



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN (YBM) İNŞAAT YÖNETİMİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

EMRAH KUYTAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ NURAY BENLİ YILDIZ**

DÜZCE, 2021

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN (YBM) İNŞAAT YÖNETİMİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emrah KUYTAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Nuray BENLİ YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Nuray BENLİ YILDIZ

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Filiz BAL KOÇYİĞİT

Atılım Üniversitesi

Doç. Dr. Latif Onur UĞUR

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 23/08/2021

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

23 Ağustos 2021

Emrah KUYTAN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Nuray BENLİ YILDIZ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca değerli jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Filiz BAL KOÇYİĞİT ve Doç. Dr. Latif Onur UĞUR'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan çok değerli eşim Ümmügülsüm KUYTAN'a, oğlum Ali Akdes'e ve minik kızım Zeynep Sükeyne'ye sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

23 Ağustos 2021

Emrah KUYTAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. PROBLEMİN TANIMLANMASI	2
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI	4
1.3. ÇALIŞMANIN KAPSAMI	5
2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM).....	6
2.1. YBM TANIMI.....	6
2.2. YBM KULLANMANIN FAYDALARI.....	12
2.3. YBM KULLANMANIN DEZAVANTAJLARI	14
2.4. YBM’NİN DÜNYA’DA GELİŞİMİ VE YAPIM SEKTÖRÜNE GETİRDİĞİ YENİ YAKLAŞIMLAR	16
2.5. DÜNYADA YBM STANDARTLARI	19
2.6. YBM VE YAPI SEKTÖRÜNE GETİRDİĞİ YENİ KAVRAMLAR.....	20
2.7. YBM KULLANIMINDA GELİŞİM SEVİYESİ	21
2.8. PARAMETRİK MODELLEME	23
2.9. BİRLİKTE ÇALIŞABİLİRLİK	24
2.10. CANLI METRAJ LİSTELERİ	26
2.11. ÇAKIŞMA KONTROLLERİ	26
2.12. YBM TABANLI ÇALIŞAN PROGRAMLAR.....	28
2.12.1. Revit Programı	28
2.12.2. ArchiCAD	30
2.12.3. Allplan	31
2.12.4. Ide YAPI	32
3. İNŞAAT YAPIM PROJELERİNDE YBM KULLANIM AŞAMALARI	34
3.1. PROJE ÇİZİMİ SÜRECİNDE YBM KULLANIMI.....	34
3.2. İHALE SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	35
3.2.1. İşverenin İhale Sürecinde YBM Kullanmasının Etkileri	36
3.2.2. İsteklinin İhale Sürecinde YBM Kullanmasının Etkileri.....	36
3.3. İNŞAAT YAPIM SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	37
3.3.1. Bina Yaşam Döngüsü ve YBM Kullanımı	37
3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	38
3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı.....	38
3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı.....	39
3.3.5. İmalatların 3B Kontrol ve Planlaması	40

3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında.....	42
3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	43
3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi	44
3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması.....	45
3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	45
3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması.....	46
3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması.....	47
3.4. HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI VE FAYDALARI.....	47
3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	48
3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Anlaşmazlıklarının Sonlandırılması.....	48
3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması.....	49
3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	49
3.5. PROJE MALİYET YÖNETİMİNDE YBM TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI	50
3.6. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	51
4. BULGULAR VE VAKA ÇALIŞMALARI	54
4.1. ELAZIĞ, PEYNİR ÜRETİM FABRİKASI VE SOĞUK HAVA DEPOSU	54
4.2. MESLEK LİSESİ	64
4.3. KONUT VE SOSYAL ALAN PROJESİ	75
4.4. BUTİK OTEL PROJESİ.....	84
4.5. KONUT VE TİCARİ PROJESİ	95
4.6. OTEL RESTORASYON PROJESİ.....	107
4.7. İNCELENEN PROJELERİN BİRBİRİ İLE KIYASLANMASI.....	117
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	125
6. KAYNAKLAR	127
ÖZGEÇMİŞ	134

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Tez Akış Şeması.	5
Şekil 2.1. YBM kullanım süreçleri (BIM/Yapı Bilgi Modellemesi, 2021).	7
Şekil 2.2. Her aşama bir ay ilerlemeli olarak oluşturulmuş 4 boyutlu simülasyon.	9
Şekil 2.3. Tesis yönetimi ekranı ve karekod ile mahal entegrasyonu.	11
Şekil 2.4. YBM kullanım boyutları (Atabay ve Öztürk, 2019).	14
Şekil 2.5. Veri girişinin katman katman ayrıştırılıp isimlendirilmesi Revit arayüzü	15
Şekil 2.6. İnşaat ve tarım dışı diğer sektörlerin verimlilikleri.	16
Şekil 2.7. Projede süreç içerisinde yapılan değişimlerin proje maliyetine etkileri.	18
Şekil 2.8. Bütünleşik proje tasarımında YBM'nin kullanımı (Eastman vd., 2011).	19
Şekil 2.9. YBM'nin Dünya Çapında Benimsenme Haritası (Paul, 2018).	20
Şekil 2.10. YBM detay seviyeleri örnek gösterimi-1.	22
Şekil 2.11. YBM detay seviyeleri örnek gösterimi-2.	23
Şekil 2.12. YBM'nin programlarının diğer programlarla olan entegrasyonu.	25
Şekil 2.13. YBM'de otomatik metraj.	26
Şekil 2.14. Çakışma analizlerinin üstten görünüşü.	27
Şekil 2.15. Çakışma analizlerinin kesit perspektifi.	27
Şekil 2.16. Revit arayüzü kombinasyonu-1.	29
Şekil 2.17. Revit arayüzü kombinasyonu-2.	29
Şekil 2.18. Graphisoft'un Archicad arayüzü-1.	31
Şekil 2.19. Graphisoft'un Archicad arayüzü-2.	31
Şekil 2.20. Allplan arayüzü 1.	32
Şekil 2.21. Allplan arayüzü 2.	32
Şekil 2.22. İde Mimar ara yüzü.	33
Şekil 3.1. İnşaat projesine ait yaşam döngüsü.	37
Şekil 3.2. Parsel bilgileri girilerek saha aplikasyonu yapılması.	38
Şekil 3.3. YBM yazılımında arazi modellemesi.	39
Şekil 3.4. Şantiye alanı planlaması.	39
Şekil 3.5. Tablet ortamında ürün bilgilerine ulaşım.	41
Şekil 3.6. Sahada yapılacak olan imalatın veya revizyonun alt yüklenicilerle 3 boyutlu olarak paylaşılması.	41
Şekil 3.7. YBM model ve iş programı kombinasyonu.	42
Şekil 3.8. İş yapım aşamalarının zaman çizelgesi.	42
Şekil 3.9. YBM ile metraj ve keşif listeleri çıkarma.	43
Şekil 3.10. Şantiyeden fotoğraf yardımıyla ofise bilgi verilmesi.	44
Şekil 3.11. Autodesk 360, tablet uygulamasıyla inşaat alanında projedeki ve yerindeki imalatların kontrolü.	45
Şekil 3.12. Üç boyutlu model üzerinden ölçü alınması.	46
Şekil 3.13. İdare ve işveren arasındaki proje maliyeti farkları.	48
Şekil 3.14. Oska programı nakit akışı diyagramları.	49
Şekil 3.15. Allplan/Oska iş birliği.	50
Şekil 4.1. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.	63
Şekil 4.2. Toplam maliyete oranla yüzdede kayıp.	63
Şekil 4.3. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.	73
Şekil 4.4. Toplam maliyete oranla yüzdede kayıp.	74
Şekil 4.5. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.	83
Şekil 4.6. Toplam maliyete oranla yüzdede kayıp.	84

Şekil 4.7. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.	94
Şekil 4.8. Toplam maliyete oranla yüzdece kayıp.	95
Şekil 4.9. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.	105
Şekil 4.10. Toplam maliyete oranla yüzdece kayıp.	106
Şekil 4.11. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.	115
Şekil 4.12. Toplam maliyete oranla yüzdece kayıp.	116
Şekil 4.13. İncelenen bütün projelere ait maliyet kayıplarının kıyaslanması.	117
Şekil 4.14. İncelenen bütün projelere ait maliyet kayıplarının yüzdece kıyaslanması.	118
Şekil 4.15. İncelenen bütün projelere ait zaman kayıplarının yüzdece kıyaslanması... ..	119
Şekil 4.16. YBM kullanılmayan 6 adet yapım işinde meydana gelen maliyet kayıpları.....	122



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Yetersiz birlikte çalışabilirlik sürecinin yol açtığı ilave maliyetler: Paydaşlara göre maliyet kategorileri (Gallaher vd., 2004).....	17
Çizelge 2.2. YBM yazılımları, üretici firmaları ve erişim adresleri	28
Çizelge 3.1. Örnek bir otel projesi verileri	34
Çizelge 3.2. YBM faaliyetleri (Azhar, 2011).	35
Çizelge 4.1. Peynir üretim fabrikasında alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri	55
Çizelge 4.2. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi	62
Çizelge 4.3. Meslek lisesi projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri	65
Çizelge 4.4. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi	72
Çizelge 4.5. Konut ve sosyal alan projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri	77
Çizelge 4.6. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.	82
Çizelge 4.7. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi	85
Çizelge 4.8. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.	93
Çizelge 4.9. Konut ve ticari projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.	97
Çizelge 4.10. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi	105
Çizelge 4.11. Otel restorasyon projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri	108
Çizelge 4.12. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi	115
Çizelge 4.13. İncelenen tüm projelere ait maliyet kayıpları (TL)	117
Çizelge 4.14. İncelenen tüm projelere ait maliyet kayıpları (%)	118
Çizelge 4.15. İncelenen tüm projelere ait zaman kayıpları (%).....	119
Çizelge 4.16. Kayıpların zaman ve maliyete etkisinin 6 proje için toplam oranı	120

KISALTMALAR

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım
BIM	Building Information Modelling
CAD	Computer Aided Design
LOD	Levels of Detail (Değişim Seviyesi)
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi
2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
4B	4 Boyutlu
5B	5 Boyutlu
6B	6 Boyutlu
7B	7 Boyutlu



SİMGELER

m	Metre
m ²	Metre kare
%	Yüzde
₺	Türk Lirası



ÖZET

YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN (YBM) İNŞAAT YÖNETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emrah KUYTAN

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nuray BENLİ YILDIZ

Ağustos 2021, 133 sayfa

Yapı sektörü; malzeme, ürün sağlayıcı, milyonlarca müşteri, hizmet sağlayıcı, son kullanıcı gibi bölünmüş birçok paydaşa sahiptir. Eksiklik ve hataların yapı maliyetine etkisinin ilave %25-30 oranında olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla yapım işleri yatırımcı açısından değerlendirildiğinde, yapılan işten kâr etmek ve yapının amortisman süresinin kısa olması birinci öncelik haline gelmeye başlamıştır. Amortisman süresinin kısa olması da projelerin tutarlı çizilmesi, yapının zamanında bitmesi, iş kazası olmaması, malzeme siparişlerinin zamanında ve doğru miktarda verilmesi, imalatların hatasız yapılması, imalatlarda geri dönüş olmaması ve projesine uygun yapılar üretilmesi gibi temel etkenlere bağlıdır. Bu durumlar da mimar ve mühendisleri daha yenilikçi yöntemler ve teknolojiler geliştirmeye zorlamıştır. Geline son noktada Building Information Modeling (BIM) – Yapı Bilgi Modelleme (YBM) kavramı ön plana çıkmıştır. YBM, bir yapının tasarımdan, ömrünü tamamlayıp ortadan kaldırılmasına kadar olan tüm süreçleri içinde barındırmaktadır. Bu çalışmada yapım işlerinde ihaleden kesin kabule kadar olan süreçte inşaat yönetiminde YBM kullanılmamasının etkileri ele alınmıştır. Ana inceleme konusu olarak YBM kullanımının yapılar da zaman ve maliyete olan etkisi incelenmiştir. Çalışmada saha verileri derlenerek elde edilen bulgular ışığında sayısal rakamlara ulaşılarak sonuçlar elde edilmiştir. Altı saha çalışması örnek olarak incelenmiş olup her örnek için işin başından sonuna kadar elde olan somut veriler ışığında değerlendirmeler yapılmıştır. Bulgulara göre en çok hata yapılan alanlar, ihale dosyalarındaki metraj hataları, kübaj ve hafriyat hesabı hataları, malzeme siparişinde cins ve miktar hataları, mesleki disiplinler arası imalat çakışmaları hataları ve son olarak da hakedişlerde yapılan hatalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlarda yapılabilecek olan YBM tabanlı iyileştirmeler, zaman olarak %7-15 arası, maliyet olarak %2-20 arası tasarruf sağlama imkânı ortaya çıkartılmıştır. YBM’le inşaatlarda oluşabilecek hatalar baştan tespit edilerek, kamu ve özel sektörde idare, yüklenici, işveren gibi farklı görevler üstlenen paydaşlara yarar sağlama, hedeflenmiştir.

Anahtar sözcükler: Çakışma analizi, Dijital dönüşüm, İnşaat yönetimi, Metraj, YBM.

ABSTRACT

EVALUATION OF BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN CONSTRUCTION MANAGEMENT

Emrah KUYTAN

Düzce University

Institute of Graduate Studies, Department of Architecture

Master's Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Nuray BENLİ YILDIZ

August 2021, 133 pages

Building sector has many divided stakeholders such as materials, product providers, millions of customers, service providers, end users. It is known that the effect of deficiencies and errors on the construction cost is an additional 25-30%. Therefore, when the construction works are evaluated from the point of view of the investor, making a profit from the work done and the short depreciation period of the structure have become the first priority. The short period of redemption also depends on the main factors such as the consistent drawing of the projects, the completion of the building on time, the absence of work accidents, the timely and correct amount of material orders, the error-free production, the absence of returns in the productions, and the production of structures suitable for the project. These situations have forced architects and engineers to develop more innovative methods and technologies. At the last point, the concept of Building Information Modeling (BIM) has come to the forefront. BIM includes all the processes from the design of a building to the completion of its life and disposal. In this study, the effects of not using BIM in construction management from tender to final acceptance in construction works are discussed. As the main subject of study, the effect of using BIM on time and cost in buildings has been examined. In the study, the results were obtained by compiling the field data and reaching the numerical figures in the light of the findings. Six field studies were examined as examples and for each example, evaluations were made in the light of the concrete data obtained from the beginning to the end of the work. According to the findings, the areas where the most mistakes are made appear as the quantity errors in the tender files, the cubage and excavation calculation errors, the type and quantity errors in the material order, the errors in production conflicts between professional disciplines and the errors made in the progress payments. BIM-based improvements that can be made in these areas have provided the opportunity to save between 7-15% in time and between 2-20% in cost. It is aimed to provide benefits to stakeholders who undertake different tasks such as administration, contractor and employer in the public and private sectors by identifying the errors that may occur in construction from the beginning with BIM.

Keywords: Building Information Modelling (BIM), Collision analysis Construction management, Quantity.

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü geleneksel mimariden, endüstri devrimi sonrası hızlı bir devinim göstererek, endüstrileşmiş, daha kompleks binalara ve şehirlere doğru yol almıştır. Sade ve işleve yönelik bina üretimleri yerini kompleks ve uzun vadeli yatırım gerektiren projelere bırakmıştır. Bu durum yapı maliyetlerinin artmasına ve yapım sürelerinin uzamasına sebep olmuştur. Yapım işleri kamu ve özel sektörde genellikle ihale süreciyle başlayıp kesin kabulde birlikte son bulmaktadır. Fakat özel sektöre yapılan işlerin bazıları ikili ilişkilerle çözümlenip, profesyonellikten uzak olarak ihaleden kesin kabule olan süreçlerden geçmeden yapılmaktadır. İhale sürecinin ve yapım sürecinin sağlıklı yürütülmesi nitelikli bir proje çizimi ile başlayıp keşif metrajların doğru çıkarılması ve bu verileri iyi analiz edebilen yüklenicilerin inşaat programlı olarak başlamasıyla devam etmektedir. Yapım işleri yatırımcı açısından değerlendirildiğinde, öncelik yapılan işten kâr elde edilmesi ve yapının geri ödeme süresinin kısa olmasıdır. Geri ödeme süresinin kısa olması için projelerin tutarlı çizilmesi, doğru miktar ve zamanında malzeme siparişi verilmesi, iş kazası yaşanmaması, yapının zamanında tamamlanması, hatasız imalat yapılması, imalatlarda geri dönüş olmaması ve projeye uygun yapılar üretilmesi gerekmektedir. Bu durumlar da mimar ve mühendisleri daha yenilikçi yöntemler ve teknolojiler geliştirmeye zorlamıştır. Bugüne kadar bu alanda pek çok fikir ve farklı yöntemler geliştirilmiş olmakla birlikte, Yapı Bilgi Modelleme (YBM) kavramı inşaat sektörünün dijitalleşmesinde ön plana çıkmıştır. YBM, bir yapının tasarımdan, ömrünü tamamlayıp ortadan kaldırılmasına kadar olan bütün süreçleri kapsamaktadır. Parametrik bir sistem olarak çalışan YBM sürekli verilerin işlenmesiyle güncel tutulmakta ve projenin tüm katılımcıları arasındaki bağı kurmaktadır. Mimar, mühendis, yüklenici ve işveren arasındaki koordinasyonu sağlayan YBM, yapıya başlamadan önce inşa edip, kusurları gösteren yani iki defa inşa eden bir sistemdir. YBM'nin en büyük avantajı, inşa edilmesi planlanan yapının dijital ortamda inşa edilip ileride yaşanabilecek bütün problemleri hem görsel hem simülasyon teknikleriyle belirleyebilme özelliğidir. YBM 3B tasarımın yanı sıra; 4B (zaman), 5B (maliyet), 6B (sürdürülebilirlik) ve 7B (tesis işletmesi) kavramlarını da barındırmaktadır (Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S., 2018). Dünya'da, inşaat sektörüne yön veren kurumlar YBM'nin önemini anlamış ve pek çok

gelişmiş ülke projelerinin YBM ile üretilmesi için çalışmalar yapmaktadır. Dünyanın farklı kıtalarından birçok ülkede YBM mevzuatları oluşturularak belirli standartlara ulaşılmıştır. Bu konuda öncü kuruluşlardan biri olan BuildingSmart, mevzuat hazırlanması, uygulama planlarının oluşturulması ve YBM'nin dünyada yaygınlaşmasına önemli katkı sağlamıştır. BuildingSmart inşaat sektöründe kullanılmak üzere uluslararası veri standartizasyonu düzenlemek amaçlı oluşturulmuş kâr amacı olmayan tarafsız ve öncü bir organizasyondur. YBM mevzuatını kullanan Avustralya, Benelüks, Kanada, Çin, Fransa, Almanya, Hong Kong, İtalya, Japonya, Kore, Malezya, İskandinav (Danimarka, Finlandiya ve İsveç), Norveç, Singapur, İspanya, İsviçre, Birleşik Krallık, İrlanda ve ABD bütün standartlarını BuildingSmart öncülüğünde oluşturmuştur (Akkoyunlu, 2015). Türkiye'de de 25.11.2018 tarihinden itibaren BuildingSmart Turkey faaliyete geçmiştir. Bu çalışmada yapım işlerinde ihaleden kesin kabule kadar olan süreçte inşaat yönetiminde YBM kullanılmasının etkileri ele alınmıştır. Ayrıca YBM kullanımının yapılarda zaman ve maliyete olan etkisi incelenmiştir. Derlenen saha verileri ile elde edilen bulgular neticesinde sayısal rakamlara ulaşılmış ve sonuçlar belirlenmiştir. Örnek olarak incelenen altı saha çalışmasında her bir örnek saha için, işin başlangıcından bitimine kadar olan somut veriler değerlendirilmiştir. YBM ile inşaatlarda karşılaşılabilecek muhtemel problemler başta tespit edilerek, kamu ve özel sektörde idare, yüklenici ve işveren gibi farklı görevlere sahip paydaşlara yarar sağlanması hedeflenmiştir. Dolayısıyla idareler, geleneksel yöntemlerle aylarca hazırladığı ve sonrasında hata bulunup bir süre daha revizesine zaman harcadığı ihale dosyalarını, daha kısa süre ve minimum hata ile hazırlayabilecektir. Yükleniciler projelerden doğru metrajlar çıkararak daha isabetli ve uygulanabilir teklifler verebilecektir. Disiplinler arası ortak veri dili kullanıldığı için sahada oluşabilecek imalat çakışmaları önceden belirlenerek hataların önüne geçilecektir.

1.1. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Yapı Bilgisi Modellemesi (Building Information Modelling), yapıyı fiziksel olarak üretmeden önce sayısal olarak üreten ve yapıda bulunan tüm elemanları akıllı birer nesne olarak tasarlayıp, sektörde tasarım, planlama, inşaat, imalat ve işletme metodlarını kökünden değiştirecek ilerici bir yaklaşımdır. Aynı zamanda YBM 2 boyutlu ve 3 boyutlu çizimlerden farklı olarak, tasarımı oluşturan her bir elemana ait üç boyutlu görünümü ve bu elemanların tüm parametrelerini içeren bir yaklaşımdır (Kaewunruen vd., 2020). YBM'de kullanılan nesnelere parametrik olarak modellenip modelde bulunan tüm

nesneler birbiriyle iletişim halindedir. Bu özelliğiyle kullanıcıya ve inşaat paydaşlarına de dinamik bir yapı sunmaktadır.

Yapım projelerinde asıl hedef işin zamanında ve ön görülen bütçe tutarıyla bitirilmesidir. Bunun içinde tüm proje katılımcılarının organize bir şekilde çalışmaları gerekmektedir. Projenin zamanında ve ön görülen maliyetle tamamlanması, proje katılımcılarının herhangi bir safhada çıkabilecek sorunları hızlı ve doğru çözmelerine bağlıdır. Hızla gelişen, globalleşen ve dijitalleşen dünyada bu sorunların çözümleri de dijital yöntemlerle olmalıdır. İnşaat sektöründeki en önemli eksiklik olarak görülen dijitalleşmenin temel taşı YBM'dir. YBM 3B CAD (Computer Aided Design) BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) programlarından fazla olarak yapı üretilmesine 4B zaman, 5B maliyet, 6B sürdürülebilirlik ve 7B tesis işletmesi unsurlarını da ekleyerek asıl hedefe ulaşmayı sağlamaktadır. Kendi içinde veri alışverişi yapan bir araç olması 2B-3B tasarım yeteneğinin yanında metraj-keşif-enerji analizleri gibi çok kritik fonksiyonları da içermesi sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir.

İnşaat yapım projelerinin bazı safhalarında ortaya çıkan disiplinlerarası uyumsuzlukların temel sebebi olarak paydaşlar arası koordinasyon kopukluğu ve iletişim eksikliği olarak görülmektedir (İnan ve Yıldırım, 2009). Bu eksiklerin ortadan kaldırılabilmesi için birçok proje geliştirme yöntemi (tasarla-yap, yap-yönet, YBM) oluşturulmuştur. Bunun yanında, projeleri üç boyuttan öteye taşıyarak zaman, maliyet, sürdürülebilirlik vb. unsurları ekleyerek çok boyutlu bir proje teslim yöntemine dönüşen YBM'in bu eksikleri gidereceği düşünülmektedir. Son dönemlerde yapılan araştırma ve çalışmalar YBM kullanılarak geliştirilen projelerde iletişim ve uyumsuzluk sorunlarının giderildiğini ortaya koymuştur (Atabay ve Öztürk, 2019; Nancy Wieggers Greenwald, 2013; Muratoğlu, 2015).

Gün geçtikçe YBM kullanımının artmasının inşaat tasarım ve yapım aşamasında ortaya çıkan sorunları azalttığı kanısı gün geçtikçe doğrulanmaktadır. Stanford Üniversitesi'nde yapılan çalışmalar sonucu; ön tasarım aşamasından başlanarak YBM kullanılan 32 tane büyük ölçekli yapıda zaman açısından %3 ile %80 arası tasarruf sağlanmıştır. Atlanta'da bulunan Emory Üniversitesi binasının yapımında ön tasarımdan itibaren YBM kullanılarak yaklaşık 250.000 dolar kâr elde edilmiştir (Azhar, 2012).

Autodesk'in 2015 yılı Economist dergisinde yayımladığı verilere bakıldığında, inşaat yapım projelerinde ihale aşamasındaki doküman hatalarının %61 oranında, işlere geri

dönüş ve revize yapılması oranının %36, inşaat maliyetlerinin %30, yapım süresinin %22 oranında ve karşılıklı dava açmaların, anlaşmazlıkların, tazminatların %17 oranında azaldığı görülmüştür. Bu veriler ışığında bakıldığında YBM kullanımının her aşamada büyük faydalar sağlayıp, ülke ve şirket ekonomilerine büyük katkılar sağladığı görülmüştür (Yer, 2017). El çiziminden CAD çizimlerine geçişlerin belli zorlukları olduğu gibi CAD'den YBM sürecine geçişlerde de belli zorluklar olmaktadır. Bu zorlukların başında gelenekselci yöntemlerden ayrılmanın verdiği tedirginlik vardır (Prescott ve Olufemi, 2015; Manderson, A., Jefferies, M., & Brewer, G. vd., 2015).

Yurt dışında yapılan çalışmalardan elde edilen veriler olmasına rağmen, Türkiye'de YBM sistemleri olmadan yapılan çalışmalardaki zaman ve maliyet çalışmalarına rastlanmamıştır. Proje aşamasında iyi bir planlamayla tespit edilebilecek hataların toplam maliyete oranlarını Türkiye için bilinmemektedir.

Türkiye'ye ait sayısal bir çalışmanın olmaması, YBM sistemini geçişi yavaşlatmakta, bu sisteme geçmeyi düşünen şirketlerin karar vermelerini zorlaştırmaktadır. Malzeme, zaman ve maliyet açısından oluşan kayıp sadece yükleniciyi değil, işvereni, denetleyen kuruluşu, kullanıcıları etkilemektedir. Ülke olarak inşaatlarda kaybedilen milli servetimizin miktarı artmaktadır.

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı illerinde geleneksel 2B (CAD) yöntemleri kullanılarak üretilen bir proje, inşaat yönetimi süreçlerinden elde edilen veriler, saha verilerinden yararlanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Zaman (4B) ve maliyet (5B) açısından değerlendirilen inşaatlar, YBM yönteminin etkin kullanılması sonucu elde edilebilecek olan fayda oranı, tersinden gidilerek belgelendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda geleneksel çizim ve inşaat yöntemleri kullanılmış, ortaya çıkan aksaklıklar raporlanarak, toplam maliyeti üzerindeki oranı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu verilerin tespiti ile YBM yöntemiyle proje ve inşaat teslim alma süreçlerine geçişi hızlandırmak, karar vermekte zorlanan karar vericilere sayısal veriler sağlamak hedeflenmiştir.

1.3. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

İlk olarak YBM'nin tam olarak anlaşılabilmesi için, tanımları yapılarak, kullanım alanları açıklanmıştır. Sonrasında yurt içi ve yurt dışı inşaat yapım projelerinde ihaleden kesin kabule kadar olan süreçte proje paydaşları (proje müellifleri-işveren-idare-yüklenici-altyüklenici) arasında ortaya çıkan uyuşmazlıklara YBM kullanımının nasıl etki edeceği araştırılıp, literatür taraması yapılarak sorunlar sınıflandırılmıştır. İhaleden kesin kabule kadar olan süreçlerde ortaya çıkan uyuşmazlıkların kaynakları belirlenmiştir. YBM kullanılması durumunda projelerin zaman-maliyet-verimlilik etkisi ve paydaşlar arasındaki teknik iletişime nasıl etki ettiği araştırılmıştır.

