardır. Birçok mevcut yapının dijital modeli olmadığını belirtmişlerdir.

Bundan dolayı YBM sistemini mevcut yapılara uygulamanın yeni yapılara göre daha fazla çalışmalar gerektirdiğini vurgulamışlardır. Bu kapsamda YBM sürecinde yapıları planı olan yapılar ve planı olmayan yapılar olarak ayırmışlardır. Çalışmada 1973 yılında yapılan ve 2012 yılında tadilatlar geçire bir sosyal konut yapısı önek vaka çalışması olarak incelenmiştir. Yapıya ait basılı projeleri ve teknik diğer dokümanları elde edebilmişlerdir. YBM uygulamasının katmanlarını mimari, mekanik sistem, havalandırma sistemi, yangın önleme sistemi, akıllı sistemler olarak gruplandırmışlardır. Modelde yapının tadilat detaylarının dahi modellendiği belirtilmiştir (Şekil 2.13.-14.).



Şekil 2.13. Mimari Modelleme (Alileche, 2018).



Şekil 2.14. Tamamlanmış BIM Modeli (Alileche, 2018).

2.6.3. YBM' ye Yönelik Ulusal Çalışmalar

Ülkemizde akademik alanda yapı bilgi modellemesine yönelik araştırmalar hızla artmaktadır. Ayrıca özel sektörde YBM' nin kullanımına yönelik bilincin oluşması için farklı birçok çalışmalar devam etmektedir. Akademik alanda YBM üzerinde genellikle tezler ile literatüre katkı sağlanmaktadır. Bu kapsamda örneğin Bahadır (2018) tarafından yenileme projelerinin yönetim süreçlerinde yapı bilgi modellemesinin kullanımına yönelik bir vaka çalışması yapılmıştır. Çalışmada atıl durumda olan bir yapının geleneksel proje süreçleri ile yenileme çalışmalarında karşılaşılan problemler belirlenmiş ve bu sorunların YBM kullanımına bağlı çözülebilirliği araştırılmıştır. Tez çalışmasında Trabzon'da 1986 yılında yapılmış bir otel yapısı örnek olarak seçilmiştir. Çalışmada YBM' nin uygulanması altı aşamada ele alınmıştır. Birinci aşamada proje bilgileri elde edildiği, ikinci aşamada yapının rölevesi çıkarıldığı, üçüncü aşamada LOD 300-350 seviyesinde Autodesk Revit yazılımı ile 3 boyutlu model oluşturulduğu, dördüncü aşamada 2 Boyutlu tadilat projesinin 3 Boyutlu modellemesinin yapıldığı, beşinci aşamada yenileme projesi sürecindeki problemlerin belirlendiği ve son olarak altıncı aşamada YBM 'nin problemleri çözmedeki etkinliğinin araştırıldığı belirtilmiştir. Çalışmada model üzerinde çakışmaların kontrolü yapılarak bunların yenileme maliyeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örnek olarak seçilen vaka çalışmasında Başlangıçta hesaplanan proje maliyetinin 2.118.458,27 TL'den yaklaşık 5.500.000,00 TL'ye yükseldiğini, geleneksel proje sürecinde proje değişikliklerinden ortaya çıkan maliyet artışının projedeki toplam maliyet artışının %29'una denk geldiğini, toplam proje maliyetinin ise %18'ine denk geldiğini belirtmişlerdir. Bu sonuç YBM' nin yapı imalat aşamasında maliyetler üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır.

Evcimen (2018) yaptığı tez çalışmasında ise yapı bilgi modellemesi ile yapılabiliğin geliştirilmesini ele almıştır. Çalışmada bir endüstri tesisi (yapımı tamamlanan bir enerji santrali) yapısını örnek vaka incelemesi olarak seçildiği, yapım sürecinde ortaya çıkan yapılabiliğin problemlerinin tespit edilmesinin ardından tesis alt yapısı ve temel modelini kullanarak önleyici çözümlerin geliştirildiğini belirtmiştir. Çalışmada ilk olarak "yapılabiliğin" kavramı üzerine yoğunlaşıldığı görülmüştür. Bu kavramın genel olarak projelerin saha şartlarına uygunluğu, yapım yöntemlerine uygunluğu ve yapım sonrası işletme ve yıkım aşamalarını da içine alan bir kavram olduğu vurgulanmıştır. Modellemede Revit ve Navisworks yazılımlarının kullanıldığı,

çakışma tespitlerinin yapıldığını bu tespitlerin sahadaki verilerle karşılaştırıldığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda genel olarak vaka çalışmasına da atıfta bulunularak, YBM' nin sağladığı faydalar ve avantajları sıralanmıştır.

Beşer (2017) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise üstyapı inşaat işlerinin proje üretiminin ve saha uygulamalarının takip edilmesinde YBM kullanılmasının İller Bankası Anonim Şirketine sağlayacağı yararların incelemesi yapılmıştır. Çalışmada yazar 2 boyutlu tasarım yaklaşımına dayalı projelerin sektörde karşılaşılan problemlere çözüm bulamadığını, bundan dolayı kamu kaynaklarının verimli kullanılmasının engellendiğini, 3 boyutlu tasarım ilkelerinin benimsenmesi gerektiğini, ülkemizde yapı bilgi modellemesinin emekleme aşamasında olduğunu, İller Bankasında yapılmış çalışma bulunmadığını ve YBM ile proje üretimi, inşaat yönetimi ve saha uygulamalarında maliyet ve zaman kayıplarının giderilmesinin sağlanacağını belirtmiştir. Çalışmada inşa edilmiş bir banka binası YBM ile modellenerek, yazarın kurumuna sağlayacağı faydalar ortaya konulmuştur. Tez çalışmasında Allplan isimli yazılımın kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda YBM ile modellemenin önemi maddeler halinde sunulmuştur.

Pehlevan (2018) yaptığı çalışmada yağı bilgi modellemesini ve Türkiye'de kullanımını incelemiştir. Makalede yazar BIM' in ne olduğu yada ne olmadığı konusunda bir kavram kargaşası yaşandığını, BIM' in düşük verimlilik dahil inşaat sektörünün yaşadığı birçok sorunun çözümünü sağlayacak bir sisteme sahip olduğunu, en önemli faydasının bu sayede yapıyı iki defa inşa edebilmek olduğunu (sanal ve fiziksel olarak), geleneksel yaklaşımlarda karşılaşılan problemlerin BIM ile sanal model üzerinde çözülebildiğini belirtmiştir. Çalışmada inşaat projelerini kaotik bir yapıya sahip olduğu, BIM ile risklerin azaltılabildiği ve proje süreçlerinin daha yönetilebilir hale geldiği vurgulanmıştır. Türkiye'de BIM kullanımının ilk olarak Körfez bölgesinde görüldüğünü, kamuda İstanbul Büyükşehir Belediyesi raylı sistemlerde ve mevcut metro projelerinde 2014 yılından itibaren zorunlu hale getirildiğini, ancak BIM' in Türkiye de yaygınlaştığını söylemenin zor olduğunu, tercih nedeninin sözleşmelerde geçmesinden kaynaklandığını, YBM' ye geçmeyen firmaların rekabet avantajını kaybedeceği yazar tarafından belirtilmiştir.

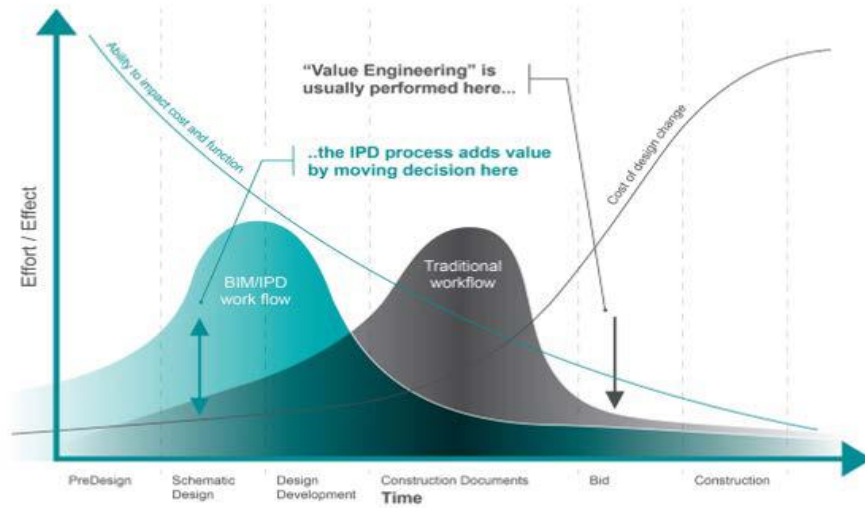
Gülerses (2018) yapmış olduğu tez çalışmasında yapı bilgi modellemesi (5D) ile maliyet yönetiminin avantaj ve dezavantajlarının tespitini ele almıştır. Çalışmada inşaat

sektöründe verimliliğin süre ve maliyet kayıplarına bağlı olarak düşük olduğunu, inşaat projelerinin tasarım aşamasında farklı disiplinlerin bir arada çalışmasının zorunluluğunun bu durumun oluşmasında en önemli etken olduğunu belirtilmiştir. Yazar tez çalışmasında YBM yöntemini bu sorunların çözümünde en katma değerli yaklaşım olarak tarif ederek, 5D modellemeyi kapsamlı olarak incelemiştir. 5D modelleme çalışmada 3D modele süre ve maliyet bilgilerinin girilmesi şeklinde ifade edilmiştir. 5D modelleme için Vico Office Suite yazılımının kullanıldığı görülmüştür. Bu yaklaşımın avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir. Çalışmanın sonucunda 5D modelleme yaklaşımının avantajları hızlı, doğru ve detaylı metraj vermesi, hızlı ve doğru bütçeleme yapılabilmesi, dinamik değişim yönetimine olanak sağlaması (planlama süreci tamamlanmış bir projede yapılacak tasarım değişikliklerinin otomatik yansıtılabilmesi açısından) olarak sıralanmıştır. Dezavantajları ise kusursuz 3D model oluşturma zorunluluğunun bulunması, geometrik olmayan verilerin dinamik yapıya dahil edilememesi, tüm metraj kalemlerinin adresleme zorunluluğu olarak ifade edilmiştir.

Yöndem (2017) kamu yapım işi ihalelerinde tasarımdan kaynaklanan problemlerin yapı bilgi modellemesi ile ihale öncesinde belirlenmesini ele alan tez çalışmasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Trabzon İl Müdürlüğü tarafından ihalesi yapılmış olan üç projeyi YBM ile modelleyerek karşılaşılan problemlerin çözümü üzerinde araştırmalar yapmıştır. Çalışmada ilk olarak incelenen projelerin mühendisleri ile görüşüldüğünü ve hangi tür sorunlarla karşılaşıldığının tespitinin yapıldığı belirtilmiştir. Modellemede farklı amaçla çakışma analizlerinin yapıldığı anlaşılmıştır. Tez çalışmasında yazar tarafından inşaat sözleşmelerinde karşılaşılan anlaşmazlıklar 20 madde halinde sıralanmıştır. Ayrıca YBM'nin kullanımı ise; tasarım sürecinde, çevresel analizlerde, bina yapım sürecinde ve bina işletiminde kullanımlar şeklinde gruplandırılmıştır. YBM'nin tasarım aşamasındaki, yapım aşamasındaki faydalarına değinilmiştir. Ayrıca uzun dönem ve kısa dönem faydaları sıralanmıştır. YBM'nin uygulanmasına yönelik geliştirilen tüm yazılımlar kısaca tarif edilmiştir. Örnek modelleme uygulamalarının da detaylandırıldığı çalışma sonucunda yazar uygulama aşamasında karşılaşılan problemlerin çok büyük sonuçlar çıkarabileceğini, bu problemlerde zaman ve maliyet üzerinde efektif olduğunu, imalat aşamasında karşılaşılan sorunların çözümlerinin kısıtlı olmasından dolayı bir kısım imalatlardan

vazgeçildiğini, arsa sınır ihlallerinin büyük anlaşmazlıklara sebep verdiğini, en çok karşılaşılan problemlerin başında mekanik tesisat projelerinin yerinde uygulanabilirliği olduğunu belirtmiştir. Ayrıca tez çalışması sonucunda ileride yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Öktem (2017) taşıyıcı sistem tasarımında YBM ve kullanım örnekleri isimli çalışmasında inşaat sektörünü farklı birçok disiplin ve proje katılımcısının bir arada çalışması gereken ve proje paydaşları arasında sürekli, doğru, eksiksiz ve eş zamanlı bilgi paylaşımı zorunlu olan bir sektör olarak tarif etmiştir. Makalede YBM' nin teknoloji, prosedürler, süreç, insanlar bileşenlerinden oluştuğunu belirtmiştir. YBM Uygulama alanlarını 3D modelleme, görselleştirme, koordinasyon, çakışma analizi, planlama, maliyet tahmini, sürdürülebilirlik, analizler, işletme yöntemi olarak sıralamıştır. Ayrıca çalışmada YBM' nin faydalarından ve zorluklarından bahsetmiştir. Makalede geleneksel proje süreçleri ile YBM sürecini çaba-etki ve zaman parametreleri açısından karşılaştıran “MacLeamy” eğrisi verilmiştir (Şekil 2.15.). Ayrıca çalışmada küresel ve ülkemizde YBM kullanımı, taşıyıcı sistem tasarımında modelleme, iş akışı ve diğer yapı bilgi modellemesine yönelik kavramlara değinilmiştir.



Şekil 2.15. “MacLeamy” Eğrisi (Öktem, 2017).

Yaman ve İlhan (2010) yayınladıkları makalede inşaat sektöründe bina enformasyon modellemesi kavramını genel olarak incelemiştir. Makalede sağladığı faydalar sebebiyle YBM kullanımının akademik ve uygulama alanlarında giderek

arttığı, söz konusu alanda araştırma yoğunluğunun hangi alanda olduğunu ve hangi alanlarda araştırmada boşlukların bulunduğunun tespit edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu anlamda çalışmada detaylı bir literatür taraması yapılmıştır. YBM BIM üzerinde literatür çalışmalarının genel değerlendirme, model oluşturma, genel değerlendirme/istatistiksel sonuçlar, sistem geliştirme şeklinde katılar sağladığı, yöntem olarak vaka etüdü, kuramsal veya uygulamaya yönelik yaklaşımların kullanıldığını göstermişlerdir. Çalışma sonucunda BIM kavramının literatürde en çok elektronik veri alış-verişi, birlikte işlerlik, eşgüdüm ve iş birliği açılarından ele alındığı yazarlar tarafından vurgulanmıştır.

Akkoyunlu (2015) kentsel dönüşüm projeleri için YBM uygulama planı önerisi başlıklı bir tez çalışması yapmıştır. Çalışmada yazar uygulamada ezber metotlar ile binaların yıkıldığını, YBM modellemesi ile yapının yıkılması veya güçlendirilmesine karar verilebileceğini, yıkılacak bir yapı ise yıkım tekniğine karar verilebileceğini belirtmiştir. Yazar Kentsel dönüşüm projelerinin geleneksel yöntemlerle projelendirilmesinin doğru olmadığını bu projeleri bir bütün olarak ele alıp, tüm parametreleriyle değerlendirmek gerektiği söylemiştir. Bu kapsamda tez çalışmasında Türkiye’de kentsel dönüşüm projelerine yönelik olarak YBM uygulama planı geliştirilmesini ana hedefi olarak belirlemiştir. Tez çalışmasında bu hedef doğrultusunda “Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin YBM Uygulama Planı Önerisi” başlıklı bir bölüm oluşturulmuştur. YBM uygulama planı süreci aşamalı ve detaylı olarak verilmiştir. Bu plan UBUP (Ulusal BIM Uygulama planı) olarak adlandırılmıştır. Çalışma sonucunda önerdikleri model ve vaka çalışmasına bağlı olarak sonuçları sıralamışlardır. Ayrıca tez sonucunda çalışmanın uygulama alanı ve sonraki çalışma başlıklarına yer verilmiştir.

Çuhadar (2017) Mimarlık Hizmeti Kapsamında Bina Bilgi Modelleme: G Villa Konut Projesi başlıklı bir tez çalışması yapmıştır. Çalışmada Revit yazılımı kullanılarak “G Villa” konut projesi tasarlanmıştır. Çalışmanın bir bölümünde Revit yazılımının kullanıcı ara yüzü detaylarına yer verilmiştir. Bu kısımda Autodesk Revit yazılımının, parametrik tabanlı olduğu, kullanıcı tarafından özelleştirilebileceği, kavramsal tasarım, kolay geometri oluşturma ve ileri modelleme teknikleri ile yüksek seviyede kontrol ve hassaslık sağlandığı, yazılım geliştirme ara yüzü ile ileri modelleme teknikleri ve araçlarının geliştirilebildiği, katı modelleme yapılabildiği, gün ışığı veya yapay ışık çalışmaları yapılabildiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada BIM için özelleşmiş başka

yazılımlarda detaylı anlatılmıştır. Tez çalışmasında YBM' nin uygulandığı villa projesi detaylarına ve statik, mimari, mekanik ve elektrik projeleri için YBM modeli görselleri verilmiştir. Tezin çalışmasında YBM' nin uygulanmasında ortaya çıkan zorluklara da yer verilerek çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Çalışma sonucunda YBM ' nin gelecekte inşaat endüstrisinin tamamında yaygın olarak kullanılacağı, küçük ve orta ölçekli mimarlık ve inşaat firmaları için farklı yeni iş avantajları ortaya çıkacağına yer verilmiştir.

Atabay (2019) yaptığı çalışmada yüklenici firmaların proje yönetim ve planlamasının önemine değinmiştir. Proje yönetim sürecinde disiplinler arası iletişim ve koordinasyon eksikliğinden kaynaklanacak her türlü aksamanın verimlilik kayıplarına neden olacağı bunun da milli ekonomi üzerinde olumsuz bir etki bırakacağına belirtmiştir. Bu kapsamda projelerde Yapı Bilgi Modellemesi kullanımını örnek bir proje üzerinden inceleyerek, ülkemiz şartlarına uygun olabilecek süreçleri ortaya koymaya çalışmıştır. Çalışmada building Smart Kurumu tarafından oluşturulan standartlar esas alınarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından oluşturulan şartname ve uygulama ilanlarına öneri olarak sunulan bir model planlaması yapılmış bu modelin bir istasyon projesi üzerinde nasıl uygulanacağı hususun da çalışma yapılmıştır. Çalışmada YBM uygulama planı'nın hazırlanması safhasında LOD matrislerinin önemine değinerek bu sayede istenilen detay ve eleman seviyesinde modellerin hazırlanacağını yüklenici ve idare arasında anlaşmazlıkların en aza indirgeneceğini vurgulanmış, proje aşamaları detaylı olarak incelenmiş, çakışma kontrollerinin görsel ve sayısal olarak hazırlanması gerektiğini ve hangi sıklıkla yapılması gerektiği tarif edilmiştir. YBM sisteminin ana amacının proje yapım sürecinde proje paydaşları arasında iletişim ve işbirliğinin artırılması olduğu belirtilmiştir. Çalışmada Yapı bilgi modellemesinin faydaları sıralanmıştır.

Karataş (2018) danışmanlık hizmetlerinin yapı bilgi modellemesi ile kullanımını incelenmiştir. Örnek bir Toplu Konut projesinde Yapı bilgi modellemesinin kullanımının danışmanlık hizmetlerine getireceği faydalar incelenmiştir. Toplu Konut İdaresi yapım ihalelerin yanı sıra danışmanlık ihalesi açarak hemen hemen tüm projelerin de Yüklenici ve Danışman firma ile çalışmaktadır. Karataş yaptığı çalışmada bir inşaat projesi kapsamında Danışman firmanın görev ve sorumluluklarını değinmiş kapsamlı ve karmaşık projelerde kontrol ve koordinasyonun geleneksel yöntemlere göre

yetersiz kaldığını Yapı bilgi modellemesi ile tüm proje disiplinleri ile eş zamanlı olarak Bir uyum içinde doğru ve güncel bilgilere ulaşılabileceğini belirtmiştir. Örnek vaka çalışması ile yaşanan sorunları araştırmış bunların neticesinde yaşanan gecikme ve maliyet artışlarına değinerek çakışma kontrolleri ile birlikte göstererek yapı bilgisi bilgi modeli kullanmasının faydalarını ortaya koymuştur.

Erdik (2018) yaptığı çalışmada YBM' nin adaptasyonu üzerinde bir çalışma yapmıştır. Çalışmada YBM ' nin adaptasyon sürecine ilişkin problemler irdelenmiştir. YBM' yi kullanan ve kullanmayan firmalar karşılaştırılarak bir sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, ülkemizde YBM' nin kullanıldığı projeler de örnek olarak verilerek, ülkemizde YBM 'nin kullanıldığı proje sayısının az olduğu, uygulamaların genel olarak ofis ve konut sektöründe yoğunlaştığını belirtmektedir. Ülkemizde YBM adaptasyonuna ilişkin kullanan ve kullanmayan firmaların adaptasyonuna ilişkin anket çalışması yapılmış ve anket sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre; yapı projelerinde YBM kullanımının oldukça az olduğu, YBM uygulamalarının genel olarak ön tasarım aşamasında kaldığını ve uygulamada proje paydaşlarının ve alt yüklenicilerin yetersizliği, YBM kullanımının ön yapım aşamasında kaldığı sektör içindeki proje paydaşları ile yüklenici ve alt yüklenicilerin yetersiz kaldığı, Ulusal bir standardın olmaması, bu yönde de herhangi bir talebin olmaması da adaptasyonu geciktiren faktörler arasında belirtilmiştir.

2.6.4. YBM' nin Sahada Kullanımına Yönelik Örnek Uygulamalar

Tez çalışması kapsamında Yapı Bilgi Modellemesi üzerine bir önceki bölümlerde özeti verilen ulusal ve uluslararası kaynaklardaki çalışmalar detaylı incelendikten sonra uygulanmış örnek çalışmalar incelenerek bu kısımda sıralanmıştır. Literatür taramasının ve sonrasında örnek çalışmaların detaylı yapılmasındaki amaç;

Yöntemin detaylarının irdelenmesi,

- Saha uygulamalarındaki kullanımının araştırılması,
- Modellemedeki aşamaların incelenmesi,
- Modellemedeki yazılımın belirlenmesi,
- Zorluklarının ve sorunların tespit edilmesi,
- Faydalarının daha iyi anlaşılabilmesi,

olarak belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda YBM (BIM) uygulamasının son bir yıl içerisinde ülkemizden ve dünyadan örnekleri aşağıda verilmiştir.