Bu sınıflamanın ardından farklı illerde yapılmış olan 6 adet inşaat sürecinde çıkan aksaklıklar, geçmişe yönelik şantiye defterlerinin incelenmesiyle detaylı bir sınıflamaya tabi tutulmuş. Bu aksaklıkların zaman ve maliyet açısından değerleri maliyet verisine dönüştürülerek, maliyet kaybettiren kalemler tespit edilmiştir. YBM kullanılması durumunda ortadan kaldırılacak olan kalemler tespit edilmiş ve tablo haline getirilerek yorumlanmıştır.



Şekil 1.1. Tez akış şeması.

2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)

Bu bölümde YBM'nin nasıl ortaya çıktığı, tanımı ve kullanım alanları hakkında genel bilgi verilecektir. YBM kullanımının faydaları, avantaj ve dezavantajları ele alınacaktır. Dünya'da gelişimi, yapı sektörüne etkileri ve Dünya'da YBM standartları incelenecektir. Kullanıcı detay seviyeleri, parametrik modelleme, birlikte çalışabilirlik, canlı metraj listeleri, çok boyutlu YBM, çakışma kontrolleri ve son olarak da YBM tabanlı çalışan programlar ele alınacaktır.

2.1. YBM TANIMI

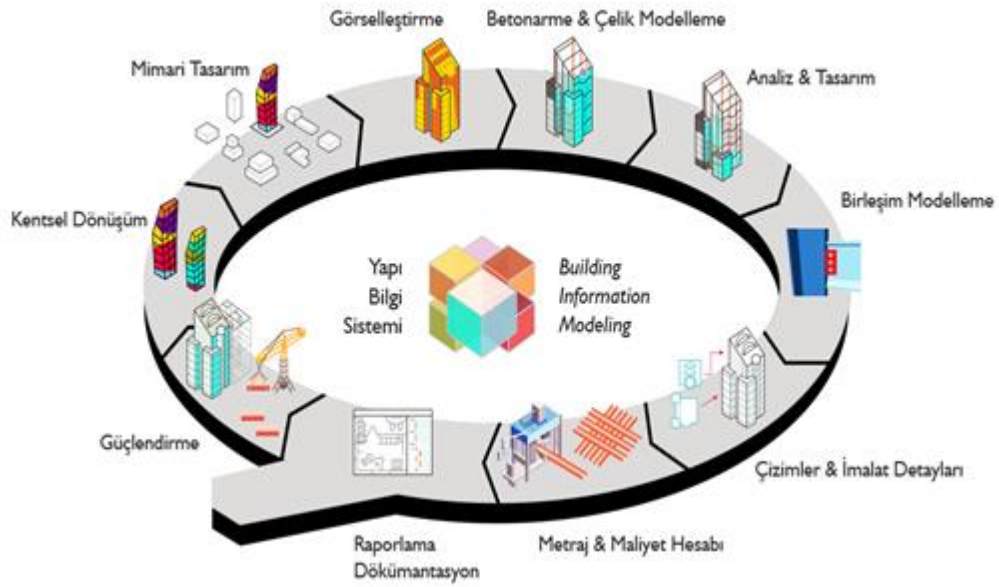
Yapı Bilgisi Modellemesi (Building Information Modelling, BIM), yapıların var olduğu sürece veri parametrelerinin elde edilip buna göre yönetilmesidir. Bu akış genel olarak 3B ve nesnel yapı modelleme ile yapılar nesnel arasındaki ilişkiyi, miktarları, geometriyi ve diğer birtakım özellikleri barındırmaktadır. YBM, tasarımsal sürecin, projeye başlanmadan analizinin yapılması, proje sürecinde tasarımlar yapılması ve uygulama sırasında da saha desteklerinin verilmesi gibi imkanlar sunarken, geleneksel proje yaklaşımlarına göre de birçok metod ve teknoloji barındıran bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Liu ve Cao, 2021; Taştekin, 2019).

İki boyutlu geleneksel çizim ve tasarım programlarından farklı olarak YBM, tasarlanan her nesnenin üç boyutlu çizilmesinin yanında bu her bir nesnenin niteliklerini ve veri parametrelerini içeren bir imkân sağlamaktadır. YBM esasında sayısal ve parametrik alfasayısal verileri (numerik olmayan) modelleme, görselleştirme ve belirlenen geometriye yerleştirme imkânı sunmaktadır (Ofloğlu, 2014; Li, X., Wu, P., Shen, G. Q., Wang, X., & Teng, Y., 2017).

YBM tasarım öncesi, proje süresinde ve proje sonrası süreçte koordinasyon ve pratikliğin yanı sıra, metraj ve diğer sayısal verilerin kontrol edilebilmesini, yapı ile ilgili konuların test edilebilme olanağını sağlayan bir tasarım sürecidir. Açıklamalar ve araştırmalarda da belirtildiği üzere YBM sayısal bir bilgisayar programı değil, kapsamlı ve detaylı bilgi içeriğine sahip bir tasarım sürecidir. (Shourangiz vd., 2011).

Bir diğer tanıma göre, uygulama projesine geçilmeden önce yapıyı tamamen oluşturan ve tüm nesnelere sayısal olarak işleyip istenilen geometriye oturtan ve böylece yapının inşa edilmeden önceki bir simülasyonunu çıkararak oluşumdur. Böylece çok daha düşük

risklerle ve yüksek öngörülebilirlikle yapının optimizasyonunu tamamlayan sistem olarak kullanılmaktadır. Ayrıca YBM, yapının mimarı, statik, mekanik, elektrik sistemlerinin bir model içinde bütüncül olarak analiz edilip buna göre gerekli revizyonların ve gelişimlerin yapılmasını sağlar. Proje teslim süreçleri, geleneksel proje teslimlerinden ayrılmakta, YBM ile tamamen değişmektedir. (Akkoyunlu, 2015). YBM’de bütüncül proje teslimi kapsamında binanın tasarım, analiz, yapım, işletme, onarım, renovasyon, yıkım hatta atık dönüşümünü de içeren bina yaşam döngüsü boyunca kullanılabilir. (Akkoyunlu, 2015).



Şekil 2.1. YBM kullanım süreçleri (BIM/Yapı Bilgi Modelleme, 2021).

Proje öncesi analizlerin yapılmasından, yapının performans ve enerji analizine, ihaleyle ilgili belgelerin hazırlanmasından yapım süresi, maliyetine ve son olarak da bakım, işletme ve sürdürülebilirlik konularındaki ihtiyaçlardan dolayı artık YBM daha büyük bir ihtiyaç haline gelmiştir. YBM'nin kullanım alanlarının gün geçtikçe artması farklı boyutlarda kullanılmasına da olanak sağlamaktadır. 2 boyutlu çizimlerin oluşturulmasından tesis yönetimine kadar olan kullanım alanları oluşmuştur.

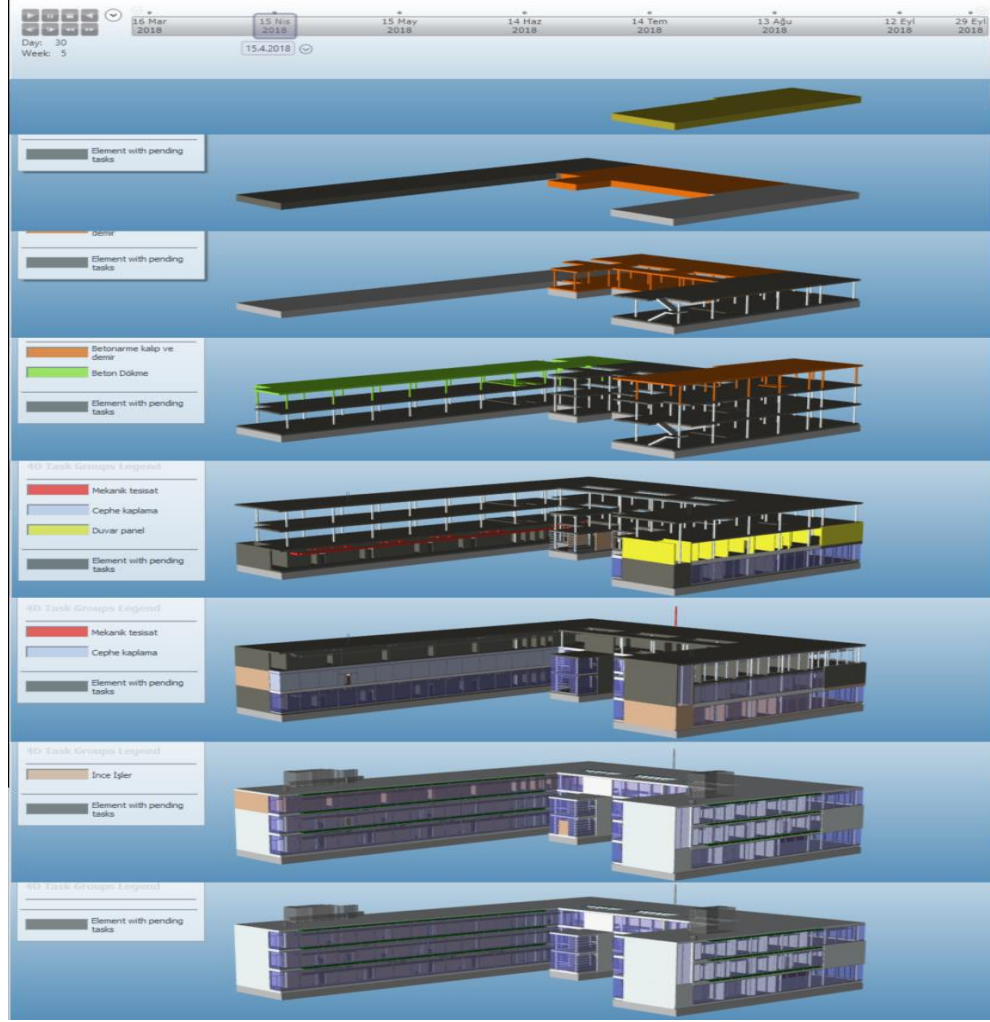
YBM'nin kullanım yaklaşımları açısından sunduğu boyutlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Araç, 2018).

- 2B (Doküman oluşturma),
- 3B (Model oluşturma),
- 4B (Süre analizi),

- 5B (Maliyet analizi),
- 6B (Sürdürülebilirlik analizi),
- 7B (Tesis Yönetimi analizi).

3. *Boyut (3B) Model Oluşturma*: YBM'in bu boyutu iki boyuta yükseklik verisinin de işlenmesiyle elde edilir. Görselleştirme amacıyla renk, doku, ışık gibi veriler de eklenebilir. Sadece mimari anlamda değil, statik, mekanik ve elektrik projelerinin de 3 boyutlu olarak dijital ikize işlenmesi sonucu, ortaya çıkabilecek olan çakışmalar proje aşamasında tespit edilebilir (Şekil 2.2). Modelde çakışma analizi, mahal görselleştirmeleri, yapının son halinin simülasyonu ve fabrika üretimi için ön verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Geleneksel yöntemle 3B çizimler sadece üç boyutlu geometrik hacimler bütünü olmasına rağmen, YBM yaklaşımında her nesne kendi içinde özelliklerini barındıran bilgilere sahiptir (Porwal ve Hewage, 2013). Yalnız üç boyutlu nesne modelinin, YBM modeli olmadığına da dikkat edilmelidir. Bu anlamda nesnelerin alfa sayısal veriler (numerik olmayan) de içermesi beklenmektedir.





Şekil 2.2. Her aşama bir ay ilerlemeli olarak oluşturulmuş 4 boyutlu simülasyon.

4. Boyut (4B) Süre Analizi: YBM'nin bu boyutu şantiyenin zamansal planlaması ile ilgili faaliyetlerde kullanılmaktadır. İmalatların ilerlemesi proje boyunca takip edip önceden tasarlanan 3B çizime entegre edilmektedir (Kacprzyk ve Kepa, 2014). Böylece işin her aşaması proje üzerinden takip edilebilmektedir. Önceden yapılan iş programına uygunluğu etkin olarak kontrol edilerek şantiye yönetiminin iki temel esasından biri olan zaman kavramı problemleri çözülmüş olmaktadır. Bir bina inşaatında 4B Modelinin planlama ve kontrol için temsili ve analizi için stratejileri tartışmayı ve 4B Modellemenin kritik yol yönteminde (CPM) uygulanabilirliğini görülmüştür. (Brito ve Ferreira, 2015)

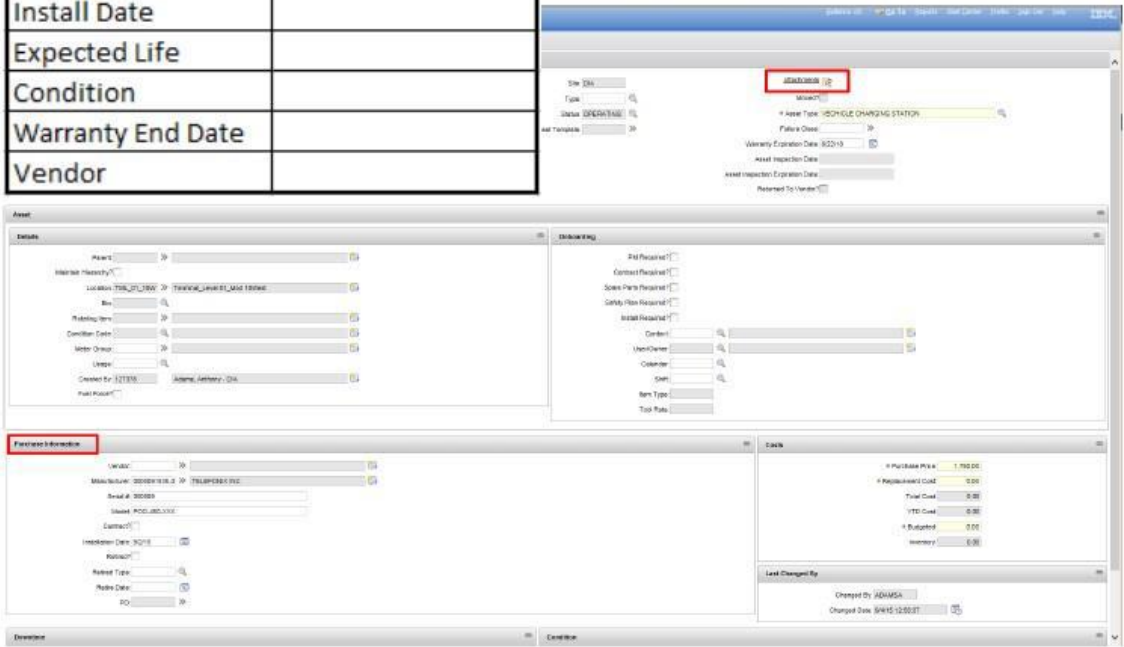
5. Boyut (5B) Maliyet Analizi: YBM'nin bu boyutu, yapı maliyetlerinin analizi ve finansman takibi için kullanılmaktadır. Yatırımcı için yapım işlerinde en büyük esaslardan biri de işi öngörülen bütçede veya daha altında bir rakamla bitirmektir. Bu da projeden kabule kadar olan tüm süreçlerin etkin yönetilmesiyle mümkündür. Maliyetlerin doğru çıkması metrajın doğruluğuna bağlı olduğundan, bu noktada YBM'nin nesne

tabanlı çalışıp doğru metrajlar vermesi özelliği ön plana çıkmaktadır. Doğru ve güvenilir metrajlar da reel maliyetler elde edilip, iş ön görülen tutarlarda bitirilmektedir (Chong vd., 2016).

6. Boyut (6B) Sürdürülebilirlik Analizi: YBM'nin bu boyutu yapılarda enerji değerlendirme analizlerinde kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında yapılan simülasyonlar ve enerji değerlendirme testleriyle yapının, enerji tüketimi, aydınlanma, akustik gibi verileri elde edilmektedir. Elde edilen bu veriler ışığında yapının iklimsel etkileşimi ve diğer çevresel faktörlerle etkileşimi analiz edilerek, optimum enerji tüketimi sağlayacak tasarımlar yapılmaktadır. Yapının temel kullanım maliyetleri açısından sürdürülebilirliği için çok etkin bir analiz yöntemidir (Ofloğlu, 2017).

7. Boyut (7B) Tesis Yönetimi Analizi: Bu boyut yapının inşaat süreci tamamlandıktan sonra yıkımına kadar olan ömrü boyunca olan tesis işletme ve bakım analizlerini derleyerek sonuçlar oluşturmaktadır. 7B, YBM modelini farklı kılan en önemli alandır. As built projelerinden alınan veriler işlenerek başlayan tesis yönetimi, bina yönetiminin her aşamasında oldukça etkin sonuçlar vermektedir. İşletmede oluşan arıza müdahaleleri, acil durum müdahaleleri, bakımlar, onarımlar, revizeler, malzeme türleri hakkında veriler, güncel malzeme miktarları gibi birçok data bu boyutta saklanmaktadır. Yapı elemanına tanımlayıcı bir numara, yeri, malzemesi ve boyutları bilgileri Şekil 2.3'te gösterildiği üzere elemanın üzerindeki karekoda gömülmüştür.

Asset ID	
QR Code	
Description	AHU3
Location	PTC_03_17W_322
Asset Type	AIR HANDLING UNIT
Functional Area	HVAC
Status	Designed
Manufacturer	
Model	
Serial #	
Purchase Price	
Install Date	
Expected Life	
Condition	
Warranty End Date	
Vendor	



Şekil 2.3. Tesis yönetimi ekranı ve karekod ile mahal entegrasyonu.

YBM'in farklı boyutları geliştikçe tasarım hataları ve üretim hatalarının azalacağı ve üretim veriminin artacağı bir çalışma düzeni oluşmaktadır (Araç, 2018). YBM programları, parametrik nesnelere oluşturulması için uygun sanal ortamlar oluşturan ve binaların 3B tasarımdan sonraki boyutlarının bina ile ilişkilendiren bir platform olarak yapı dünyasında büyük bir dönüşüm başlatmıştır. Yapı sektöründe mimar ve mühendisler arasında kullanılan farklı özellikte ve standartlarda olan programlar mesleki iş birliğini güç hale getirmektedir. Ortaya çıkan bu zorlukları aşabilmek için tüm meslek disiplinlerinde ortak hizmet verecek bir format arayışına girilmiş ve 1995 yılının ortalarına doğru International Foundation Classes (IFC) formatı geliştirilmiştir. Bu formatla birlikte tüm YBM programları arasında ortak bir dil oluşturulup birinden diğerine veri kaybı olmadan aktarımın önü açılmıştır. IFC, yerleşik varlık endüstrisinin

standartlaştırılmış, dijital bir tanımdır. Açık, uluslararası bir standarttır (ISO 16739-1:2018) ve birçok farklı kullanım için çok çeşitli donanım aygıtları, yazılım platformları ve arayüzlerde satıcıdan bağımsız ve kullanılabilir yetenekleri desteklemektedir (Industry Foundation Classes (IFC), 2021). Bu standartla birlikte farklı dosya formatlarında tasarlanmış projeler de birbirine entegre edilerek koordineli olarak çalışabilmektedir. Bu entegrasyon çakışma tespiti, simülasyon, enerji analizi, metraj maliyet analizi gibi verilerin birleştirilmesinde kullanılmaktadır (Araç, 2018).

Yapı bilgi modelleme bilinen gelenekselci yaklaşımın ötesinde bir yaklaşımdır. YBM yazılımları temel mantık olarak nesnel tasarımlı yöntemler kullanılarak oluşturulmaktadır. YBM muhteviyat olarak aşağıdakilerden oluşmaktadır.

- Yapıyı oluşturan temel nesnelere (taşıyıcı sistem, doğramalar, kapılar, pencerelere vb.)
- Mahaller (iç ve dış mekanların tamamı)
- Tasarım aşaması, üretim aşaması ve bakım süreci
- Paydaşlar (tasarımcılar, işverenler, yükleniciler)
- Nesnelere arasındaki ilişkiler.

2.2. YBM KULLANIMININ FAYDALARI

Yapıların her dönemde ve aşamada rahatlıkla yönetimi ve kontrolü, o yapıyla ilgili tüm bilgilere kolaylıkla ulaşılabilmesine bağlıdır. Bu doğrultuda YBM'nin çok boyutluluğu devreye girmektedir ve yapının tasarımından yıkımına kadar olan tüm hayat döngüsü boyunca oluşturulmuş olan bilgilerin depolanması sağlanmaktadır. Böylece YBM, olası tüm durumlarda hızlı ve doğru kararlar verilmesine yardımcı olmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde elde edilen verilere göre, YBM'nin yapıya olan en önemli katkısı doğru bilgilerle oluşturulmuş gerçek üç boyutlu modellerdir. Bu modellerin bazı önemli faydaları aşağıda verilmiştir (Taştekin, 2019):

- Bilgiye istenildiği zaman kolayca ve hızlı bir şekilde ulaşılması,
- Modelde sanal gerçeklik kullanılarak yapı gerçek parametreler üzerinden tasarlandığı için oluşabilecek etkilerin daha net gözlemlenmesi,

- Yapı tasarımı tamamlandığında oluşan dökümantasyonların yapıyla gerçek anlamda uyumlu olması,
- Tüm disiplinler arasında paydaşlara doğru görsellerin sunularak ön görülerinin artırılması,
- Bina yaşam döngüsü boyunca paydaşlara doğru ve görsel bilgilerin sunulması,
- Tasarımdan bina yıkımına kadar olan süreç boyunca istenilen her aşama hakkında görsel ve sayısal verilere ulaşılmalarının sağlanmasıdır.

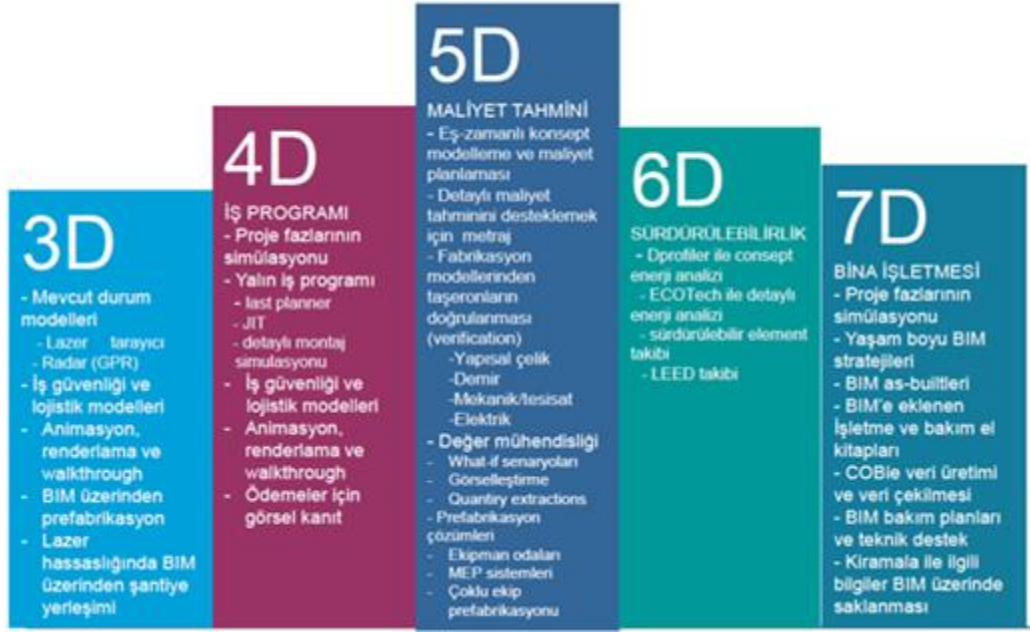
YBM kullanımının yapı tasarımında ve inşaat aşamasındaki sunduğu avantajlar şöyle sıralanabilir (Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. , 2011; Taştekin, 2019);

➤ Tasarım aşamasında;

- Modelin 3B olarak gerçek zamanlı görselleştirilmesi,
- Modelin her safhasındaki modellemenin uygulamaya uygun olması,
- Farklı disiplinlerin aynı veri tabanında koordineli olarak çalışabilmesi,
- Gerçekle uygun metrajlarla birlikte maliyet hesaplarının da gerçekçi olması.

➤ Yapım aşamasında;

- Saha uygulamaları için çıkarılan modellerin uygulanabilir olması,
- Revize gereken durumlarda hızlı tespit edilip, değiştirilmesi,
- İmalat ilerleme yüzdelerinin güncel olarak takip edilebilmesi,
- Tasarım ve yapım arasında uygunluk,
- Planlama, satın alma ve sipariş doğruluğu sağlanması.



Şekil 2.4. YBM kullanım boyutları (Atabay & Öztürk, 2019).

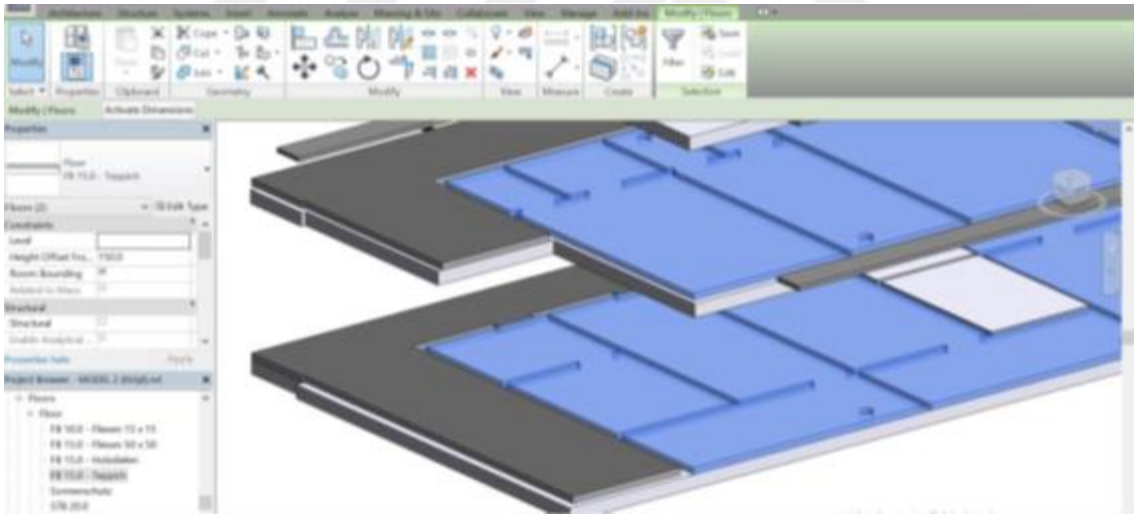
2.3. YBM KULLANMANIN DEZAVANTAJLARI

İnşaat firmalarının YBM kullanımına geçişte tereddüt etmelerinin beş temel sebebi şunlardır (Yöndem, 2017):

- YBM'ye geçiş sürecinde proje üretiminin yavaşlaması,
- Geleneksel yöntemlerden vazgeçememe eğilimi,
- YBM öğrenim ve faydalanma sürecinin uzun sürebileceği düşüncesi,
- YBM ile sağlanacak faydanın anlatılan kadar olmadığı düşüncesi,
- YBM'e geçiş ve öğrenimlerin getirdiği maliyet ve zorluklar.
- Bu maddelerin dışında da YBM kullanımının olumsuz yönlerinin önlenmesi detaylı bir çalışma sonucu oluşabilmektedir. Bu hususlara aşağıda değinilmiştir:
- Metrajdan gelecek verilerin hatasız olarak hesaplanıp buna bağlı olarak çıkan süre ve maliyet analizlerinin doğru olabilmesi için tasarım sırasında oluşturulan 3B modelin titiz ve hatasız olması gerekmektedir. YBM'ye geçişin temelini 3B tasarım oluşturduğu için kullanıcılar öncelikle bu yönü çok iyi kullanabilmelidir. Bu konuda firma çalışanlarına iyi eğitimler verilmesi, gerekirse ekiplerine bu işte yetenekli yeni teknik elemanlar alınması veya iş süreçlerinde yetkinlik

kazanılınca kadar deneyimli bir firmadan danışmanlık hizmeti alınması tavsiye edilmektedir.

- Normal bir uygulama projesi için kabul edilebilen bir 3B tasarım YBM'nin sonraki boyutları için yeterli değildir. Sonraki boyutlar birer otomasyon sistemi gibi çalıştığı için tasarım aşamasında tüm yapı elemanlarına kodlar ve isimler verilip ileriki aşamalarda çağırılmalarına altlık niteliği taşımalıdır. Aksi halde metraj ve maliyet analizleri sırasında çağırılacak objelerden yanıt alınmadığı için sistemin manuel işlemesine gerek duyulmaktadır. Bu durumda ise YBM'nin kullanılabilirliğine engel teşkil etmektedir. Örneğin bir proje zemin imalatları metraj ve maliyeti çıkarılırken iş kalemleri arasında, laminant parke, fayans, mermer, şap, izolasyon gibi katmanlar mevcuttur. Her bir katman için 3B tasarım aşamasında ayrı ayrı çizimler yapıp isimlendirilmelidir veya kompozit malzemeler tanımlanarak bu katmanlar ifade edilmelidir. Bu şekilde yapılmazsa program tarafından hepsi aynı tür alınıp metraj ve maliyet hatasına sebep olmaktadır.



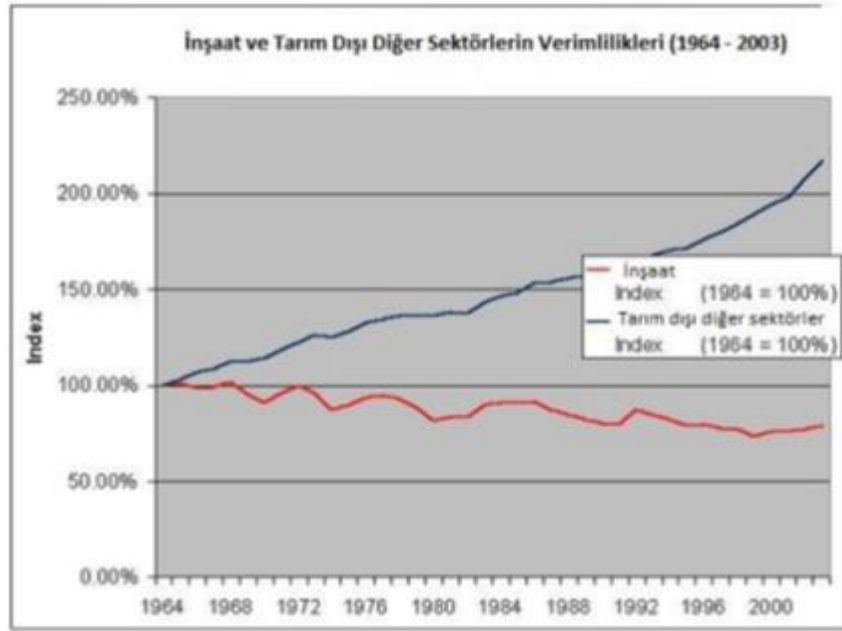
Şekil 2.5. Veri girişinin katman katman ayrıştırılıp isimlendirilmesi Revit arayüzü.

- YBM programları ile metraj alınmasına rağmen hakediş için yetersiz olduklarından dolayı başka programlara ihtiyaç duyulmaktadır (Eastman vd., 2011). Özellikle kamu ihale kurumu tarafından ihalesi yapılan işlerde, revize fiyat, fiyat farkı, porsantaj ve kurumsal kesintiler gibi tanımlar olduğundan bu kısımlar şimdilik YBM tarafından yapılamamaktadır. Bu bölüm ülkeden ülkeye değişiklik gösterdiği, inşaat pozları ve tanımları da farklılık gösterdiği için yerel çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu olumsuzluğun çözümü olarak, yerel

hakediş programlarıyla karşılıklı yapılan anlaşmalarla uyum sağlanması söz konusu olabilmektedir (Allplan-Oska gibi). Daha önceleri Türk bir yazılım olan İdeCAD ile Oska ve AMP programları arasında da veri alışverişi sağlanabilmekteydi. Güncellemeleri devam etmemekle birlikte daha önce tanımlanan pozlarda çalışmak hala mümkündür.

2.4. YBM'NİN DÜNYA'DA GELİŞİMİ VE YAPIM SEKTÖRÜNE GETİRDİĞİ YENİ YAKLAŞIMLAR

Amerika işçilik istatistikleri bürosunun hazırladığı raporda YBM'nin bir ihtiyaç olarak nasıl ortaya çıktığı görülmektedir. 1964 – 2003 yılları arasında inşaat sektörü ve tarım dışında diğer tüm sektörlerin verimliliği karşılaştırıldığında ortaya Şekil 2.6'da görüldüğü gibi sonuç çıkmıştır (Eastman vd., 2008).



Şekil 2.6. İnşaat ve tarım dışı diğer sektörlerin verimlilikleri.

Şekil 2.6'ya göre, inşaat sektöründe yatırımcı olan biri bugün 1964 yılına göre yaklaşık %5'ten daha fazla oranda harcama yapmaktadır. Yapı sektörü için gerekli olan yapısal elemanlar fabrikalarda her ne kadar nitelikli olarak üretilse de saha uygulamalarında işçilik verim ve kalitesi düşük kalmaktadır. İnşaat sektörü sanayinin gelişmesiyle üretim anlamında yüksek teknolojilere ulaşmış olmasına rağmen proje tasarımı ve saha uygulamaları noktasında aynı hıza ulaşamamıştır. Bunun önündeki en büyük engel proje tasarım ve inşaat yönetiminde hala geleneksel yöntemlere bağlı kalınmasıdır. Örnek

olarak tekstil ürünleri üretimi dahi inşaat sektöründen daha ilerde teknoloji kullanmaktadır. İnşaat sektörünün imalat ve uygulama verimliliğini arttırmak için en önemli yapı taşlarından biri YBM olarak görülmektedir (Akkoyunlu, 2015).

Sektörde düşük verimliliğin temel sebebi gelenekselci proje tasarımının disiplinler arası dağınık ve kopuk bir yapıda olmasıdır. Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (NIST) çalışmasına göre bu eksiklik, birlikte çalışmanın getirdiği fazladan maliyetler olmaktadır (Gallaher, M. P., O'Connor, A.C., Dettbarn, J. L., & Gilday, L.T., 2004). Birim maliyet olarak hesaplandığından yapım sırasında m² başına 6,12 \$, işletme sırasında ise m²'de 0,23 \$ ek maliyet olarak ortaya çıkmaktadır (Akkoyunlu, 2015). Bu durum ABD inşaat sektöründe 15,8 milyar dolar fazladan maliyet getirmiştir. Bu çalışmaya göre paydaşlar arası birlikte çalışmanın yetersiz olmasının nedeni bilgi akışının yetersiz olması ve veri akışında kesinliği net olmayan girdiler olmasıdır. Bu sorunların her bir paydaş için getirdiği maliyetler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yetersiz birlikte çalışabilirlik sürecinin yol açtığı ilave maliyetler:

Paydaşlara göre maliyet kategorileri (Gallaher vd., 2004).

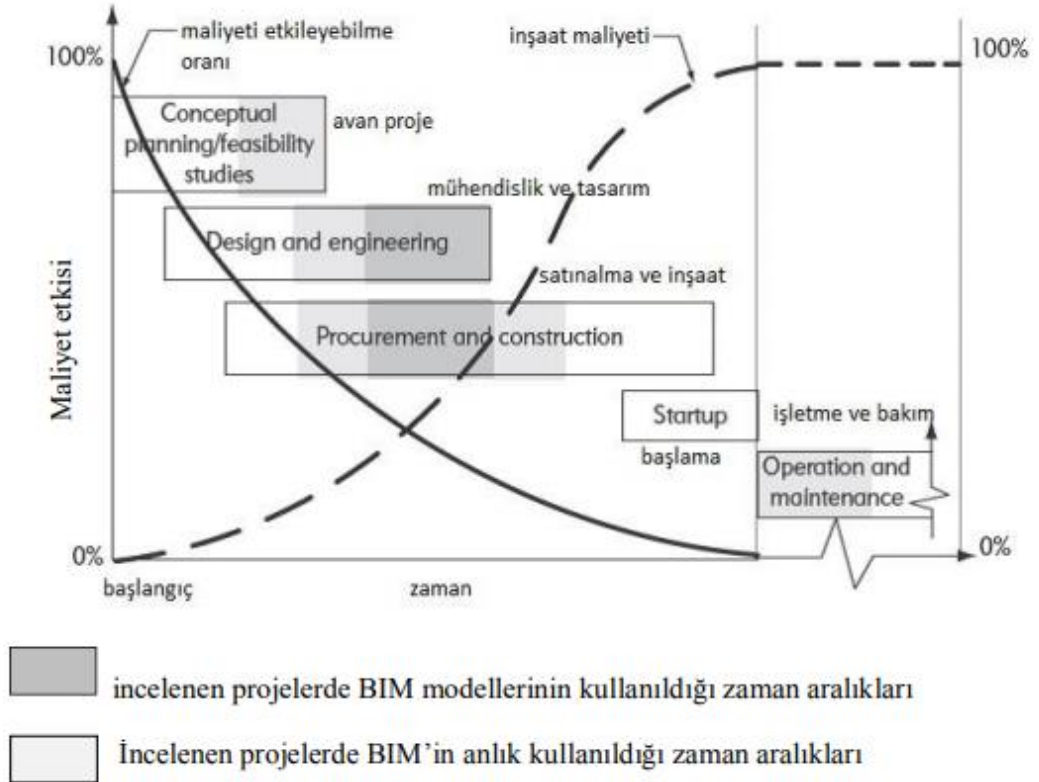
Maliyet Kategorisi	Kaçınılan maliyet (\$)	Azaltılan maliyet (\$)	Gecikme maliyeti (\$)
Mimar-Mühendisler	485,30	684,50	
Yükleniciler	1.095,40	693,50	13,00
Üretici ve tedarikçiler	1.908,40	296,10	
Mal sahipleri	3.120,00	6.028,20	1.499,80
Toplam	6.609,10	7.702,30	1.512,80

Bu sorunların sebepleri;

- Veri girişinden kaçınarak proje sürecinin daha az data ile tamamlanmaya çalışılması, ileriki aşamalarda analizler yapılırken hatalara ve çakışmalara sebep olmaktadır.
- İlk aşamalarda verilerin titizlikle girilmemesi nedeniyle ortaya çıkan sorunlardan dolayı veriler manuel olarak her aşamada tekrar girilmektedir.

- Başlangıç aşamasında veri girişlerinin çok detaylı olup zaman almasından dolayı bazı dataların daha sonra girilebileceği düşünülerek yapılan ertelemeler hem imalat maliyetlerinin hem de yapım sürelerinin hatalı değerlendirilmesine sebep olmaktadır. Bazı iş kalemleri taslak olarak girilip detay özellikleri girilmeyince sistem bunları yüzeysel hesaplara tabi tutup, buna göre sonuç vermektedir. Örneğin ahşap doğrama kapı işlerinde sadece ahşap kapı ölçüleri girilip yüzey kaplamanın ne olacağı (melamin, membran, lake, pvc vb) girilmezse sistem bunu sadece ahşap doğrama olarak hesaplayıp kaplama ile ilgili maliyet ve zaman parametrelerini analiz edememektedir.

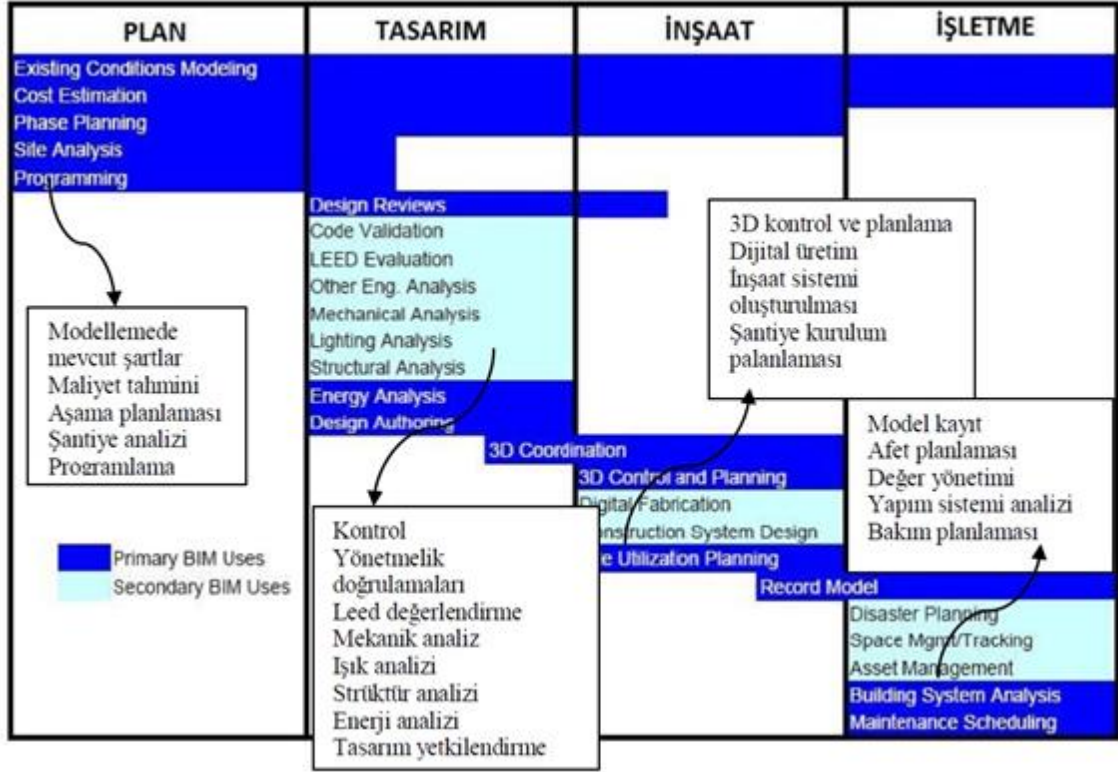
YBM artık günümüzde bir program ve yazılım olmasının ötesinde bir inşaat yönetim aracı olarak projeden yapının ömrünü tamamlamasına kadar birtakım analizler dizisidir. 2B çizimden sonraki tüm boyutlar yazılım programlarına ve bunu kullanacak nitelikli paydaşlara bağlıdır. Bu süreçte YBM tabanlı programlar önemli birer yardımcı olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.7. Projede süreç içerisinde yapılan değişimlerin proje maliyetine etkileri.

YBM ile üretilen projelerin geleneksel yöntemlere nazaran inşaat maliyetlerine etkisi çok daha fazladır. (Şekil 2.7) (Eastman vd., 2011). YBM ile yapılan projelerin kabiliyeti

incelendiğinde tümleşik proje teslim metodu ile üretildiği için ön tasarımda maliyette ciddi bir artış getirmektedir. Proje ilerleyip sistem akışı oturdukça bu maliyetler düşmeye başlayıp inşaata başlama sürecine gelinceye kadar sıfıra düşmektedir. YBM'nin etkin olarak kullanılabilip beklenen faydaların görülebilmesi için kullanımına ön tasarımla birlikte başlanması gerekmektedir (Akintoye ve Fitzgerald, 2000). Bu gereklilik Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Bütünleşik proje tasarımında YBM'nin kullanımı (Eastman vd., 2011).

2.5. DÜNYADA YBM STANDARTLARI

İnşaat sektörü hızla büyüyen ve uluslararası standartlara ihtiyaç duyulan bir hale gelmiştir. Bu durumun farkındalığında olan ABD, İngiltere, Hong Kong, Singapur, İskandinav ülkeleri gibi bazı öncü ülkeler YBM kullanımını ile ilgili önemli adımlar atmıştır. Ağırlıklı olarak kamu yapım ihaleleri olmak üzere birçok alanda projelerin YBM kullanımında nelere dikkat edilip nasıl teslim edileceği hakkında detaylı şartnameler oluşturulmuştur.

Bu durum da bize YBM'nin sürdürülebilir yapılarda kullanılmaya başlanması açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir. Buradaki sürdürülebilirlik sadece yapıların işletme-bakım aşamasındaki yönetimini kolaylaştırmakla kalmayıp aynı zamanda karbon

salımlarını da azaltarak çevreci, az enerji tüketen, daha verimli binalar olarak değerlendirilmiştir.

(BuildingSMART, 2021), YBM ile ilgili çalışmalar 1995 yılında kurulan Building Smart International tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu kuruluşun amacı Dünya genelinde yapı sektörünü uluslararası veri standartlarına kavuşturup ortak bir dil oluşturmaktır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. YBM'nin Dünya Çapında Benimsenme Haritası (Paul, 2018).

2.6. YBM VE YAPI SEKTÖRÜNE GETİRDİĞİ YENİ KAVRAMLAR

YBM son 15 yıldır yapı sektöründe gelişmiş olan ülkeler tarafından sıklıkla kullanılan bir yapı yönetim sistemidir. YBM ile birlikte sektöre yeni giren kavramlar şunlardır;

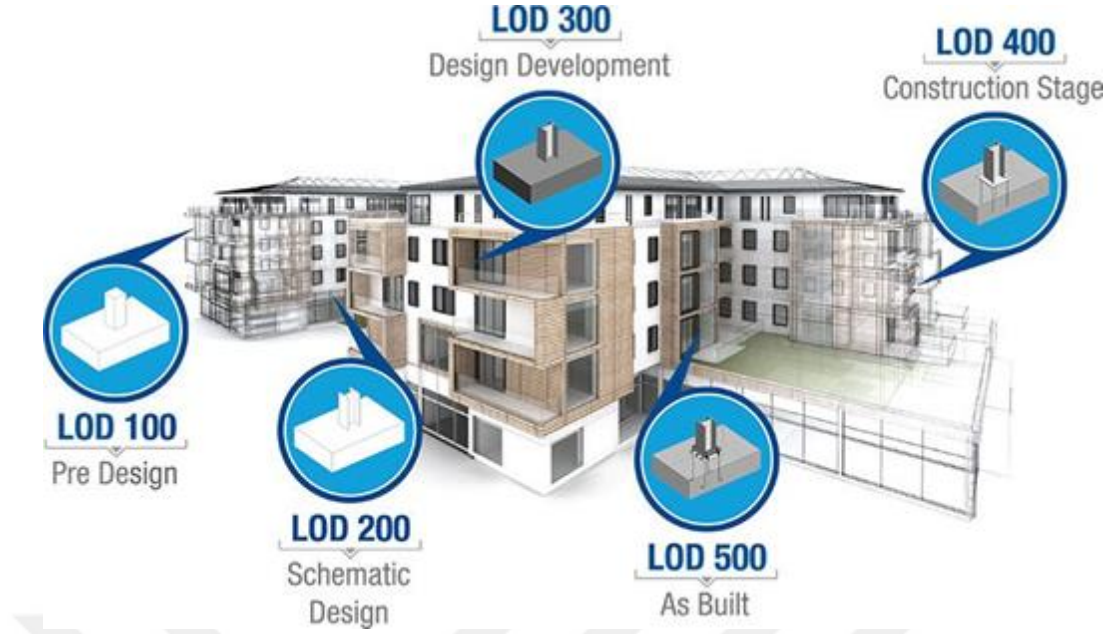
- Nesne tabanlı (parametrik modelleme) yapabilme,
- IFC (Industrial Foundation Classes) veri tabanlı dosyalar oluşturma,
- Disiplinlerarası birlikte çalışabilme,
- Proje çakışma kontrol analizi yapabilme,
- LOD Detay Seviyesi (Levels of Detail) seçebilme,

- Tümlleşik proje yönetimi,
- Metraj analizini otomatik yapabilme.

2.7. YBM KULLANIMINDA GELİŞİM SEVİYESİ

Gelişim Seviyesi (LOD: Level of Development), YBM uygulayıcıları arasında model nesnelerinin detay seviyelerini tanımlamak amacı ile kullanılan bir araçtır. YBM kullanılarak geliştirilen projelerde ortaya çıkan temel birkaç soruna çözüm üretebilmek amacıyla geliştirilmiş tanımlamalardır. Bu sorunların ortaya çıkmasındaki temel sebep, proje üreticileri dışında olup da projeden veri almak isteyen diğer paydaşların gereksiz ve anlamayacakları kadar fazla detayla karşılaşp bunlarla ilgili yanlış yorumlamalar yapmalarıdır. Bu tür sorunlar YBM akış sürecine zarar verip sistemi sekteye uğratmaktadır. Bu sorunların önüne geçebilmek için LOD seviyeleri oluşturulmuş ve hangi paydaşın hangi seviyede bilgiye ihtiyacı varsa o seviyede üretilmiş veriler elde etmesi sağlanmıştır. Her paydaşın kendi isteğini karşılayacak ve anlamasına yetecek seviyede bilgiyle karşılaşması herkesin işini kolaylaştırıp üretimin verimini arttıracaktır (Akkoyunlu, 2015).

Yapılar tasarım ve yapım süreci boyunca kademe kademe kaba bir konsept tasarımdan ayrıntılı bileşenlere sahip bir yapıya doğru gelişimini tamamlamaktadır. Detay seviyeleri (LOD), YBM öğelerinin yapının yaşam süreci boyunca farklı aşamalarındaki geometrik ve kendilerine özgü olan özelliklerinin geliştirilmesini ve detaylandırılmasını açıklamaktadır. Amerikan Mimarlar Birliği (American Institute of Architects – AIA) 2013 yılında yayınlanan YBM protokolünde detay seviyeleri temel olarak LOD100, LOD200, LOD300, LOD400, LOD500 olmak üzere 5'e ayrılmıştır (Abualdenien ve Borrmann, 2018). YBM forum adlı kuruluş ise bu ayırımın özellikle metraj çıkartılması, üç boyutlu koordinasyon, kontrol ve planlama için yetersiz olduğunu ileri sürerek LOD 350 seviyesini eklemişlerdir. LOD 350 AIA'nın dökümanlarında geçmemekle birlikte uygulama kılavuzları ve talimatlarına atıfta bulunur (Bedrick vd., 2020). Şekil 2.10'da YBM detay seviyelerine ait örnek gösterim yer almaktadır (Tercel, 2020).



Şekil 2.10. YBM detay seviyeleri örnek gösterimi-1.

LOD 100: Projenin ön tasarım aşamasında yapısal elemanların grafiksel düzeyde modelini oluşturan seviyedir. Elemanların yaklaşık şekil ve yapıdaki konumlarını göstermektedir.

LOD 200: Yapı elemanlarının tasarım içerisinde nesne olarak belirdiği boyut, şekil, konum, metraj gibi verilerin elde edildiği seviyedir.

LOD 300: Yapı elemanlarının tasarım detaylı verileri, metrajı, boyutu, şekli, lokasyonu ve konumlanma verileri modele işlenmektedir. Şekil olarak çizimi olmayıp ihtiyaç duyulan veriler de bu seviyeye eklenebilmektedir.

LOD 350: Model Ögesi, model içinde belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak miktar, boyut ve lokasyon açısından grafiksel olarak temsil edilmektedir. Şekil, konum, yönlendirme ve diğer bina sistemleriyle ara yüzler içermektedir. Modele grafik tabanlı olmayan bilgiler de eklenebilmektedir (Bedrick vd., 2020).

LOD 400: Yapı elemanlarının tasarım detaylı verileri, metrajı, boyutu, şekli, lokasyonu ve konumlanma verilerine ek olarak üretim detayları, montaj ve saha uygulama kılavuzu bilgileri işlenmektedir. Şekil olarak çizimi olmayıp ihtiyaç duyulan veriler de bu seviyeye eklenebilmektedir.

LOD 500: LOD 400 seviyesinin tüm özelliklerine ek olarak daha detaylı çizim ve imalat detayı barındırmaktadır. As built proje içeriğine sahiptir (Şekil 2.11).

Örneğin aydınlatma tesisatına ait LOD seviyeleri şöyle sıralanabilir;

LOD100 – Enerji kablolarının ve armatürlerinin tahmini çizgisel çizimi

LOD200 – Enerji kablolarının ve armatürlerin yaklaşık ölçüleri ve sahada yerleşimleri

LOD300 – Enerji kablolarının (4*6 mm kesit) ve armatürlerin (50 watt led) detaylı olarak ölçüleri, aplikasyonu ve şekli

LOD400 – Enerji kablolarının (4*6 mm kesit) ve armatürlerin (50 watt led) detaylı olarak ölçüleri, aplikasyonu ve şekli, kablonun yanmazlık sınıfı, armatür cam ve boya türü, montaj hakkında bilgiler.



Şekil 2.11. YBM detay seviyeleri örnek gösterimi-2.

LOD seviyeleri tanımsal olarak sınıflandırılmış olmalarına rağmen günümüzde tüm seviyeler kullanılmamaktadır. Çok basit seviyelerde olan ve günümüz ihtiyaçlarını karşılamayan LOD100 ve LOD200 seviyeleri neredeyse hiç kullanılmamaktadır. Günümüzde yapılan büyük ölçekli projelerin neredeyse tamamında YBM'nin yüksek seviyelerinden olan LOD350-400 kullanılmaktadır. Projeler LOD100 seviyesinden başlayıp olgunlaştıkça detay ihtiyaç seviyesine göre LOD500'e kadar ulaşmaktadır. Kullanılacak seviyeyi yapılacak imalatların niteliği ve paydaşların üretim kabiliyetleri belirlemektedir.

2.8. PARAMETRİK MODELLEME

YBM'nin oluşum temelinde nesne tabanlı konfigürasyonlar ve yapıyı oluşturan küçük-büyük ölçeklerde parametrik nesnelere varılmaktadır. Proje tasarım aşamasında kullanılan nesne tabanlı elemanların kullanım ihtiyacı YBM sürecinde ortaya çıkmış ve nesnelerin içinde barındırdığı detaylı özellikleri ile diğer tüm elemanlarla ilişki kurması gerekliliği de zorunlu hale gelmiştir. Bu durumların analiz edilip düzenli sistemler halinde

çözümler getirilmesi parametrik modelleme olarak tanımlanmaktadır (Wong ve Yang, 2010).

Parametrik tasarımlar yapılırken nesnelerin fonksiyonel özellikleri, yapıların yapım süreçleri ve mali verileri, anlamsal ilişki, içeriksel bağlantı, iç içe geçme veya çakışma bilgisi, objenin lokasyon ve koordinatı gibi spesifik nitelikler barındırmaktadır (Volk, R., Stengel, J. & Schultmann, F., 2014).