Örnek 1: Proje: Kayseri Yazılım: Allplan-Navisworks (Erdik, 2018)



Şekil 2.16. Abdullah Gül Cumhurbaşkanlığı Müzesi ve Kütüphanesi (Erdik, 2018)



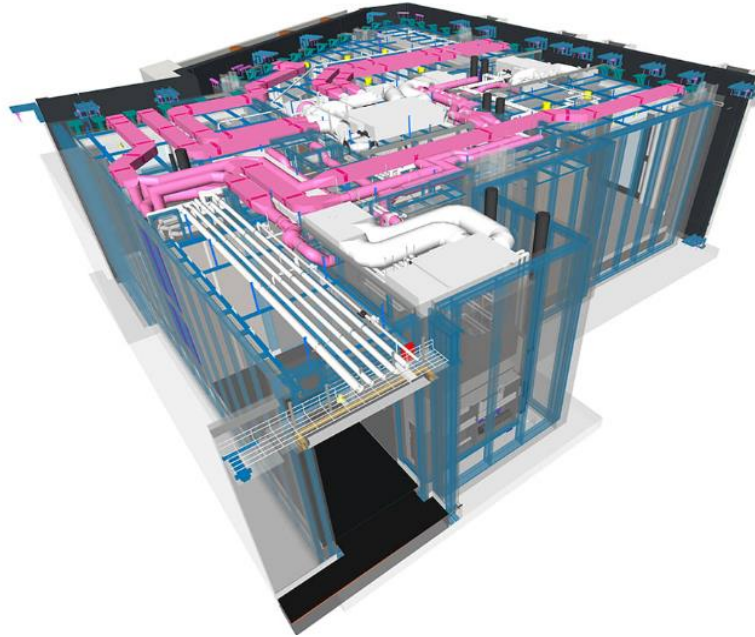
Şekil 2.17. Yapı BIM Modeli (Erdik, 2018)

Örnek 2: Proje: New Taipei City (Şehir Modeli), Tayvan, Yazılım: Bentley
(<http://www.bimplus.co.uk>)



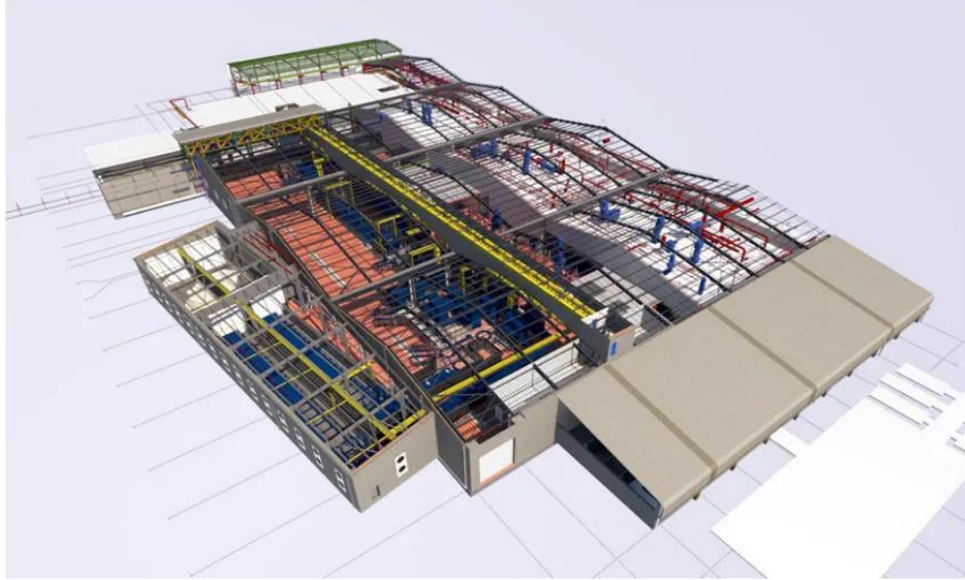
Şekil 2.18. 1000 Hektarlık Alana Ait 3D BIM Modeli (<http://www.bimplus.co.uk>)

Örnek 3: Proje: Londra (One Nine Elms Virtual Mock up) Yazılım: Revit ve Navisworks (<http://www.bimplus.co.uk>)



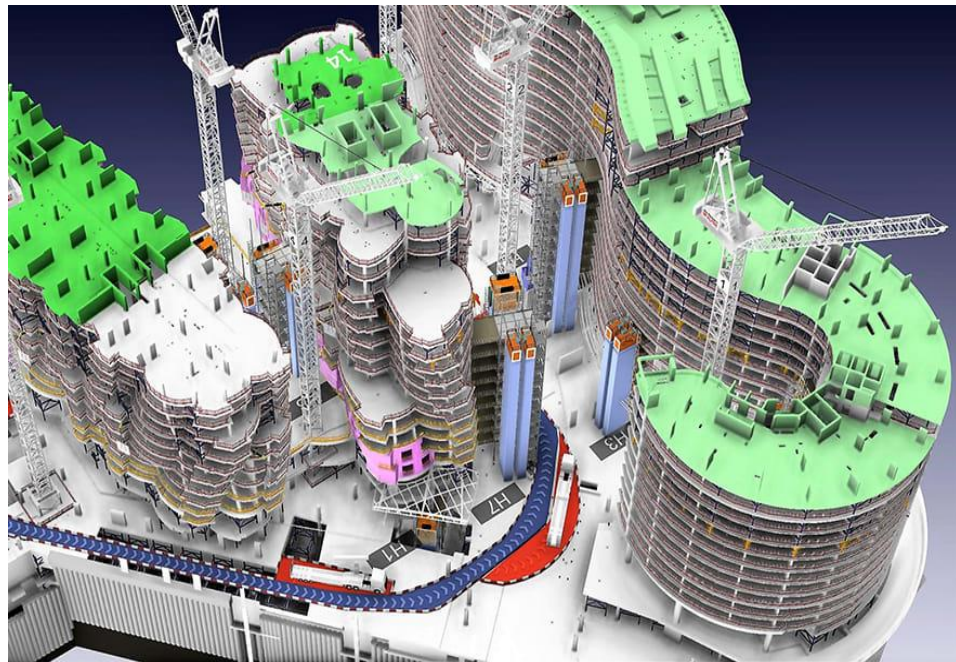
Şekil 2.19. One Nine Elms Yapısı Modeli (<http://www.bimplus.co.uk>)

Örnek 4: Proje: Arabistan (Endüstriyel Yapı) Yazılım: ArchiCAD
(<http://www.bimplus.co.uk>)



Şekil 2.20. Soğutma Tesisi (<http://www.bimplus.co.uk>)

Örnek 5: Proje: Londra (Konut) Yazılım: Synchro PRO (<http://www.bimplus.co.uk>)



Şekil 2.21. Konut BIM Modeli (<http://www.bimplus.co.uk>)

Örnek 6: Proje: Seul (Plaza) Yazılım: Synchro PRO (news.samsungcnt.com)



Şekil 2.22. Plaza BIM Modeli (news.samsungcnt.com)

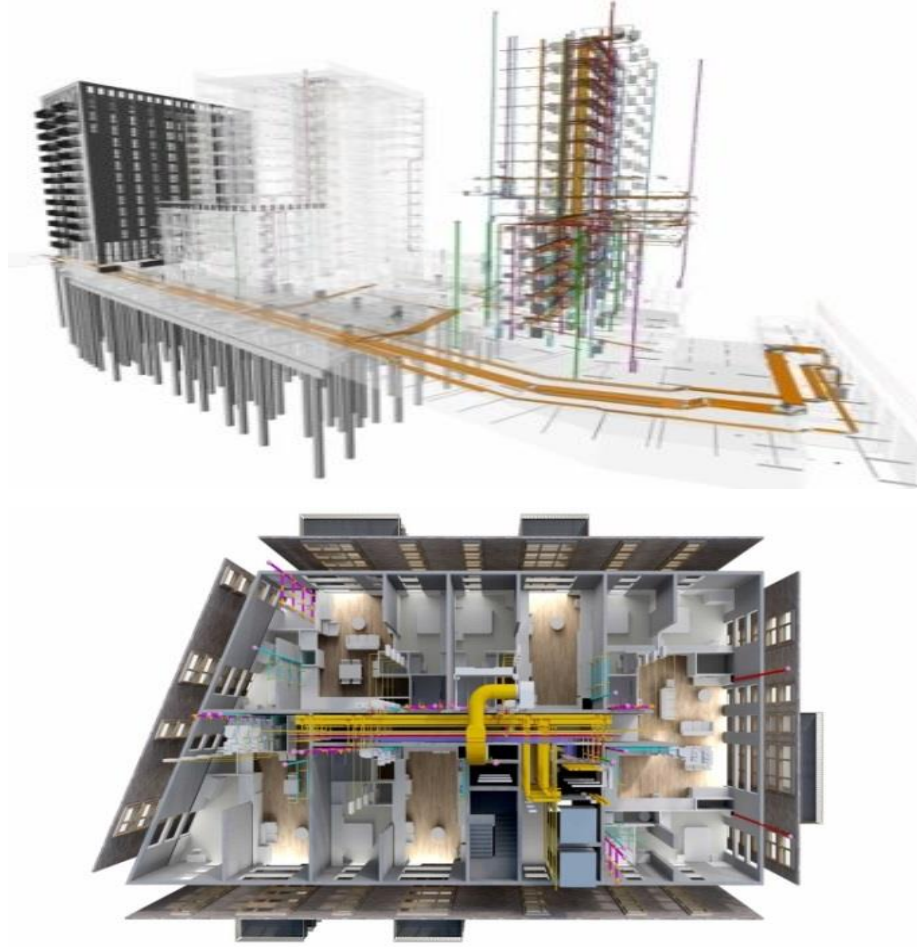


Şekil 2.23. Plaza İmalat Aşaması (news.samsungcnt.com)

Örnek 7: Proje: Londra (Bir Adet İş Merkezi) Yazılım: Revit
(<http://www.bimplus.co.uk>)



Şekil 2.24. İş Merkezi BIM Modeli (www.vectorworks.net/)

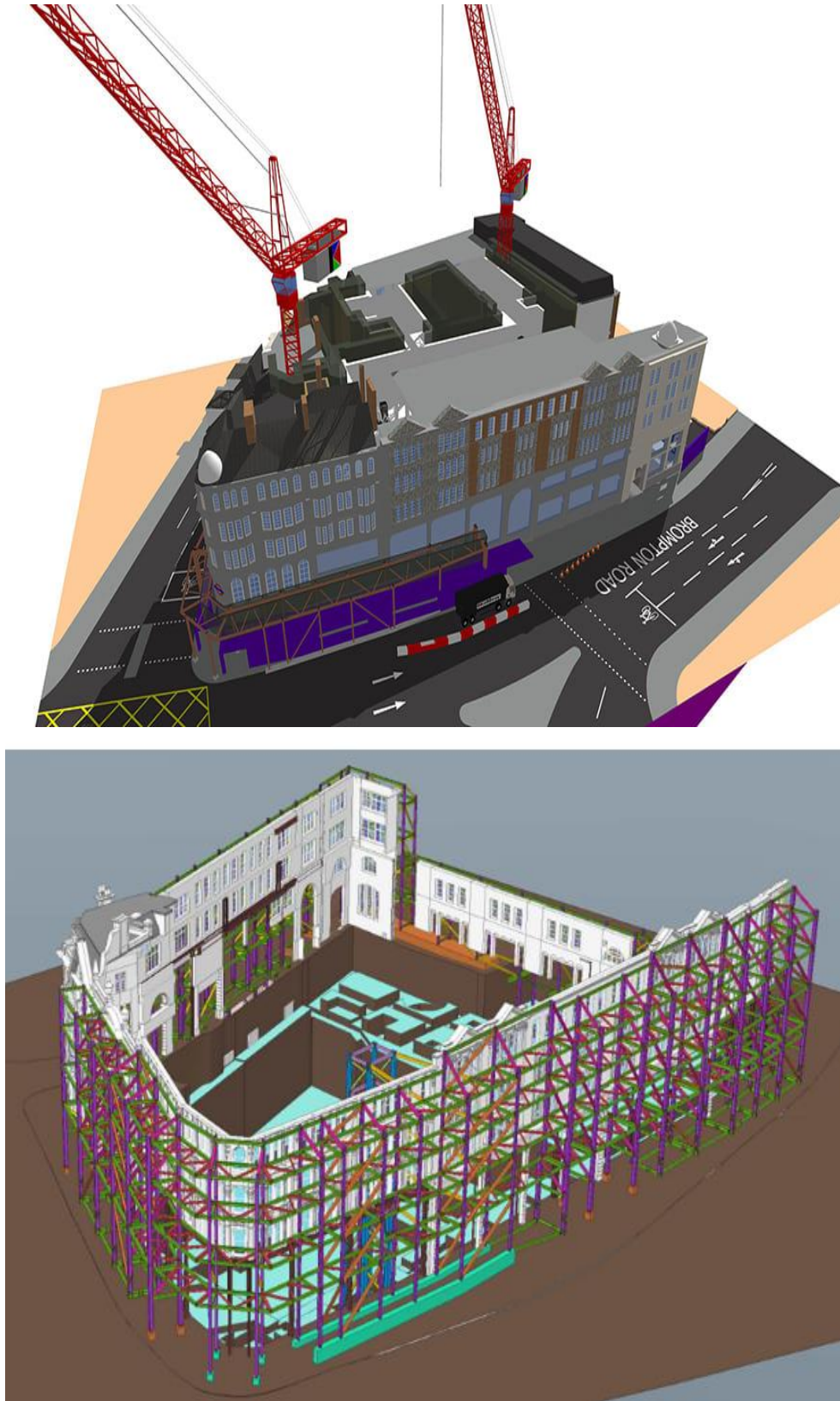


Şekil 2.25. İş Merkezi BIM Plan Modeli (www.vectorworks.net/)

Örnek 8: Proje: Londra (İş Merkezi) Yazılım: Tekla
(<http://www.bimplus.co.uk>)



Şekil 2.26. İş Merkezi Görünümü (<http://www.bimplus.co.uk>)

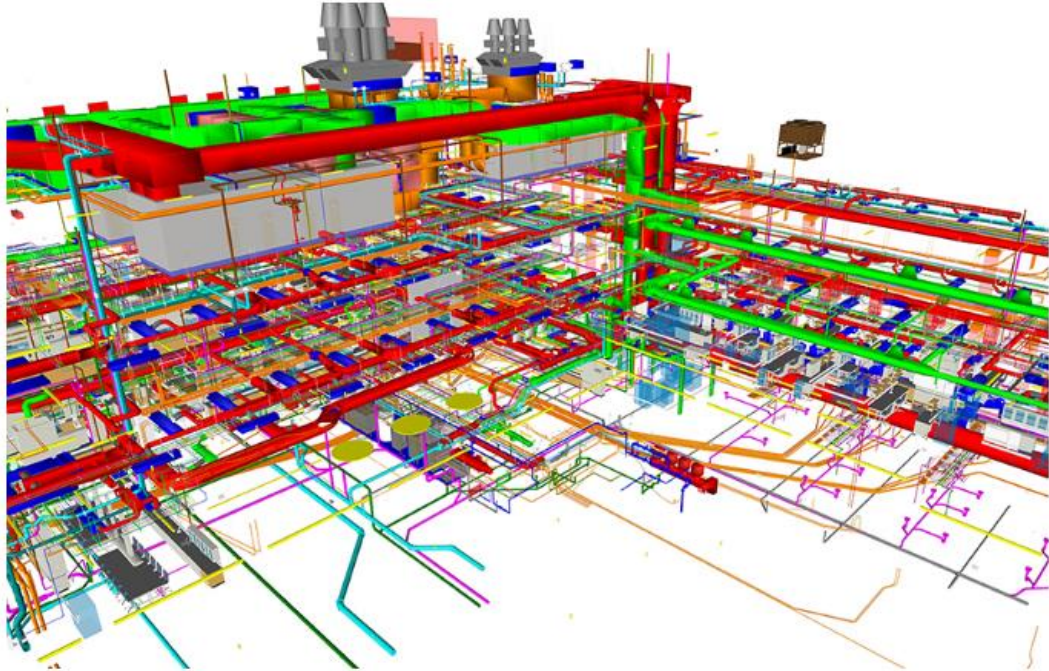


Şekil 2.27. İş Merkezi BIM Modelleri (<http://www.bimplus.co.uk>)

Örnek 9: Proje: Londra (İş Merkezi) Yazılım: Revit (<http://www.bimplus.co.uk>)



Şekil 2.28. İş Merkezi BIM Modelleri (<http://www.bimplus.co.uk>)



Şekil 2.29. İş Merkezi Mekanik Tesisat BIM Modeli (<http://www.bimplus.co.uk>)

Örnek10:Proje İstanbul Havalimanı Yazılım Revit-Navisworks
(www.architectmagazine.com)



Şekil 2.30. İstanbul Havalimanı (www.architectmagazine.com)



Şekil 2.31. İstanbul Havalimanı (www.architectmagazine.com)

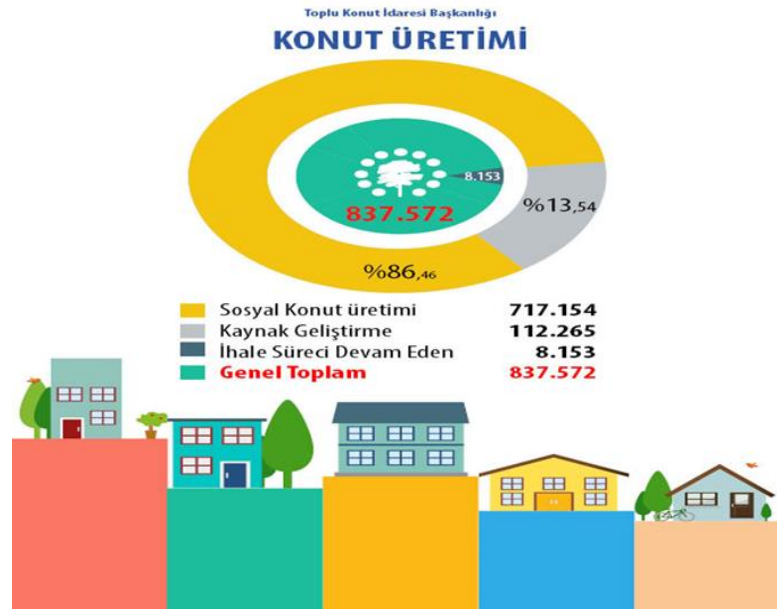
3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN KONUTLARDA KULLANIMI

3.1. Türkiye’de Toplu Konut Uygulamaları Hakkında Genel Bilgiler

Ülkemizde konut hamlelerinin etken faktörlerinden biri olan deprem gerçeği Toplu Konut İdaresinin hareket noktalarından birisidir. 1980’lerin başında kamunun yol göstericiliği ile konut açığı sorununa çözümler geliştirilmeye başlanmış, 1984 yılında Toplu Konut ve Kamu Ortaklığı İdaresi kurulmuştur. TOKİ’nin fonksiyonu Türkiye’de konut üretim sektörü teşvik edilerek hızlı artan konut talebinin planlı bir şekilde karşılanmasını sağlamak yönünde olmuştur. 1190 yılında 412 ve 414 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamenin çıkarılması ile Toplu Konut İdaresi Başkanlığı ve Kamu Ortaklığı İdaresi Başkanlığı şeklinde iki ayrı idare olarak kurulmuş, 1993 yılında da Toplu Konut Fonu'nun Genel Bütçe kapsamına alınmasıyla İdare kaynaklarının azalması, İdareyi konut üretiminden uzaklaştırmış, ülkemizin nitelikli konut ihtiyacı tam olarak karşılanamamıştır. Devam eden süreçlerde son olarak 09.07.2018 tarihli 703 sayılı KHK ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlanarak faaliyetlerine devam etmektedir.

TOKİ kuruluşu Türk inşaat sektöründe sağladığı istihdam ve yaptığı konut adeti ile zaman içerisinde arz-talep ile fiyat dengesini düzenler bir yapıya kavuşmuş, sosyal donatı ve kamu ihtiyaçlarını karşılarken gelir dağılımının düzeltilmesine katkıda bulunmuştur.

TOKİ konut üretiminde; ön yatırım maliyeti yüksek endüstriyel yapım teknikleri yerine, Tünel kalıp uygulamasını benimsemiştir. Tünel kalıp uygulaması hızlı ve depreme dayanıklı yapısı ile seçilmiştir. Tünel kalıp uygulaması; Kule vinç yardımı ile saç kalıplar kullanılarak döşeme ve duvarların birlikte imal edildiği yapım sistemidir. Ahşap Kalıba oranla çoklu kullanıma olanak tanınması nedeni ile tercih edilmektedir. Ancak hızlı imalata olanak tanınması ve çoklu kullanımlarda düşük kalıp maliyeti sağlamanın yanında benzer mimarinin uygulanması, farklı mimari formların oluşturulamaması, bölgesel iklim faktörleri ve topoğrafyaya uyum sorunları görülmektedir (www.toki.gov.tr).



Şekil 3.1. TOKİ faaliyetleri (www.toki.gov.tr)

Ülkemizde toplu konut uygulamaları denince akla gelen ilk kurum olan TOKİ uygulamaları yıllar içinde farklılıklar göstererek, yalıtım uygulamalarından mekanik tesisata kadar yapının gerek projesel gerekse uygulama alanlarında farklı uygulamaları geliştirmektedir. Örneğin; 2007 yıllarında 4. Isı bölgesi içindeki tünel kalıp uygulamasında yalıtım içeride yapılmakta ve binanın dış cephesi kör cephesinde tekstür kullanılarak, mimari açıdan dış cepheye hareket kazandırma eğilimi varken, zamanla gelişen teknolojinin de etkisi ile bu uygulama doğru bulunmamış ve dış cephe yalıtımı dışarıya alınarak Eps yalıtıma gidilmiş süreç zamanla ilk 1 metrede XPS sonrasında EPS uygulaması sonrasında da yangın güvenliği düşünülerek pencere kenarlarına 20 cm den az olmamak kaydı ile taş yünü ve EPS uygulamaları ile karma bir yalıtım modeline geçilmiştir. İnşaat sektöründe gerek malzeme gerekse yaşanan teknolojik gelişmeler bu değişim sürecinde etkili olmuştur. Ancak, standart uygulamaların sabit kalmak kaydı ile mekânsal ve illerin kültürel yapıları göz önüne alınarak proje uygulamalarında değişikliğe gidilmiştir.

Örneğin Kayseri’de yapılan B tipi bir blok için dış cephe de söve ve kat silmesi uygulamasına Konya’da Selçuklu mimarisinin etkileri göz önüne alarak motifler ve payandalar eklenmiştir. Dolayısıyla TOKİ projeleri gittikçe detayı artan ve gelişime sürekli açık projeler halini almıştır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3.).



Şekil 3.2. Safranbolu Yöresi TOKİ konutları (www.toki.gov.tr)



Şekil 3.3. Rize Yöresi TOKİ konutları (www.toki.gov.tr)

3.2. Toplu Konut Uygulamalarında Verimliliği Etkileyen Problemler

Bir önceki kısımda özetlendiği üzere TOKİ tarafından yapılan uygulamalar detayda farklılaşarak gelişmekte ve bununla birlikte uygulamada birçok sorun ile karşılaşmaktadır. Bu sorunların hali hazırda birçoğu müteahhit, danışman firma ve TOKİ arasında geçmektedir. Bu sorunların bir kısmı yapı müteahhiti ve uygulama denetçileri ile sahada çözülmektedir. Bazı durumlarda koordinasyon ve projesel aksaklıklar sonucunda iki defa bir işin yapılması ortaya çıkmaktadır. Bu durumda zaman ve maliyet kaybı olarak yansımaktadır. Bu tez çalışmasında ilk olarak TOKİ uygulamaları proje ve saha aşamalarında verimliliği düşürebilecek, maliyet ve zaman

kaybına yol açabilecek sorunlar tespit edilerek aşağıda sıralanmıştır. Bu sorunlar proje ve imalat aşaması olarak iki grupta ele alınmıştır.