Parametrik modelleme ile elde edilen en önemli yeniliklerden biri de proje tasarımında iki boyutlu plan-kesit-cephe-detay paftalarının üçüncü boyuta dönüşümünde boyutlar arası tam etkileşim olmasıdır. İki boyutta tasarım yapıp objelerin yerleşimi yapılırken tasarıma entegre olarak sistem tarafından üçüncü boyutlar kendiliğinden hazırlanmakta olup istendiğinde bu boyuttan tasarım kontrolleri yapılabilir.

YBM yazılımlarını geleneksel metotlardan ayıran en önemli fark parametrik tasarım sistemiyle çalışıp nesnelere esas alarak ilerlemesidir. Bu yöntemle her tasarıma özgü objeler oluşturulup bu objelere gerekli özellikler atama ve geometrik değişim imkanı verilmiştir. Örnek olarak geleneksel CAD metodunda kapı tefrişi oluşturmak için çizgisel komutlar kullanılırken, YBM ile yapılması durumunda sistemin hazır nesnelere atadığı kapı modellerinden biri seçilip özgülendirilerek yeni nesnelere elde edilmektedir. Kapıya ait tüm teknik veriler bu nesnenin içinde gömülü olarak bulunmaktadır. Kapının üretici firması, profil özellikleri, menteşe-kol detayı, tekstürü, ısı geçirgenlik katsayısı, ağırlığı ve daha fazlası gibi pek çok özellik barındırmaktadır. Bu şekilde tanımlı olan özelliklere ait birçok kapı, pencere, dolap vb tefrişler tanımlanıp projenin tamamında kullanılmaktadır. Ayrıca hangi modelin hangi mahalde ve kaç adet bulunduğu bilgisi de sistem tarafından verilmektedir (Akkoyunlu, 2015).

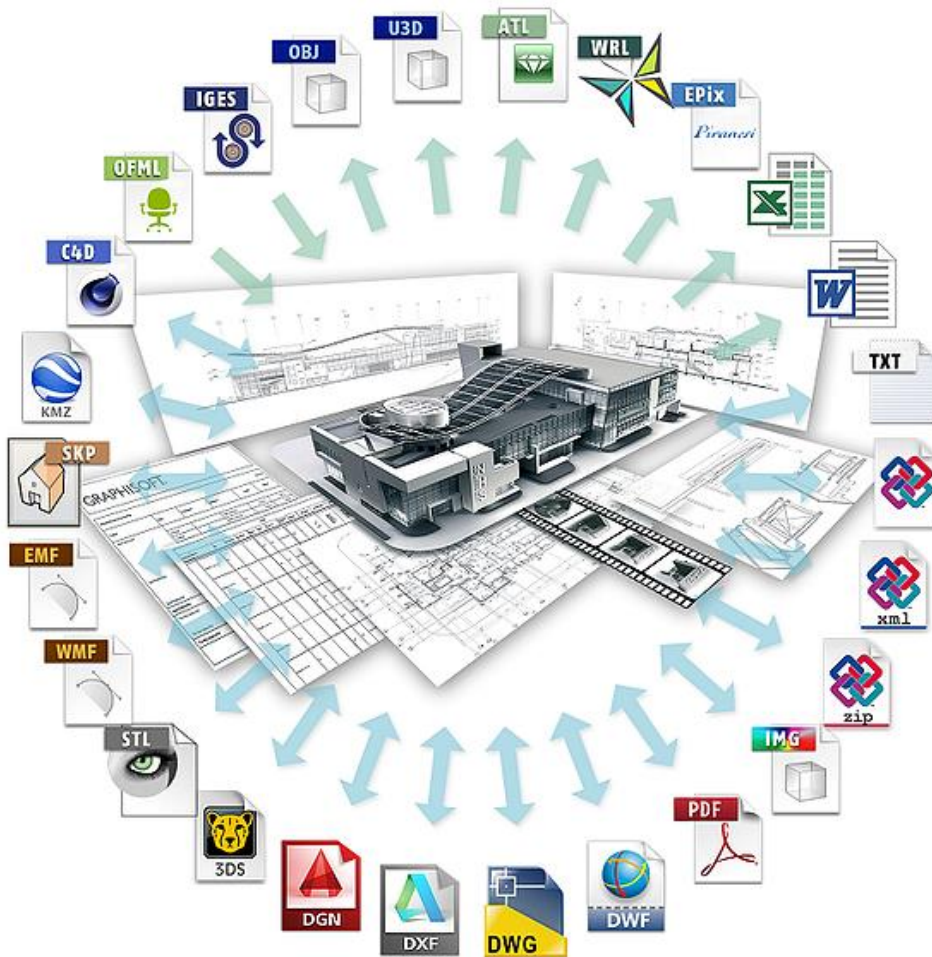
2.9. BİRLİKTE ÇALIŞABİLİRLİK

YBM kullanımı ile gelen yeniliklerden birisi de birlikte çalışabilirliktir. Bu özellik İngiltere, ABD, Finlandiya gibi mevzuat hazırlıklarını tamamlamış birçok ülke için mevzuatların temelini teşkil eden unsurlardan biri olmaktadır. BuildingSmart kuruluşu hazırladığı dokümanlarda birlikte çalışabilirliğin faydalarını aşağıdaki gibi tanımlamaktadır:

- Proje çalışmakta olan tüm paydaşlarla hızlı etkileşim içinde olup istek ve taleplerine hızlı yanıt verecek bir sistemin oluşması,

- Projenin tüm evrelerinde verilerin akışını ve paydaşlar arası alışverişini kesintisiz sürdürecektir bir platform oluşturulmuş olması,
- İşveren talepleri ile projenin akışı arasındaki uyumun sürekli denetlenebilir hale gelmesi,
- Tasarımda kullanılacak ihtiyaçlara cevap verebilecek uygun yazılımı seçebilmek için yeterli verilerin oluşturulabilmesi,
- Tasarım aşaması için birçok pazar seçeneğinin hızlı ve açık bir biçimde seçilebilmesi,
- Yapılan projelere ait parametrelerin yapının ömrü boyunca her zaman kullanılabilir olması (GSA, 2007).

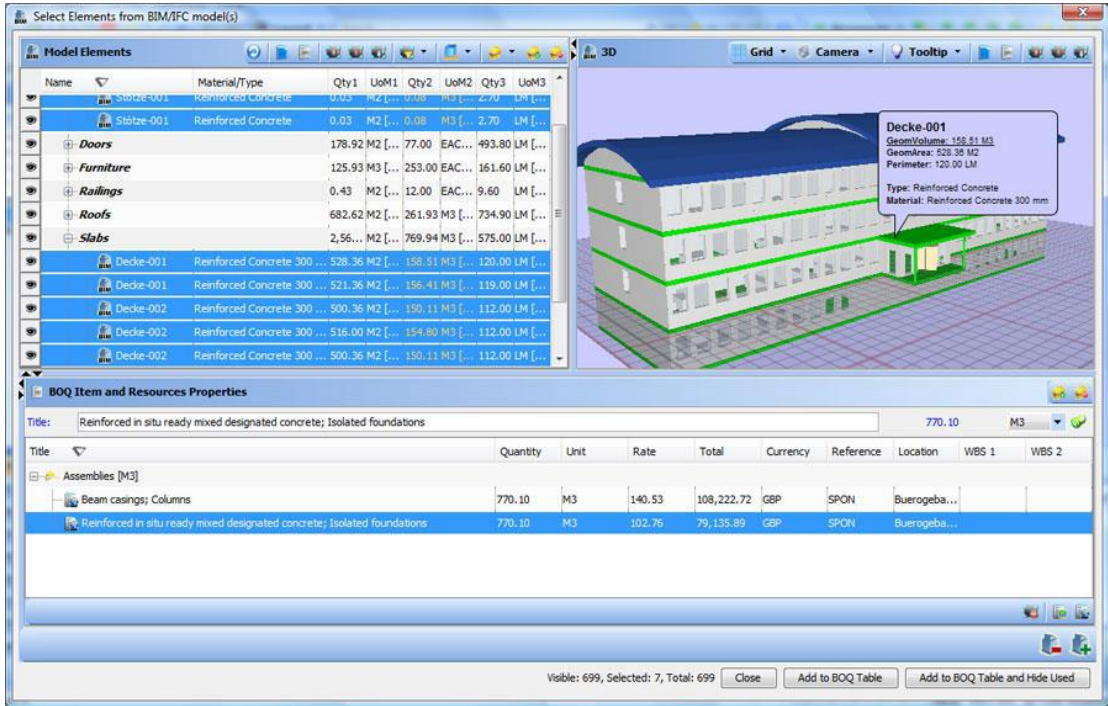
Şekil 2.12'de YBM ile çeşitli programlar arasında veri alışverişinin sağlandığı gösterilmektedir.



Şekil 2.12. YBM'nin programlarının diğer programlarla olan entegrasyonu.

2.10. CANLI METRAJ LİSTELERİ

YBM modeli oluşturulurken her obje için belirli özellikler ve sayılar tanımlandığından, tasarımla birlikte metraj listeleri de tamamlanmış olmaktadır. Kullanıcıların tek yapması gereken metraj listelerinin dokümanını veren pencereden ihtiyacı olan veriyi seçmektir. Bununla birlikte her bir objenin tüm özellikleri ve metrajları elde edilmiş olmaktadır. Ayrıca metraj hesaplanmasına gerek kalmadığı için otomatik metraj, tüm proje paydaşlarına büyük kolaylıklar sunmaktadır. Projede yapılacak tüm revizeler anında metraj listelerine yansıdığı için, ayrıca metrajlarla ilgili bir hesaplama yapmak gerekmemektedir. Bu özellik büyük bir zaman tasarrufu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte oluşan metraj listeleri, yerindeki metraja oldukça yakın çıkmaktadır (Şekil 2.13). Mesela beton metrajından beton içerisinde bulunan donatıların; duvarda bulunan pencere minhaları ise duvar malzemesi ve sıva metrajından otomatik olarak çıkarılmıştır (Akkoyunlu, 2015).

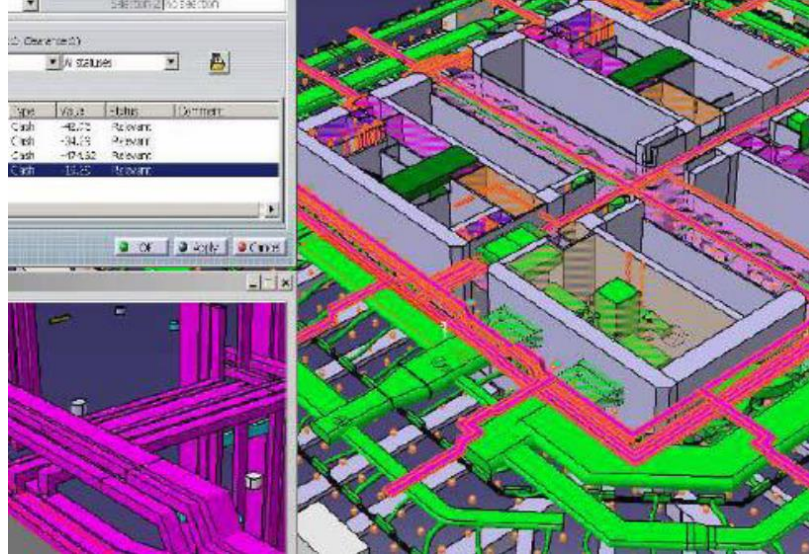


Şekil 2.13. YBM’de otomatik metraj.

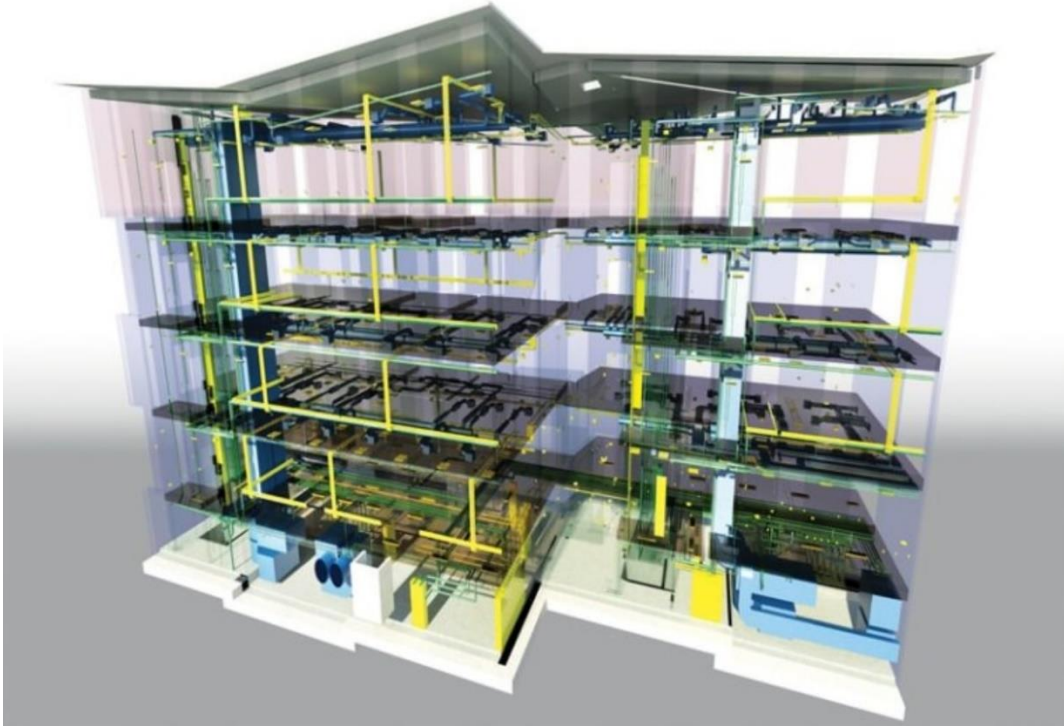
2.11. ÇAKIŞMA KONTROLLERİ

Çakışma kontrolleri, projenin tasarımı aşamasındayken farklı meslek disiplinlerinin yapım aşamasında yapacağı imatların arasındaki fiziksel etkileşimini göstermektedir. Bu özellik YBM kullanımının en etkin yönlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Yapım imatları başlamadan önce farklı disiplinler arasındaki yapısal çakışmaları görmek zaman ve maliyet açısından çok etkin bir fayda sağlamaktadır. YBM ile hedeflenen çakışmaları sıfıra indirip imatlarda geri dönüşlere engel olmaktadır. Çakışmalar özellikle mekanik ve elektrik imatlarında görülmekle birlikte, statik elemanlarla olan uyumsuzluğa da sıklıkla rastlanmaktadır.



Şekil 2.14. Çakışma analizlerinin üstten görünüşü.



Şekil 2.15. Çakışma analizlerinin kesit perspektifi.

2.12. YBM TABANLI ÇALIŞAN PROGRAMLAR

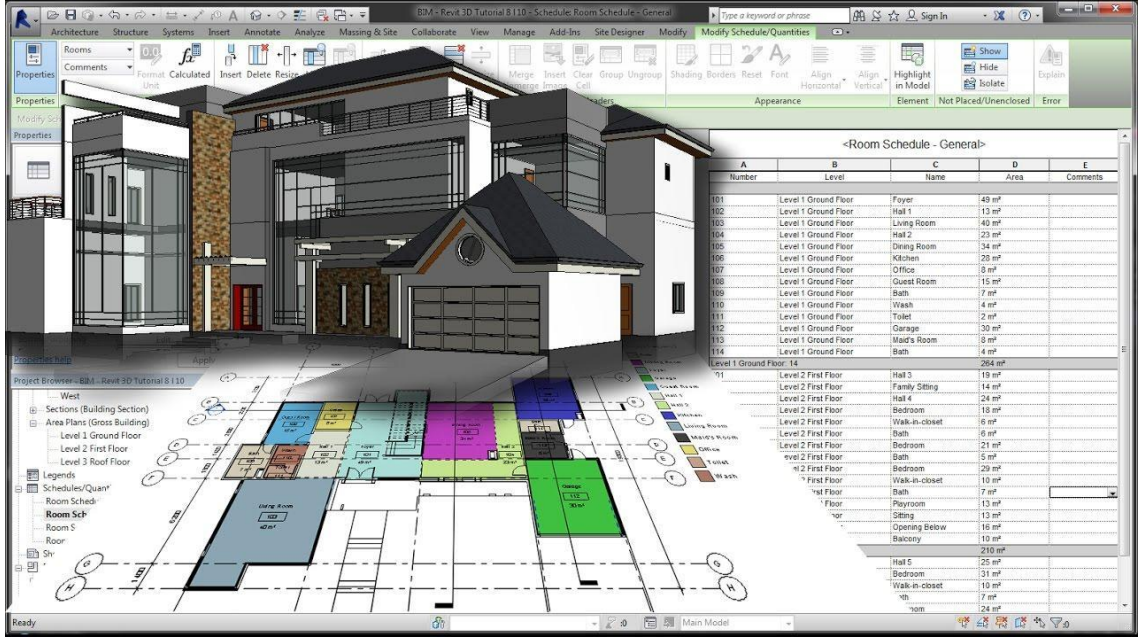
YBM sadece yazılım değil aynı zamanda bir süreç ve çalışma disiplindir. Bu süreci yürütmek için belirli özelliklere sahip bilgisayar programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda üretilmiş belirli birkaç yazılım bulunmaktadır. Bunlar genellikle tasarım ve yönetim sürecini bir arada sunmaktadır. Bazı ek modüllerle bu yazılımlar daha da zengin içeriklere ulaşmaktadır. Dünya genelinde kullanılan başlıca YBM programları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. YBM yazılımları, üretici firmaları ve erişim adresleri.

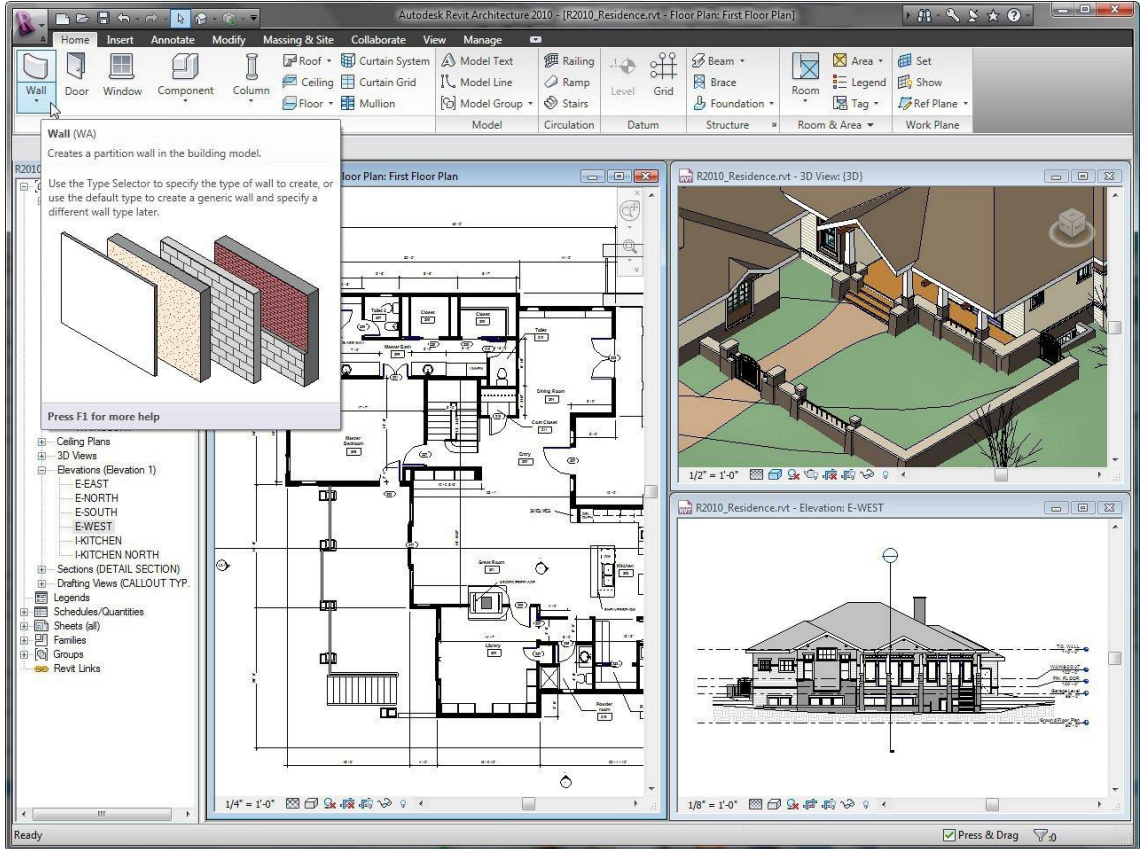
Yazılım Adı	Üretici Firması	Web Adresi
Allplan	Nemetschek,	https://allplan.com.tr/
Revit	Autodesk,	www.autodesk.com
BIM Suite	Bentley Systems	www.bentley.com
Digital Project	Gehry Technologies	www.gehrytechnologies.com
ArchiCAD	Graphisoft	www.graphisoft.com
Vectorworks	Nemetschek	www.nemetschek.net
Fastrak	CSC (UK)	www.cscworld.com
SDS/2	Design Data	www.dsndata.com
RISA	RISA Technologies	www.risatech.com
Tekla Structures	Tekla	www.tekla.com
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	www.cadpipe.com
MEP	Modeler Graphisoft	www.graphisoft.com
DuctDesigner 3D	PipeDesigner 3D QuickPenInternational	www.quickpen.com
AutoSPRINK	VR M.E.P. CAD	www.autosprink.com

2.12.1. Revit Programı

Revit programı, Charles River Software Cambridge firması tarafından 1997 yılında kurulan firmada yazılmaya başlanmış, ilk versiyonu 1999 yılında çıkartılmıştır. Program 2002 yılında Autodesk firması tarafından satın alınmıştır. Revit, konseptten inşaaata ve sonraki bakım ve/veya yıkıma kadar binanın yaşam döngüsündeki çeşitli aşamaları planlamak ve izlemek için araçlara sahip bina bilgi modellemesidir (URL-5). Günümüz inşaat dünyasında yaygın olarak kullanılan, gelişmiş bir YBM programı olarak hizmet vermektedir (Şekil 2.16-2.17).



Şekil 2.16. Revit arayüzü kombinasyonu-1.



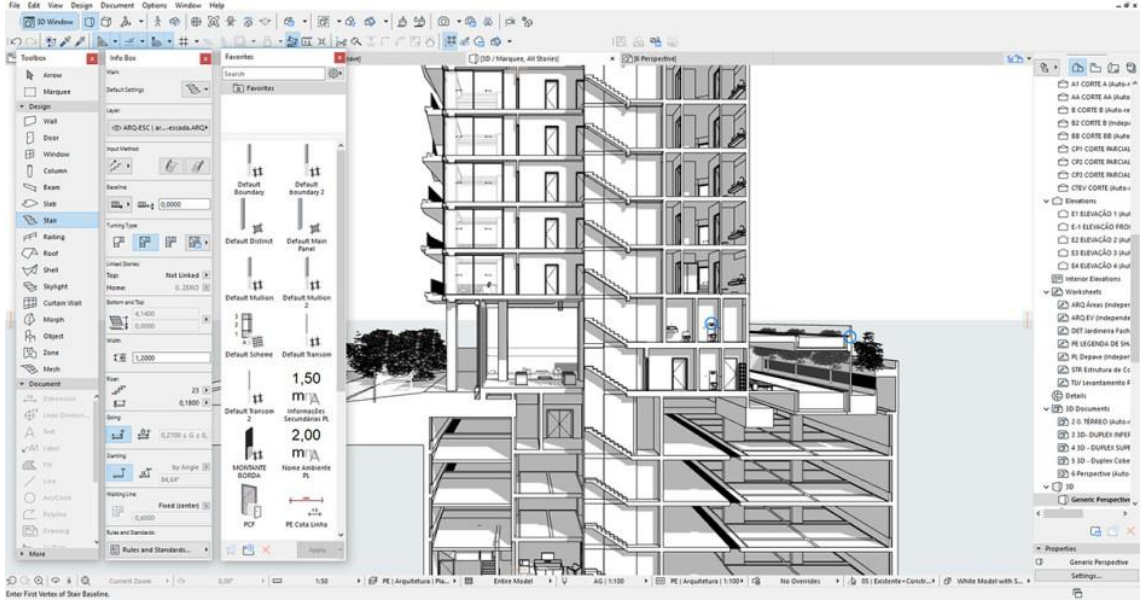
Şekil 2.17. Revit arayüzü kombinasyonu-2.

Zengin ve rahat kullanımlı ara yüzü olması, mimari, statik, MEP (mekanik-elektrik) modellemeye birlikte, proje sürecini ilgilendiren imalat miktarları, iş parçacıkları akışı sıralama ve görsel aktarım gibi zengin bir YBM imkânı sunması Autodesk Revit'in temel

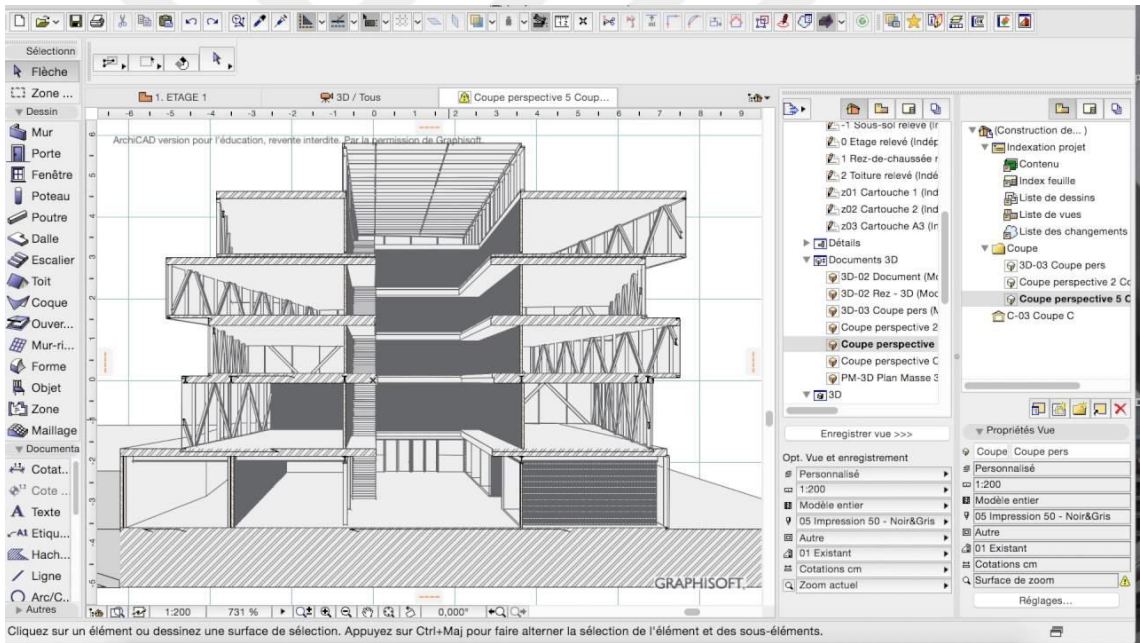
özelliklerindedir. Revit IFC formatına uygun dosya aktarımları yapabilmektedir. Autodesk Navisworks Manage, koordinasyon, simulasyon, disiplinlerarası iletişimi sağlayabilen çok amaçlı bir proje değerlendirme yazılımıdır. (Archicad, 2021), Navisworks'un çakışma kontrolü, zaman ve maliyeti içeren 5B simülasyonu yapabileme özelliği Revit'in sektörde yaygın kullanılmasının önemli sebeplerindedir (Şekil 2.17). Çizgisel verilerin parametrik olarak işlenmesiyle, karmaşık geometrik cephelerin tasarım ve üretimi, güneşlenme etkisi, çevresel kısıtlayıcılar, solar radyasyon etkisi, güneş ışığı açı hesapları gibi unsurları belirleyip buna göre analizler yapan Ecotect programı da Revit'in bir eklentisi olarak kullanılırken (Aksamija, A., Guttman, M., Rangarajan, H. P., & Meador, T., 2011), Ecotect desteklenmeye devam edilmemiş, Green Building Studio ve insight 360 gibi revit eklentileri geliştirilmiştir.

2.12.2. ArchiCAD

YBM tabanlı başka bir yazılım Macar Firması Graphisoft'un ürettiği Archicad'dir. 1982 yılında kurulan firma, 1987 yılında ilk versiyonu piyasaya çıkmıştır. Sanal bina oluşturma mantığı ile, kişisel bilgisayarlarda ilk 2D ve 3D'nin yapılabildiği program olarak geçmektedir. (Archicad, 2021), Dünya'da YBM tabanlı ilk yazılım Archicad'dir. (IdeCAD, 2021), 3B ile oluşturulmuş projeleri nesne tabanlı olarak parametrik modellemektedir (Şekil 2.18). Bu yazılımın, yaklaşık 25 yıl önce bugün kullanılan YBM mantığını temel alarak üretilmiş olması, bu konuda öncü yazılımlardan biri olmasını sağlamıştır. Ayrıca Archicad, IFC tabanlı dosyaların farklı formatlara dönüşüm transferini veri kaybı olmadan yapabilmektedir (Research, 2003). Archicad'in statik için çözümü olmamasına rağmen farklı hesaplama programlarında oluşturulan statik modeller IFC formatında program için alınabilmektedir. Programın içine eklenebilen MEP plugin'i ile mekanik ve elektrik tesisatları 3 boyutlu olarak modellenilebilmekte ve çakışma analizleri yapılabilmektedir. Sürdürülebilirlik anlamında Archicad EcoDesigner ve eco designer star programlarını geliştirmiştir. Bu programla iklimlendirme analizi, bina enerji modeli gibi çalışmalar yapılabilmektedir (Archicad, 2021). Böylece zaman planlaması, maliyet, sürdürülebilirlik gibi girdilerinde eklenmesiyle 4D, 5D, 6D boyutlarında da çalışmaktadır.



Şekil 2.18. Graphisoft'un Archicad arayüzü-1.

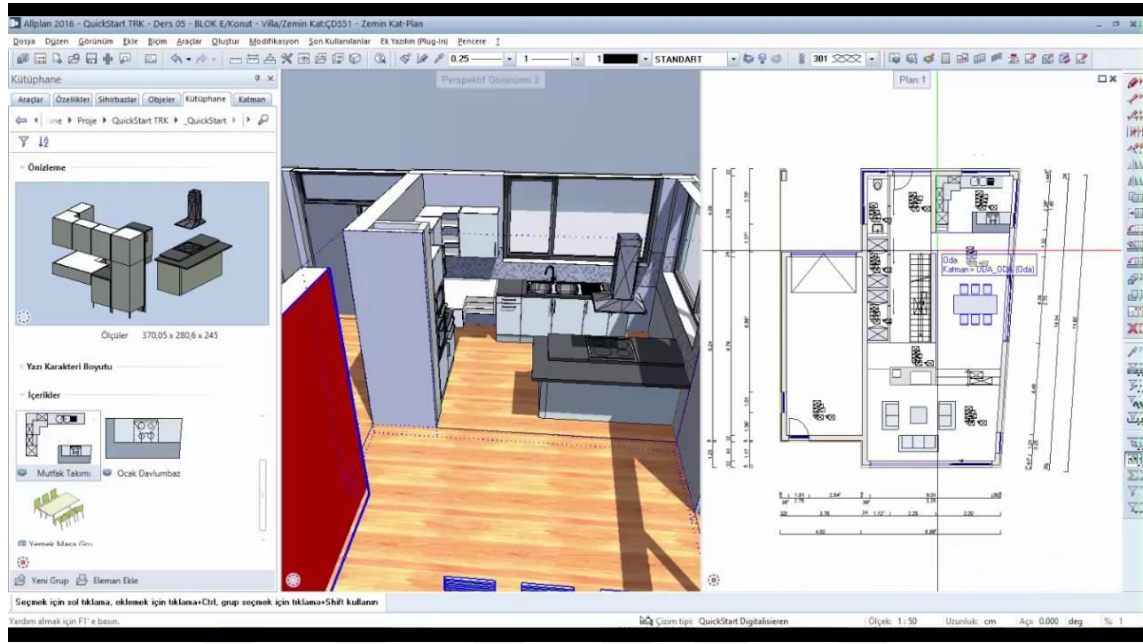


Şekil 2.19. Graphisoft'un Archicad arayüzü-2.

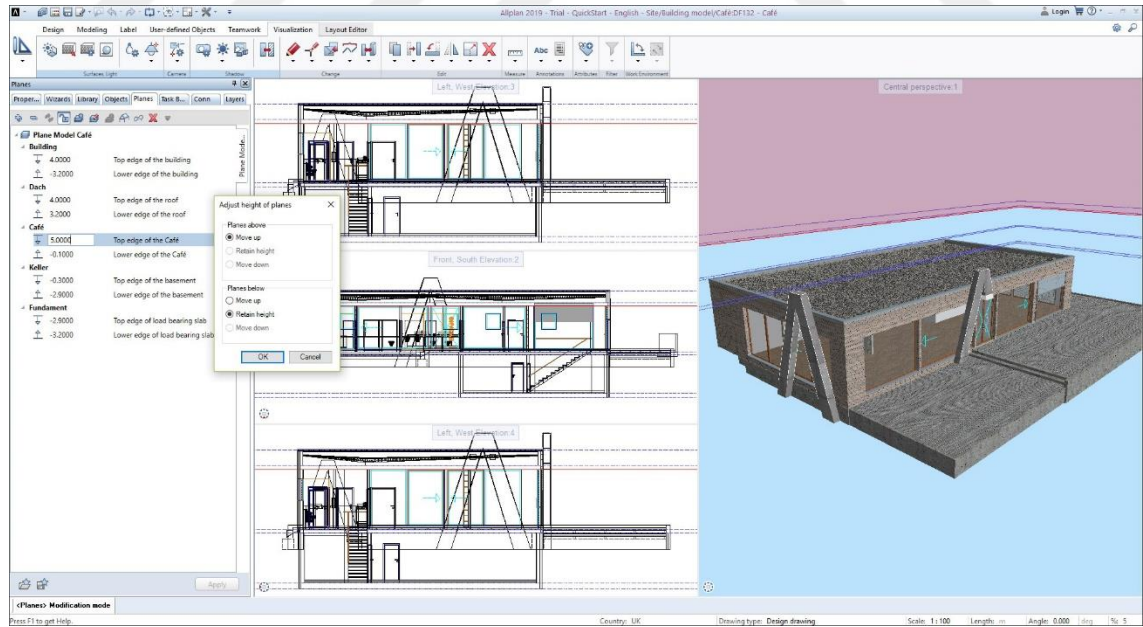
2.12.3. Allplan

YBM tabanlı programlar arasında yaygın kullanıma sahip olanlardan biri de Alman Nemetschek firmasının geliştirdiği Allplan yazılımıdır. Mimari, mühendislik ve maliyet kontrolü açısından bütüncül imkân sağlamaktadır. Başta IFC formatı olmak üzere birçok tasarım programına uygun formatlara dönüştürülmektedir. Allplan programının diğer başka özellikleri ise; akıllı yapı sistemi, değiştirilebilir tasarım imkânı, kapsamlı mahal analizi, metraj keşif, ahşap ve cephe tasarımı için geliştirilmiş arayüz sistemidir. Allplan

da diğer gelişmiş YBM yazılımları gibi yetkinliklere sahiptir. Aynı zamanda Türk yazılımı olan Amp ve Oska programlarıyla da uyumlu olup hakediş bu programlara metraj verisi aktarabilmektedir. Bu sebeple başka YBM programlarında çizilen projeler Allplana aktarılarak, metraj çalışmaları devam ettirilebilmektedir.



Şekil 2.20. Allplan arayüzü-1.

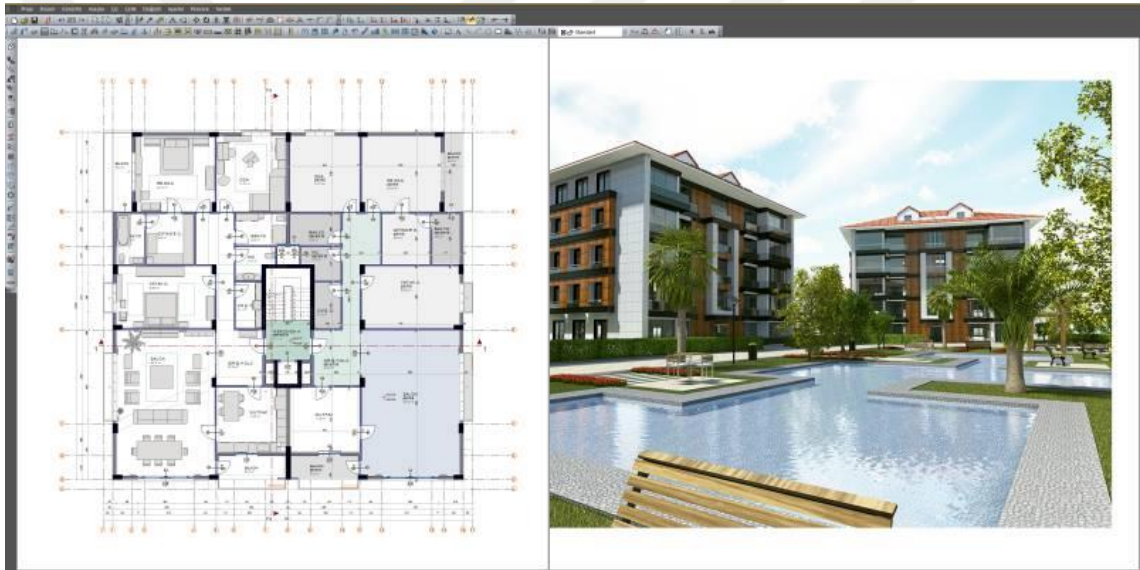


Şekil 2.21. Allplan arayüzü-2.

2.12.4. Ide Yapı

Bir Türk yazılımı olan Ide Yapı 1988 yılından itibaren mimari ve statik programları ile YBM çözümleri üretmektedir. İki ayrı program gibi gözükmesine rağmen birbirleriyle

uyumları üst seviyelerdedir. Mimaride çizilen arazi verileri, akslar, kolonlar, kirişler, duvarlar, döşeme ve boşlukları başarılı bir şekilde İde statik de tanınmaktadır. Türkiye koşullarında özellikle İde statik programının avantajı, son çıkan yasa ve yönetmeliklere göre yeni versiyonların revize edilmesidir. Statikten çıkan karkas statik çözüm, İde mimara aktarılarak tek komutla uyumlu hale getirilebilmektedir. İde statik de oluşturulan çözüme göre demir ve beton metrajı detaylı olarak yapılmaktadır. Onuncu versiyonuyla birlikte İde Çelik programı ve mimariye de çelik modelleme eklentisiyle geliştirilmiştir. Geçmiş yıllarda yine yerli yazılım olan Oska ve AMP ile metraj ve inşaat pozlarının aktarımı yapılabilirken, yeni versiyonlarında uyum garantisi verilmemektedir. Şu an için MEP eklentisi planlanma aşamasındadır (IdeCAD, 2021). İdeCAD, 2020 yılı itibarıyla Building Smart Türkiye platformuna da üye olmuştur.



Şekil 2.22. İde Mimar ara yüzü.

3. İNŞAAT YAPIM PROJELERİNDE YBM KULLANIM AŞAMALARI

3.1. PROJE ÇİZİMİ SÜRECİNDE YBM KULLANIMI

Yapım işleri projelerinde paydaşlar tarafından oluşturulan bilgileri merkezi bir sistemde toplamak işin verimliliğini ve hızını etkin bir biçimde arttırmaktadır. Projeleri YBM tabanlı sistemlerle çalışmak; yapım işlerinin metrajlarının, keşiflerinin ve iş akış sürecinin etkin bir biçimde çıkarılmasını sağlayarak ihale sürecinde birçok fayda sağlamaktadır (Tulke vd., 2008). Modelin detaylı ve dinamik bilgiler içermesi proje paydaşları arasında çıkabilecek revizeleri hızlı yapma ve hızlı paylaşma imkânı sağlamaktadır. İngiltere’de yayınlanan 2011 yılı hükümet raporlarına göre YBM kullanılarak proje hazırlanması dökümantasyon ve ihale süreci maliyetlerinde %20 tasarruf sağlamaktadır (Maude, 2011). Ayrıca CAD ve YBM’nin işçilik karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmada CAD ile verilen emek YBM ile yapılan emeğe oranla 13 kat daha fazladır. Özellikle bu tabloda cephe çizimlerinde 20 kat, kesit çizimlerinde 62 kat, İnfomal cephe çizimlerinde 90 kat, renderlarda 30 kat ve tüm metrajların çıkartılmasında 82,5 kat avantaj sağlamaktadır. Çizelge 3.1, 2400 m² inşaat alanına sahip bir otel projesi verilerinden uyarlanarak hazırlanmıştır (Maude, 2011).

Çizelge 3.1.1 Örnek bir otel projesi verileri.

YAPILAN İŞ/KULLANILAN PROGRAM	Adam-saat süreleri		CAD/YBM
	CAD	YBM	
Arazinin fizibilitesi	10	4	2,5
Plankote doğrultusunda kazı dolgu hesabı	12	6	2,0
Vaziyet planı tasarımı	14	7	2,0
Kat planları çizimi	30	15	2,0
Cephe çizimleri	20	1	20,0
Kesit çizimleri (18 adet)	62	1	62,0
İnfomal cephelerin malzeme imalat verilerinin çıkarılması	180	2	90,0
3D çizimler ve renderlar	90	3	30,0
Tüm metrajların çıkarılması	165	2	82,5
Yaklaşık maliyet çıkarılması	4	0,5	8,0
İş akış planı yapılması	16	2	8,0
Toplam	603	43,5	8,29
CAD/YBM adam-saat oranı	13,862		

Proje ve inşaat süreçlerinde bulunan paydaşların YBM'nin farklı aşamalarında farklı şekillerde devreye girmektedir. Tek tek izah edilmesi gereken bu süreç, Çizelge 3.2'de ifade edilmiştir (Maude, 2011).

Çizelge 3.2. YBM faaliyetleri (Azhar, 2011).

YBM Uygulaması	İşveren	Yüklenici	Tasarımcı	Altyüklenici	Tedarikçi
3D Model ve Görseller	X	X	X	X	X
Optimizasyonlar		X	X	X	
Maliyet ve Fiyatlandırma		X		X	X
Zaman ve İş Planı	X	X			
Maliyet ve Bütçe Tahmini	X	X			
Mobilizasyon ve Lojistik	X	X		X	X
Yapılabilirlik Analizleri	X	X	X	X	X

3.2. İHALE SÜRECİNDE YBM KULLANIMI

Dünya'da inşaat sektörünün gelişimi hızla ilerlerken Türk İnşaat Sektörü de genel anlamda bu hıza yetişmiştir. Fakat YBM organizasyonu konusunda biraz daha geriden gelmektedir. Türkiye'de özellikle büyük ölçekli projeler için organize çalışacak bir sistem arayışı olması YBM ile tanışmanın sürecini hızlandırmıştır. YBM'nin Kamu projelerinde kullanılması İngiltere, Amerika ve Kanada gibi başta gelişmiş ülkeler olmak üzere birçok Avrupa ve Okyanus Ülkeleri'nde devlet projelerinin tasarım ve uygulaması için ihale aşamasında zorunlu hale gelmiştir (Tekin, 2017; Bryde vd., 2013). Türkiye'de bazı kamu kurumları, proje tasarım firmaları ve müteahhit firmaları YBM kullanımına başlayarak lokomotif rol oynamışlardır. Bu bağlamda ilk kamusal girişim İstanbul Büyükşehir Belediyesi Avrupa Yakası Raylı Sistemler Müdürlüğü tarafından 2013 yılında yapımına başlanan Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey (KMM) Metro Hattı Projesi olmuştur (Budak ve Karataş, 2019; Prota Mühendislik, 2021). T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına 2021 yılında YBM teknik şartnamesini ve ihale dökümanlarını yayınlamıştır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2021).

3.2.1. İşverenin İhale Sürecinde YBM Kullanmasının Etkileri

İşveren tarafından ihale edilen yapım işlerinde genellikle projelerden kaynaklı hatalardan dolayı revizeler çıkmaktadır. Farklı meslek disiplinleri arasındaki imalat çakışmaları, projenin araziye tam uymaması ve metraj hataları ihale sürecinde istekli olan firmaları yanıltarak hatalı fiyat vermelerine ve ilerleyen imalat aşamalarında işveren-yüklenici arasında sorunlar oluşmasına sebep olmaktadır. Bu sorunların başında işin maliyetinin artması ve revizelerden dolayı yapım süresinin uzaması gelmektedir.

YBM; yapının planlanması, ihale süreci, yapımı, işletmesi ve yıkımına kadar olan tüm süreçlerini kapsamaktadır. Tasarlanan modeller yapının inşa edilmeden önce sanal olarak inşa edilip üzerinde analiz yapılmasını sağlamaktadır (Monteiro ve Martins, 2013). Model üzerinde görülen hataların proje aşamasında revize edilmesi daha sonra ortaya çıkabilecek sorunlara çözüm sunmaktadır. Bu yöntemle işveren ve istekliye ihale süreçlerini daha etkin ve hızlı yönetme imkanı sağlamaktadır. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta YBM ile tasarım yapılırken doğru detay seviyesinin (LOD) seçilmesidir. Gereksiz bilgi fazlalığı bilgi kirliliğine sebep olup proje ve ihale süreçlerinin uzamasına ve fazla maliyetlere sebep olmaktadır (Araç, 2018). Dosya alışverişi sırasındaki format değişimleri, LOD seviyesinin yanlış seçilmesi gibi etkenler, projenin sahaya indirilmesini de zorlaştırmaktadır.

Sözleşme sonrası yer teslimi için yükleniciye tahsis edilecek şantiye tesisleri, mobilizasyon alanları, döküm alanları, depolama alanları ve ihtiyaç olabilecek ek alanlar YBM modeli ve çevreyle ilişkisi analiz edilerek ihale sürecinde fikir vermektedir. Bu alanların temini, ihtiyaç olursa ek alanların kiralanması veya satın alınması kararları model ile birlikte analiz edilmektedir.

3.2.2. İsteklilerin İhale Sürecinde YBM Kullanmasının Etkileri

İhale sürecinde yanlış okunan 2B projeler ve bunlara bağlı olarak çıkarılan yanlış metrajlar isteklileri büyük hatalara yol açarak, çok yüksek ya da çok düşük fiyat vermelerine sebep olmaktadır. Bu durum isteklileri büyük zararlara uğrattırken işverenlerin de işlerinin bitmemesine dolayısıyla zarar etmelerine ve hatta ihalelerde yasaklı hale gelmesine sebep olmaktadır. İhale sürecinde YBM kullanılması, isteklilerinin projeleri ve metrajları doğru analiz edip yapacakları işi iyi anlayarak doğru teklif vermelerini sağlamaktadır. İstekliler tarafından teklif verilmeden önce incelenen

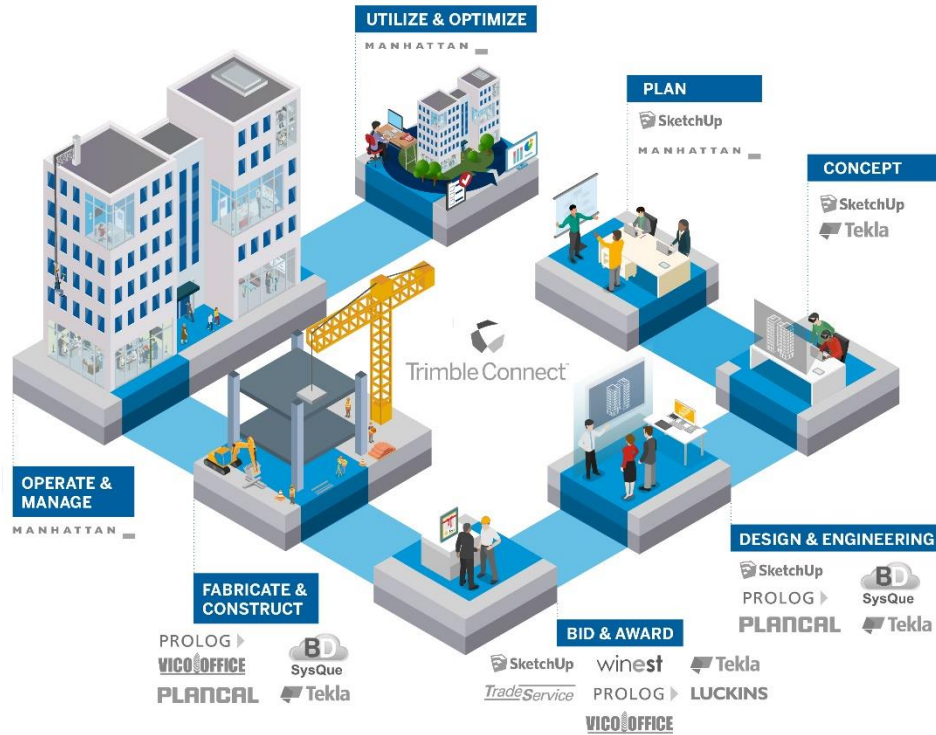
projeler 3B incelenerek olası hatalar görülmekte ve işverene bildirilerek işin başında revize edilmektedir.

YBM ile oluşturulan modele zaman ve iş planı entegrasyonu yapılarak proje için kritik aşamalar önceden belirlenmekte ve buna göre öncelikler oluşturulmaktadır (Savaşkan, 2015). YBM tasarımlarının iş programına entegrasyonu ve çevresel etmen analizleri yapması sayesinde, şantiye mobilizasyon ve ekipmanların sahaya getirilme sıraları ihale aşamasında değerlendirilip analiz edilebilmektedir.

3.3. İNŞAAT YAPIM SÜRECİNDE YBM KULLANIMI

3.3.1. Bina Yaşam Döngüsü ve YBM Kullanımı

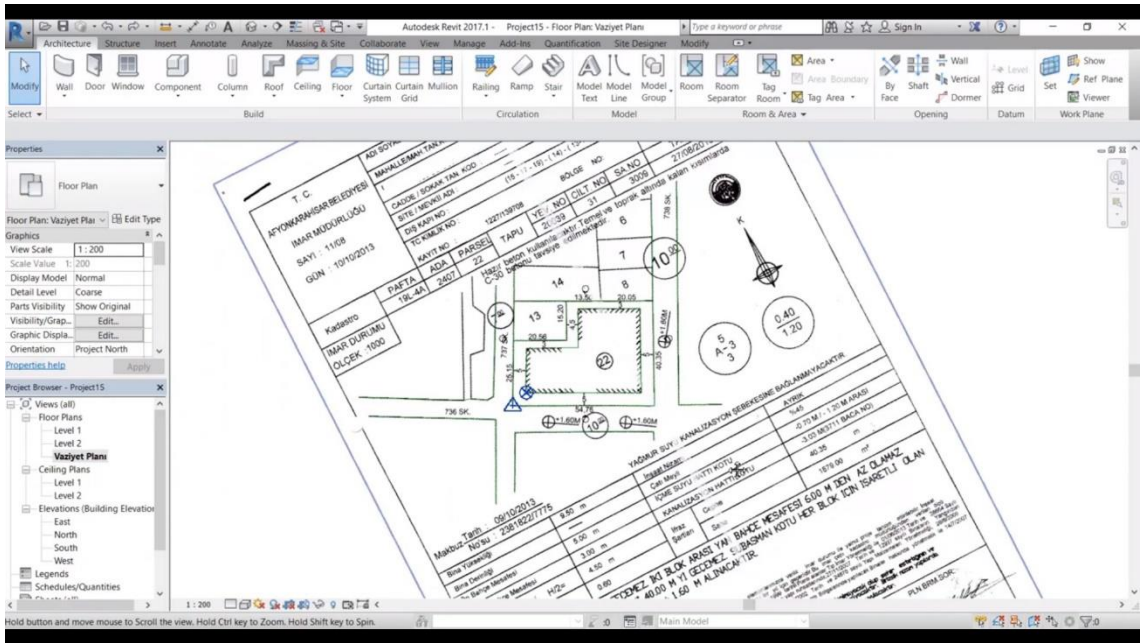
YBM'nin inşaat proje tasarımlarında ve yapım sürecinde diğer yöntemlerden en önemli farkı bir aşamayı ya da disiplini değil tüm yaşam döngüsünü barındırmasıdır (Şekil 3.1). Proje öncesi alan fizibilite çalışmasından yapım sonrası işletme bakım süreçlerine kadar olan tüm bu süreci sıralı olarak barındırmaktadır. Bu yöntemle yapı inşaasından yıkımına kadar tek bir sistemden takip edilebilmektedir.



Şekil 3.1. İnşaat projesine ait yaşam döngüsü.

3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı

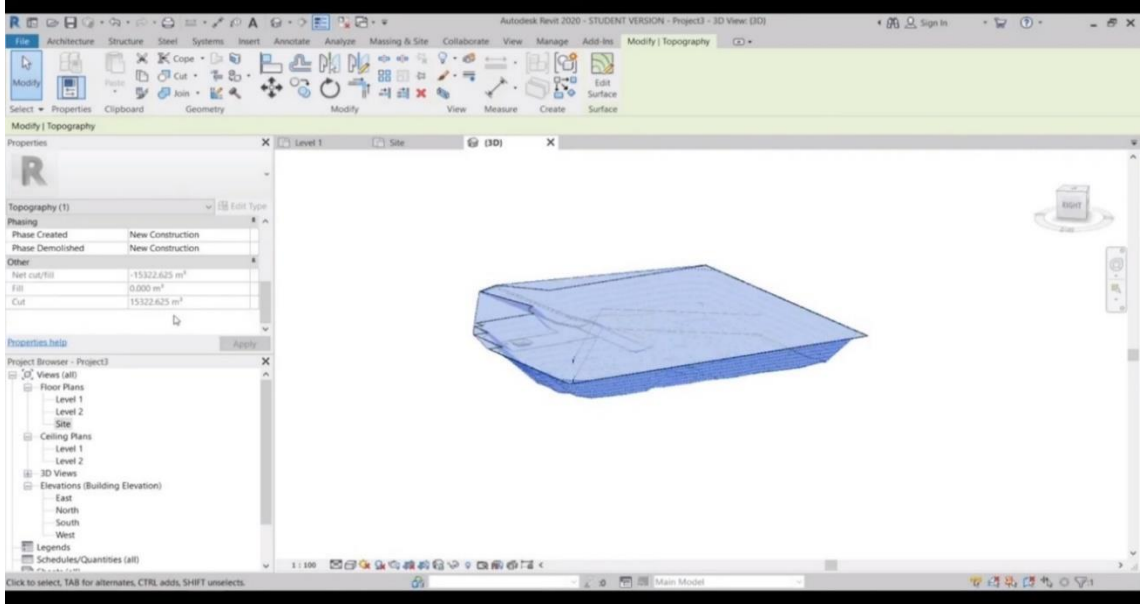
Sahada karşılaşılan en büyük sorunlardan biri de yapıların birbiriyle ve komşu parsellerle applike edilirken yapılan hatalardır. Genellikle arazinin ve yapıların 3B modelleri olmadan sadece vaziyet planları ile çizim ve aplikasyon yapılmaktadır. Bu durum sahada çok farklı sorunlara sebep olmaktadır. Alanın topografyasının tam işlenmemesi, yapılarda kot farkından kaynaklı istenmeyen karanlık mahaller çıkması, komşu parsel ihlalleri, farklı bloklar arası kot ve kat geçişlerin hatalı olması bu sorunların başında gelmektedir. YBM kullanımını ile henüz proje tasarım aşamasında bu tür hataların önüne geçilmektedir. Şekil 3.2’de imar durumu belgesinin YBM yazılımına aktarılmış hali gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Parsel bilgileri girilerek saha aplikasyonu yapılması.