Proje Aşamasında;

- Statik ve mimari projelerin uyumsuzluğu,
- Elektrik ve mimari projelerin uyumsuzluğu,
- Mekanik ve mimari projelerin uyumsuzluğu,
- Peyzaj projesi ile plan kotenin uyumsuzluğu,
- Yapıların aplikasyon planı ile topoğrafya uyumsuzluğu,

İmalat Aşamasında;

- Kule vincin yerleşim düzeni problemleri,
- Altyapı detay sorunları,
- Detaylandırılmamış malzemelerin kabul süreci,
- Proje aşamasında detaylandırılmayan imalat çakışmaları,
- Güncellenen projelerin tüm çalışma gruplarınca anlaşılması sorunu,
- Metraj-hakediş çalışmaları ve kabul süreci,
- İmalat sonrası işletim süreci problemleri,
- Bakım ve onarım problemleri,

3.3. Toplu Konut Uygulamaları ve YBM

Toplu konut uygulamalarının projelendirilmesi ve imalatı aşamalarında verimliliği olumsuz etkileyen sorunlar kısım 3.2. 'de belirlenmiştir. Bu kısımda bu sorunların yapı bilgi modellemesi ile çözülebilirliği incelenmiştir. Her bir sorunun yapı bilgi modellemesinde uygulanması ve sonuçta verimliliği nasıl etkileyeceği araştırılmıştır. Tez çalışmasında, bu bölümde yer verilen sorunlara yönelik YBM ile çözüm yaklaşımlarından bir kısmı örnek vaka çalışması modelinde dikkate alınmıştır.

Proje Aşamasında;

Sorun 1: Statik - mimari projelerin uyumsuzluğu ve YBM

Mimari projede yer verilen bir detayın, statik projede yer almaması tünel kalıp uygulamalarında oldukça büyük problemlere neden olmaktadır. Çünkü tünel kalıp sistemlerde kalıplar imalat öncesinde statik projeye göre hazırlanmakta ve yerine kule vinç yardımıyla konulmaktadır (Şekil 3.4.). Örneğin; Fransız balkon olarak adlandırılan

bir konsol döşemenin mimaride olup statik projede yer almaması hazır olarak kalıp sistemi oluşturulan bu tip yapılarda ciddi vakit kaybına yol açmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesinin faydası tam da bu noktada devreye girmektedir. Şöyle ki YBM ile oluşturulan bir sistemde proje paydaşlarının ortak çalışması ve YBM koordinatörünün denetimi sonucunda bu şekilde bir uyumsuzluğun tespit edilmemesi çok düşük bir olasılıktır. Çünkü çakışma kontrollerinde bu durum ortaya çıkacaktır.

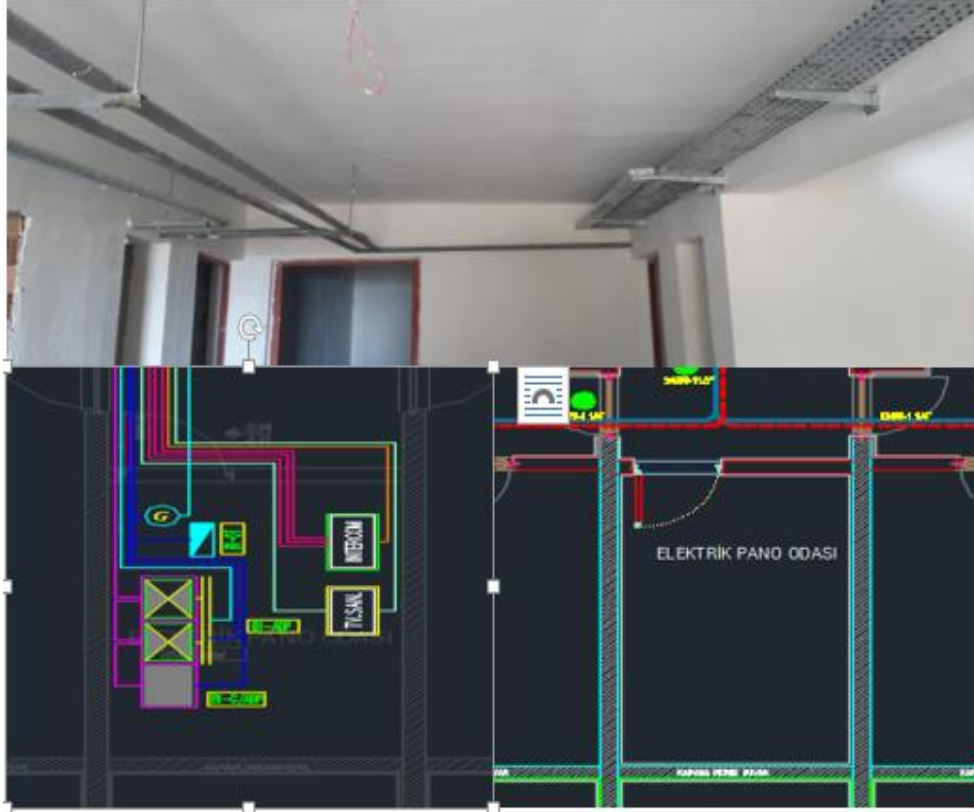


Şekil 3.4. Toplu konut tünel kalıp uygulaması.

Sorun 2: Elektrik - mimari projelerin uyumsuzluğu ve YBM

Toplu konut uygulamalarında elektrik tesisat sorunlarından, mimari projedeki elektrik shaftı ile zayıf akım projesindeki shaftın yerlerinin uyamaması en sık karşılaşılan durumdur. Bununla birlikte ıslak hacimlere yakın prizlerin imalat aşamasında fark edilmesi, mutfak tezgâhı üstündeki elektrik priz yerlerindeki uyumsuzluklar olarak çoğaltılabilecektir. Örneğin; elektrik projesindeki panonun yeri ile mimari proje detaylarının uyumsuzluğu neticesinde imalat aşamasında mimari detaylara müdahale etmek gerekli olabilmektedir. Bazı durumlarda projelerin değişmesi dahi gündeme gelebilmektedir. Ancak yapı bilgi modellemesi ile projelendirilen bir sistemde bu tip uyumsuzlukların görülememesi olanaksızdır. Çünkü 3D modellemede tüm proje detayları yer almaktadır. Burada da çakışma kontrolleri ve proje paydaşlarının ortak çalışması neticesinde uyumsuzluklar proje aşamasında belirlenmektedir. Şekil 3.5.' de

elektrik projesi ile mimari projedeki uyumsuzluk neticesinde elektrik pano odası kapısının yerinin imalat aşamasında değiştirildiği görülmektedir.



Şekil 3.5. Elektrik ve mimari projelerdeki uyumsuzluklar.

Sorun 3: Mekanik - mimari projelerin uyumsuzluğu ve YBM

Elektrik projelerindeki duruma benzer olarak mekanik projelerde de shaft yerlerinin uyumsuzluğu imalat aşamasında sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle doğal gaz sistemine bağlı ekipmanların mimari detaylara denk gelmesi, ıslak hacim girişlerindeki kapıların açıldığı zaman lavaboya çarpması (Şekil 3.6), bodrum katlarda pimaş borularının eğimden dolayı kapı üstüne denk gelmesi imalat aşamasında karşılaşılan durumlardır. Yapı bilgi modellemesi içerisinde mekanik sistemin birebir modele yansıtılması ile bu durumların tespiti oldukça kolay olmaktadır. LOD 300 ile bir sistem modellenmesi kavramı bu tip detayların 3D modeller içerisinde boyutları ile yer almasını tarif etmektedir. Dolayısıyla imalat aşamasında tespit edildiğinde çözümü kompleks olabilecek bu durumların YBM ile projelendirilmiş bir yapıda minimize edileceği görülmektedir.



Şekil 3.6. Lavabo ve kapı çakışmasına özel bir konuttan örnek.

Sorun 4: Peyzaj projesi ile plan kontenin uyumsuzluğu ve YBM

Peyzaj projesinde detayı gösterilen bir uygulamanın her zaman yerinde birebir uygulamasını yapılamamaktadır. Bazı durumlarda arazi topoğrafyasına bağlı peyzaj detaylarına ilave yapı sistemlerinin eklenmesi zorunlu olabilmektedir. Örneğin; topografyaya bağlı olarak bir basketbol sahasının etrafına imalat aşamasında istinat duvarı eklenmesi durumu ile karşılaşılabilecektir. Bununla birlikte yine arazi şartlarından dolayı çok yüksek merdivenler ortaya çıkabilecektir.

Yapı Bilgi Modellemesi yerinde karşılaşılabilecek bu tip durumların projelendirme aşamasında ön görülmesine ve değişik çözümler üretilmesine olanak sağlamaktadır. Yapı ile çevresinin birlikte 3D modelinin yapılması hem kontrol mekanizması hem de yüklenici açısından oldukça kullanışlı bir çıktı sağlayacaktır (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Peyzaj düzeni ile birlikte modellemiş bir yapı (Sacks, 2018)

Sorun 5: Yapıların aplikasyon planı ile topoğrafya uyumsuzluğu ve YBM

Bu başlık altında en çok karşılaşılan sorun yol kotu ile yapı giriş kotu arasındaki farklılıklar olarak ortaya çıkmaktadır. Geleneksel projelendirmede topoğrafya ile aplikasyon planının 3 boyutlu olarak görselleştirilememesi bu ve buna benzer sorunların imalat aşamasında ortaya çıkmasına neden olmaktadır. YBM ile bu tip durumlarında önceden tespiti ve buna kazı veya dolguların optimizasyonu ile uygulamanın verimliliğine büyük katkı sağlanabilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. BIM modelinde yolların görünümü (www.autodesk.com)

İmalat Aşamasında;

Sorun 1: Kule vincin yerleşim düzeni problemleri ve YBM

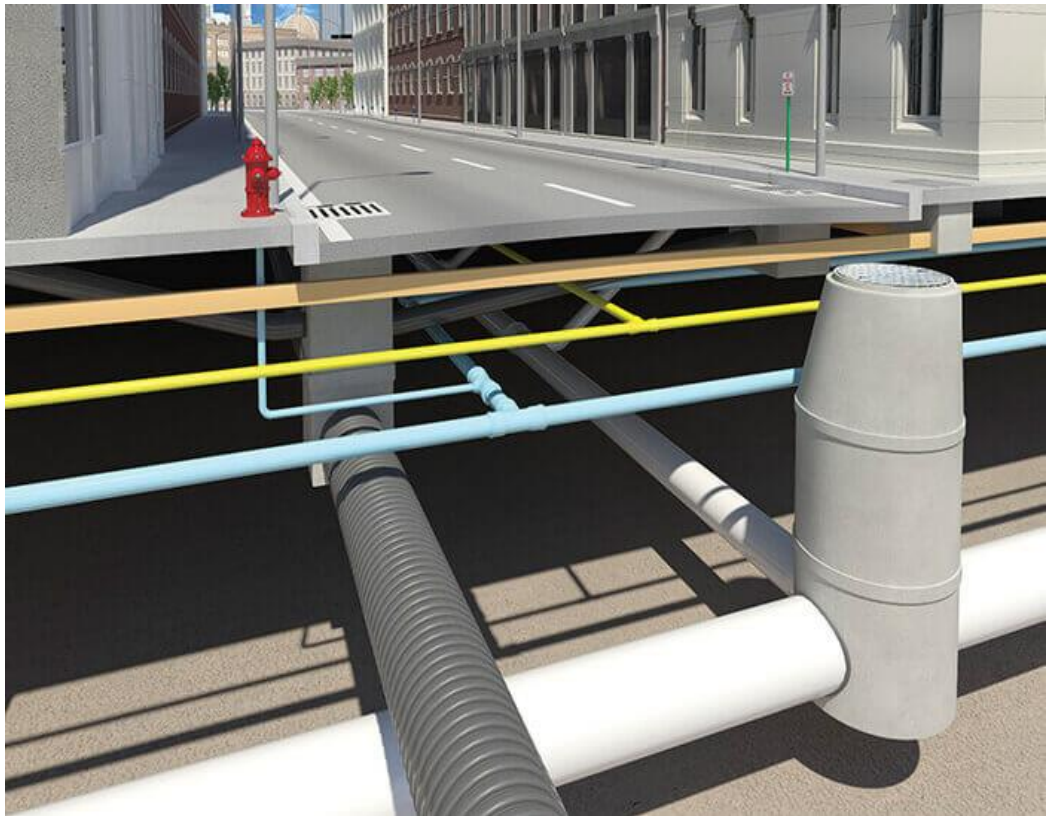
Toplu konut uygulamalarında kule vincin yerleşim koordinatları proje açısından oldukça önemlidir. Kule vincin yerleşimi esasen bir optimizasyon problemidir. Vinç yapıya yakın olmamakla birlikte, yapısal elemanların üretiminde kullanılan kalıpların taşıma mesafesi içerisinde kalmalıdır. Bu kapsamda yapı bilgi modellemesi yapılarak 3D modeller içerisinde vincin kullanımı açısından konum şartlarını sağlayıp sağlamadığı görülebilecektir. Dolayısıyla vincin en uygun kullanımına yönelik koordinatlar proje aşamasında belirlenebilecektir.



Şekil 3.9. BIM modelinde kule vinç görünümü (www.researchgate.net)

Sorun 2: Alt yapı detay sorunları ve YBM

Toplu konut projelerinde alt yapı ile ilgili oldukça fazla durum imalat aşamasında ortaya çıkabilmektedir. Çünkü uygulamalarda yerin alından elektrik, mekanik, doğalgaz, telekomünikasyon, atık su, yağmur suyu, yangın hattı tesisatları geçmektedir. Dolayısıyla imalat aşamasında çakışmaların oluşması oldukça muhtemeldir. Bu sorunlar YBM kullanılarak büyük ölçüde minimize edilebilecektir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Altyapı tesisatlarının BIM modeli (www.autodesk.com)

Sorun 3: Detaylandırılmamış malzemelerin kabul süreci ve YBM

Toplu konutlarda kullanılan malzemeler için belli standartlara uygunluk aranmaktadır (TSE standartlarına uygunluk vb.). Eğer proje aşamasında kullanılacak malzemelerin detaylandırılmaması sonrasında imalat aşamasında bu malzemelerin standartlara uygunluğu açısından kabul sürecini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca malzemenin imalat aşamasında seçimi montaj problemlerinin de meydana gelmesine neden olabilecektir. Buda ciddi vakit kayıplarına yol açacaktır. YBM ile ileri LOD

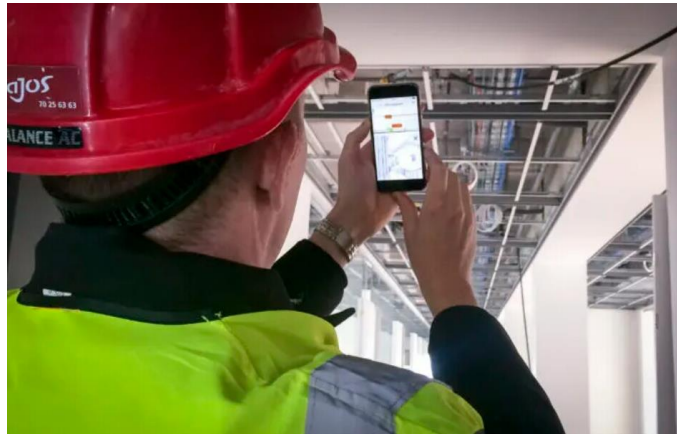
seviyelerinde kullanılacak tüm malzemelerin teknik şartnamesinin de hazırlanabilmesi ve detaylandırılabilmesi imkanı sayesinde bu vakit kaybı en az seviyeye indirilecektir.

Sorun 4: Proje aşamasında detaylandırılmayan imalat çakışmaları ve YBM

Tez kapsamında örnek vaka çalışmasında ele alındığı ve yukarıdaki sorunlarda genel olarak bahsedildiği üzere proje aşamasında iyi detaylandırılmayan bir yapının, imalat aşamasına geçildiğinde birçok çakışma sorunu ile karşılaşmaktadır. Özellikle tünel kalıp sistemlerin tekrarlı imalatlar içermesi ve hızlı imalat süreci bu çakışmaların geç fark edilmesine yol açabilmektedir. Bu durum imalat aşamasının gecikmesinin yanında ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. YBM ile modellenmiş bir proje sürecinde çakışma analizleri yapılarak, imalat aşamasına geçmeden bu sorunlara çözüm üretilebilecektir.

Sorun 5: Güncellenen projelerin tüm çalışma gruplarınca anlaşılması sorunu ve YBM

Tez çalışmasının özet bölümünde, YBM' nin detay anlatımında ve literatür taraması kısmında belirtildiği üzere yapı bilgi modellemesinin en etkili avantajı tüm proje paydaşlarının imalat aşamasına geçilmeden sanal ortamda değerlendirilebilmesine olanak sağlamasıdır. Toplu konut projelerinde bu husus çok önemli olmaktadır. Çünkü toplu konut projelerinde proje aşamasında birçok paydaş bulunduğu gibi imalat aşamasında da yoğun denetimler yapılmaktadır. Dolayısıyla YBM bu anlamda sadece proje paydaşlarına değil gelişen teknoloji ile birlikte kontrol mekanizmasına da hitap etmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. İmalatın BIM İle Denetimi (www.autodesk.com)

Sorun 6: Metraj-hakediş çalışmaları ve kabul süreci - YBM

Yapı bilgi modellemesinin ileri seviyelerinde modelden hazır metrajlar alınarak imalat aşamasında hızlı şekilde hakedişler düzenlenebilmektedir. Ayrıca imalat değiştiğinde model üzerinde bunun hızlı şekilde güncellemesi yapılarak metrajlarda güncellenebilmektedir. Örneğin bir pencerenin yerinde yapılmaması durumunda bu durum modele tanımlanarak duvar ve diğer inşaat kalemlerinin otomatik olarak güncellenmesi sağlanabilmektedir. YBM' nin bu faydası yüzlerce imalat kaleminin bulunduğu toplu konut uygulamalarında oldukça kullanışlıdır.

Sorun 7: İmalat sonrası işletim süreci problemleri ve YBM

Tolu konut yapılarında imalatlar sonlandırıldıktan ve kabuller yapıldıktan sonra bina yönetimi, bakım ve onarımlar, eksik işlerin tamamlanması konuları ayrı bir işletme gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Projelendirme sürecinden imalat aşaması sonuna kadar YBM kullanılmış bir yapısal sistemde imalatlar bitirildikten sonra ortaya çıkan işletme gereksinimlerinin de karşılanması oldukça pratik olarak yapılabilecektir.

4. ÖRNEK VAKA ÇALIŞMASI: KAYSERİ İNCESU SARAYCIK TOKİ TOPLU KONUTLARI

4.1. Saraycık TOKİ Toplu Konutları

Saraycık TOKİ toplu konutları Kayseri ili, İncesu sınırları içerisinde yer almaktadır. Projenin tam adı “ Kayseri İli İncesu İlçesi Saraycık Mahallesi 434 Adet Konut, 5 Dükkânlı Ticaret Merkezi ve 1 Adet Cami İnşaatları ile Altyapı ve Çevre Düzenlemesi İşi” olarak geçmektedir. Proje 2016 yılında başlamış olup, 2018 yılında Kahraman İnşaat Tic. Ltd. Şti. tarafından tamamlanmıştır. Bloklar 22 adet B1 (2 Bodrum+Zemin+2 Normal Kat) tipi, 11 adet B1 (1 Bodrum+Zemin+2 Normal Kat) olarak toplam 33 adettir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Saraycık TOKİ Konutları (Prokon Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş., TOKİ)

Bloklarda her katta brüt alanı 75.16 m² olan 4 daire bulunmaktadır (Şekil 4.2.-Şekil 4.3). Projede alt yapı ve çevre düzenlemesi iş kapsamında. Ayrıca projede 1 adet Cami ve 5 Dükkânlı ticaret merkezi yer almaktadır. Bloklar tünel kalıp teknolojisi ile inşa edilmiştir. Cami ve İş merkezi ise konvansiyonel kalıpla tamamlanmıştır. Çevre düzenlemesi kapsamında otopark, spor sahaları ve yeşil alanlar bulunmaktadır (Şekil 4.4.-Şekil 4.5.).



Şekil 4.2. Saraycık TOKİ Konutları Bloklardan Görünüm (TOKİ)



Şekil 4.3. Saraycık TOKİ Konutları Plan Görünümü (TOKİ)



Şekil 4.4. Saraycık TOKİ Konutları Çevre Düzenlemesi Görünümü (TOKİ)



Şekil 4.5. Saraycık TOKİ Konutları Çevre Düzenlemesi Görünümü (TOKİ)

Tüm toplu konut uygulamalarında olduğu gibi bu projede de ilk olarak yer teslimi sonrasında şantiye kurulumu ve hafriyat çalışmaları yapılmıştır. Ardından kule vinçlerin konumu ve çalışma sahası belirlenmiştir. Eş zamanlı olarak tünel kalıpların hazırlanmasına başlanmıştır. Kule vincin çalışma sahasındaki blokların temeli açıldıktan sonra temel detayları üretilip mekanik ve elektrik tesisatı detayları yerleştirildikten

sonra beton dökülmüştür. Daha sonrasında üst yapı üretimine geçilmiştir. Aksları belirlenmiş taşıyıcı sistem tünel kalıplar ile inşa edilerek yapının betonarme kısmı tamamlanmıştır. Betonarme kısım tamamlanırken elektrik ve mekanik tesisatın geçeceği bölümlerde uygulanmıştır. Genel olarak kule vinç ve kalıpların kullanım optimizasyonuna bağlı olarak günde bir katın betonarme imalatı yapılmıştır. Ancak bu parametreler iyi optimize edildiği zamanlarda günde farklı üç blokta birer kat betonarme imalat yapılabilmiştir. Dolayısıyla bu aşamada dahi iyi bir planlama ile verimliliğin artırılabilceği görülmüştür. Betonarme imalatı biten blokların mekanik, elektrik tesisatları ve mimari detayları tamamlanarak proje kapsamında Şekil 4.1’de gösterilen 33 adet blok kullanıma hazır hale getirilmiştir.

4.2. Saraycık TOKİ Toplu Konutları ve YBM

Saraycık TOKİ toplu konutlarının projelendirme aşaması geleneksel yaklaşımla yapılmıştır. Proje devam ederken sahada karşılaşılan durumların yapı bilgi modellemesi ile aşılabilirliği incelenmiştir.