3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı

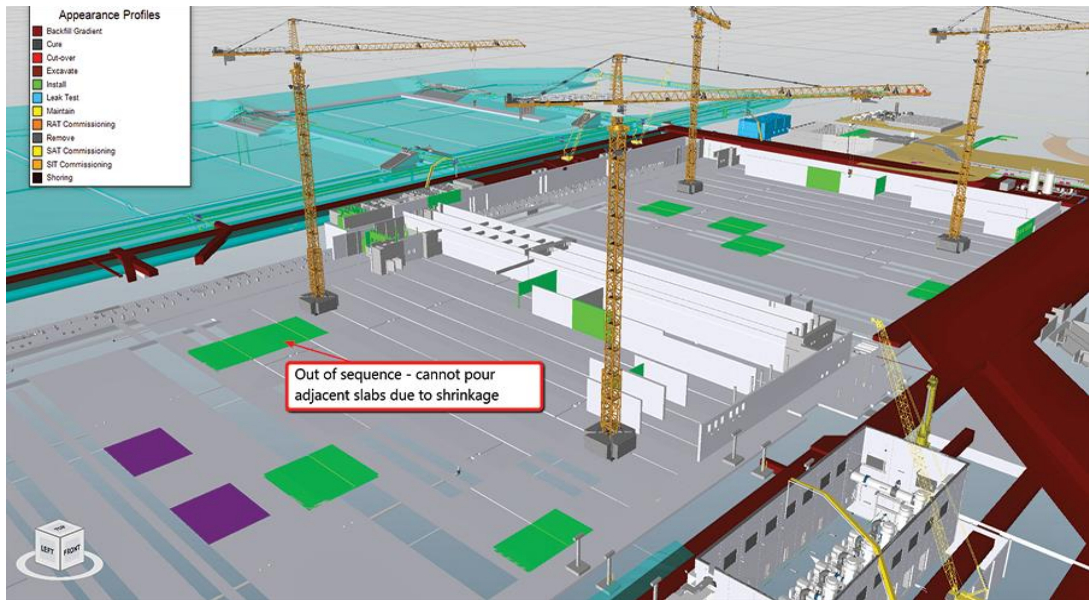
İki boyutlu CAD programlarında yapıların araziye oturumları sadece vaziyet planı olarak görüntülenmektedir. YBM programlarında yapılan arazi ve bina modellemesi ile arazideki kazı dolgu kübaj hesapları net olarak görülmektedir. Bu sayede kazı dolgu kübaj hesaplarında ve yapılacak maliyet analizlerindeki hatalar ortadan kalkmaktadır. YBM tabanlı programların arazi modelleme yapabilmesi için alanın plankotesinin alınıp sisteme girilmesi gerekmektedir. Alan plankotesi GPS, station veya lazerli droneler ile yapılmaktadır. YBM yazılımlarından birinde basit bir arazi modellemesi Şekil 3.3’te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. YBM yazılımda arazi modellemesi.

3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı

Şantiye kurulumlarında yaşanan başlıca problemlerden biri de mobilizasyondur. Yapı yapılacak alan, konaklama alanları, yönetim ofisleri, malzeme depoları, kule vinç kurulum noktaları, yükleme boşaltma rampaları gibi şantiyenin temel taşları olan alanlar iyi konumlandırılmalıdır. YBM programlarında işin uzun vadede imalat yapım akışı iş programlarına bağlanarak fiziki iş gidişatı baştan görülmektedir. Böylece şantiye kurulumu yapılırken ilerde çıkabilecek konumsal sorunlar baştan ortadan kaldırılmış olmaktadır. Şekil 3.4'te şantiye mobilizasyonuna dair görsel bulunmaktadır.

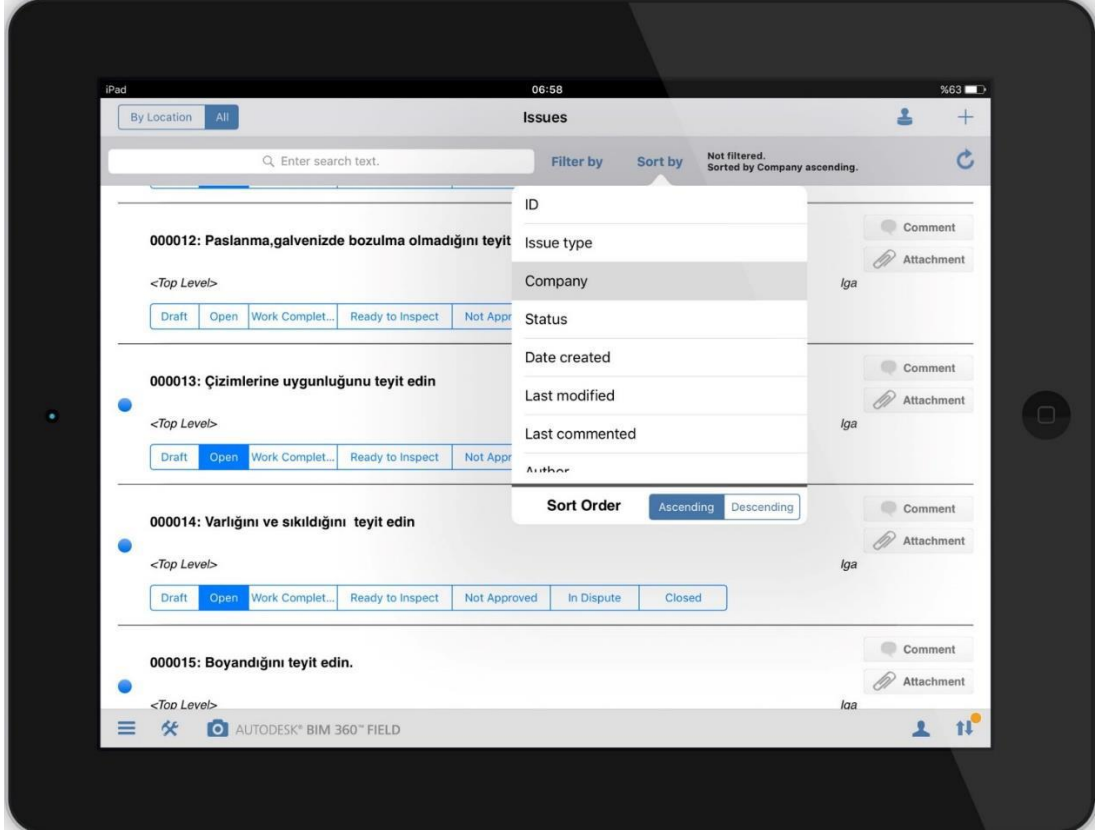


Şekil 3.4. Şantiye alanı planlaması.

3.3.5. İmalatların 3B Kontrol ve Planlaması

YBM programları bulut bilişim teknolojisiyle entegre olarak çalışmaktadır. Projelerde yapılan revizeler aynı anda tüm proje paydaşlarına iletilmektedir. Böylece sahada çalışan teknik personeller ellerindeki tabletlerde imalatları güncel olarak kontrol etmekte ve gerekirse revizeleri anında projelere işlemektedirler. Böylelikle hem sahadaki hataların önüne geçilmekte hem de ileride yapılacak diğer imalatlar için doğru bilgi verilmektedir.

YBM yazılımları, dijital ortamda oluşturulan ve saha imalatında tespit edilen olumsuzlukları kayıt altına almaktadır ve diğer kullanıcıların oluşturduğu olumsuzluk raporlarını gözlemlemektedir. Olumsuzluk raporu oluşturulmadan önce saha imalatı modele ya da iki boyutlu onaylı çizimlere göre kontrol edilmektedir. Uyumsuzluk tespit edilir, model ve saha görüntüleri atışmana eklenir, çakışmaya sebep olan ve çakışmadan etkilenen disiplinler belirtilmekte, aks bilgisi eklenmekte ve çözüm önerileri ile birlikte sisteme yüklenerek tüm kullanıcılara iletilmektedir. Bu sayede saha imalatı yapılırken kontrol edilmiş olur, henüz imalat tamamlanmadığı için tespit edilen çakışmalar genelde yeşil kodlu çakışmalardır ve çözümü kolay konulardır. İlgili disiplin personelleri ekiplerini yönlendirir ve sorun ilk etapta çözüme kavuşturulur. Sahada imalata ilişkin nesne ve malzeme tabanlı verinin tabletler yardımıyla sahada kullanımına ilişkin tablet ekranı görüntüsü Şekil 3.5'te örneklenmiştir. Sahada mimar mühendislerin, işverenlerin alt yüklenici ve inşaat işçilerine bilgi aktarımı sahada üç boyutlu görsellerle sağlanabilmektedir (Şekil 3.6).



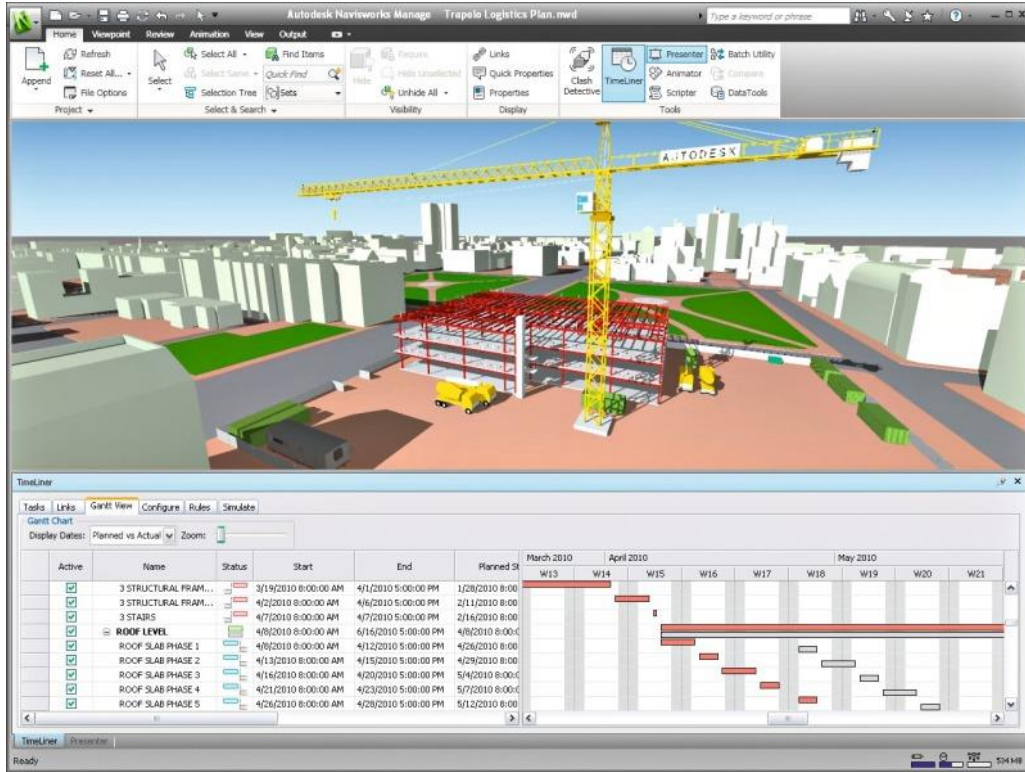
Şekil 3.5. Tablet ortamında ürün bilgilerine ulaşım.



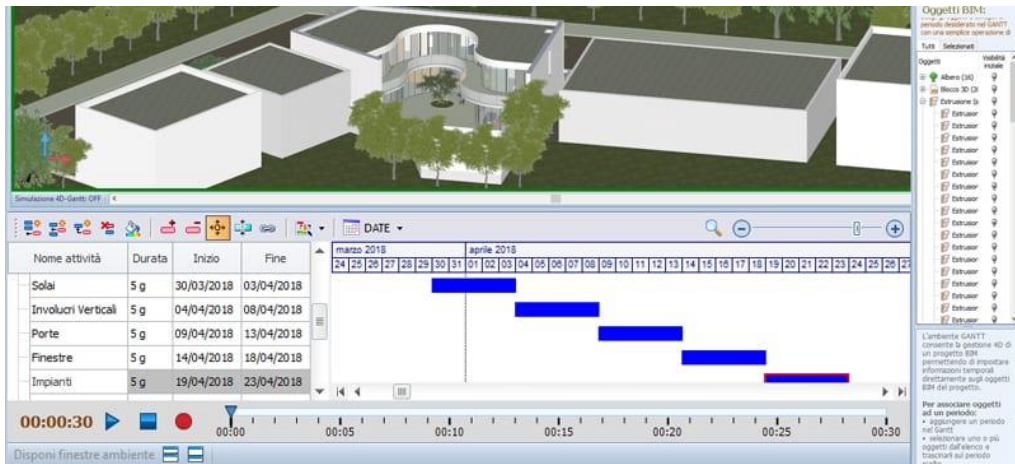
Şekil 3.6. Sahada yapılacak olan imalatın veya revizyonun alt yüklenicilerle 3 boyutlu olarak paylaşılması.

3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında

Yapılar YBM ile tasarlanırken aynı anda arka planda birçok veri işlenmektedir. YBM programları parametrik çalıştığı için yapıların tüm öğeleri birbiri ile etkileşmektedir. Tasarım aşamasında programa girilen verilerde iş programı oluşturulmaktadır. İş kalemlerinin fiyatları da girilerek program tarafından analizler yapılmaktadır. İşin hangi zamanda hangi ilerleme yüzdesine geleceği ve her aşama için ne kadar bütçe harcaması yapılacağı analiz edilmektedir.



Şekil 3.7. YBM model ve iş programı kombinasyonu.



Şekil 3.8. İş yapım aşamalarının zaman çizelgesi.

3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi

Malzeme siparişinin doğru verilmesinde; miktarı, cinsi ve zamanı olmak üzere üç temel bileşen bulunmaktadır. Malzeme siparişinin fazla ya da eksik verilmesi sorun teşkil etmektedir. Fazla verilmesi gereksiz depo işgaline sebep olup zayıt miktarını arttırmaktadır. Zayıt miktarı da hırsızlık olayları ve ustaların fazla bulup malzemeyi müsrifçe kullanmasına neden olmaktadır. YBM programlarıyla iş programına göre çıkarılan malzeme miktarları bu durumun önüne geçmektedir. Malzemenin tedarik süresi ve iş akışına uygun olarak en uygun miktarda malzeme siparişi verilmektedir.

Malzeme cinsinin hatalı olması kendi başına büyük bir sorun teşkil etmekte olup imalatın yapılmaması ya da yapılan imalatların sökülmesine yol açmaktadır. Bu da büyük bir maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır. YBM programlarında çizim aşamasında tüm malzemeler özellikleriyle birlikte tanımlandığı için malzeme sipariş aşamasında sorun yaşanmamaktadır.

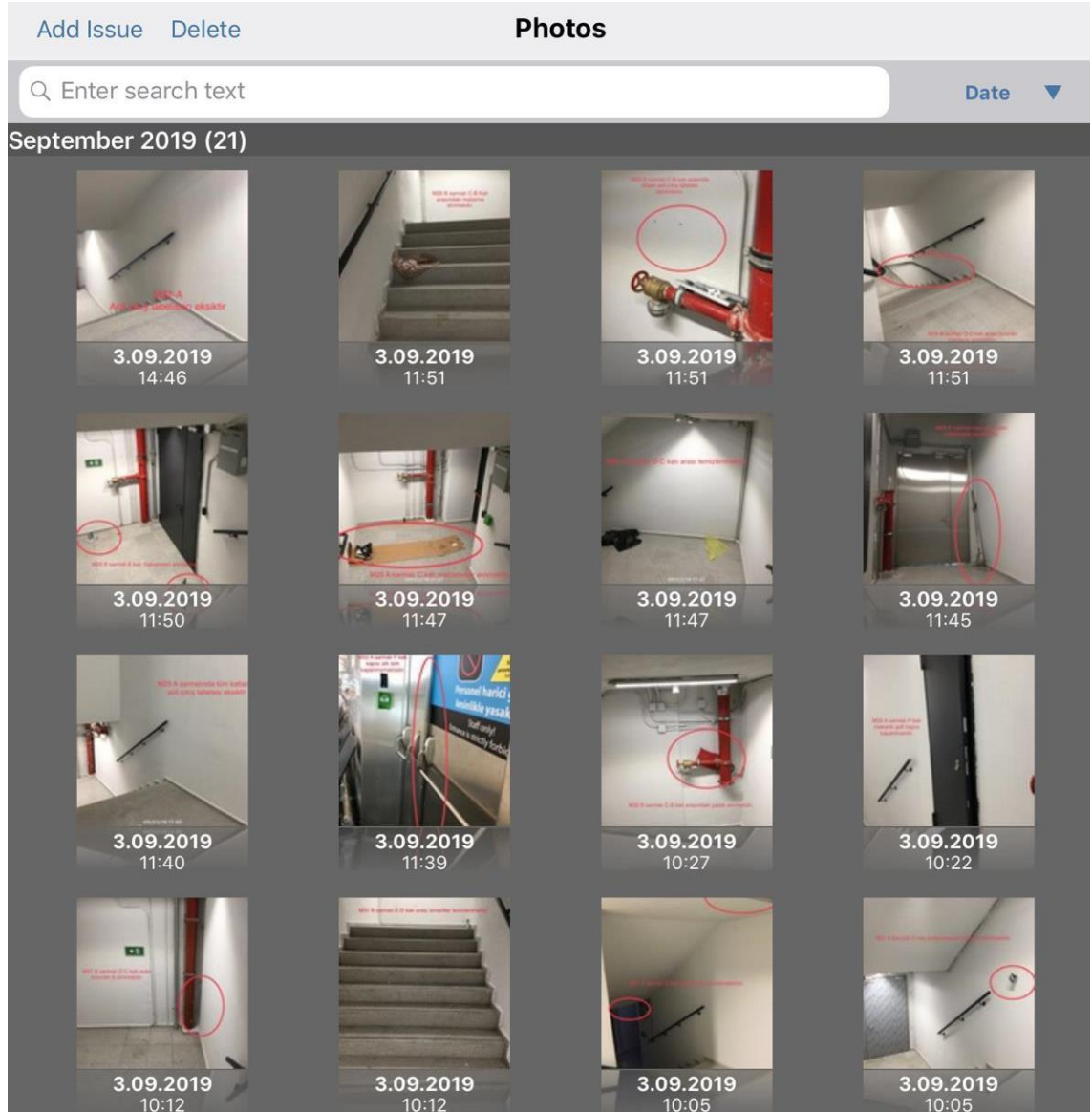
The screenshot shows the YBM software interface with a schedule table titled '<DUVAR İÇİN YAPI ELEMANLARI METRAJI>'. The table has six columns: A (Material Name), B (Base Constraint), C (Family and Type), D (Material Area), E (Material Cost), and F (Maliyet (m²)). The table lists various wall elements, including 'AHSAP LAMBIRI' and 'BOYA' for different floors and wall types. The total material area is 122.60 m² and the total cost is 61.301465 m².

A	B	C	D	E	F
Material Name	Base Constraint	Family and Type	Material Area	Material Cost	Maliyet (m²)
AHSAP LAMBIRI	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	34.23 m²	15.00	513.48
AHSAP LAMBIRI	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	22.42 m²	15.00	336.258
AHSAP LAMBIRI	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	11.00 m²	15.00	165
AHSAP LAMBIRI	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	10.86 m²	15.00	162.91875
AHSAP LAMBIRI	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	22.42 m²	15.00	336.258
AHSAP LAMBIRI	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	32.60 m²	15.00	489.036
Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI: 6			133.53 m²		2002.95075
AHSAP LAMBIRI	01_Birinci Kat	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	49.32 m²	15.00	739.8
AHSAP LAMBIRI	01_Birinci Kat	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	34.35 m²	15.00	515.237938
AHSAP LAMBIRI	01_Birinci Kat	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	23.13 m²	15.00	346.905
AHSAP LAMBIRI	01_Birinci Kat	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	7.27 m²	15.00	109.069557
AHSAP LAMBIRI	01_Birinci Kat	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	24.45 m²	15.00	366.705
AHSAP LAMBIRI	01_Birinci Kat	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	43.28 m²	15.00	649.189503
Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI: 6			181.79 m²		2726.906998
AHSAP LAMBIRI	02_Cati Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	13.94 m²	15.00	209.06331
Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI: 1			13.94 m²		209.06331
AHSAP LAMBIRI: 13			329.26 m²		4938.921058
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	30.88 m²	0.50	15.441773
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	20.52 m²	0.50	10.261267
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	10.16 m²	0.50	5.081443
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	10.02 m²	0.50	5.012068
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	20.52 m²	0.50	10.261267
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI	30.49 m²	0.50	15.243647
Basic Wall: DIŞ CEPHE DUVARI: 6			122.60 m²		61.301465
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.37 m²	0.50	0.183779
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.15 m²	0.50	0.073385
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.37 m²	0.50	0.183779
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.30 m²	0.50	0.149827
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.37 m²	0.50	0.183779
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.30 m²	0.50	0.149827
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.37 m²	0.50	0.183779
BOYA	00_Girig Katı	Basic Wall: SIVA İÇİN DUVAR	0.15 m²	0.50	0.073385

Şekil 3.9. YBM ile metraj ve keşif listeleri çıkarma.

3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi

Proje revizelerinin tüm paydaşlara aynı anda paylaşılması işin akışı için kritik öneme sahiptir. Güncel projelerin paydaşlara zamanında iletilmesi, imalatların doğru yapılması ve siparişlerin doğru verilmesini sağlamaktadır. Sahadaki imalatların teknik ofise zamanında ve doğru verilmesi hakedişler için de büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Aynı zamanda şantiyeden ofise giden bilgiler projelere üretim süreciyle eş zamanlı olarak işlenebilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Şantiyeden fotoğraf yardımıyla ofise bilgi verilmesi.

3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması

İmalatların doğru yapılması tüm yapım sürecinin temel taşıdır. Doğru imalat işin zamanında bitmesi ve maliyetlerin öngörülen miktarlarda bitmesine büyük fayda sağlamaktadır. YBM kullanılarak tasarlanan projelerde çakışma paftaları ve revize projeler güncel olarak saha ekibinin elinde olduğu için imalatlar miktar, mahal ve cins olarak doğru yapılmaktadır. Bu da büyük bir zaman ve finansal anlamda kazanç sağlamaktadır. İnşaat alanında yapılan imalatların projesine uygun olup olmadığının da sıkı bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple yine YBM yazılımlarının tabletlerde kullanılabilen uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalarla sahada mimari, statik, elektrik, mekanik, sıhhi tesisat projelerini ayrı ayrı açıp bakmadan, tek bir uygulama ile yerinde kontrol yapılabilir (Şekil 3.11).



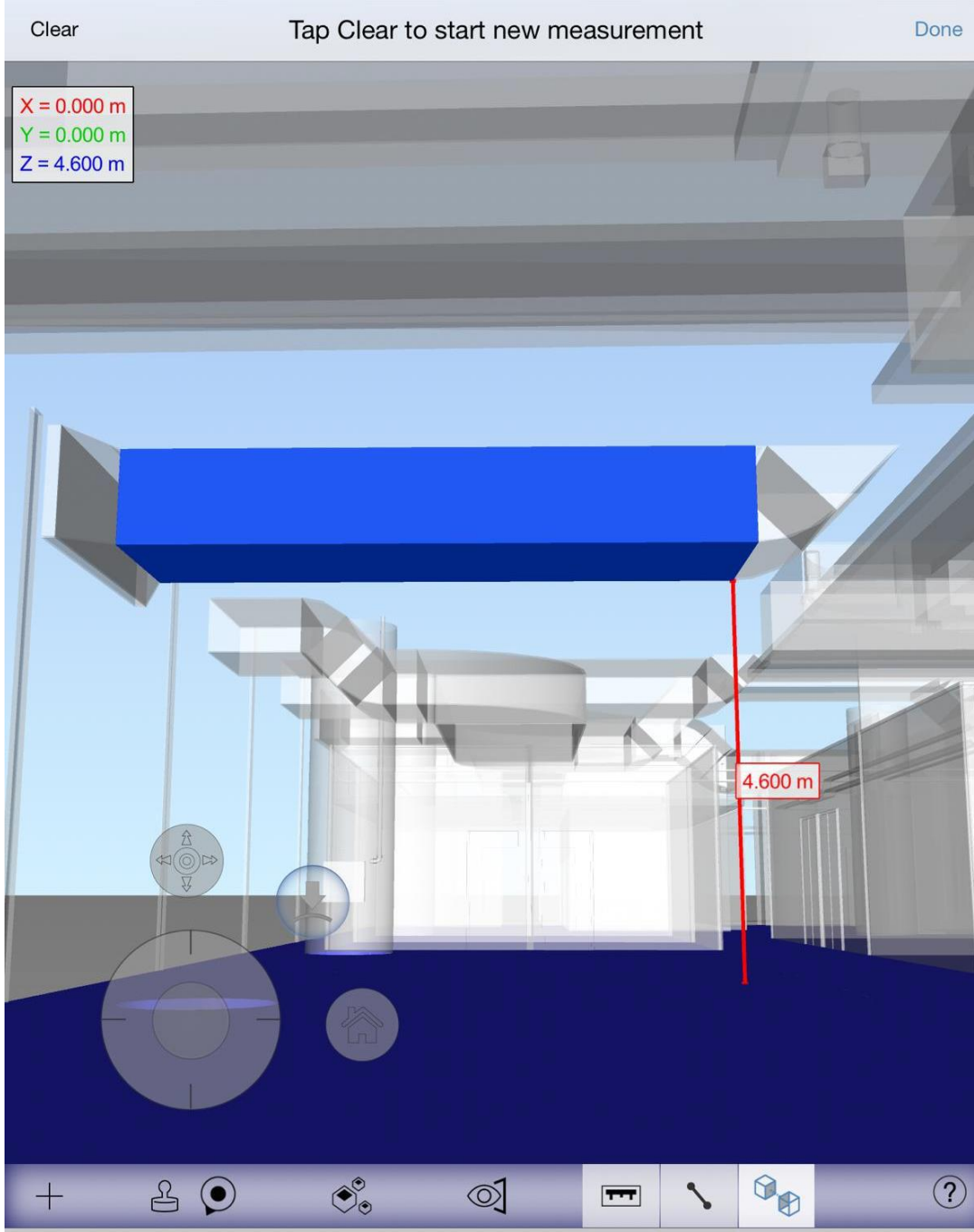
Şekil 3.11. Autodesk 360, tablet uygulamasıyla inşaat alanında projedeki ve yerindeki imalatların kontrolü.