Örneğin; proje uygulaması olan Kayseri Bölgesi 4. Derece ısı özelliklerini göstermekte ve TOKİ idaresi Kayseri bölgesinde projelerde ve uygulamalarında metal kiremit çatı örtüsü yapılması zorunluluğu getirmiştir. Mimari açıdan estetiklik katmasının yanı sıra kullanım aşamalarında sonradan konut sahipleri tarafından yapılan geri dönüşlerde çatı derelerinden akan yağmur suyu ve yoğun kar yağışı sonrasında rüzgârlık mahallinin üstüne ve dış cephe duvarlarında bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Benzer projelerden de daha önce yaşanan bu problem imalat aşamasında İdareye iletilmiş ve problemin çözüm yolu konusunda çalışmalar yapılmasına karar verilmiştir. İdare uzmanları yapılacak çalışmanın 2 boyutlu çizimini talep etmiş ve imalatın çözümü oluncaya kadar durdurulmasına karar vermiştir. Yapılan çalışmalar ve araştırmalar neticesinde, aynı il sınırları içerisinde yine aynı tip projede (B2 Tip) farklı mimari çözümlenmeleri olduğu görülmüştür. Diğer çözüm kabul görmüş ve yüklenici ile idare arasında proje revizyonu tamamlanarak imalat kaldığı yerden devam etmiştir (Şekil 4.6).

Tez çalışması modelleme kısmında bu örneğe benzer farklı sahadan örneklere de detaylı yer verilmiştir. Bu problemlerin YBM ile çözümü ele alınmıştır. Dolayısıyla Toplu Konut Projelerinde, YBM kullanımının önemi bu süreçte yine karşımıza

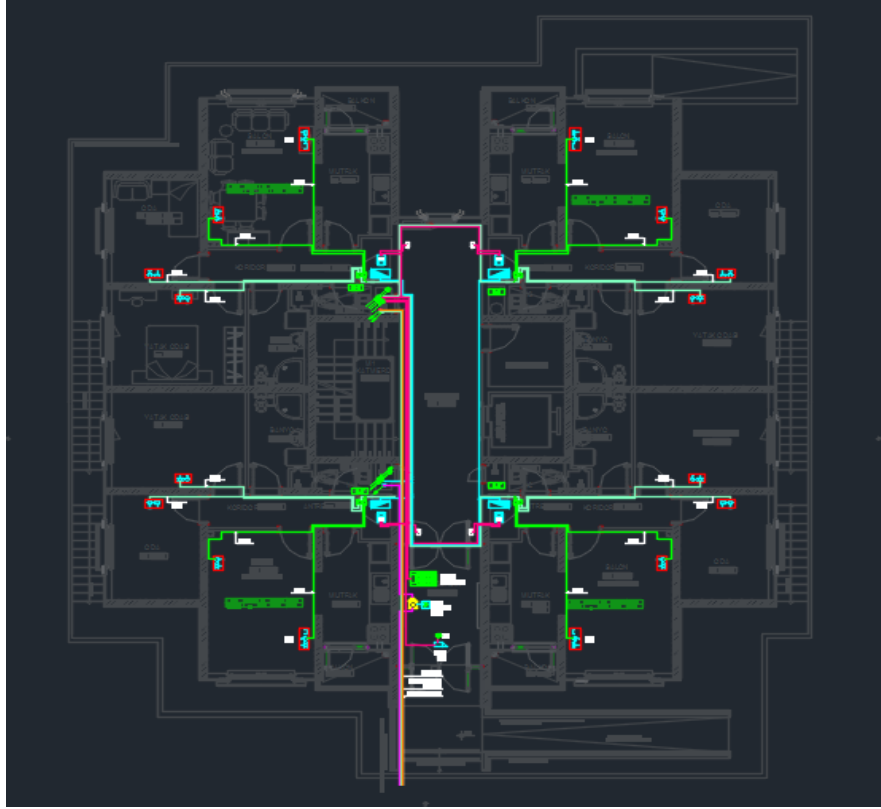
çıkarmakta, farklı proje firmalarının ortak bir noktada tek bir veri tabanı ile çalışması yapılan revizyonların tüm proje paydaşları tarafından eş zamanlı olarak paylaşılması gerekliliği görülmüştür. Gerek tasarım gerekse uygulama esnasında geniş tabanlı bir YBM süreci koordine edilmiş veya kullanılması durumunda sürecin daha hızlı tek bir model üzerinden farklı proje paydaşlarının katılımı ile daha verimli olarak yapılabileceği belirlenmiştir.



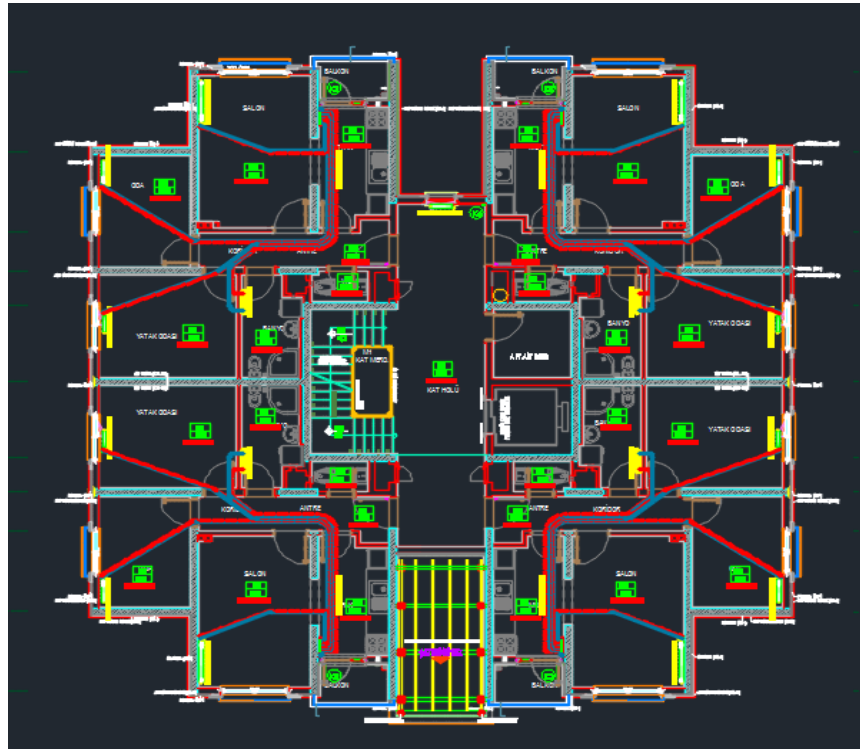
Şekil 4.6. Sahada Karşılaşılan Bir Problem (TOKİ)

4.3.Saraycık TOKİ Konutları Örnek Yapı Bilgi Modeli

Geleneksel yöntemle projelendirilmiş olan Saraycık TOKİ toplu konutlarından bir adet blok YBM ile modellenmiştir. Modellemede sahada imalat aşamasında karşılaşılan problemlerin çözümü esas alınmıştır. YBM için Autodesk Revit (Öğrenci Versiyonu) ve Navisworks (Öğrenci Versiyonu) yazılımları kullanılmıştır. İlk olarak idare ile görüşülerek 2D mimari, statik, elektrik ve mekanik projeleri alınmıştır. Projeler elde edildikten sonra modelleme aşamasında geçilmiştir (Şekil 4. 7-8-9-10).



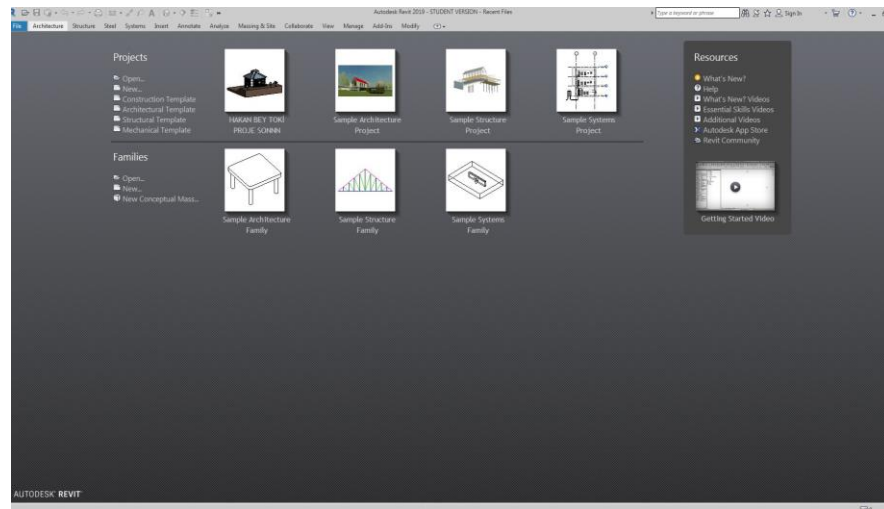
Şekil 4.9. 2D Elektrik Projesi (TOKİ)



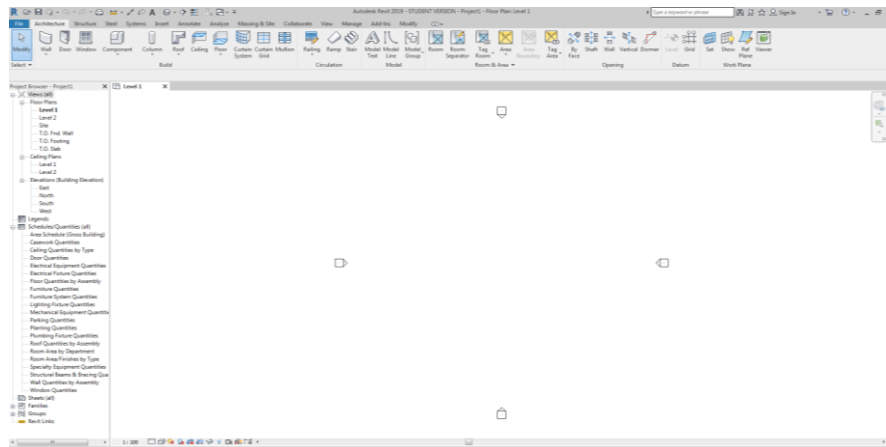
Şekil 4.10. 2D Mekanik Projesi (TOKİ)

4.4. Yapı Bilgi Modellemesinde Autodesk Revit Yazılımı

Yapı bilgi modellemesi uygulamalarında sektörde kullanılan en yaygın programlardan bir Autodesk Revit yazılımıdır. Revit programı 1999 yılında CAD programları üzerinde çalışan bir grup tarafından geliştirilmiştir (www.cadsay.com). 2000 yılındaki sürümü Revit Building adıyla yayınlanmıştır. Revit yazılımı ile üç boyutlu tasarımlarda parametrik olarak ileri çözümler ortaya konulabilmektedir. 2013 yılında program farklı mühendislik alanlarının eklenmesi ile güncellenerek Revit (Revise Instantly) ismini almıştır (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12).



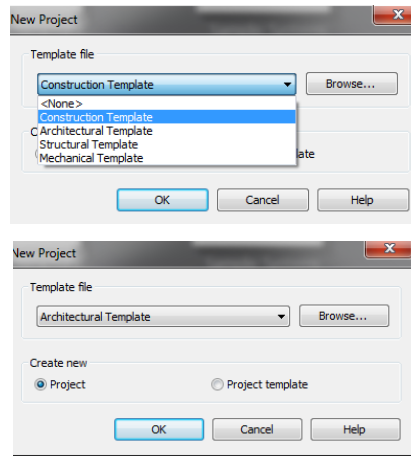
Şekil 4.11. Autodesk Revit Açılış Ekranı (Autodesk)



Şekil 4.12. Autodesk Revit Kullanıcı Ara Yüzü (Autodesk)

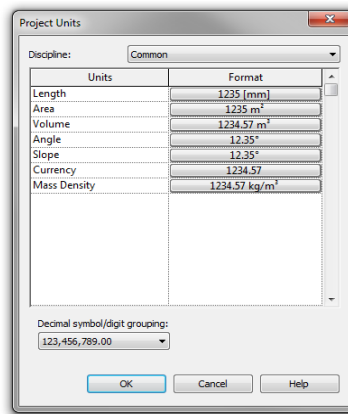
Tez kapsamında öncelikle Revit yazılımının kullanımına yönelik eğitimler alınmış ve kaynaklardan modelleme aşamaları öğrenilmiştir. Aşağıda Revit yazılımı ile modelleme aşamaları anlatılmıştır.

➤ **1. Aşama – Model Seçimi:** Revit yazılımı açıldığında ilk olarak modellenecek yapı projesi tipi seçilmektedir (Şekil 4.13). Örneğin burada ilk olarak mimari ara yüz seçilmiştir.



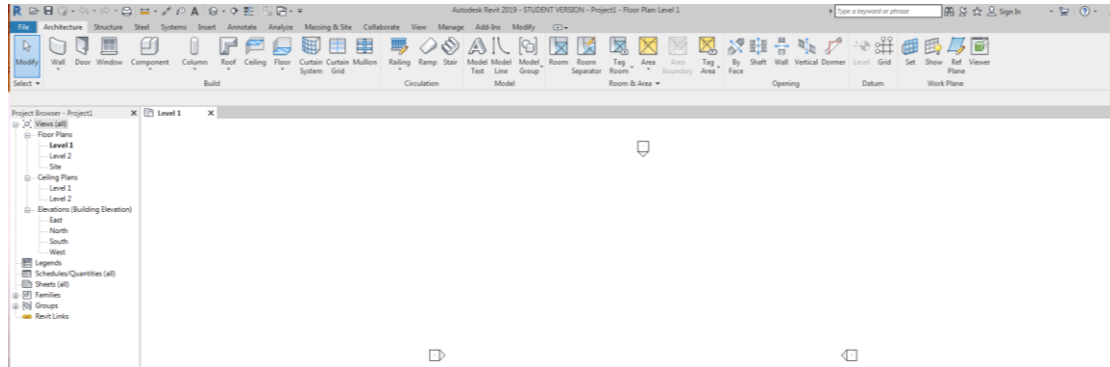
Şekil 4.13. Revit Yeni Proje (Autodesk)

➤ **2. Aşama – Ölçü Birimi ve Akslar:** İlgili ara yüz açıldıktan sonra ilk olarak kullanılacak ölçü birimi belirlenir ve akslar oluşturulur (Şekil 4.14.-Şekil 4.15.).



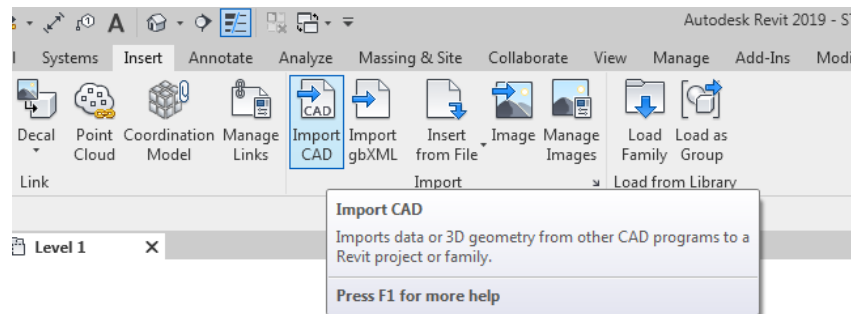
Şekil 4.14. Revit Yeni Proje Ölçü Birimi Seçimi (Autodesk)

Eğer uygulayıcının elinde 2D Autocad çizimi var ise aksların oluşturulmasına zaman kaybedilmeden proje Revit içerisine aktarılabilir.



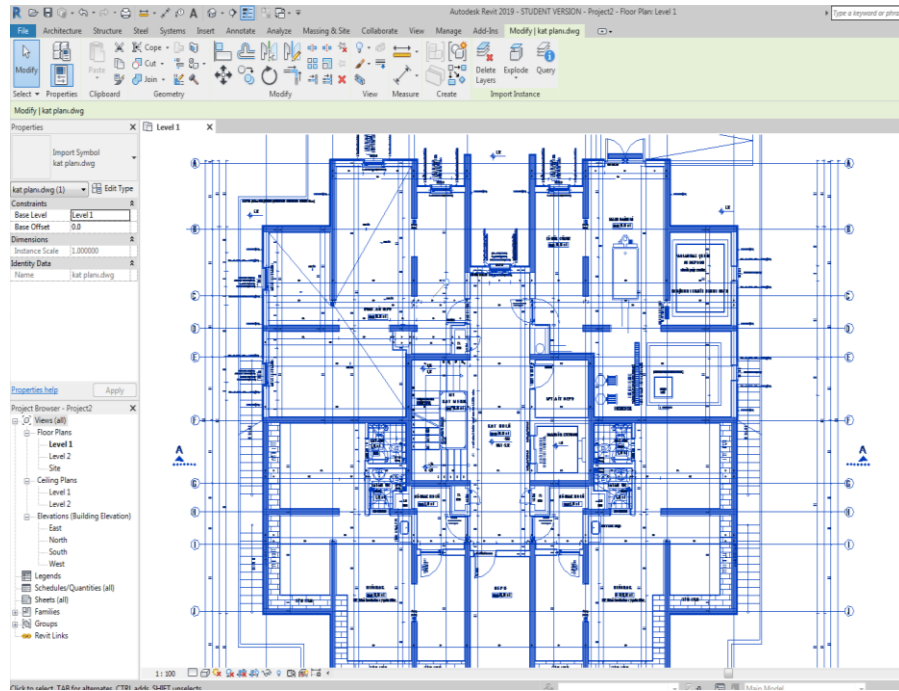
Şekil 4.15. Revit Yeni Proje Mimari Ara Yüzü (Autodesk)

➤ **3. Aşama – CAD çiziminin içe aktarılması:** 2D olarak projeleri mevcut yapının modelinin oluşturulmasında çizimler otomatik olarak Revit ortamına aktarılabilir (Şekil 4.16). Insert menüsü kullanılarak bu işlem gerçekleştirilebilir (Şekil 4.17).



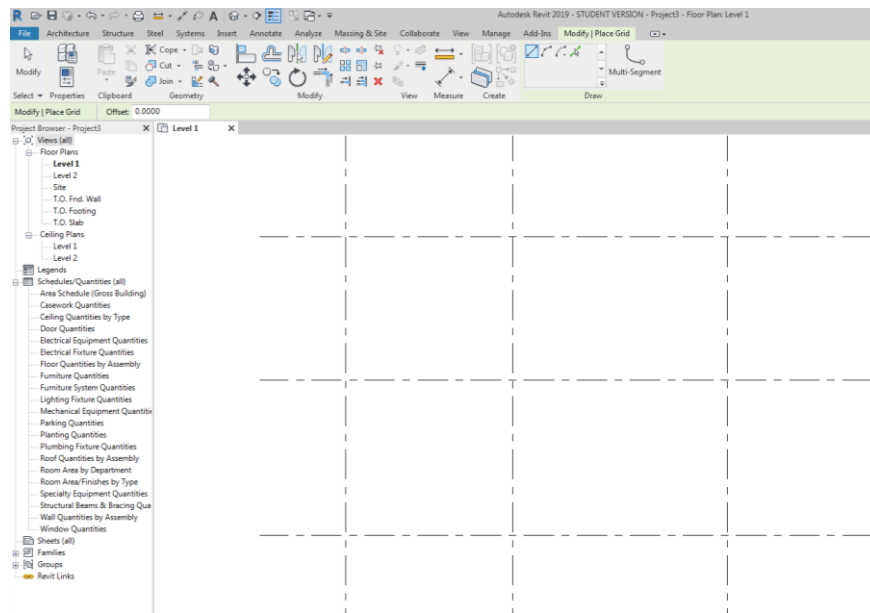
Şekil 4.16. Revit programına 2D çizim transferi (Autodesk)

Bu uygulamada her bir kat ayrı ayrı tanımlanarak modele eklenmektedir. Ardından yapı taşıyıcı elemanları ve mimari detaylar tanımlanmaktadır. Ancak bu tanımlamalar kendi içerisinde de detayları barındırmaktadır. Örneğin; duvar tanımlanırken tüm katmanlar (alçı, sıva, yalıtım, boya v.b.) burada modele girilebilir.



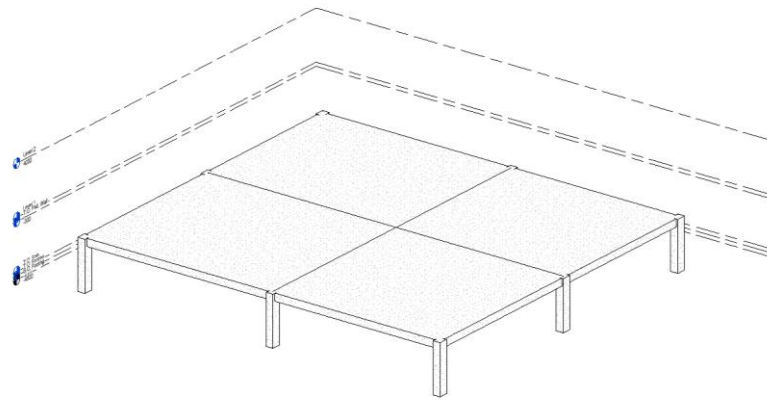
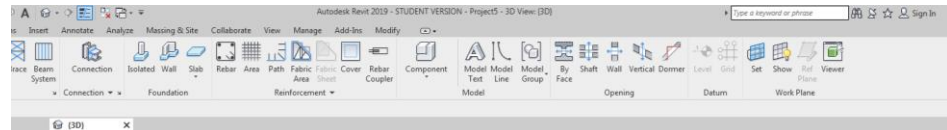
Şekil 4.17. Revit programına 2D çizim görünümü (Autodesk)

➤ **4. Aşama – Yapı Taşıyıcı elemanların Tanımlanması:** Revit programın eğer hazır bir 2D çizim yoksa akslar Grid tanımlaması ile oluşturulabilmektedir (Şekil 4.18).

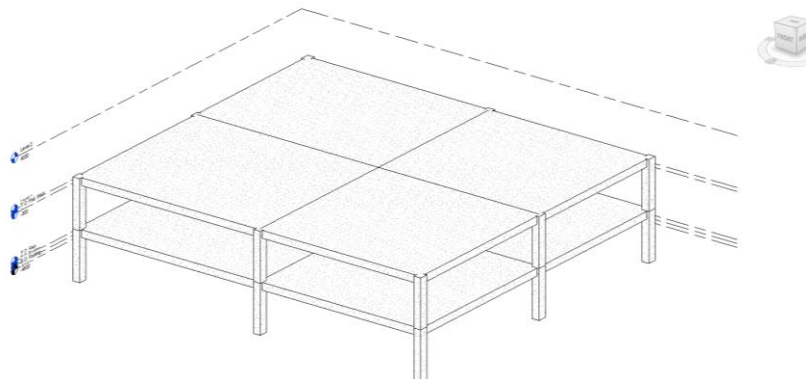
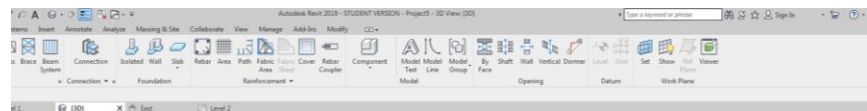


Şekil 4.18. Revit programına aks tanımlama (Autodesk)

Tanımlanan bu akslar üzerine kolon, kiriş ve döşeme tanımlanarak kar oluşturulmaktadır (Şekil 4.19- Şekil 4.20). Burada yapısal elemanın tanımı program kütüphanesinde bulunan betonarme, çelik veya ahşap malzemesi olarak çeşitlenmektedir. Tanımlama öncesinde malzeme tipine bağlı kütüphaneden özelliğin proje içerisine yüklenmesi gerekmektedir.

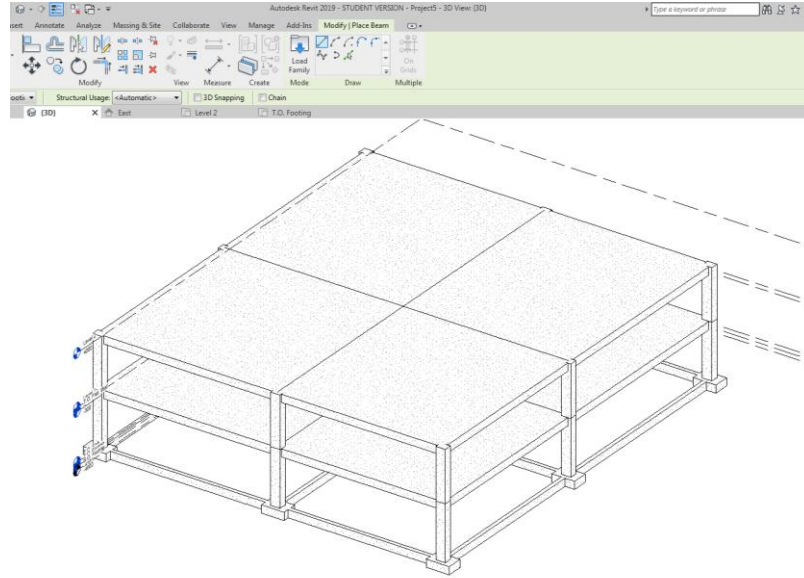


Şekil 4.19. Revit programına kolon, kiriş ve döşeme tanımlama (Autodesk)



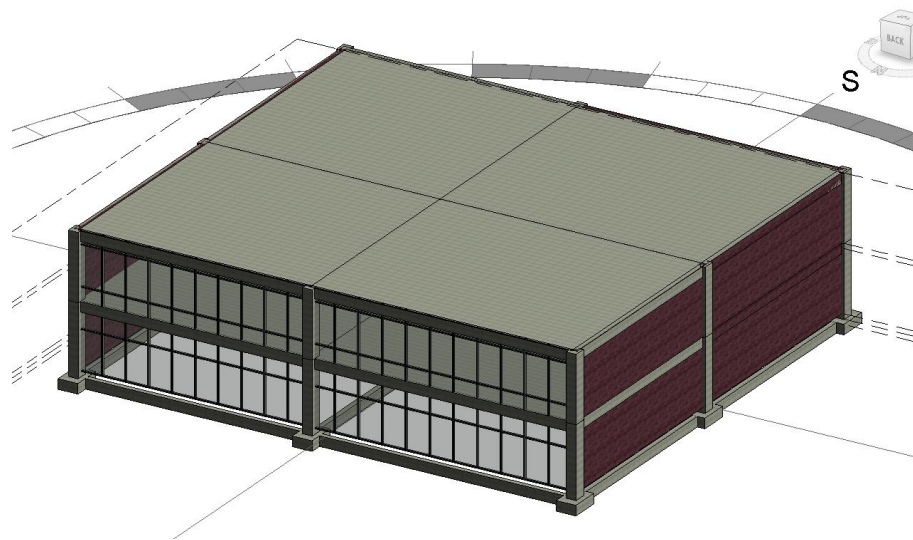
Şekil 4.20. Revit programında iki katlı yapı taşıyıcı sistem modeli (Autodesk)

Ayrıca yapının temele sistemi de modele tanımlanabilmektedir. Revit farklı tipte temellerin tanımlanmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 4.21).



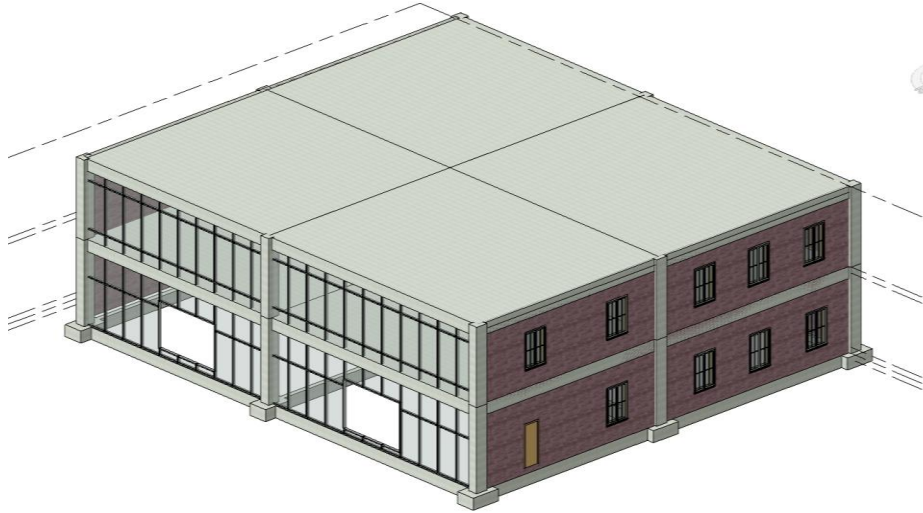
Şekil 4.21. Revit programında iki katlı yapı temel tanımı (Autodesk)

➤ **5. Aşama – Mimari elemanların tanımlanması:** Yapı taşıyıcı sistem modeli Revit modelinde tanımlandıktan sonra mimari detayların tanımlanması yapılmaktadır (Şekil 4.22).



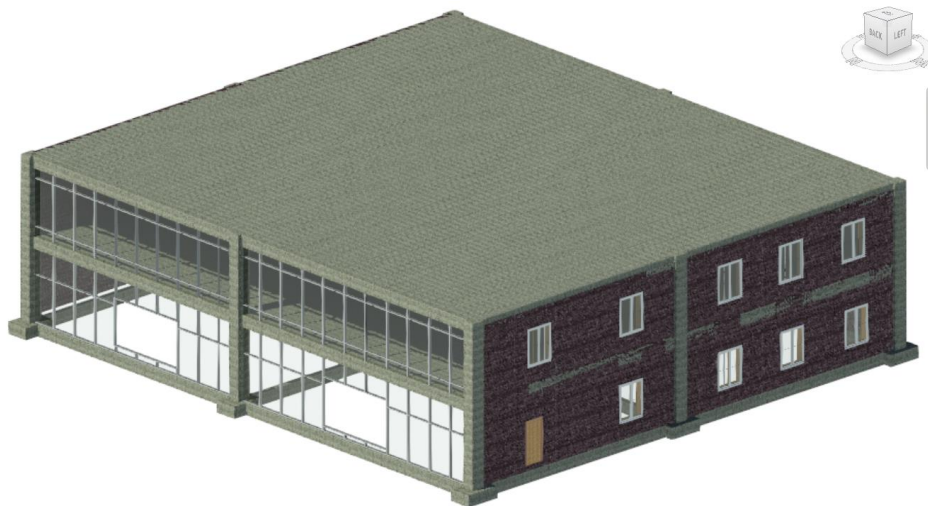
Şekil 4.22. Revit programında duvarların tanımı (Autodesk)

Duvar tanımlanmasında program içerisinde farklı birçok tip bulunmaktadır. Ayrıca duvar katmanları da bu aşamada detaylı tanımlanabilmektedir. Duvarları tanımlanmış modele pencere ve kapı detayları girilebilmektedir (Şekil 4.23).



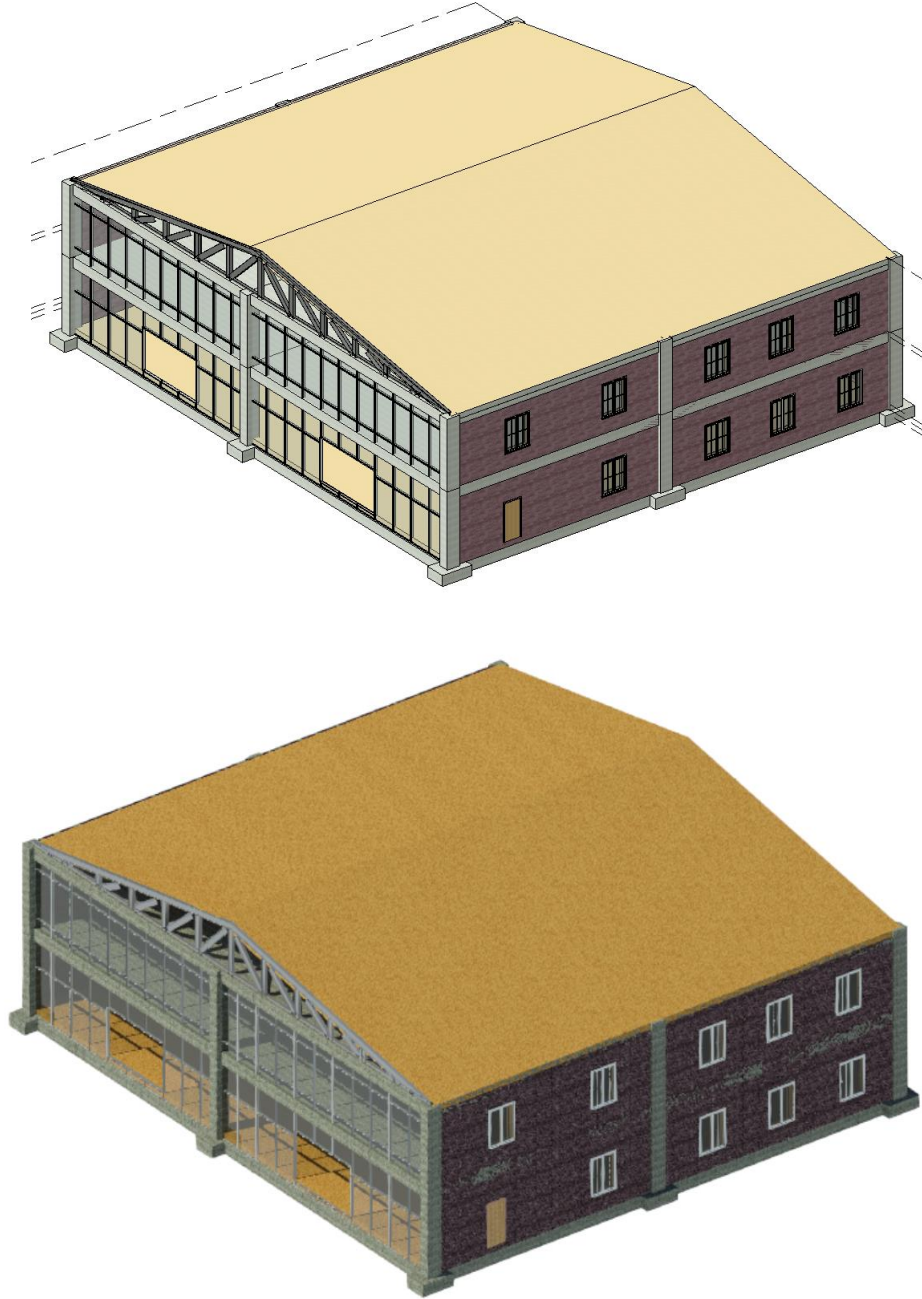
Şekil 4.23. Revit programında boşluk, kapı ve pencere tanımı (Autodesk)

Ayrıca Revit programında gerçekçi model üzerinde gün ışığı ve aydınlatmanın konumu ayarlanabilmektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Revit programında mimari detay tanımı gerçekçi model (Autodesk)

➤ **6. Aşama – Çatı sisteminin tanımlanması:** Revit programında tüm mimari detaylar aynı yöntemlerle projeye uygun olarak girilebilmektedir. Bununla birlikte çatı sistemi de ayrı olarak modele tanımlanabilmektedir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Revit programında çatı tanımlı gerçekçi model görünümü (Autodesk)

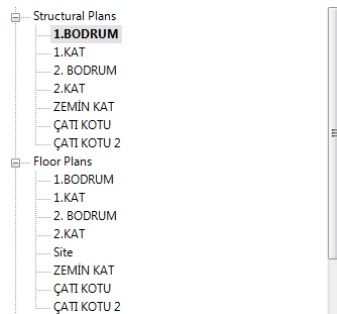
➤ **7. Elektrik ve mekanik tesisatın tanımlanması:** Revit programında statik ve mimari detaylar tanımlandıktan sonra sistem menüsü altında mekanik ve elektrik detaylar (borular, ekipmanlar), havalandırma sistemleri, yangın sistemleri, endüstriyel yapılarda kullanılan tesisatlar gibi birçok detay eleman bulunmaktadır. Ancak diğer tanımlamalarda olduğu gibi burada da bu detayların kütüphaneden proje içerisine yüklenmesi gerekmektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Revit programında klima ve elektrik sistemi görünümü (Autodesk)

4.5. Saraycık Toplu Konutları B1 Tip Blok Revit Modeli

Kısım 4.3.1. 'de Autodesk Revit yazılımı ile 3D modelleme aşamaları basit bir örnek üzerinde anlatılmıştır. Bu kısımda tez kapsamında vaka çalışması olarak değerlendirilen Saraycık Toplu Konutları B1 Tip Blok Revit modeli anlatılacaktır. Modellemede ilk olarak 2D mimari proje Revit yazılımına aktarılmıştır. Burada 2 bodrum, 1 zemin ve 2 normal kat olarak 5 katlı yapı modellenmiştir (Şekil 4.27).



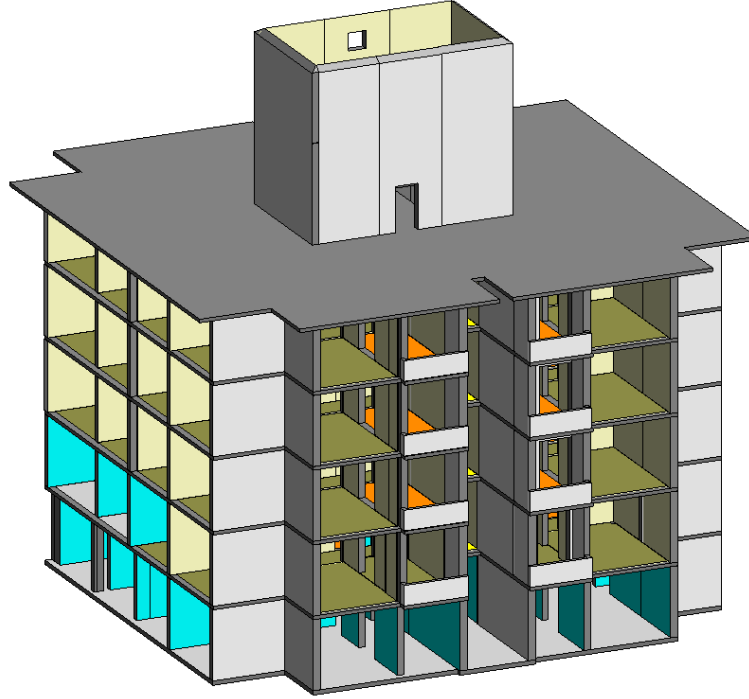
Şekil 4.27. Yapı kat planları (Autodesk)

Şekil 4.28 'de iki bodrum, zemin ve iki normal katın planları görülmektedir.



Şekil 4.28. Yapı kat planları görünümü (Autodesk)

Planlar Revit yazılımına aktarıldıktan sonra ilk olarak taşıyıcı sistem perde duvarlar modele tanımlanmıştır (Şekil 4.29). Ayrıca Şekil 4.30'da bu imalat şantiye aşamasında tamamlandığındaki gerçek görüntü verilmiştir.

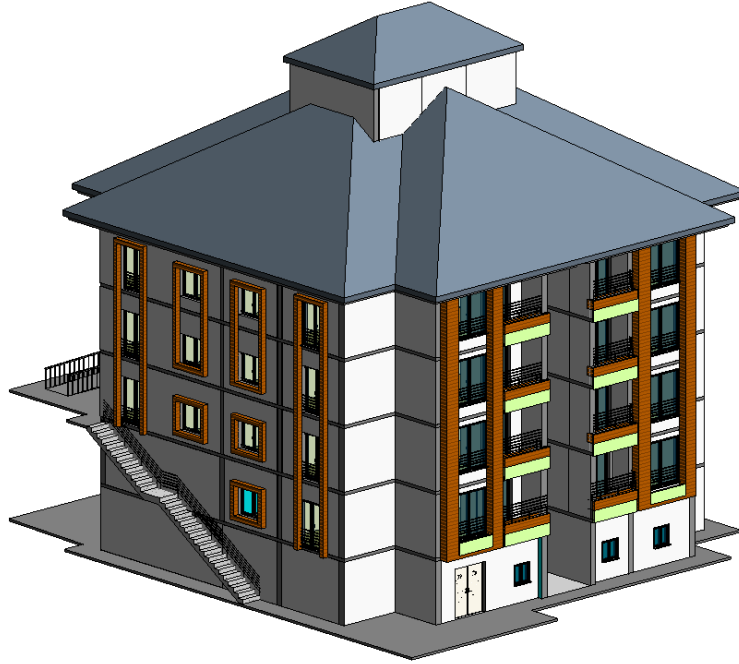


Şekil 4.29. Tünel kalıp sistem (betonarme elemanlar) Revit modeli (Autodesk)



Şekil 4.30. Tünel kalıp sistem imalat görünümü (TOKİ)

Statik taşıyıcı sistem tanımlandıktan sonra mimari elemanlar tanımlanarak Şekil 4.31'deki model oluşturulmuştur. Ayrıca modele çatı, tretuvar, engelli rampası ve arazi kotundan dolayı merdiven sonradan eklenmiştir. Şekil 4.32'de imalatı bitmiş yapı görülmektedir.

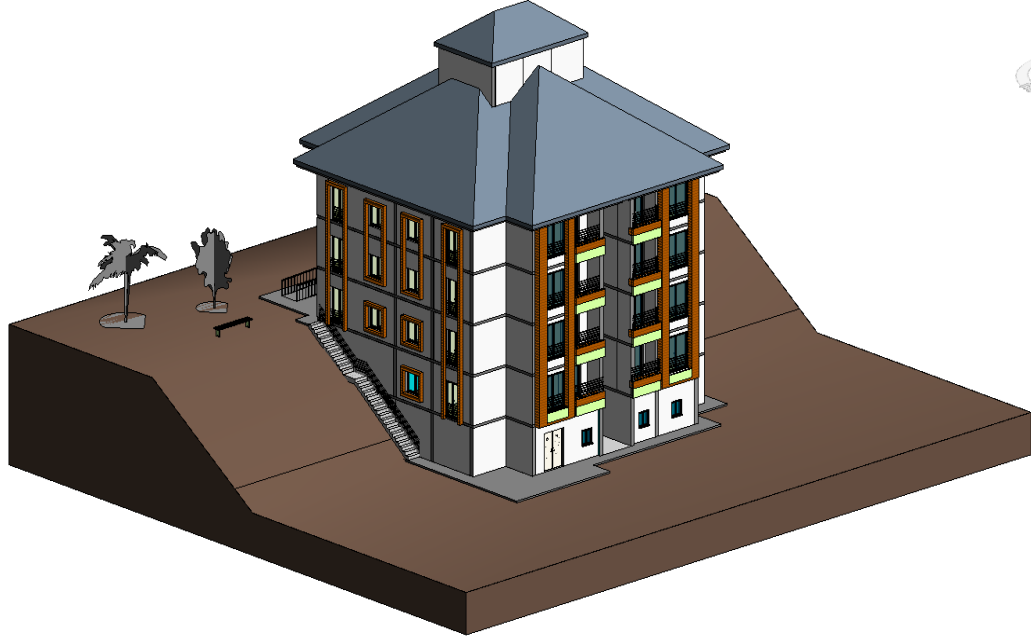


Şekil 4.31. Saraycık Toplu Konutları Revit Modeli (Autodesk)



Şekil 4.32. Saraycık Toplu Konutları Bitmiş Yapı Görünümü (TOKİ)

Şekil 4.33' de arazi topografyası ve diğer detayların tanımlanmış modeli görülmektedir. Şekil 4.34' de ise Revit yazılımının daha gerçekçi görünüm özelliğine dayalı model görünümü verilmiştir.

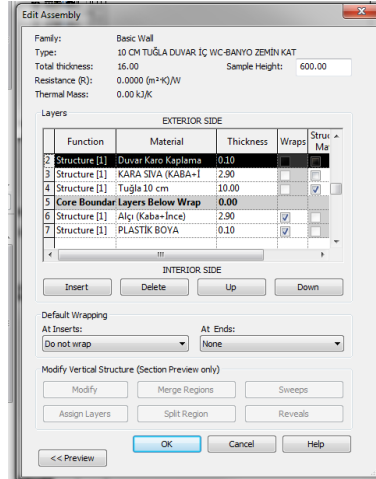


Şekil 4.33. Arazi topografyası tanımlanmış model (Autodesk)



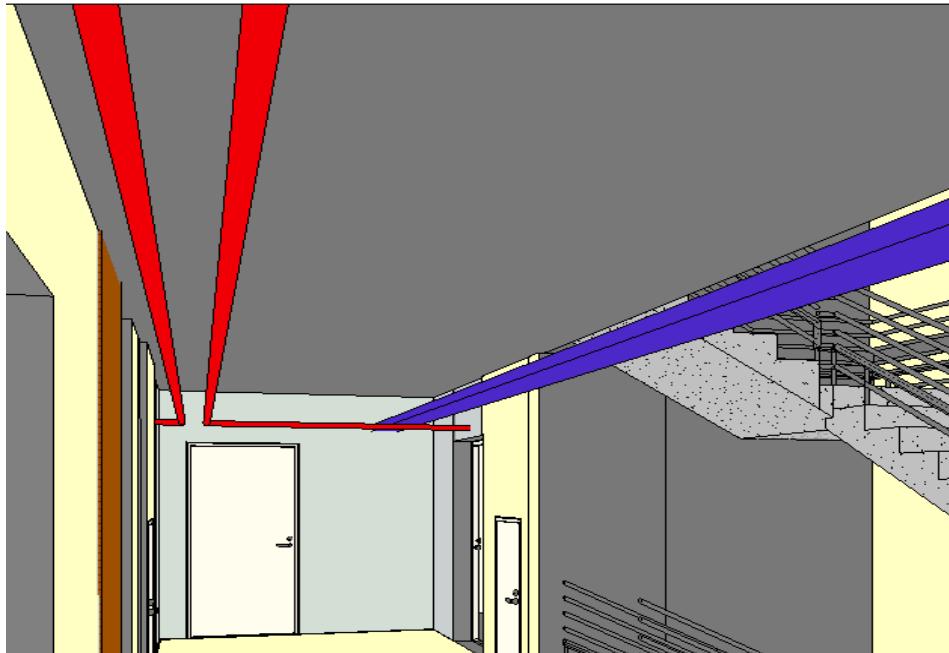
Şekil 4.34. İleri gerçekçi model görünümü (Autodesk)

Modelde duvarların tanımlanmasında tüm katmanlar dikkate alınmıştır. Şekil 4.35’ de görüleceği üzere kaba sıva, alçı, plastik boya ve tuğla kalınlıkları projeye göre girilmiştir.