3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması

Farklı disiplinler tarafından yapılan tüm imalatlar birbirini etkilemektedir. Bir sonraki iş kalemine ait imalatın doğru ve zamanında yapılabilmesi için her imalat doğru ve zamanında yapılmalıdır. YBM kullanılarak yapılan tasarımlarda çakışma analizi olduğu için imalatlar bu doğrultuda yapılmaktadır. Böylece sonraki aşamalarda yapılacak imalatların önü açılıp işin akışı rahatlatılarak geri dönüşlerin önüne geçilmektedir. Yüklenici ve idari kontrol arasında ortaya çıkacak olan resmi yazışma süreleri de baştan engellenmiş olmaktadır.

3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansıması

YBM kullanarak tasarlanan yapılarda saha ekibince imalat aşamasında tespit edilen uyumsuzluklar revize edilerek tüm paydaşlara iletilmektedir. Böylece ilgili mahalde sonradan yapılacak diğer iş kalemleri için önceden revize bilgi verilmektedir. Projedeki modelin bilgileri şantiye alanında ölçülebilir, sayısal veri içermektedir. Yerinde yapılan imalatlarda ortaya çıkan farklılıklar da proje modeline işlenebilmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Üç boyutlu model üzerinden ölçü alınması.

3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması

İnşaat yapım işlerinde iş bitimiyle birlikte as built (uygulanan nihai proje) projelerin çizimine başlanmaktadır. Bu projeler işletme aşamasında ortaya çıkabilecek yapısal sorunlara müdahale etmek ve yapının nihai halini bilmek için çizilmektedir. As builtler, projenin büyüklüğüne bağlı olarak yaklaşık 2-30 gün arasında tamamlanmaktadır. YBM kullanılarak tasarlanan ve uygulanan projelerde imalat aşamasında yapılan revizeler projeye anında yansdığı için işin sonunda tekrardan bir as built proje çizmek gerekmez. Yapım işinin tamamlanmasıyla birlikte as built de tamamlanmış olmaktadır.

3.4. HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI VE FAYDALARI

Hakediş, yapım esnasında yüklenici ile işveren arasında imzalanan sözleşmede yer alan maddelere uygun olarak, verilen hizmet karşılığında hak edilen maddi bedelin belli zaman aralıklarında talep edilmesi amacıyla takip edilen prosedürel işlemler bütünüdür. Yapım işini üstlenen yüklenicilerin, sağladıkları hizmetin sayısal/sözel açıklamalarını ve karşılığında alacakları maddi bedelin onaylanması için proje sahibine sunulan dosya bütünü olan hakediş, kısaca “Bugüne Kadar Yapılmış İşlerin Bedeli” (Price for Work Done to Date) veya “Yüklenicinin Payı” (Contractor's Share) olarak bilinmektedir (Abualdenien ve Borrmann, 2018).

Yapım sürecinden itibaren yüklenici ile işveren arasındaki finansal ilişkinin sağlıklı şekilde yürütülebilmesi projenin karakterine uygun hakediş yönteminin belirlenmesi ile sağlanmaktadır. Doğru hakediş türünün seçilebilmesi için, yüklenici ile işveren arasındaki hizmet/ödeme ilişkisini açık şekilde ortaya koyan yapım sözleşmesi yöntemi ve proje kapsamı belirlenmiş olmalıdır.

Temel olarak, anahtar teslim götürü bedel ve birim fiyatlı olmak üzere iki tür hakediş vardır. Anahtar Teslimi Götürü Bedel yöntemi, 2003 yılından itibaren kamu ihalelerinde kullanılmaktadır. Kamuya ait projelerde uygulama projeleri, teknik şartnameler, mahal listelerine göre yaklaşık maliyet oluşturularak teklif verilmektedir. Bu teklif iş bitiminde en fazla %10 aşılması söz konusu olabilmektedir. Bu sebeple de ilk hazırlanan yaklaşık maliyetin doğru olması çok önemli bir husustur (Kanıt ve Baykan, 2004).

Anahtar teslim götürü bedel yöntemiyle kesinleştirilemeyecek olan işlerde ise birim fiyatlı sözleşme düzenlenmektedir. Bu ihale yöntemi, ön veya kesin projelere ve mahal

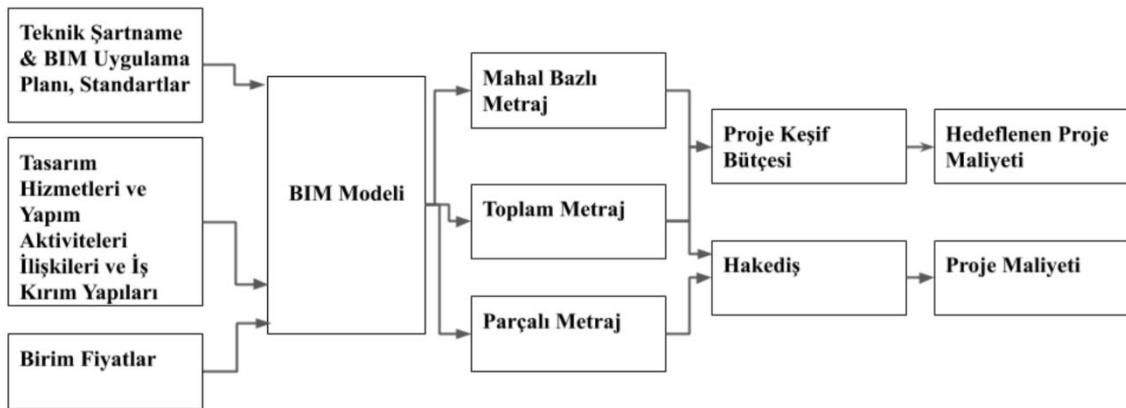
listelerine dayanarak hazırlanmaktadır. İdare tarafından hazırlanan cetvelde iş kalemi miktarı ve istekli tarafından teklif edilen birim fiyatların çarpımı sonucu oluşturulan bir ihale sistemidir (T.C. Resmi Gazete, 22/1/2002 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu). Hangi yöntemle ihale hazırlanacak ya da istekli olunacaksa, doğru metraj bilgisi hem idare hem de istekli açısından çok önemlidir.

3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı

Hakedişlerin temelini metrajlar oluşturmaktadır. Sahadan alınan metrajların doğruluğu hakediş doğruluğunun temel taşıdır. YBM kullanılarak uygulanan projelerde revizeler anlık olarak hakediş ofisine yansıdığı için doğru ve zamanında hakediş yapılmış olur. Geleneksel hakediş yöntemlerinde her hakediş döneminde sahaya ölçüye çıkılıp metraj alınmaktadır. Fakat bu durumda metraj her aşamada alınmadığı için gözden kaçan veya unutulmuş imalatlar olabilmektedir. YBM’de revizeler her an işlendiği için gözden kaçan iş kalemleri olmamaktadır (Song vd., 2014).

3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Anlaşmazlıklarının Sonlandırılması

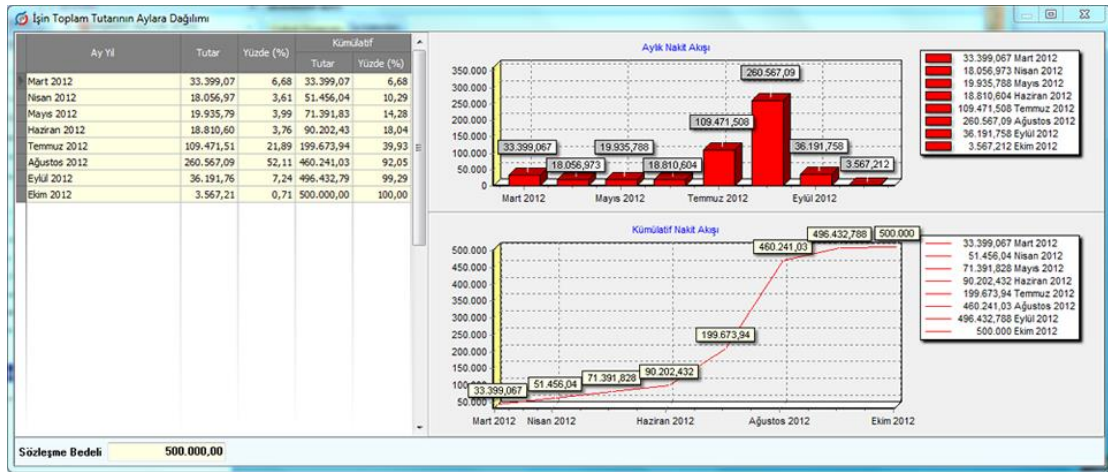
Hakediş aşamasında işverenle yüklenici arasında ortaya çıkan en büyük sorun metraj farklılıklarıdır. Metraj farklılığının sebepleri arasında yapılan imalatların üstünün kapanması, revizelerin zamanında projeye işlenmemesi ve taşeronların yapmadıkları işin bedelini almaya çalışması gibi durumlar gösterilebilir. Şekil 3.13’de YBM kullanıldığında tüm imalatlar ve revizeler projeye anında işlenip paydaşlara iletildiği için bu durumların önüne geçilmektedir (Zorlutuna, 2019).



Şekil 3.13. İdare ve işveren arasındaki proje maliyeti farkları.

3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması

Şantiyelerde tüm işler zincirleme bir reaksiyon gibidir. İşin başından sonuna kadar her iş birbiriyle doğrudan ya da dolaylı olarak alakalıdır. Şantiyenin kurulumundan kesin kabule kadar olan sürecin tamamı bir döngü olarak devam etmektedir. Herhangi bir aşamada sorun yaşanması tüm gidişatı sekteye uğratmaktadır. İşte bu noktada baştan sona sistemli, programlı çalışmanın gerekliliği ve YBM programlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.14'de YBM sayesinde işler planlı, zamanlı ve doğru olarak yürüyerek tüm bu sürece fayda sağlamaktadır. İşler doğru yürüdükçe en üstten en alt birime kadar nakit akışı hızlı olup işin yürümesine fayda sağlanmaktadır. Ayrıca değişen enflasyon ve kur farklılıklarından daha az etkilenilmesi sağlanmış olmaktadır. (OSKA, 2021).



Şekil 3.14. Oska programı nakit akışı diyagramları.

3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama

Hakediş dönemi, yapılan tüm işlerin nihai sonucu olan ve tüm paydaşların mutlu olduğu bir dönemdir. Bu dönemin sancılarının azalması ve hızlı sonuç alınması için saha verilerinin verimli kullanılması gerekmektedir. Hakediş hazırlama konusunda farklı ülkelerin farklı yönetmeliklere tabi olması sebebiyle çeşitlilik göstermektedir. Bu sebeple yalın halde YBM programları yetersiz kalmaktadır. Hakedişlerde metraj, yeşil defter, yapılan işler, fiyat farkı, hakediş icmali, fiyat farkı kesintileri, revize birim fiyat, porsantaj vb. hesaplar bulunmaktadır. YBM programları bu noktalarda zayıf kalmakta ve hakediş programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. YBM programlarından metraj verisi alındıktan sonra kalan tüm aşamalar hakediş programları tarafından yapılmaktadır. Metraj bilgileriyle birim fiyatların çarpılması sonucu yaklaşık maliyet ve kesin hesaplar

hesaplanabilmektedir (Şekil 3.15). Bu kapsamda Türk yazılımı olan Oska ve AMP gibi programlar devreye girerken iş planlamasında Primevera gibi programlar kullanılabilir.

METRAJ CETVELİ														
I41											Tarih		02.10.2019	
I42	Proje										Hakediş No		0	
I43	Pafta No -										Poz No		EGİM.DSV.02.A.2	
I44	Poz Tanımı ALCI - MAHALLER (2 cm)													
I45	Açıklama			Adet	Ölçüler (m)			Azı	Çoğu	Birim				
I46					En	Boy	Yükseklik							
I47	KAT 1													
I48	SA SALON Duvar Kaplamaları minha			-1	2,900	1,700	-4,930			m ²				
I49	SA SALON Duvar Kaplamaları			2	1,700	0,090		0,306		m ²				
I50	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,900	0,090		0,261		m ²				
I51	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	4,000	2,750		11,000		m ²				
I52	SA SALON Duvar Kaplamaları minha			-1	2,900	1,700	-4,930			m ²				
I53	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,750	0,400		1,100		m ²				
I54	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,750	0,020		0,055		m ²				
I55	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,750	0,250		0,688		m ²				
I56	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	3,670	2,750		10,093		m ²				
I57	SA SALON Duvar Kaplamaları			2	2,350	0,090		0,423		m ²				
I58	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	3,000	0,090		0,270		m ²				
I59	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,750	0,300		0,825		m ²				
I60	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	3,350	0,400		1,340		m ²				
I61	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,350	0,350		0,823		m ²				
I62	SA SALON Duvar Kaplamaları			2	1,700	0,090		0,306		m ²				
I63	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,900	0,090		0,261		m ²				
I64	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	4,000	2,750		11,000		m ²				
I65	SA SALON Duvar Kaplamaları minha			-1	2,900	1,700	-4,930			m ²				
I66	SA SALON Duvar Kaplamaları			2	1,700	0,090		0,306		m ²				
I67	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	2,900	0,090		0,261		m ²				
I68	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	4,000	2,750		11,000		m ²				
I69	SA SALON Duvar Kaplamaları minha			-1	2,900	1,700	-4,930			m ²				
I70	SA SALON Duvar Kaplamaları			2	2,350	0,090		0,423		m ²				
I71	SA SALON Duvar Kaplamaları			1	3,000	0,090		0,270		m ²				
I72								-19,720	51,011					
I73	Sayfa Toplamı							31,291						

Şekil 3.15. Allplan/Oska iş birliği.

3.5. PROJE MALİYET YÖNETİMİNDE YBM TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJLARI

Binaların fiziksel fonksiyonel özellikleri kaynak platformunda paylaşılabilir. Proje katılımcıları istedikleri zaman bilgileri tamamlayabilmekte, çıkarabilmekte ve güncelleyebilmektedir. Her bir kişinin sorumluluklarını ve görevlerini netleştirebilmektedir ve ayrıca karar vericiler için bilgi ve referans sağlayabilmektedir. Bu nedenle, YBM teknolojisinin uygulanmasıyla, iş verimliliğini büyük ölçüde

artırabilmekte, bilginin güncelliğini artırabilmekte ve proje maliyet yönetimini daha rafine ve dinamik hale getirebilmektedir.

3.6. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünyadaki teknolojik gelişmelere ve nüfus artışına paralel olarak inşaat sektörü de gelişmekte ve gittikçe daha karmaşık ve kompleks yapılara ihtiyaç duyulmaktadır. Önceki dönemlere göre çok daha büyük, karmaşık ve yönetimi zor yapılar, inşa edilmeye başlanmıştır. Bina yapım projelerinde temel 4 proje olan mimari, statik, elektrik ve mekanik projeleri artık karmaşık bir yapıyı verimli olarak yapmak için yetmemektedir. Bu temel projelerin haricinde sürdürülebilir yapılar için; enerji analiz modülleri, ışık gölge analizleri, yeşil bina tasarımları, akustik düzen tasarımları, yalıtım hesapları ve çevresel etmen analizleri gibi birçok veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca tasarlanan yapıların iş programına uygun sürede ve ön görülen yaklaşık maliyette bitirmesi de sürecin en önemli yapı taşlarından (Uğur ve Baykan, 2008). Tüm bu etmenler göz önünde bulundurulduğunda bunların tamamını kapsayacak bir sisteme ihtiyaç duyulmuştur. Bu noktada Yapı Bilgi Modelleme (YBM)- Building Information Modelling (BIM) ön plana çıkmıştır. En kısa tanımıyla, yapıyı fiziki olarak üretmeden önce sanal olarak inşa edip ortaya çıkabilecek sorunların önceden tespit edildiği sistemdir.

Chen ve Tang'ın araştırmasında, bina yapısı bakımının verimli zamanlamasını ve maliyet planlamasını uygulamak için Yapı Bilgi Modellemesini (YBM) dijital programlamayla bütünleştiren yenilikçi bir yönetim iş akışı tasarımı önerilmiştir. Yapılan çalışma ile gelecekteki işletme ve bakım aşamasının yönetim performansını ve bakım verimliliğini iyileştirmek için geleneksel bakım yönetimini dijital teknolojilerle entegre etmeye katkı sağlanmıştır (Chen ve Tang, 2019).

Mevcut YBM tabanlı Modüler entegre yapı risk yönetimi (MiCRM) araştırmalarında zamanlama ve maliyetle ilgili riskler çok dikkat çekerken, tesis yönetimi, sürdürülebilirlik ve güvenlik riskleri büyük ölçüde göz ardı edilmektedir. Belirlenen boşluklara dayalı olarak yapılan çalışmada, YBM tabanlı MiCRM'nin tam şekilde anlaşılmasına katkı sağlanmış, gelecekte endüstride uygulanması ve geliştirilmesi için referans sağlanmıştır (Darko, A., Chan, A. P.C., Yang, Y., & Tetteh, M. O., 2020)

Türkiye'de de tüm dünyada olduğu gibi mühendislik ve mimarlık firmaları çalışma yöntemlerinde YBM'ye geçiş yapmaya başlamıştır. Bu doğrultuda yapılan bir çalışmada

Antalya, Ankara ve İstanbul'da bulunan yedi farklı firma ile röportaj yapılarak, elde edilen bulgular YBM'ye öncülük eden iki ülkedeki en iyi uygulama rehberleri ile kıyaslanarak tartışılmıştır. Bu çalışma sonucunda karşılaştırma ve değerlendirme yapılarak elde edilen bulgular ile Türkiye'nin YBM konusundaki durumu incelenmiş, gelecekte yapılması planlanan çalışmalara kaynak niteliğinde eser ortaya konulmuştur (Pekerikli, M. K., Sarı, R., & Tanyer, A. M., 2017).

Mimarlık firmaları ve küçük ölçekli projelerde YBM verimliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, küçük ölçekli bir firmada proje tasarım aşamasında geleneksel yöntem ile YBM karşılaştırıldığında YBM'nin daha verimli çalışma yöntemi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca YBM kullanılmasının büyük ölçekli firmalarda avantaj sağladığı, küçük ölçekli firmalarda ise YBM'nin deneyimlenmesi ile olumlu sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır (Toklu, 2020).

Son yıllarda Yapı Bilgi Modellemesi kullanımı, inşaat atık yönetimi konusunda veri zenginliği, görselleştirme ve simülasyon yetenekleri, proje düzeyinde inşaat atığı yeniden kullanım ve geri dönüşüm planlamasının geliştirmesine fırsat tanıdığı için ivme kazanmıştır. Bu doğrultuda yapılan çalışmada, inşaat projeleri boyunca beton ve alçıpan atık Ar-Ge planlaması için 4D-BIM ile entegre zamansal tabanlı algoritmalar önerilmiştir. Çalışma ile 4D-BIM kullanarak; yerinde atık yeniden kullanım fırsatları önceden planlanması, böylece kaynak geri kazanımının iyileştirilmesi ve atık depolama alanlarındaki atık bertarafının en aza indirilmesi sağlanmıştır (Guerra, B. C., Leite, F., & Faust, K. M., 2020).

Proje yöneticileri tarafından, gereksiz işlerden, zaman ve maliyet israfından kaçınmak amacıyla proje koşullarını simüle etmek için YBM'nin nasıl kullanılabileceğinin araştırıldığı çalışmada; proje yöneticilerinin bu konuda yeterli bilgiye sahip olmadığı görülmüştür. Yapılan çalışma neticesinde proje yöneticilerinin başarılı projeler sunması konusunda YBM'nin geleneksel yöntemlere kıyasla daha iyi bir temel sağladığı belirlenmiştir (Fazli, A., Fathi, S., Enferadi, M. H., Fazli, M., & Fathi, B., 2014).

Yapılan bir çalışmada, Brezilya inşaat sektöründen profesyoneller ile yapılan ankete dayalı olarak, bir bina inşaatı 4D Modelinin planlama ve kontrol için temsili ve analizine yönelik stratejilerin tartışılması ve 4D Modellemenin inşaat proje yönetiminde öneminin ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, inşaat sektörünün profesyonel vizyonuna dayalı olarak analiz edilen yönlerle

ilgili olarak 4D Modellemenin önem derecesini ve uygulanabilirliğini göstermiştir (Brito ve Ferreira, 2015).

İhale süreçlerinin yarattığı yoğunluk göz önüne alındığında hizmet alımı yapmanın daha ekonomik bir çözüm olduğu görülmektedir. Dolayısıyla zaman kaybının yanı sıra maddi kayıp da meydana gelmektedir. Bu konu ile ilgili olarak Taboada ve Garrido-Lecca'nın yaptığı çalışmada YBM ile geleneksel yöntem adam/saat bazında karşılaştırılmıştır. Çalışma neticesinde toplam süre açısından ise %64; zaman açısından %48 oranında fayda sağlandığı görülmüştür (Taboada ve Lecca, 2016).

Kırzioğlu ve Gelişen yaptıkları çalışmada, YBM'nin teknolojik üstünlüklerini geleneksel yöntemler ile kıyaslamış ve ihale teklif sürecinde ihale ve idareye katılmayı planlayan firmalara sağlanacak faydaları ortaya koymuşlardır. YBM'nin idareciler tarafından yalnızca teklif sürecinde değil aynı zamanda sözleşme ve yapım aşamasında da zorunlu hale getirilmeye çalıştıkları görülmüştür (Kırzioğlu ve Gelişen, 2020).

4. BULGULAR VE VAKA ÇALIŞMALARI

Bu bölümde YBM kullanımının inşaat yapım projelerinde ihaleden kesin kabule kadar süreçte zaman ve maliyet etkileri vaka çalışmalarıyla sunulmuştur. Tezin önceki bölümlerde literatür taraması, YBM'in kapsamlı tanımları, Dünya'da YBM kullanımı, proje aşamasında kullanımı, yapım aşamasında kullanımı ve hakediş aşamasında kullanımına detaylı olarak yer verilmiştir.

Bu saha çalışmasında, tez yazarının şantiye şefi olarak görev aldığı vakalar üzerinden çalışma yürütülmüş ve Türkiye genelinde çeşitli illerde yapılan bir takım inşaat projeleri ele alınmıştır. İncelenen her vakada farklı verilere ulaşılmıştır. Veri toplama yöntemi olarak da şantiye defterlerinin incelenmesi ve ilgili şantiye şeflerinden alınan verilerin derlenmesi metodu kullanılmıştır. Fakat bazı şantiyelerin şantiye defterlerinde tüm verilere ulaşılamaması veya ilgili firmaların tüm verilerini paylaşmak istememeleri sebebiyle veri eksikleri oluşan vakalar tez kapsamı dışında tutulmuştur. Genel çıkarım yapılabilecek kadar veriye ulaşılan vakalar konu edilmiştir. Tüm veriler tablo halinde hazırlanıp zamansal ve ekonomik değerlendirme yapılmıştır.

4.1. ELAZIĞ, PEYNİR ÜRETİM FABRİKASI VE SOĞUK HAVA DEPOSU

Proje Elazığ İli Merkez İlçesinde uygulanmıştır. Yapı fonksiyon olarak süt ürünleri ve peynir işleme tesisidir. İşletmeye alınan ham sütler gerekli içerik testleri yapıldıktan sonra pastörize kazanlarında ısıtılmaktadır. Mayalanarak peynir hammaddesine dönüşen ürün peynir kazanlarında yoğrulup paketlenildikten sonra işletmenin içinde yapılmış olan soğuk hava depolarına alıp -20 ile 0 derece aralığında bekletilip satışa sunulmaktadır. Toplam inşaat alanı 1226,85m² olup sözleşmeye göre işin tamamlanma süresi 150 takvim günüdür. Bir katlı betonarme olan yapı, 2015 yılında tamamlanmıştır.

İş kalemleri tanımlandığı numara koduyla açıklanmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda ortaya çıkan detaylı veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Peynir üretim fabrikasında alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ KAYIP GÜN SAYISI (a)	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
PROJE ÇİZİMİNDE BIM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Tasarımdan kaynaklanan hatalar		0	0		0	0	0,00
	Proje çakışmaları	Statik proje ile mekanik projede çakışma görüldü. Mekanik proje revize edildi.	2	500,00		2.000,00	5.000,00	0,53
	Yönetmeliklere uyumsuzluk	Yangın projesi hatalı görülüp revize edildi.	2	500,00		2.000,00	5.000,00	0,53
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)							0,00
	3 boyutlu görselleştirme	3D proje ile 2D proje arasında farklılıklar çıkmış olup 3D revize edildi.	2	750,00			1.500,00	0,16
	Zaman planlanması		0					0,00
	Maliyet planlanması		0					0,00

Çizelge 4.1. (devam) Peynir üretim fabrikasında alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
	YILDIRIMLAR SÜT ÜRÜNLERİ FABRİKASI Y.M.785.654,00TL							
İHALE DOSYALARINDA BIM KULLANILMAMASIN-DAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Şartname	Projede belirtilen malzemeler şartnamede hatalı özelliklerde yazılmış olup şartname revize edildi	1	200,00		2.000,00	2.200,00	0,23
	Metraj	Projede belirtilen malzemelerin metraji hatalı özelliklerde yazılmış olup metrajlar revize edildi	2	200,00		2.000,00	4.400,00	0,47
	Keşif		0					0,00
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI BIM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	Saha aplikasyonu hatalı olduğu temelin yarısı kazılınca fark edilip iş durduruldu.	3	2.500,00		2.000,00	13.500,00	1,43
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı	Kübaj hesabı hatalı yapıp beklenenden fazla olarak 235 m ³ fazla harfiyat alındı.	4	2.500,00		2.000,00	18.000,00	1,91
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı	Sahada barınma alanlarının yerinin hatalı olduğu dış cephe çıkmaları yapılırca anlaşılıp yer değişikliği yapıldı.	2	2.400,00	12.500,00		17.300,00	1,84

Çizelge 4.1. (devam) Peynir üretim fabrikasında alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	YILDIRIMLAR SÜT ÜRÜNLERİ FABRİKASI Y.M.785.654,00TL		KAYIP GÜN SAYISI (a)					
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI BİM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması							0,00
	3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında							0,00
	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	Sipariş verilen seramik özel imalat olup il dışından gelmektedir. 115 m ² eksik sipariş verilmiş olup tekrar malzeme temini 15 gün sürdü.	8			2.000,00	16.000,00	1,70
	3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi							0,00
	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması							0,00
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	Proje revizesine rağmen yapım sırasında kiriş havalandırma kanalıyla çakışmış olup, soğuk oda tavan panelleri montaj edilemedi. Paneller yeniden ölçülendirip montaj edildi.	2	1.500,00	47.525,00	2.000,00	54.525,00	5,79

Çizelge 4.1. (devam) Peynir üretim fabrikasında alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASIN DAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	İmalat revizeleri projeye yansması sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri gecikmeli olarak revize edildi.	3	500		2.000,00	7.500,00	0,80
	3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	Yapım işi bittikten sonra as built proje için proje ekibi 5 gün hizmet alımı yaptı.	1	500			500,00	0,05
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	Hakediş ofisine metraj bilgilerinin sahadan çok geç gelmesinden kaynaklı hakediş gecikmeleri yüklenici ile işveren arasında iş durdurma sorunlarına sebep oldu.	2	200		2.000,00	4.400,00	0,47
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	Hakediş ofisine metraj bilgilerinin hatalı gelmesi işverenle yüklenici arasında problemlere sebep olup tekrar tekrar ölçüye çıkıldı.	1	500			500,00	0,05

Çizelge 4.1. (devam) Peynir üretim fabrikasında alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	YILDIRIMLAR SÜT ÜRÜNLERİ FABRİKASI Y.M.785.654,00TL		KAYIP GÜN SAYISI (a)					
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması	Hakedişler ve nakit akışının hızlanması imalatları hızlandırmaktadır. Tam tersi durumlar her ay işleri 2 gün kadar geciktirmiştir.	2	0		2.000,00	4.000,00	0,43
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	Hakediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak için hakediş ofisinde aylık ortalama 2 günlük fazla mesai yapıldı.	2	500			1.000,00	0,11
	Toplam Kayıp Gün		39			Toplam Fazla Maliyet	155.325,00	

3.1 Yapıda mimari tasarımdan kaynaklanan herhangi bir gecikme ya da revize yaşanmamıştır. Tasarımı yapılırken son kullanıcı ile birebir çalışılarak tüm ihtiyaç programına göre ve resmi otoritelerin belirlediği standartlara göre tasarlanmıştır.