Şekil 4.35. Revit duvar katman tanımı (Autodesk)

Tanımlamada LOD 300 seviyesine kadar çıkmıştır. Mimari detayların tanımlanması sonrasında elektrik ve mekanik proje genel hatlarıyla modele aktarılmıştır (Şekil 4.36 ve Şekil 4.37).



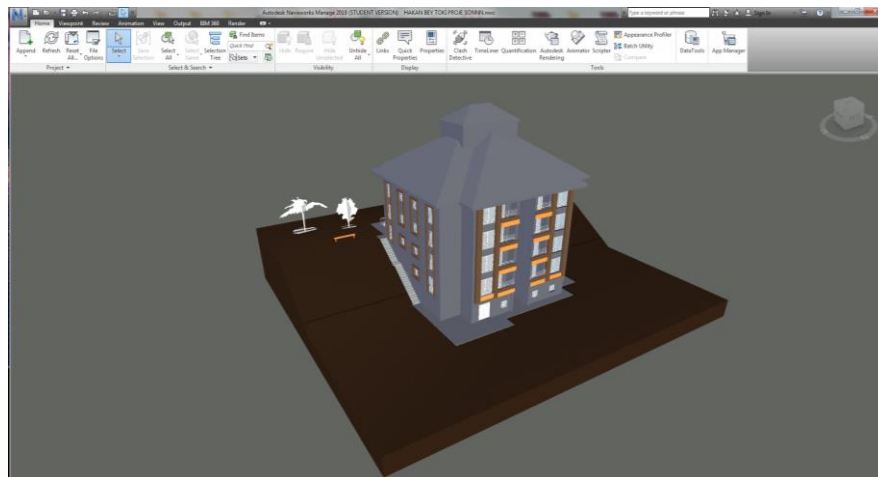
Şekil 4.36. Revit elektrik projesi tanımı (Autodesk)



Şekil 4.37. Revit mekanik projesi tanımı (Autodesk)

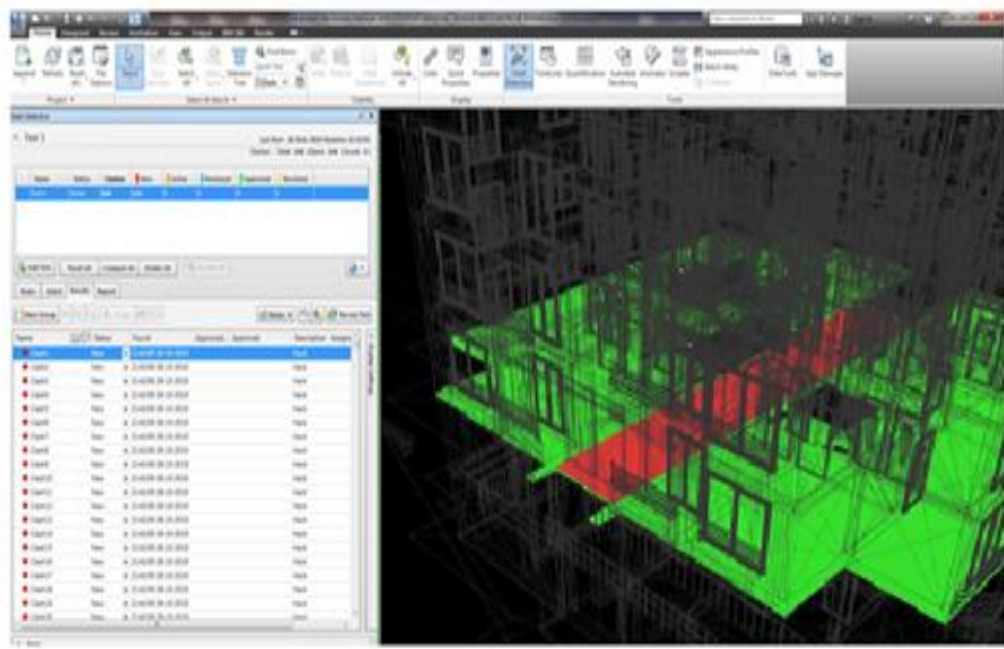
4.6. Navisworks Yazılımı

Navisworks yazılımı YBM için özelleşmiş Revit v.b. yazılımlarda tasarlanan projeler bu yazılım sayesinde gerçek zamanlı simülasyonu yapılabilmektedir. Ayrıca bu yazılım ile projelerin animasyonunda yapılabilmektedir. Yazılımın YBM 'ye yönelik en önemli özellikleri çakışma analizi, iş programının simülasyonunun yapılabilmesidir. Ayrıca yazılım iş programı kapsamında sektörde kullanılan yazılımlar ile entegre çalışabilmektedir. Şekil 4.38' de Saraycık B1 Blok Revit modeli Navisworks yazılımında görülmektedir.

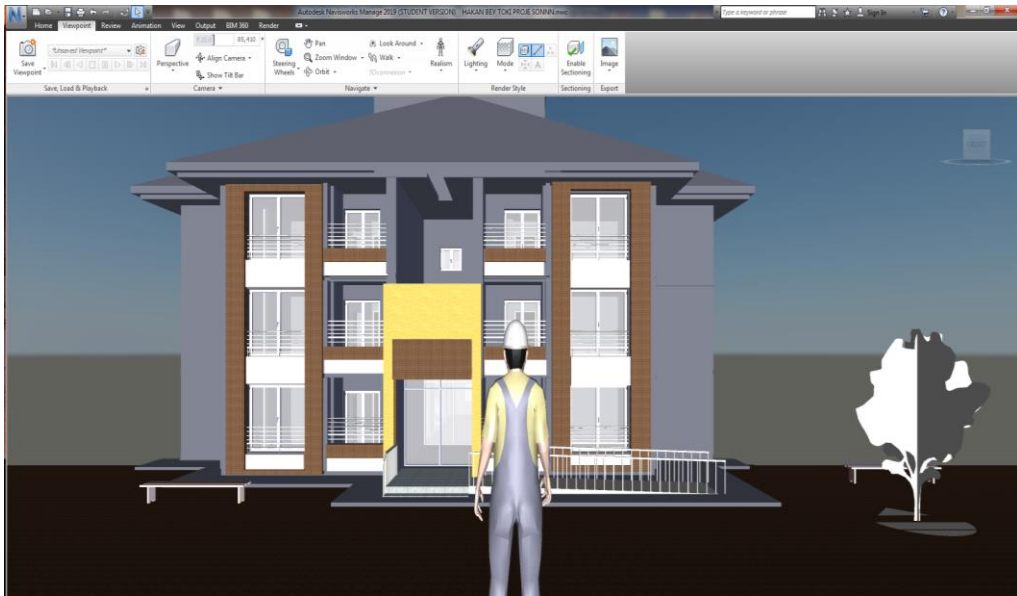


Şekil 4.38. Navisworks yazılımı (Autodesk)

Tez kapsamında Navisworks yazılımı kullanılarak çakışma kontrolleri (clash detective) yapılmıştır (Şekil 4.39). Bu kontrollere ilişkin değerlendirmelere “Bulgular” bölümünde detaylı yer verilmiştir. Şekil 4.40’ da yazılımda animasyon aşaması görülmektedir.



Şekil 4.39. Navisworks yazılımı çakışma analizi (Autodesk)



Şekil 4.40. Navisworks yazılımı animasyon (Autodesk)

5. BULGULAR ve DEĞERLENDİRMELER

Tez çalışması Bölüm 4' te Saraycık Toplu Konut Projesi B1 Tip Blok Yapının YBM ile LOD300 seviyesinde modellenmesi aşamalı olarak verilmiştir. Bu bölümde modelleme ve analiz sonucunda elde edilen bulgular detaylandırılmıştır. Yapı bilgi modellemesi yöntemine yönelik değerlendirmelerde bulunulmuştur. Toplu konut projelerinde YBM kullanımının avantaj ve zorlukları, YMB yöneticisinin görevleri ve proje paydaşlarına düşen sorumluluklar ele alınmıştır.

5.1. Örnek Vaka Revit Modeli Bulgular

Tez çalışması kapsamında Revit yazılımı ile yapı bilgi modeli oluşturmada elde edile bulgular iki başlık altında detaylandırılmıştır. Bu başlıklar aşağıda verilmiştir.

- Yapı bilgi modellemesinde yazılımın sunduğu kolaylıklar.
- Örnek vaka modeline özel değerlendirmeler.

5.1.1. Yapı Bilgi Modellemesinde Yazılımın Sunduğu Kolaylıklar

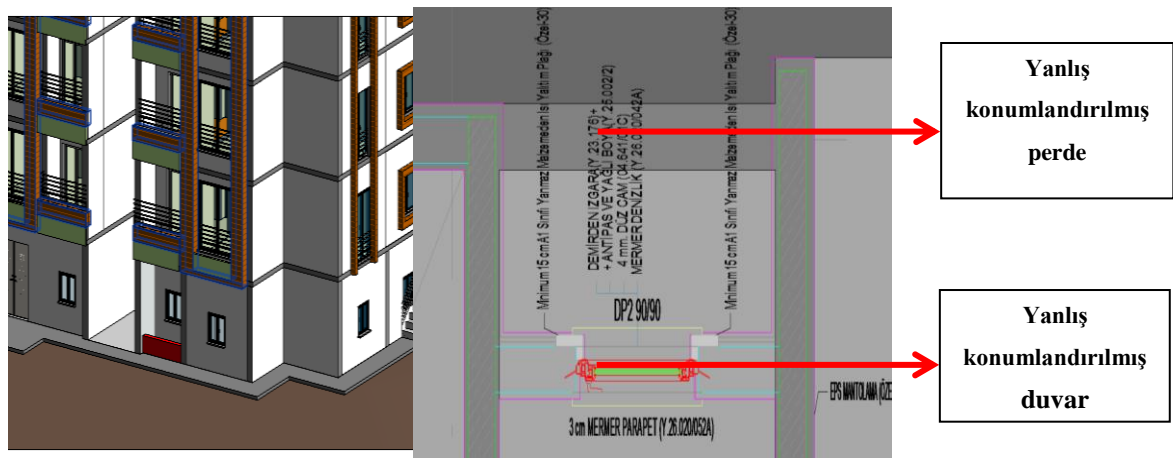
İnşaat sektöründe geleneksel yöntemle yapılan 2 boyutlu proje uygulama çizimleri genellikle Autocad ortamında bulunmaktadır. Bu çizimlerin yazılıma aktarılabilmesi YBM paydaşları için büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu sayede çok kompleks yapısal sistemlerin yapı bilgi modellemesi hızlı şekilde oluşturulabilecektir. Bununla birlikte Şekil 4.25' de verilen basit örnekte olduğu gibi hazır projeleri bulunmayan bir sistemde aşamalarla modellenenilmektedir. Yapı bilgi modellemesinde özelleşmiş birçok farklı program kullanıcılara sunulmuştur. Tez çalışması literatür kısmında bu programlara değinilmiştir. Çalışmamızda örnek yapının modellenmesinde Autodesk Revit yazılımı kullanılmıştır. Revit yazılımı mimari, betonarme yapı, çelik yapı, elektrik- mekanik detaylar, arazi topografyası ve peyzaj düzeni detaylarını bir model içerisinde tanımlayabilme özelliğine sahiptir. Mimari modelleme menüsünde tüm mimari detaylar hazır olarak sunulmuştur. Ayrıca bu detayların içerisine katmanlar tanımlanabilmektedir. Statik modellemede ise betonarme veya çelik yapı taşıyıcı elemanları modele yansıtılabilmektedir. Elektrik ve mekanik detaylar menüsünde ise oldukça fazla hazır model elemanları bulunmaktadır. Ancak bu model elemanlarının proje kütüphanesine yüklenmesi gerekmektedir. Ayrıca Revit yazılımı ile metraj

alınabilmektedir. Model içerisinde sonradan yapılan bir değişiklik otomatik olarak metraja yansımaktadır.

5.1.2. Örnek Vaka Modeline Özel Değerlendirmeler

Tez kapsamında örnek vaka projesi olarak Saraycık Toplu Konut projesi B1 tip bloğu seçilmiş ve bir önceki bölümde YBM modeli anlatılmıştır. Yapımız model tünel kalıp taşıyıcı sisteme sahiptir (Şekil 4.30). Tünel kalıp sistemlerin kompleks yapısından dolayı standart çerçeve sistemlere göre modellenmesinin daha zor olduğu görülmüştür. Çünkü tünel kalıp sistemlerde birçok kısımda perde bulunmasından dolayı mimari ve tesisat detayları ile çakışma olasılığının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda bu tip yapılarda modelin tam doğruluğu açısından çok daha hassasiyet gerekmektedir. Ancak bu değerlendirme konut tipi yapılar arasında bir karşılaştırma içermektedir. Şöyle ki, hastane, endüstriyel tesis, çok katlı iş merkezi gibi Bölüm 3’de örnek verilen yapıların YBM ile modellenmesi çok daha karmaşık olabilmektedir.

YBM ile bir yapının modeli oluşturulurken projenin tüm detaylarına vakıf olunabilmesi oldukça büyük bir kazançtır. Örneğin; hesapları yapılmış, taşıyıcı sistem detayları verilmiş bir statik projeni 3D bir ortamda projeci mühendis tarafından tekrar modellenmesi yeni tespitlerin imalata başlanmadan görülebilmesi fırsatını sunacaktır. Örnek vaka projemizde imalat aşamasında statik perde yanlış konumlandırılması şeklinde bir durum ortaya çıkmıştır. Tez kapsamında yaptığımız Revit modelinde bu tespit açıkça görülmüştür (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Statik perdenin yanlış konumlandırılması (Autodesk)

Ayrıca imalat aşamaları ve imalatta kullanılan malzeme miktarları bilinen yapıımız için yapı bilgi modelinden beton miktarı alınmıştır. Bu miktar gerçek hakkedeşlerde yapıda kullanılan beton miktarı ile kıyaslanmıştır (Şekil 5.2.). İmalat aşamasında taşıyıcı sistem duvarları beton metrajının 336.5 m³ olduğu görülmüş, YBM’ de benzer şekilde 336.6 m³ beton metrajı elde edilmiştir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus betonarme duvarlar tanımlanırken katmanların (sıva, alçı, boya) doğru girilmesi gerekir. Aksi durumda bu katmanlarda beton metrajı içerisinde dahil edilip yanlış değerlendirmelere yol açabilecektir.

<Wall Schedule 3>				
A	B	C	D	E
Count	Description	Structural Material	Structural Usage	Volume
1	C25-30 BETON	Non-bearing		2.33 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		1.97 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		2.40 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		0.87 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		1.11 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		4.48 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		4.11 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		1.74 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		3.64 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.44 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.85 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		2.27 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		2.33 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		2.14 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		3.64 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		2.40 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		0.87 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.11 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.57 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		0.47 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.88 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.95 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.19 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		0.48 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		0.87 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.09 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		3.28 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		3.47 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.08 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.08 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.51 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.83 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		3.87 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.83 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		1.70 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		1.08 m³
1	C25-30 BETON	Non-bearing		1.65 m³
1	C25-30 BETON	Bearing		0.71 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		0.07 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		4.86 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		1.77 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		1.84 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		3.71 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		3.72 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		1.76 m³
1	C25/30 BETON	Bearing		1.78 m³

Şekil 5.2. YBM perde duvar beton metrajı (Autodesk)

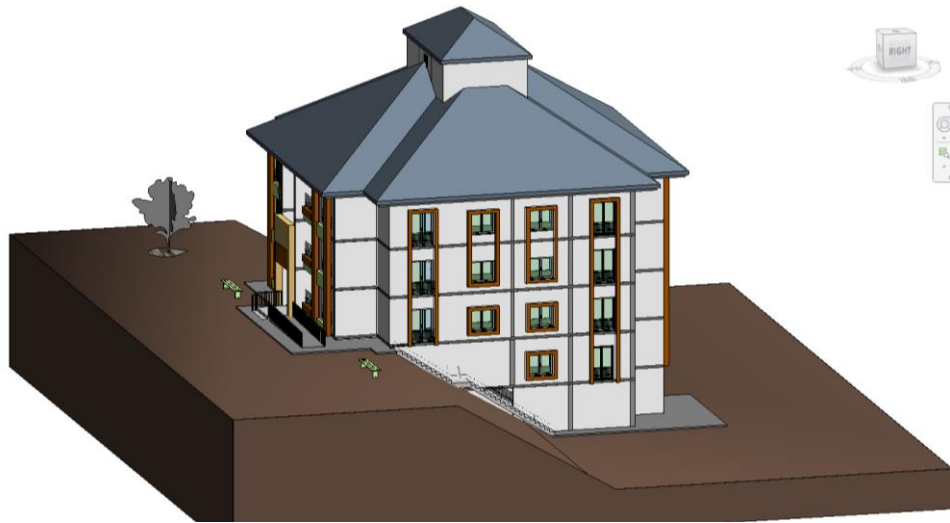
Projemizde modellemeye esas yapılarımızın çatı döşemesinde Şekil 5.3’ de görülen boşluk, imalatta kapatılmıştır. Çünkü çatıdan gelen sular bu boşluktan akarak zamanla yapısal ve mimari elemanlarda sorunlara neden olmaktadır (Şekil 4.6). Ancak bu tespit imalat aşamasında yapılabilmştir. Ancak sistemin yapı bilgi modeli imalat

öncesinde yapılabilmiş olsa idi bu durum proje aşamasında tespit edilebilecek ve çözüm geliştirilebilecekti. Böylece tekrar imalatlardan ve zamandan tasarruf edilebilecekti.

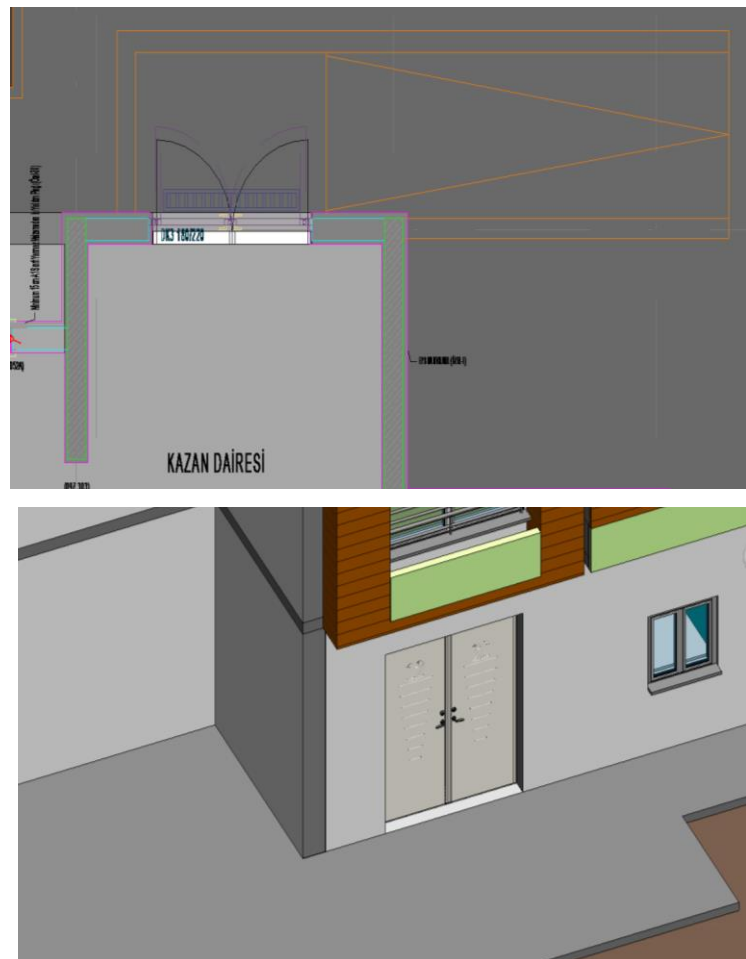


Şekil 5.3. YBM Modeli ile gerçek durumda kıyaslanması

Mimari değerlendirmeye yönelik en önemli tespit statik elemanların mimari proje ile tam olarak çakışması şeklindedir. Yapı bilgi modellemesinde görev alan mimar 3D model üzerinden taşıyıcı sisteme hakim olabilecektir. Dolayısıyla kendi mimari projesi ile statik proje arasındaki uyumsuzlukları hızlıca tespit edebilecektir. Tez konusu modellemede örnek seçilen yapıda böyle bir durumun oluşmadığı belirlenmiştir. Geleneksel yöntemle projelendirilmiş olsa dahi mimari ve statik uygunluğa tam riayet edildiği tespit edilmiştir. Ancak Navisworks ile yapılan çakışma analizleri başlığı altında detaylandırıldığı üzere elektrik ve mekanik tesisat ile mimari proje arasında çakışmalar olduğu tespit edilmiştir. Burada da statik değerlendirme kısmında yapıldığı şekilde mimari elemanlardan kapıların otomatik metrajı alınmıştır. İmalat aşamasında sayısı bilinen kapı miktarı yapı bilgi modellemesi sonucu ile kıyaslanmıştır. 125 adet kapı imal edilen yapıda YBM ile bu sayıya ulaşılmıştır.



Şekil 5.5. YBM Modeli arazi kotları (Autodesk)



Şekil 5.6. Kazan dairesi girişinde yapılmayan rampa (Autodesk)

Seçilen örnek çalışmanın Revit ile yapı bilgi modellemesine yönelik statik, mimari ve arazi topografyası açılarından değerlendirilmesinde yukarıdaki tespitler dışında bir husus ile karşılaşılmamıştır. Bu durum sistemin mimari, statik ve arazi topografyası açısından gerçekte iyi projelendirildiğini göstermiştir. Ancak YBM ile metrajlarda görüleceği üzere dokümantasyon kısmında büyük kolaylıklar sağlanabilecektir. Ayrıca gerçekçi görünüm ile yapıların imalat aşamasında tarifi ve kontrolü çok daha avantajlı hale gelecektir. Örneğin, imalat aşamasında bir ustaya yapacağı iş tarif edilirken 3D model içerisinde imalatın gösterilmesi hataları azaltacak ve iş verimliliğini arttıracaktır. Ancak tez kapsamında LOD 300 seviyesinde bir modelleme yapılmıştır. İlerleyen çalışmalarımızda LOD 500 seviyesi ve 5D modelleme tasarlanmaktadır. Ancak bunun için çok daha fazla veriye ihtiyaç duyulmaktadır.

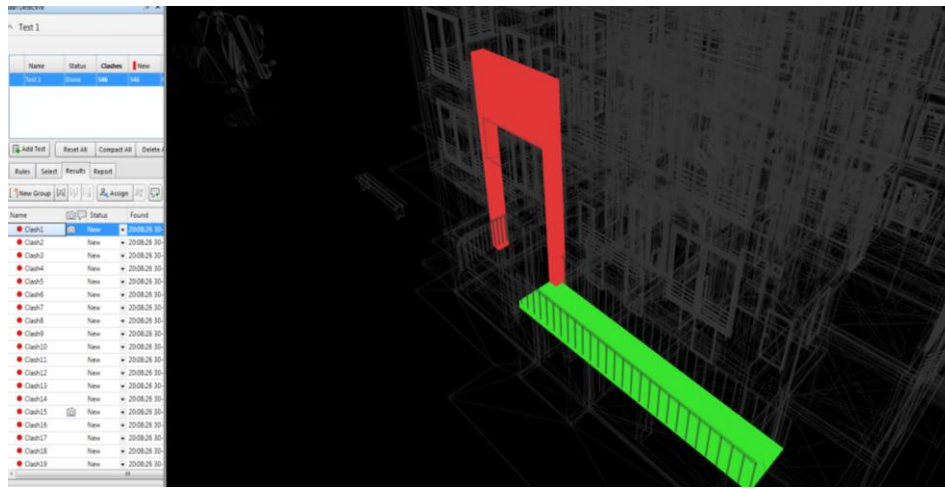
Literatür özetinden de görüleceği üzere LOD 500 seviyesi ve 5D modelleme ülkemizde başlangıç aşamasındadır. Böyle bir yapıda gün ışığı, enerji verimliliği, yapı malzemesi seçimi, şehir planlama ile entegrasyon, peyzaj planlaması, montaj planları, iş güvenliği, maliyet analizi v.b. YBM ile modellenebilecek parametrelerin dikkate alınması ile imalat aşaması çok daha verimli olabilecek ve ekonomik değerlendirmeler daha hassas yapılabilecektir. Ayrıca seri imalatı yapılan teze konu projelerde güncelleme hususunun da çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Eğer projeler tip proje haline gelmiş ise yeni yapılan bir güncelleme yeni projelerde gözden kaçabilecektir. Ayrıca bir güncellemenin tüm proje paydaşlarına bilgilendirmesinin yapılması oldukça zaman alan bir durumdur. Yapı bilgi modellemesi ile hem bu durumlar ortadan kalkacak hem de güncellemeler çok hızlı şekilde 3D modele yansıtılarak proje aşamasında değerlendirilebilecektir.

5.2. Navisworks Çakışma Analizi Bulguları

Tez kapsamında Revit yazılımı içerisinde sistem modeli mimari, statik ve arazi topografyası açılarından değerlendirildikten sonra Navisworks yazılımı ile detaylı çakışma kontrolleri (clash detective) yapılmıştır. Modelde önemli olduğu değerlendirilen 6 çakışma tespit edilmiştir. Ancak burada Revit modeli oluşturulurken gözden kaçan hatalarda Navisworks çakışma kontrolünde görülebilmektedir. Bu çakışmalar tek tek incelenerek modelleme hatasından mı yoksa gerçek bir durumu

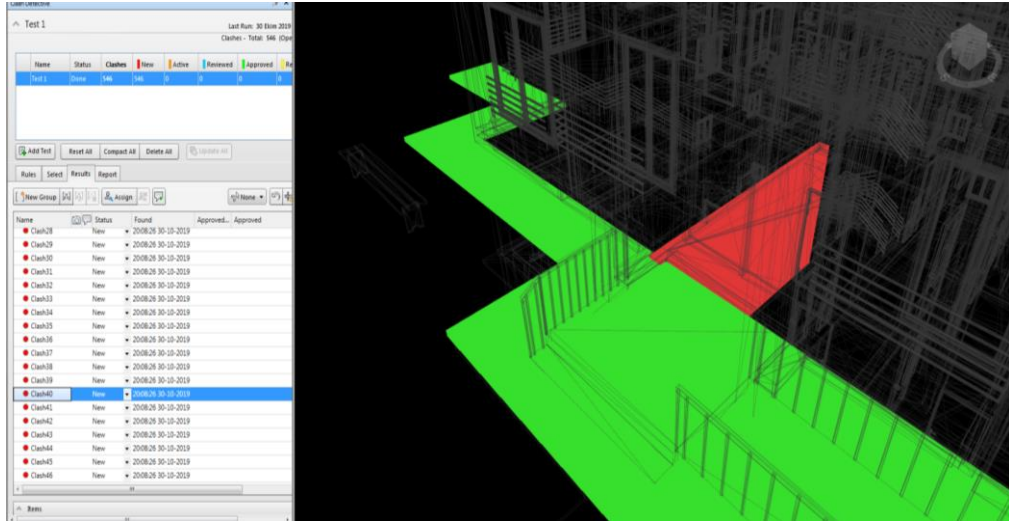
yansıtıyor belirlenmelidir. Aşağıda tespit edilen ve imalat aşamasıyla da ilişkili çakışmalar verilmiştir.

Çakışma 1: Şekil 5.7’ de verilen çakışmada bina girişinde bulunan özürlü rampası ile girişteki kaplamanın imalat sırasına göre çakışabileceği modelde belirlenmiştir. İmalat aşamasında önce taş kaplama yapılıp sonra beton atılarak bu çakışmanın sahada önüne geçilmiştir. Ancak yapı bilgi modellemesi ile projelendirmede bu husus görülebilmektedir. Dolayısıyla bu çakışma proje aşamasında sahada bir çözüm arayışına girmeden çözülebilecektir.



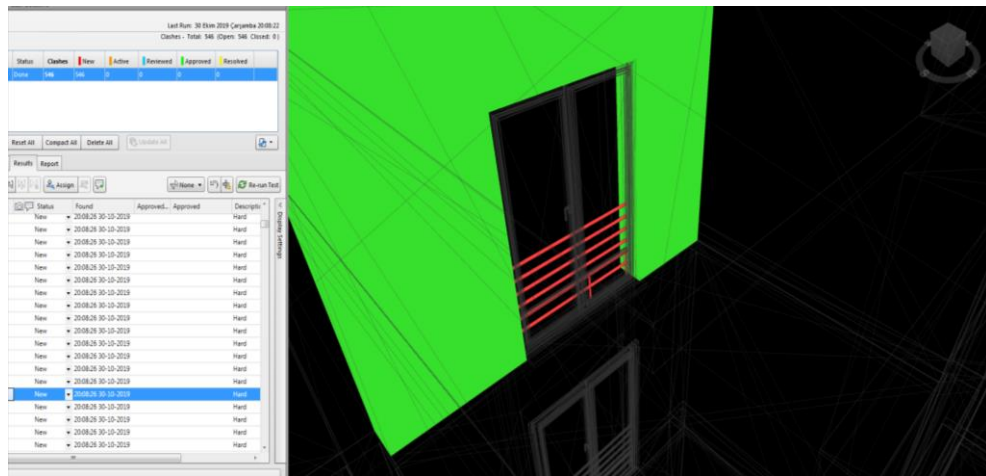
Şekil 5.7. Çakışma 1 (Autodesk)

Çakışma 2: Şekil 5.8’ de çakışma 2 gösterilmiştir. Kayseri ili Saraycık mevki 4. derece ısı bölgesi olmasından dolayı çatılarda sac imalatı yapılmaktadır. Su çatıdan yağmur oluğu ile değil serbest olarak akmaktadır. Çakışma 2’ de gösterilen ayrı iki mahalde kırmızı olan kısmın düşük kottan dolayı su emme riski bulunmaktadır. Dolayısıyla yeşil olan kısma ters eğim verilerek su birikmesine engel olması gerekmektedir. Bu kapsamda yeşil olan imalatın daha düşük kotta bulunması gereklidir. Bu çakışma bu durumu çok açık şekilde ortaya koymaktadır. İmalat aşamasında bu durum fark edilerek belirtilen durum çözülmüştür. Ancak yapı bilgi modellemesinde bu çakışma bu tip detayların projelendirme aşamasında çok net görülebileceğini ve tüm proje paydaşlarıyla değerlendirilerek çözüm üretilebileceğini göstermiştir.



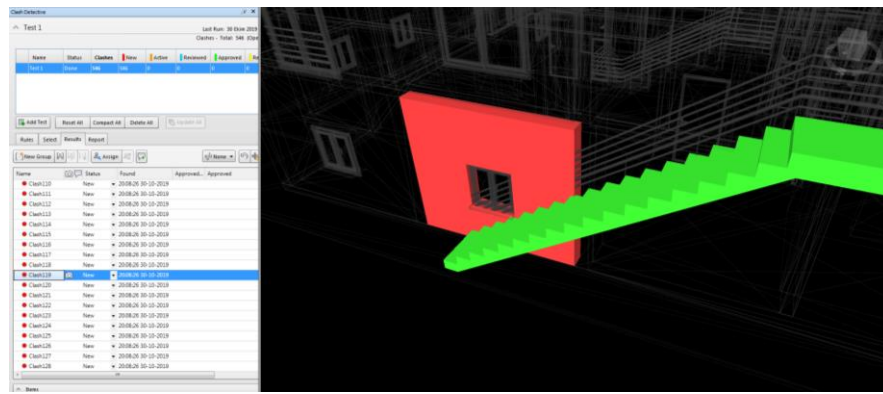
Şekil 5.8. Çakışma 2 (Autodesk)

Çakışma 3: Şekil 5.9’ da imalat montajının da yapı bilgi modellemesi ile detaylı görülebileceğini göstermiştir. Burada alüminyum korkulukların duvara ankraj olması güvenlik açısından önemlidir. Modellemede yapılan bir hata neticesinde alüminyum korkulukların pencere imalatı ile çakıştığı görülmektedir. Bu durum imalat sırasını da önemli hale getirmektedir. Şöyle ki imalat aşamasında önce pencere imatları yapılıp sonrasında korkuluk imalatı yapıldığında bu şekilde bir çakışmanın olmayacağı söylenebilir. Yapı bilgi modellemesi ile projede imalat sırasının dahi detaylı oluşturulabileceği bu örnekler görülmektedir.



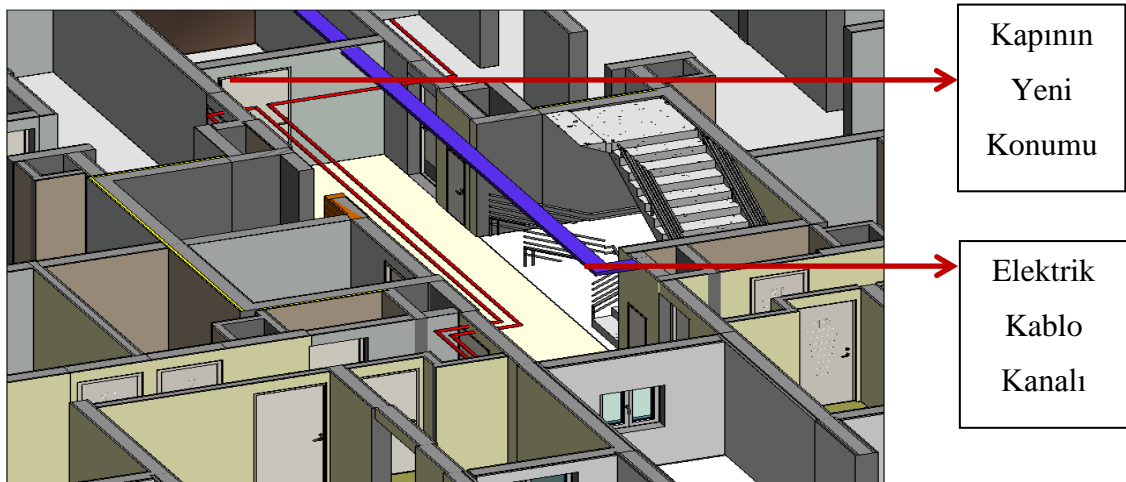
Şekil 5.9. Çakışma 3 (Autodesk)

Çakışma 4: Şekil 5.10’ da gösterilen çakışma birebir imalat aşamasında yaşanmıştır. İmalatta öncelikle duvar ve pencere imalatları yapıldıktan sonra yapı çevresindeki detay mimari uygulamalar inşa edilmektedir. Çakışma 4’ te yapının dış cephe duvarı ile sonradan yapılan yapı kenarındaki tretuvar merdivenin kotların öngörülemezliğinden dolayı çakışma yaşanmaktadır. Burada pencere hizasına merdiven gelmektedir. Yerinde bu durum imalat kotları düzenlenerek çözülmüştür. Bu çakışmada yapı bilgi modellemesinin önemini ortaya koymaktadır.



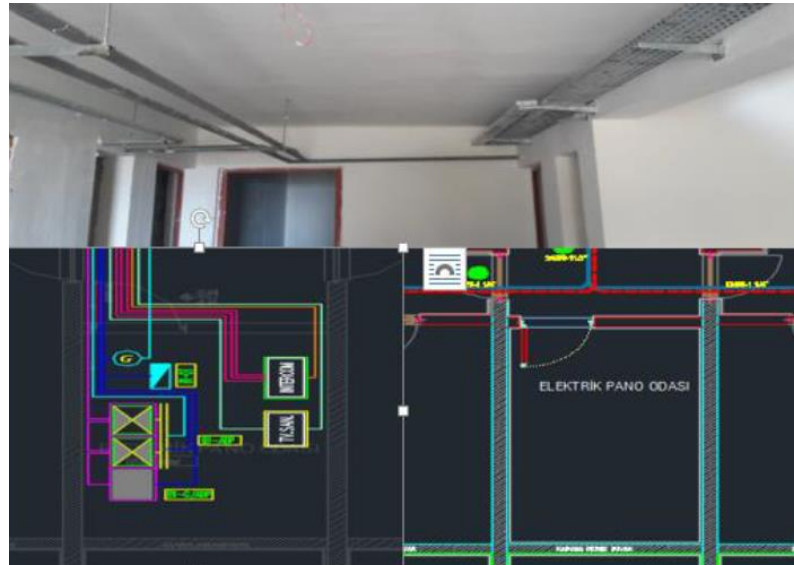
Şekil 5.10. Çakışma 4 (Autodesk)

Çakışma 5: Şekil 5.11’ de gösterilen çakışmada imalat aşamasında gerçek bir durumu göstermektedir. Bu çakışma elektrik ve mimari detayların çakışmasını kapsamaktadır.



Şekil 5.11. Çakışma 5 (Autodesk)

Şekil 5.11’ de mavi olarak gösterilen elektrik kablo kanalı Şekil 5.12’ de gösterildiği şekilde mimaride kapıya denk geldiği tespit edilmiştir. İmalatta kapı konumu değiştirilerek bu sorun çözülmüştür. Şekil 5.11’ de verilen yapı bilgi modellemesi ile elde edilen 3D görüntünün, Şekil 5.12’ deki imalat aşaması ile birebir örtüştüğü görülmektedir. Yapı bilgi modellemesi ile proje aşamasında çözülebilecek bu sorun ancak imalat aşamasında çözülebilmıştır.



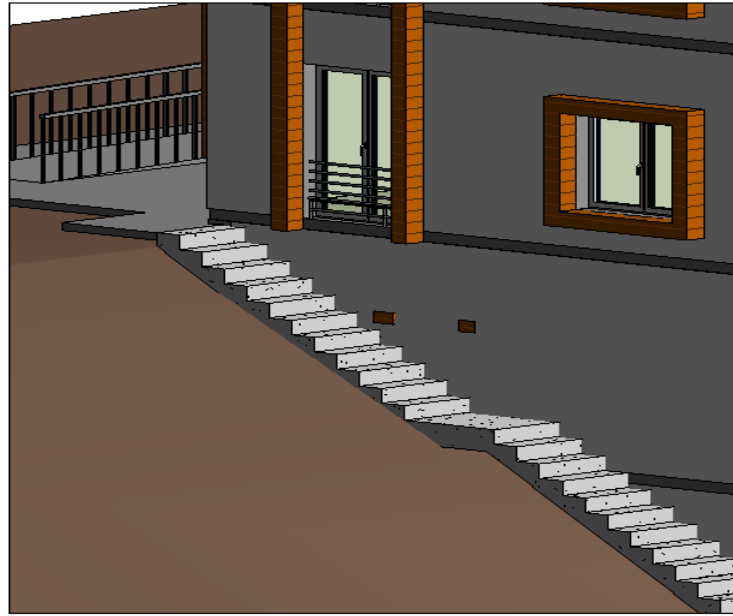
Şekil 5.12. Çakışma 5 İmalat Aşaması (TOKİ)

Çakışma 6: Şekil 5.13’ de gösterilen çakışma 6 ise mekanik tesisat ile arazi topografyası arasında meydana gelmiştir.

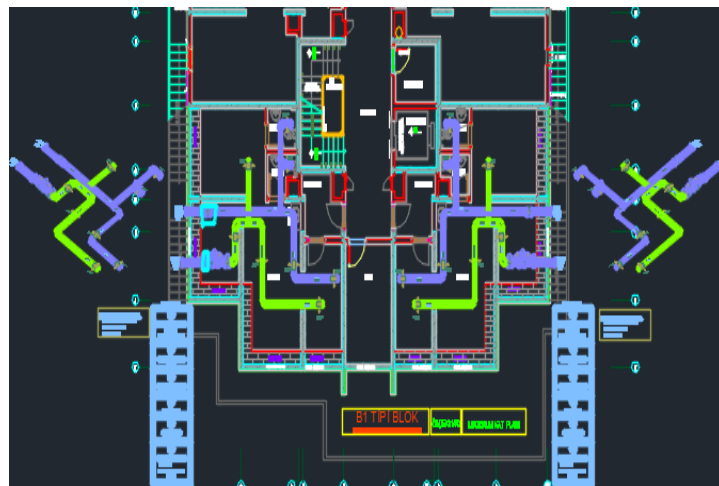


Şekil 5.13. Çakışma 6 Detay (Autodesk)

Şekil 5.13’ de detayı verilen sığınak havalandırma boruları Şekil 5.14’ de görüldüğü üzere 2. bodrum duvarından dışarıda konumlanmıştır. Bu durumda havalandırma çıkış kanallarının toprak dolgu içerisinde kaldığı tespit edilmiştir. İmalatta bu sorun Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’ de gösterildiği şekilde çözülmüştür. Ancak bu çözüm vakit almış ve tekrar imalatların yapılmasına sebep olmuştur. Bu problemin YBM ile projelendirme aşamasında çözülebileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 5.14. Çakışma 6 (Autodesk)



Şekil 5.15. Geleneksel Projelendirmede Görülemeyen Çakışma (TOKİ)

Şekil 5.15’ te mekanik proje detayı görülmektedir. 2D planlarda çakışma 6’ nın tespit edilmesi çok zordur. Şekil 5.16’ da çakışma 6 için yerinde uygulanmış çözüm görülmektedir. Şekil 5.16 ile Şekil 5.14’ ün birebir uyuşması YBM’ nin etkinliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 5.16. Çakışma 6 İçin Yerinde Çözüm Detayı (TOKİ)

Tez kapsamındaki modelde yukarıdaki 6 çakışma tespiti haricinde bir çakışma bulunmamaktadır. Ancak çakışma analizinin çok daha kompleks projelerde daha efektif sonuçlar ortaya koyacağı açıktır. Özellikle tesisat projeler ile mimari – statik projeler arasında oldukça fazla çakışma sorunları yaşanabilmektedir. Yapı bilgi modellemesi ile bunların tespiti inşaatın süresi açısından çok önemlidir. Özel yapılarda imalat aşamasında bir çakışmanın tespiti yapıldığında projeci mühendisleri dönüş sağlanmaktadır. Bu durumda yeniden analiz, pafta detayları gibi parametrelerle birlikte zaman almaktadır. Kamu inşaatlarında ise ilave olarak çakışmalara getirilen çözümlerin onayının alınması parametresi de gündeme gelmektedir. Bu durumda süreç oldukça uzayabilmektedir. Tez kapsamında gerçekleştirilen analiz ve bulgularla hem yapı bilgi modellemesinin kullanımına hem de gerçek projelerde etkinliğine farkındalık oluşturulabilmesi hedeflenmiştir.

5.3. Yapı Bilgi Modellemesine Yönelik Değerlendirmeler

Tez kapsamında Revit modeli ve çakışma analizlerine ilişkin bulguların ardından Toplu konut projelerinde YBM' nin avantajları, zorlukları ve adaptasyon hususları değerlendirilmiştir. Ayrıca YBM çalışanlarının ve YBM yöneticisinin görev ve sorumlulukları sıralanmıştır.

5.3.1. Toplu Konut Projelerinde YBM Kullanımının Avantajları

Tez çalışmamız Bölüm 3 'de Toplu konut projelerinde verimliliği etkileyen birçok faktör ve YBM kullanımının sağlayacağı faydalar sıralanmıştır. Bu bölümde ise gerçek bir uygulama sonucunda elde edilen bulgulara detaylı yer verilmiştir. Genel olarak tez kapsamında toplu konut projelerinde YBM kullanımının avantajları 3 aşamada ele alınmıştır. Bunlar;

- Projelendirme aşaması,
- İmalat ve kontrol aşamalarında
- İmalat sonrası bakım ve yönetim,

şeklinde. Bu aşamalarda yapı bilgi modellemesinin kullanımının avantajları örnek vaka çalışması da dikkate alınarak aşağıda sıralanmıştır.

Projelendirme aşamasında;

Geleneksel projelendirme yönteminde genellikle önce mimari proje hazırlanmakta ardından mimari projeye uygun statik proje çözülmekte ve en son diğer projeler detaylandırılmaktadır. Bu süreçte hatasız bir projenin ortaya çıkabilmesi için tüm paydaşların iyi koordine olması gerekmektedir. Toplu konut projeleri bu anlamda biraz farklılaşmaktadır. Çünkü genellikle mimari ve statik projeler tip proje halini almıştır. Ancak tez içerisinde de bahsedildiği üzere yöreye bağlı olarak sürekli güncellemeler yapılmaktadır. Yapı bilgi modeli oluşturulmuş bir toplu konut yapısında bu güncellemelerin hızlı yapılabilmesi ve tüm proje – imalat paydaşları ile şantiye öncesi değerlendirilebilme imkanı vermesi en büyük avantaj olduğu görülmüştür. Bununla birlikte toplu konut uygulamalarının projelendirme aşamasında yapı bilgi modellemesinin kullanımı ile; kule vincin konumlandırılması, çevre düzeninin detaylı modeli ve görselleştirilmesi, yapı malzemelerinin ve montaj detaylarının daha hassas belirlenmesi, tesisat projeleri ile mimari-statik detayların çakışma kontrollerinin yapılabilmesi, altyapının en gerçekçi kotlarla modellenebilmesi, saha öncesi hızlı metraj

ve maliyet analizi, iş programının şantiye öncesi detaylandırılması ve tüm paydaşların (mimar, projeci mühendis, uygulayıcı mühendis, yüklenici, kontrol) tek bir 3D model üzerinde yorum yapabilmelerine olanak sağlanabilecektir. Ülkemizde YBM' nin kullanımı yaygınlaştıkça ve başka çalışmalar ile daha detaylı analizler yapıldıkça birçok yeni avantajın ortaya çıkabileceği görülmektedir. Örneğin ileri seviyede YBM modelleri ile (5D, 6D, 7D) enerji verimliliği, gün ışığında faydalanma, iş kazalarının önüne geçilmesi, iş sağlığı ve güvenliği gibi önemli parametrelerde şantiye öncesi projelendirme aşamasında detaylandırılabilir. Böylece fayda/maliyet analizleri daha gerçekçi yapılabilecektir.

İmalat ve kontrol aşamalarında;

Projelendirme aşaması, minimum hatayla, gerekli detaylar verilerek ve tüm proje paydaşlarının koordinasyonunda geleneksel projelendirme yaklaşımı ile yapılmış olsa dahi imalat aşaması oldukça seri ve problemsiz geçecektir. Toplu konut projelerinde yaptığımız tespit ve analizlerde imalat aşamasında mimari ve statik açıdan çok ciddi çakışmaların olmadığı görülmüştür. Bunun sebebinin yukarıda da bahsedildiği üzere projelerin uzun yıllardır uygulanması, uygulamalardan sonuçlar çıkartılması ve imalatların tip halini alması şeklinde yorumlanabilecektir. Toplu konut projelerinin YBM ile modellemesinin imalat aşamasına sağlayacağı en büyük avantajları; “bazen bir resim birçok şeyi ifade eder” felsefesinden hareketle ustalara işin 3D model üzerinde tarif edilebilmesi ve kontrol mekanizmasının imalatları hızlı ve efektif denetleyebilmesi şeklinde değerlendirilebilecektir. Ayrıca; sıkça rastlanan tesisat imalatları ile diğer imalatların çakışmasının önüne geçilmesi, şantiyede ortaya çıkan bir probleme yönelik çok farklı çözümlerin sanal ortamda hızlı modellemesi yapılarak değerlendirmeye imkan vermesi, dokümantasyon kısmının daha hızlı yapılabilmesi ve teknolojiden yararlanmanın vereceği özgüven hissi YBM' nin avantajlarından en genel olanlarıdır. Bu kapsamda da YBM kullanımı daha yaygın hale geldikçe farklı birçok avantajın da ortaya çıkacağı ön görülmektedir.

İmalat sonrası bakım ve yönetim;

Literatürde “As Built” olarak geçen bu süreçte en az imalat aşaması kadar önemli olabilmektedir. Özellikle toplu konut projelerinde imalatı bitmiş yapılarda bakım ve onarımlar gündeme gelebilmektedir. Birçok detayın uygulandığı bu

imalatlarda “hangi boru nereden geçiyor?, burada nasıl bir detay var?, bu düzenlemeyi yaparsak başka bir imalata zarar verir miyiz?” gibi sorular ile karşılaşmaktadır. Bu kapsamda YBM ile tüm bu sorulara sanal modeller üzerinden cevap verilebilecektir. Sonradan yapılabilecek bir düzenleme veya bakım süreci detaylandırılabilir ve 3D görsel üzerinden değerlendirilebilecektir. Bu sayede yapılan işin faydası yanında tekrar imalatlardan ve mevcut imalatlara zarar vermekten kaçınılmış olunacaktır. Ayrıca ileri seviyede yapı bilgi modellemesi ile modellenmiş bir site, çevre düzeni, alt yapısı, konutlara yönelik tüm detaylar yönünden çok daha kolay ve verimli şekilde yönetilebilecektir.

5.3.2 Toplu Konut Projelerinde YBM Kullanımının Zorlukları

Tez çalışmasında YBM’ nin tarif edilmesi ve literatür çalışmalarının özetlendiği bölümlerde de bahsedildiği üzere yapı bilgi modellemesi (YBM) ülkemizde gittikçe yaygınlaşmaktadır. Ancak tüm avantajlarından istifade edilebilecek seviyede kullanımda değildir. Bunun sebebi sektördeki bilgi birikiminin geleneksel projelendirme ve imalata yönelik olması şeklinde değerlendirilmiştir. Yapı bilgi modellemesi ile bir yapının projelendirilmesinde tüm proje paydaşlarının YBM üzerinde bilgi sahibi olması gerekmektedir. Hatta proje çalışanlarının kendi projesini 3D modele tanımlayabilme yeteneği kazanmış olmalıdır. Bu durumda yeni yazılımların öğrenilmesini gerektirmektedir. Bu hususların hepsi birlikte değerlendirildiğinde günümüzde öncelikle YBM kullanımının sağlayacağı avantajlara yönelik farkındalığın artırılması en önemli aşamadır. Sonrasında sektörde bilgi birikimi kendiliğinden güncellenecek ve yapı bilgi modellemesi talep edilir hale gelecektir. Bununla birlikte YBM’ nin ülke ekonomisine katkılarına yönelik çalışmalarda yaygınlaştırılmalıdır. Tez kapsamında örnek bir toplu konut yapısının YBM ile modellenmesinde karşılaşılabilecek en büyük zorluğun modellemede henüz ülkemizde bir standart veya yönetmeliğin bulunmaması ve tam farkındalığın henüz tam manasıyla oluşmaması şeklinde yorumlanabilecektir. Bununla birlikte YBM ile yapı sistemlerinin modellenmesi ve analizlerde çok hassas olunması gerekmektedir. Hatalar içeren bir yapı bilgi modeli birçok yeni problemin ortaya çıkmasına da neden olabilecektir. Bu kapsamda ülkemizde yapı bilgi modellerinin de kabul ve kontrol edilebilmesine yönelik bir prosedür veya mekanizmanın oluşmasının gerekliliği önerilmiştir.

5.4. YBM (BIM) Yöneticisi Görev ve Sorumlulukları

YBM uygulamalarında proje paydaşları genel olarak mimar, mühendisler ve YBM Yöneticisi olarak sınıflandırılabilir. Burada en önemli sorumluluk YBM yöneticisine düşmektedir. Aşağıda sıralanan hususlar YBM yöneticisinin görev alanına girmektedir.

- İş akışı sürecinin uygulanması,
- YBM standartlarının tam olarak uygulanabilmesi,
- Modelin kurulması ve detaylarının belirlenmesi,
- Modelin doğruluğunun kontrolü,
- Disiplinler arası koordinasyon,
- Dijital çıktıların teslim edilmesi veya alınması,
- YBM sürecinin etkili ve sağlıklı yürütülebilmesi,
- Yüklenici veya yapı sahibi ile iletişim,

5.4.1. YBM (BIM) Çalışanı Sorumlulukları

YBM uygulamalarında yapının mimarı, inşaat mühendisi, mekanik mühendisi, elektrik mühendisi, harita mühendisi, jeoloji mühendisi, sistem mühendisi meslek grupları YBM çalışanı olarak nitelendirilmektedir. Bu meslek gruplarına ise yapı bilgi modellemesinde aşağıdaki görev ve sorumluluklar düşmektedir.

- Projenin kendi alanlarındaki tasarımı,
- Gerekli bilgilerin YBM yöneticisine sağlanması,
- YBM modelleri üzerinde projelerinin eksiksiz modellendiğinin kontrolü,
- Çakışmalara yönelik değerlendirmeler ve çözümler,
- YBM içerisinde bulunan diğer meslek grupları ile koordinasyon,
- Dijital modellerin oluşturulması,
- Tüm sürecin şartname ve yönetmeliklere uygunluğunun kontrolü

Ayrıca Beliz Özorhon kitabında YBM görev ve sorumluluklarını Yüklenici ve Tasarımcı şeklinde iki ana başlık altında ele almıştır. Yüklenici ve Tasarımcı alt başlıklarında kimlerin görev alacağını aşağıdaki şekilde sıralamıştır (Özorhon, 2018)

Yüklenici:

Yüklenici YBM Danışmanı

Yüklenici YBM Koordinatörü

Yüklenici YBM Planlama Uzmanı

Yüklenici YBM IT Sorumlusu

Tasarımcı:

Tasarımcı YBM Danışmanı

Tasarımcı YBM Yöneticisi

Mimari Tasarım YBM Uzmanı

Statik Tasarım YBM Uzmanı

Mekanik Tasarım YBM Uzmanı

Elektrik Tasarım YBM Uzmanı

Projede YBM görevlerinin dağılımı

6. SONUÇLAR

“Konut Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı Örnek Vaka Çalışması” başlıklı çalışmamız Bölüm 1 ve Bölüm 2’de YBM kavramı ve detayları tanıtılmış, tarihsel gelişimi araştırılmış ve yapı bilgi modellemesi üzerine ulusal ve uluslararası çalışmalar titizlikle incelenmiştir. Literatür incelemesinde modelleme, yazılım seçimi ve araştırılacak hususlar belirlenmiştir. Ayrıca bu bölümlerde yapı bilgi modellemesinin inşaat sektörüne katkıları irdelenmiş ve sahadan gerçek uygulamalara yer verilmiştir.

Çalışmamızın 3. Bölümünde ise yapı bilgi modellemesinin toplu konutlarda kullanımı ele alınmıştır. Toplu konutlar hakkında bilgiler verilmiş, bu tip projelerde inşaat verimliliğini etkileyen problemler sıralanmıştır. Bu problemlerin YBM ile çözümü proje ve imalat aşamaları ayrı değerlendirilerek sıralanmıştır.

Tez çalışması 4. Bölümde ise Kayseri İncesu Saraycık Toplu konutlarından örnek bir yapı 3D modellenmiştir. Bu bölümde Saraycık TOKİ Toplu Konutları hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu bölümde tez çalışmasında modelleme için seçile Autodesk Revit yazılımı aşamalar ve örneklerle anlatılmıştır. Burada modelleme yöntemleri basit örnekler üzerinden görselleştirilmiştir. Örnek olarak seçilen toplu konut yapısının Revit modeli anlatılmış ve çakışma analizlerinin gerçekleştirildiği Autodesk Navisworks yazılımı tanıtılmıştır.

Tez çalışmasının bulgular bölümünde Revit modelinden elde edilen sonuçlar mimari, statik ve arazi topografyası açılarından değerlendirilmiştir. Burada sistemin belirtilen parametreler açısından iyi projelendirildiği ancak YBM ile büyük kolaylıklar sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bulgular bölümünde ayrıca Navisworks yazılım ile yapılan çakışma analizlerinden en önemli 6 tanesi örnek yapının imalat aşaması ile birlikte değerlendirilmiştir. Burada ise çakışma analizlerinin çok daha kompleks yapılarda daha efektif sonuçlar ortaya koyabileceği, mimari-statik proje arasındaki çakışmalardan ziyade tesisat projeleri ile diğer projeler arasındaki çakışmaların yerinde daha büyük sorunlara yol açabileceği ve çözümlerinin daha zor olduğu görülmüştür.

Ayrıca bu bölümde toplu konut projelerinde yapı bilgi modellemesinin kullanım avantajları, zorlukları detaylı anlatılmıştır. Bu tip sistemlerde projelendirme aşamasında YBM kullanımının sağlayacağı en büyük avantaj projede güncellemelerin hızlı yapılabilmesi ve tüm proje – imalat paydaşları ile şantiye öncesi değerlendirebilme imkanı sağlaması olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte kule vincin konumlandırılması,

çevre düzeninin detaylı modeli ve görselleştirilmesi, yapı malzemelerinin ve montaj detaylarının daha hassas belirlenmesi, tesisat projeleri ile mimari-statik detayların çakışma kontrollerinin yapılabilmesi, altyapının en gerçekçi kotlarla modellenmesi, saha öncesi hızlı metraj ve maliyet analizi, iş programının şantiye öncesi detaylandırılması ve tüm paydaşların (mimar, projeci mühendis, uygulayıcı mühendis, yüklenici, kontrol) tek bir 3D model üzerinde yorum yapabilmelerine olanak sağlanması YBM' nin toplu konut projelerine yönelik avantajları olarak tespit edilmiştir. İmalat aşamasında ise en efektif avantaj 3D model üzerinde tarif yapılabilmesi ve kontrol mekanizmasının imalatları hızlı ve efektif denetleyebilmesi şeklinde değerlendirilmiştir. Ayrıca; sıkça rastlanan tesisat imatları ile diğer imatların çakışmasının önüne geçilmesi, şantiyede ortaya çıkan bir probleme yönelik çok farklı çözümlerin sanal ortamda hızlı modellenmesi yapılarak değerlendirmeye imkan vermesi, dokümantasyon kısmının daha hızlı yapılabilmesi ve teknolojiden yararlanmanın vereceği özgüven hissi YBM' nin avantajlarına da yer verilmiştir. İmalat sonrasında ise sonradan yapılabilecek bir düzenleme veya bakım sürecinin detaylandırılabilmesi, 3D görsel üzerinden değerlendirilebilme, işin faydası yanında tekrar imatlardan ve mevcut imatlara zarar vermektan kaçınma gibi avantajlar belirtilmiştir. Ayrıca ileri seviyede yapı bilgi modellenmesi ile modellenmiş bir site, çevre düzeni, alt yapısı, konutlara yönelik tüm detaylar yönünden çok daha kolay ve verimli şekilde yönetilebileceği yorumlanmıştır. YBM ' nin kullanımı yaygınlaştıkça ve bilgi birikimi geliştikçe ileri YBM seviyeleri ile enerji verimliliği, gün ışığında faydalanma, iş kazalarının önüne geçilmesi, iş sağlığı ve güvenliği gibi önemli parametrelerde şantiye öncesi projelendirme aşamasında detaylandırılabilmesi değerlendirilmiştir.

Bulgular ilave olarak Toplu Konut projelerinde YBM kullanımının zorlukları üzerinde durulmuştur. Burada bir toplu konut yapısının YBM ile modellenmesinde karşılaşılabilecek en büyük zorluğun modellemede henüz ülkemizde bir standart veya yönetmeliğin bulunmaması ve tam farkındalığın henüz tam manasıyla oluşmaması şeklinde yorumlanmıştır. Tez çalışmasında son olarak YBM yöneticisi ve çalışanlarının görev ve sorumlulukları sıralamıştır. Çalışmamızın ülkemizde yapı bilgi modellenmesi üzerinde yapılacak farklı modellemelere ve araştırmalara destek olması, YBM' nin kullanımının ve farkındalığının yaygınlaşmasına katkı sağlaması arzulanmıştır.

KAYNAKLAR

- Ray, Jones, A., (1968). Computer Development in West Sussex, Architects' Journal, 4, 55-57
- Van Nederveen, G.A., Tolman, F. P., (1992). Modelling Multiple Views on Buildings. Automation in Construction, 1, 215-224.
- AIA (American Institute of Architects) (2007). Integrated Project Delivery: A Guide: Version 1, AIA, Washington DC.
- CIFE - Center For Integrated Facilities Engineering, (2007). CIFE Technical Reports. <http://cife.stanford.edu/Publications/index.html> (Erişim Tarihi: 15.9.2019)
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. N., and Leung, B. H. Y. (2008). Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries, Karachi, Pakistan, 435–446.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2008) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Kamardeen, I., (2010). 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. In 26th Annual ARCOM Conference, Leeds, Association of Researchers in Construction Management, 1, 281-289
- Yaman, H., ve İlhan, B. (2010). İnşaat Sektöründe Bina Enformasyonu Modellemesi Kavramına Genel Bir Bakış. 1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi 2010, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Azhar, S., (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. ASCE, Learning and Innovation in Construction. Eng. 11(3): 241-252.
- Azhar, S, Khalfan, M., Maqsood, T., (2012) 'Building information modeling (BIM): now and beyond', Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12 (4) 15-28
- BIM Task Group. (2012). BIM Industrial Strategy: Government and Industry Partnership.
- Kuruoğlu, M., Topkaya, E., Çelik, L. Y., Yönez, E., (2012), İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Journal of New World sciences Academy, 7 (1): 263-272.
- Porwal, A., Hewagw, K.N., (2013). Building Information Modeling (BIM) Partnering Framework for Public Construction Projects. Automation in Construction, 31 (2013) 204-214.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Thurairajah, N., Goucher, D., (2013). Advantages and challenges of using BIM: a cost consultants perspective. In: 49th ASC annual international conference proceedings, California, April 10–12
- Abrishami, S., Goulding, J., Rahimian, F. P., Ganah, A., Sawhney, A., (2014). G-BIM frame work and development process for integrated AEC design Automation. *Procedia Engineering*, 84(2014):10-17.
- Ofluoğlu, S., (2014). Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. Mimarist.
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. 27th IPMA World Congress, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475-484.
- Akkoyunlu, T., (2015). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arayıcı, Y. (2015). *Building Information Modelling* (1st edition). Bookboon.com, ISBN: 978-87-403-1098-6.
- Chaves, Fernanda, Tzortzopoulos, Patricia, Formoso, Carlos and Shigaki, Jeferson Shiniti (2015). Using 4D BIM in the Retrofit Process of Social Housing. In: ZEMCH conference (Zero Energy Mass Custom Home), Lecce, Italy, (<http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25563/>).
- Jung, W., Lee, G., (2015). The Status of BIM Adoption on Six Continents. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Vol:9, No:5.
- Harris, B.N. and Alves, T.C.L. (2016). “Building Information Modeling: A Report from the Field.” In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect.5 pp. 13–22.
- Öz Döşer, A.M. (2016). Integration of BIM to Facility Management, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Beşer, S.A., (2017). Üstyapı İnşaat İşlerinin Proje Üretiminin Ve Saha Uygulamalarının Takip Edilmesinde YBM (Yapı Bilgi Modellemesi – Building Information Modelling) Programları Kullanılmasının İller Bankası Anonim Şirketine Sağlayacağı Yararların İncelenmesi. Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
- Çuhadar, F. G., (2017). Mimarlık Hizmeti Kapsamında Bina Bilgi Modelleme:”G Villa” Konut Projesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Jones, S., Laquidara, C, D., Lorenz, A., Buckley, B., Katharine, L., Barnett, S., (2017). The Business Value of BIM for Infrastructure, Smart Market Report.
- Öktem, S., (2017). Taşıyıcı Sistem Tasarımında BIM ve Kullanım Örnekleri. İnşaat Mühendisleri Odası, 2017 Yılı Meslek İçi Eğitim Seminerleri, İstanbul.
- Öktem, S., Ertuğral, O., (2017). Örneklerle BIM ve Kullanımı. 2017 Yılı Meslek İçi Eğitim Seminerleri, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul
- Yöndem, F., (2017). Kamu Yapım İşi İhalelerinde Tasarımdan Kaynaklanan Problemlerin Yapı Bilgi Modellemesi İle İhale Öncesinde Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Alileche, L., Shahrour, I., (2018). Use of BIM for Social Housing Management. <https://www.researchgate.net/publication/326353103>
- Bahadır, Ü., (2018). Yenileme Projelerinin Yönetim Süreçlerinde Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı: Vaka Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- BIMgenius (2018). Türkiye BIM Raporu, Genel Eğilim ve Beklentiler, Araştırma Raporu, <http://www.bimgenius.org> (Erişim Tarihi: 15.9.2019)
- Biblus, 2018. Evolution of the YBM Methodology: LOD as Level of Development. <http://biblus.accasoftware.com> (E. Tarihi: .02.2018)
- Erdik, M., (2018). Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Evcimen, A., (2018). Yapı Bilgi Modellemesi İle Yapılabilirliğin Geliştirilmesi: Endüstriyel Tesis İnşaatı Projesinde Bir Vaka Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Gülerses, F., (2018). Yapı Bilgi Modellemesi (5D) İle Maliyet Yönetiminin Avantaj ve Dezavantajlarının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karataş, İ., (2018). Danışmanlık Hizmetlerinde Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling BIM) Sisteminin Uygulanabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.
- Özorhon, B., (2018). Türkiye' den İlk Örnek Projelerle BIM Yapı Bilgi Modellemesi, 1.Basım, Abaküs Yayınevi.
- Pehlevan, E.E., (2018). Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Türkiye'de Kullanımı. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Bülten, Sayı:148 (2018-3) 21-24.

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Sacks, R., (2018). BIM Project Case Studies The State-of-the-art in Construction Practice and in Research. PROTA BIM and Beyond, İTÜ Süleyman Demirel Kültür Merkezi.
- Amoruso, F, M., Dietrich, U., Schuetze, T., (2019). Integrated BIM-ParametricWorkflow-Based Analysis of Daylight Improvement for Sustainable Renovation of an Exemplary Apartment in Seoul, Korea. Sustainability, 11, 2699; doi:10.3390/su11092699.
- Autodesk Revit 2019 -Student Version, Autodesk Navisworks 2019-Student Version, Autodesk Inc.
- Atabay, Ş., Öztürk, M. B., (2019). Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulama Planı Üzerinde İnceleme. Journal of Engineering Sciences and Design, 7(2), 418-430.
- URL1:<http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/infrastructure>(Erişim Tarihi: 02.01.2019)
- URL2:<http://www.bimplus.co.uk/projects/case-study-3d-modelling-new-taipei-city-taiwan-ben/>(Erişim Tarihi: 03.01.2019)
- URL3:<http://news.samsungcnt.com/the-technology-behind-seouls-landmark-dongdaemun-design-plaza/>(Erişim Tarihi: 03.02.2019)
- URL 4: <https://www.vectorworks.net/en-US/customer-showcase/coordinating-an-open-bim-workflow>(Erişim Tarihi: 07.03.2019)
- URL 5: <https://www.architectmagazine.com>(Erişim Tarihi: 13.03.2019)
- URL 6: <http://www.researchgate.net/publication/322624164>. Building Information Modeling (BIM); How it Improves Building Performance. (Erişim Tarihi: 21.04.2019)
- URL 7: <https://www.toki.gov.tr/faaliyet-ozeti> (Erişim Tarihi: 03.05.2019)
- URL8:http://emrearolat.com/eaaprojects_pdf/Abdullah%20Gul%20Presidential%20Museum%20and%20Library.pdf, (Erişim Tarihi: 03.05.2019)
- URL 9: <https://docplayer.biz.tr/29181608-Insaat-proje-yonetimisempozyumu>. (Erişim Tarihi: 03.05.2019)
- URL 10: <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>. (Erişim Tarihi: 03.05.2019)
- URL 11: <https://www.icmimarlikdergisi.com/2018/10/29/autocadden-once-mimarlarin-nasil-calistigini-gosteren-19-muhtesem-fotograf/>. (Erişim Tarihi: 01.06.2019)
- URL12:<http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d--5d--6d---7d.html> (Erişim Tarihi: 08.09.2019)
- URL 13: <https://www.toki.gov.tr/>(Erişim Tarihi: 20.09.2019)

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

URL 14: <https://www.cadsay.com/>(Erişim Tarihi: 20.09.2019)

URL 15: <https://www.mckinsey.com.> (Erişim Tarihi: 14.10.2019)

URL16:<https://damassets.aotudesk.net/fy15-bim-business-brief-04-aec-staying-competitive-TR.pdf> (Erişim Tarihi: 15.10.2019)

ÖZ GEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hakan ALAT
Doğum Yeri ve Tarihi : Kayseri / 1976

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi :
Bildiği Yabancı Diller :
Bilimsel Faaliyetleri : Bilmes III. International Scientific and Vocational Studies
Congress - Engineering

İş Deneyimi

Stajlar :
Projeler :
Çalıştığı Kurumlar :

İletişim

Adres : KAYSERİ
E-Posta Adresi : hakanalat@hotmail.com

Tarih: 29/11/2019