Statik ve mekanik projelerin tasarımı tamamlandıktan sonra havalandırma kanalları ile kirişler arasında çakışma olduğu tespit edilip mekanik proje revize edilmiştir.

3 boyutlu proje ile 2 boyutlu proje arasında farklılıklar çıkması sebebiyle 3 boyutlu proje revize edilmiştir.

3.2 Projede belirtilip talep edilen bazı ince iş kalemleri ve tefrişler şartname hazırlanırken dikkat edilmeyip idareye mühendislik hizmeti veren firma tarafından hatalı seçilmiştir. Süt ürünleri imalathanelerinde anti asit 10x10x1,2 cm ebatında seramik kullanmak gerekirken normal ıslak hacim seramikleri seçilmiştir. Tefrişlerin de tamamının anti bakteriyel, kapı pencerelerinde anti bakteriyel nitelikte olması gerekirken şartnamede bu detaylara yer verilmemiştir.

3.2 Keşif metraj hataları, geleneksel olarak hazırlanmış olan hemen hemen her projede olduğu gibi bu projede de gözlemlenmiştir. Özellikle hafriyat kübaj hesabında ve temel yalıtım bohçalama işlerinde metraj hataları çıkmıştır. Mimari projede yapılan birkaç pencere boyutlandırma revizeleri de metraj yapan ekibin gözünden kaçmış olup bunlar da revize edilmiştir.

3.3.2 Harita mühendisleri tarafından yapılan saha uygulamasında vaziyet planının parsel oturmadağı müştemilat olarak kullanılacak yapıların parsel yaklaşma sınırını ihlal ettiği tespit edilmiştir. Fakat bu tespit ilgili yapıların temel kazıları yapıldıktan sonra fark edilince kazılar tekrar doldurup vaziyet planı revize edilip kazılara başlanmıştır.

3.3.3 Vaziyet planında arazinin eğimli yapısı göz ardı edilerek kübaj hesabı yapılmıştır. Arazide yapılan kazılarda kot farkından kaynaklı olarak fazladan 253 m³ hafriyat alındı. Alınan bu hafriyatta beklenenden fazla derinliğe ulaşıldığı için kaya zemine denk getirilmesi sebebiyle kırıcı eskavatör çalışmak zorunda kalmıştır.

3.3.4 Sahada vaziyet planına göre yerleşimler yapıp konteyner ofisler ve barınma alanları yerleştirilmiştir. Ancak müştemilat yerlerinin hatalı çıkmasından kaynaklı olarak tüm mobilizasyon yeniden yapılmıştır.

3.3.7 Proje safhasında yapılan metraj revizesine rağmen uygulama firmasının proje

okumasından kaynaklı olarak anti asit seramik metrajı 115 m² eksik sipariş verilmiştir. İl dışından özel siparişle gelen bu malzemenin gelmesi 15 gün işleri geciktirmiştir. Buna bağlı olarak devam edecek olan soğuk odalar ve havalandırma sistemleri de 15 gün gecikmeli olarak devam etmiştir.

3.3.10 Proje tasarım aşamasında fark edilip düzeltilen statik mekanik çakışmalarına rağmen uygulama sırasında uygulama hatalarından ve uygulama zorunluluklarında kaynaklı çakışmalar çıkmıştır. Mekanik proje tasarımcılarının tasarladığı kanal ve boru hatları hesap hataları uygulama firması tarafından tespit edilip çap büyütmeleri istenmiştir. Bu durumda ortaya çıkan çap büyümeleri kot düşmelerine ya da yatay büyümelere sebep olmuştur. Kot düşmeleri istenmediği için yatay kanal büyümeleri tercih edilmiştir bu durum da elektrik tavalarında probleme sebep olmuştur. Zincirleme revizeler gerçekleşip yapıma devam edilmiştir. Ayrıca kirişlerin ölçüsüne göre sipariş verilip imal ettirilen soğuk hava odası panelleri de revize ölçüye göre kesilip montaj edilmiştir.

3.3.11 Saha ekibince imalat aşamasında tespit edilen uyuşmazlıklar imalat olarak revize edilmesine rağmen anında projede revize edilmediği için sonraki iş kalemini yapacak paydaşlar bu duruma hazırlıksız yakalanmaktadır. Bu durumda sonraki imalatları yapacak paydaşlara revize projelerin verilmesi için zaman istenmiş işler zincirleme olarak geciktirmiştir.

3.3.12 As-built projelerin alımına yapım işi tamamlandıktan sonra başlanmıştır. Tüm mahallerde yapılan 5 günlük ölçümler ve değerlendirmeler neticesinde as-built projeler tamamlanmıştır.

3.4.1 Metraj bilgisinin sahadan teknik ofise geç gelmesi projelerde revizeler çıkması ve imalat ilerleme yüzdelerinin manuel olarak takip edilmesinden kaynaklanmaktadır. Hakkediş birimine uygulanmış projelerin gitmesi ve bunların yerinde ölçümü zaman kayıplarına sebep olmaktadır.

3.4.2 Hakkediş birimine gelen metrajlar ile yüklenici firmanın talep ettiği metrajlar arasında farklılıklar çıkmaktadır. İş programlarında aksamalar olduğundan dolayı genellikle ilerleme yüzdeleri belirlendiği gibi olmaz ve işler geriden gelir. Fakat yükleniciler genelde işi iş programına göre yapmış gibi hakkediş talep ederler. Gerçek veriler YBM tabanlı olarak anlık işlenip tüm paydaşlar ile paylaşılıp hakkediş dönemlerinde de bu veriler kullanılsa bu sorunlar ortadan kalkacaktır.

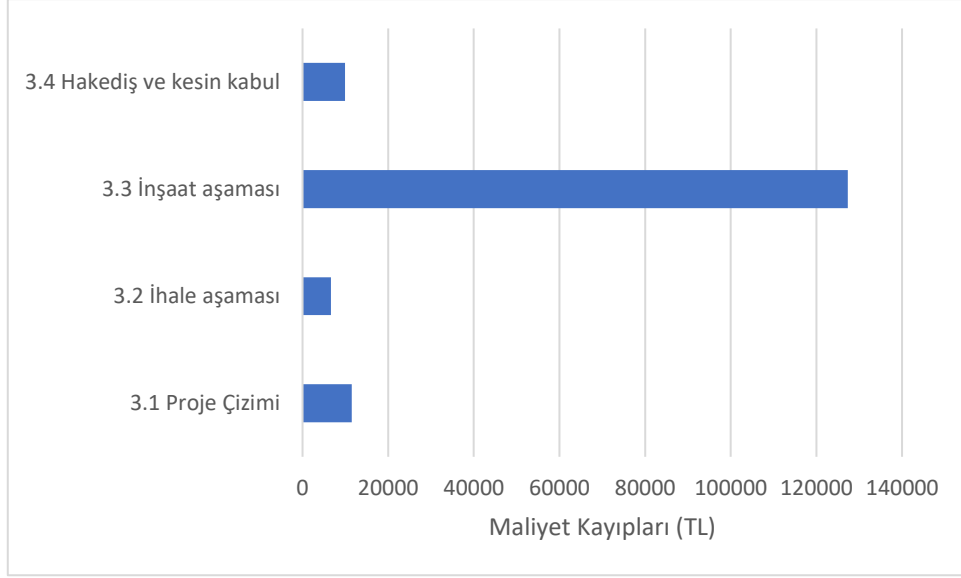
3.4.3 Hakkedişlerin ve dolayısıyla nakit akışının hızlı olması işlerin yapım sürecine ivme katmaktadır. Zamanında yapılan hakkedişler ve imalatlar her zaman yüklenici firmalar için caziptir. Bu durumlarda bütün müteahitler ihale almak ve inşaatı biran önce bitirmek ister. Aksi durumlarda işlerde kısmi yavaşlamalar hatta ekonomik problemlerden dolayı durmalar dahi görülebilir.

3.4.4 Hakkediş yazılımlarına (Amp, Oska vb.) doğru ve hızlı veri sağlanması hakkediş ofisinin aylık ortalama 2 günlük fazla mesaiden kurtarmıştır. Hakkediş yazılımı olarak her kurumun kendine özgü formatı olmakla birlikte Türkiye’de kamu ile özel sektörün en büyük iki ortak paydası Amp ve Oska programlarıdır. Bu programlar olsun başka formatlar ya da programlar olsun tüm hakkediş formatları doğru ve hızlı geri beslemeye ihtiyaç duyar. Bu noktada YBM yazılımlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan iş kalemlerinin ortak veri tabanına zamanında işlenmesi ve her iş kaleminde günlük mütabık kalınarak ilerlenmesi sayesinde doğru ve hızlı geri besleme sağlanmış olur.

Örnek vaka çalışmasının detaylı açıklamasının ardından Çizelge 4.1’deki veriler üst başlıklarına göre gruplandırıldığında Çizelge 4.2’deki çizelge ortaya çıkmaktadır. Bu çizelgenin de görselleştirilmesi sonu Şekil 4.1 elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

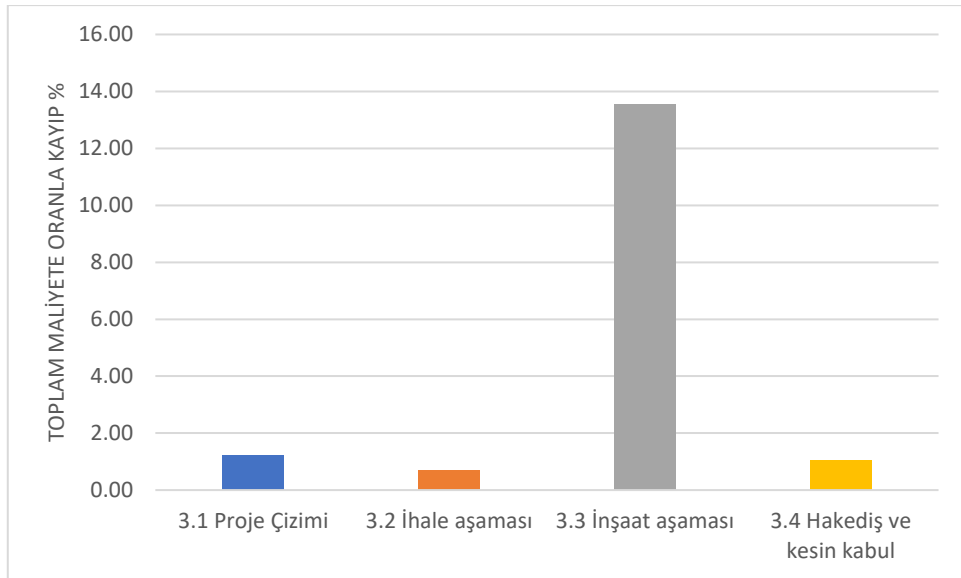
	Zaman kayıpları (gün)	Zaman kayıpları (%)	Maliyet kayıpları (₺)	Maliyet kayıpları (%)
3.1 Proje Çizimi	6	4,00	11500,00	1,46
3.2 İhale aşaması	3	2,00	6600,00	0,84
3.3 İnşaat aşaması	23	15,33	127325,00	16,21
3.4 Hakediş ve kesin kabul	7	4,67	9900,00	1,26
Toplam	39		155.325,00	



Şekil 4.1. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.

Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 ile Şekil 4.1'den anlaşılacağı üzere iş planlamasında yapılan hatalar en çok inşaat aşamasında maliyete ve zamana etki etmektedir.

Alt ana başlıklar halinde konu incelendiğinde ise, proje aşamasında statik ve mekanik projenin çakışması düzeltilmiş olmasına rağmen, inşaat aşamasında da en büyük maliyet farkı bu kalemden kaynaklanmıştır (Şekil 4.2). Bunlara ek olarak, yangın yönetmeliğine uymaması ve yapılan üç boyutlu görselle, inşaat sahasının uyumsuz olması gösterilmiştir. YBM yöntemiyle projeler hazırlanmış olsaydı, özellikle çakışma ve 3D uyumsuzluğunun rahatlıkla önüne geçilmiş olurdu.



Şekil 4.2. Toplam maliyete oranla yüzde kayıp.

İhale süresinde ise özellikle şartname ve metraj hataları olduğu görülmektedir. YBM'nin en büyük avantajlarından birinin canlı metraj bilgisi almak olduğu söylenebilir. Parametrik olarak modellenmiş inşaat, elektrik ve makina ekipmanları, firma bilgisi, şartname ve metrajıyla YBM altlığından ulaşılabilmektedir. Böylece şartname veya metraj uyumsuzlukları ortadan kaldırılabilir.

İnşaat aşamasında ise proje çiziminde yönetmeliğe aykırı yerleşim yapılmasının sonucu, yanlış yerin boşuna kazılması ve doldurulması işi ortaya çıkmıştır. Eksik metraj ve metrajın siparişe geçirilmesi sonucu özellikle zamansal kayıpla karşılaşmıştır. Proje aşamasında bahsedilen çakışma inşaat aşamasında da yansılar, proje değişiklikleri olarak devam etmiştir. Sonraki iş kalemlerinin taşeronları bu süreçten olumsuz etkilenmiştir. Bu gecikmeler 'as built' projelerin tamamlanması için hizmet alımı gerektirmiştir.

Hakediş ve kesin kabul aşamasında ise proje verilerinin sahada değişmesi sonucu ataçmanların çizilmesine veya projelere yansıtılmasına gerek duymaktadır. Bu da şantiye kontrolü dışında çizim işlerinin de devam etmesini zorunlu kılmaktadır. Bu süreç inşaat ve hakedişler arasında zamansal fark oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da nakit akışını olumsuz etkilemektedir. Metraj farklılıklarının şantiye ve kontrol ekibi tarafından hem fikir olunması ise ayrı bir iş yükü ve zaman kaybına sebep olmaktadır.

4.2. MESLEK LİSESİ

Proje Elazığ İli Merkez İlçesinde uygulanmıştır. Yapı fonksiyon olarak endüstri meslek lisesidir. Toplam inşaat alanı 9826,35m² (26 derslik, 8 laboratuvar, 500 kişilik konferans salonu ve diğer diğer sosyal mahaller) olup sözleşmeye göre işin tamamlanma süresi 750 takvim günüdür. Beş katlı betonarme olan yapı, 2016 yılında tamamlanmıştır.

İş kalemleri tanımlandığı numara koduyla açıklanmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda ortaya çıkan detaylı veriler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Meslek lisesi projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ-YM:12.356.000,00TL							
	Tasarımdan kaynaklanan hatalar	Bazı dersliklerin m ² leri öğrenci sayısına uygun görülmediği için tasarımda revize yapıldı.	3	500,00			1.500,00	0,01
	Proje çakışmaları	Statik proje ile mekanik projede çakışma görüldü. Mekanik proje revize edildi.	3	500,00			1.500,00	0,01
	Yönetmeliklere uyumsuzluk	Yangın kaçış merdiveni genişlikleri revize edildi.	1	500,00			500,00	0,00
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)	Duvar metrajında iç kapıların minha edilmediği fark edilip hesaplamalar yeniden yapıldı.	2	500,00			1.000,00	0,01
	3 boyutlu görselleştirme							0,00
	Zaman planlanması							0,00
Maliyet planlaması	Duvar metrajında iç kapıların minha edilmediği fark edilip hesaplamalar yeniden yapıldı.	2	500,00			1.000,00	0,01	

Çizelge 4.3. (devam) Meslek lisesi projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ- YM:12.356.000,00TL		KAYIP GÜN SAYISI (a)					
İHALE DOSYALARINDA YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Şartname	Projede belirtilen malzemeler şartnamede hatalı özelliklerde yazılmış olup şartname revize edildi.	2	200,00			400,00	0,00
	Metraj	Projede belirtilen malzemeler metrajı miktarları hatalı yazılmış olup metrajlar revize edildi.	2	200,00			400,00	0,00
	Keşif	Kamu kurumlarında pozu olmayan imalat kalemleri kullanıldığı fark edilip keşif yeniden düzenlendi.	2	320,00			640,00	0,01
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	Sahada aplikasyon yapılırken okul binasının parsel sınırına çok yakın olduğu fark edilip vaziyet planı değiştirildi.	2	500,00		4.000,00	9.000,00	0,07
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı	Kübaj hesabı hatalı yapıp beklenenden fazla olarak 471 m ³ fazla harfiyat alındı.	3	2.500,00	18.450,00	4.000,00	37.950,00	0,30
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı	Sahada yapılacak olan kazan dairesi binasının yeri hatalı öngörüldüğü için şantiye ekipmanları kurulduktan sonra yerleri değiştirildi.	2	1.500,00	4.600,00	4.000,00	15.600,00	0,12

Çizelge 4.3. (devam) Meslek lisesi projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ- YM:12.356.000,00TL							
	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması	Laboratuvar da deney amaçlı yapılacak olan beton platform 2D projeden okunup hatalı imal edildiğinden 3D olarak çizilip tekrar imal edildi.	2	2.750,00	6.850,00	4.000,00	20.350,00	0,16
	3.3.6 İş Programı Hazırlanmasında	İş programı için imalat akışına uygun yapılmadığı için 3 defa revize iş programı yapıldı.	1	500,00			500,00	0,00
	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	Laboratuvar asma tavanları için seçilen özel aydınlatma armatürleri unutulup normal tip sipariş verildi ve montaj edildi. Doğru ürün sipariş verilip montaj edilenler söküldü.	3	1.000,00	24.000,00	4.000,00	39.000,00	0,31
3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi	Sahada yapılan imalatlar revizeleri saha ofisi tarafından revize edilmesine rağmen ofise eski proje gönderildiği için hakedişler yapılırca taşeronlarla sorunlar yaşanıp sahaya ölçüye çıkıldı.	2	2.000,00		4.000,00	12.000,00	0,10	

Çizelge 4.3. (devam) Meslek lisesi projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ- YM:12.356.000,00TL							
	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması	Kazan dairesindeki ısıtma boruları ile betonarme kirişler çakışınca tavan kotunu 1,5 m'ye kadar düşürdü. Isıtma boruları revize edilerek tavan kotu 1,8 m yapıldı. Cephe tasarımında asimetrik olarak tasarlanan camların imalatının geleneksel yöntemlerle uzun süreceği tespit edilip standart cam modelleri seçildi.	5	2.200,00	16.425,00		27.425,00	0,22
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	Mimari proje ile statik projede bazı mahallerde çakışmalar meydana geldiği için imalatlar revize edilmiştir.	1	500,00	3.500,00	4.000,00	8.000,00	0,06
	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	İmalat revizeleri projeye yansması sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri gecikmeli olarak revize edildi.	2	500,00		4.000,00	9.000,00	0,07
3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	Yapım işi bittikten sonra as built proje için proje ekibi 5 gün hizmet alımı yaptı.		7	500,00			3.500,00	0,03

Çizelge 4.3. (devam) Meslek lisesi projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ					
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	Sahadan gelen metraj bilgilerinin hatalı olması her hakedişte revizeye sebep oldu.	2	500,00				1.000,00	0,01
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	Hakediş ofisine metraj bilgilerinin hatalı gelmesi işverenle yüklenici arasında problemlere sebep olduğu için tekrar tekrar ölçüye çıkıldı.	3	500,00				1.500,00	0,01
	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması								0,00
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	Hakediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak için hakediş ofisinde aylık ortalama 4 günlük fazla mesai yapıldı.	4	500,00				2.000,00	0,02
	Toplam Kayıp Gün		56			Toplam Fazla Maliyet		193.765,00	

3.1 Mimari proje tasarımında bazı mesleki eğitim gerektiren dersliklerin ihtiyacı karşılamadığı görülmüştür. İlgili standartlara göre derslik ölçüleri büyütülmüştür.

Statik projede yapılan revize mekanik ve elektrik projeleriyle muhtelif çakışmalara sebep olmuştur. Bu durumda mekanik ve elektrik projeler revize edilmiştir.

Üç boyutlu proje tamamlandıktan sonra tasarımcı mimar tarafından cephede bazı revizeler istenmiştir. Tamamen estetik kaygılara dayalı olan bu revizeler cephelerde proje üzerinde yapılmış olsa da maliyet ve uygulama zorluklarından kaynaklı olarak daha sonra vazgeçilip düz standart cepheler yapılmıştır.

İşin yapım sürecinin planlaması yapılırken tamamen idarenin eski deneyimlerine dayanarak planlama yapılmıştır. Yapılan planlamada ön görülmeyen problemler çıkınca 30+30 gün üzere 2 defa süre uzatımı verilmiştir.

Maliyet planlamalarında kaynak olarak geleneksel metraj çıkarma metotları kullanıldığı için birçok metrajda belli oranlarda sapmalar görülmüştür. Metraj hatalarından kaynaklı olarak bazı metrajlarda artış bazılarında azalış görülmüştür. Bu farklılıkların bazıları ekonomik olarak birbirine dengelese de işin sonunda öngörülen yaklaşık maliyet üzerinden %6 iş artışı verilmiştir. Verilen bu iş artışına rağmen ekonomik sıkıntılardan dolayı daha fazla iş artışı verilemediği için cephelerde tasarlanan estetik fonksiyonlar uygulanamamıştır.

3.2 Proje tasarımından önce yapılan toplantılarda ihtiyaç programları belirlenmesine tasarımlar yapılmıştır. Bazı mahaller de kullanılması gereken malzemeler okulun özel durumu göz önünde bulundurulmadan şartnameler hazırlanmıştır. Asma tavan, aydınlatma armatürleri, iç mekân duvar boya ve merdiven korkulukları şartnameleri revize edilmiştir.

3.2 Keşiflerin veri kaynağı metrajlardan ve şartnamelerden olduğu için buralarda oluşan hatalar doğrudan keşfi de etkilemektedir. İhale dosyasına çalışan firmalar tarafından metraj ve şartname hataların fark edilince düzeltmeler yapıp, keşifle birlikte değiştirilmiştir.

3.3.2 Projenin sahaya aplikasyonunda herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır.

3.3.3 Kazı kübaj hesabı yapılırken alanın eğiminde hatalı hesaplama yapılmıştır. Arazinin istenilen forma gelmesi için hesap edilenden fazla olarak 471 m³ hafriyat alınmıştır. Bu durum maliyetin yanısıra işin süresinde uzamaya sebep olmuştur.

3.3.4 Sahada mobilizasyonlar yapılırken personel konaklama konteynırları kazan dairesi yapılacak yere konumlandırılmıştır. Bina temel kazısı yapıp kazan dairesi temel borulama yapılacağı sırada kazan dairesinin yerinde konteynerler olduğu görülünce tüm mobilizasyon yeniden yapılmıştır.

3.3.5 Laboratuvarlarda deneyler için kullanılacak olan beton platform 2D projeden hatalı okunup imalatı yapılmıştır. Proje ekibinin saha kontrollerinde hata fark edilince platformun 3D çizimi yapıp yeniden imal ettirilmiştir.

3.3.6 İş programına göre başlanıp 3 ay buna uygun çalışma yapılmasına rağmen programda kaymalar gözlemlenmeye başlandı. Konferans salonu ve laboratuvarlardaki özel imalatlar iş programında geri kalmalara sebep olmuştur. İlerleyen aşamalarda da ortaya çıkan proje çakışmaları da işi yavaşlatınca toplamda 3 defa iş programı revize edilmiştir.

3.3.7 Laboratuvarlar için seçilen özel tip tavan ve duvar armatürlerinin yerine normal tip armatürler sipariş verilmiştir. Kontrol teşkilatının fark etmesiyle tüm armatürler şartnameye göre yeniden sipariş verilmiştir. Ayrıca malzemelerin miktar olarak da fazla ya da eksik verildiği sıkça görülmüştür. İş programında sapmalar olunca sipariş verilen malzemeler kullanılmadığı için şantiye sahasında depo sorunu da ortaya çıkmaktadır.

3.3.8 Saha ile teknik ofis arasındaki veri akışı anlık sağlanamadığı için saha imalatlarının projeye yansıtılıp buna göre devam edilmesi için teknik ofis çalışanları sık sık sahaya çıkmak zorunda kalmıştır.

3.3.9 YBM kullanılmamasından kaynaklanan sorunların başında proje çakışmaları gelmektedir. Bu çakışmalardan da en çok karşılaşılan statik ve mekanik proje çakışmalarıdır. Her ne kadar 2D projelerde çözülmeye çalışılsa dahi tam olarak çözülememektedir. Mekanik kanaldan geçen ısıtma boruları kirişlerle çakışınca tavan kotunda 50 cm düşürülmesi gerekli oldu. Bu kot düşüşünün mekan kalitesini düşüreceği için mekanik projenin revize edilmiş, kot düşüşü 10 cm ile sınırlandırılmıştır.

3.3.11 Saha ekibince imalat aşamasında tespit edilen uyumsuzluklar, imalat olarak revize edilmesine rağmen eş zamanlı olarak projede revize edilmediği için sonraki iş kalemini yapacak paydaşlar bu duruma hazırlıksız yakalanmaktadır. Bu durumda sonraki imalatları yapacak paydaşlara revize projelerin verilmesi için zaman istenip işleri zincirleme olarak geciktirmektedir.

3.3.12 As-built projelerin çizimine, yapım işi tamamlandıktan sonra başlanmıştır. Tüm

mahallerde 2 kişi ile yapılan 16 günlük ölçümler ve değerlendirmeler neticesinde as-built projeler tamamlanmıştır.

3.4.1 Yüklenici ile işveren arasında neredeyse her hakkedişte metraj farklılıkları çıkmıştır. İki tarafın yaptığı hakkediş metraj farklılıklar çıkması sahaya tekrar ölçüye çıkılmasına sebep olmuştur. YBM yazılımları kullanılarak ortak veri tabanları kullanılması paydaşlara aynı anda aynı verileri paylaştığı için bu sorunun önüne geçilmesini büyük ölçüde sağlayabilir.

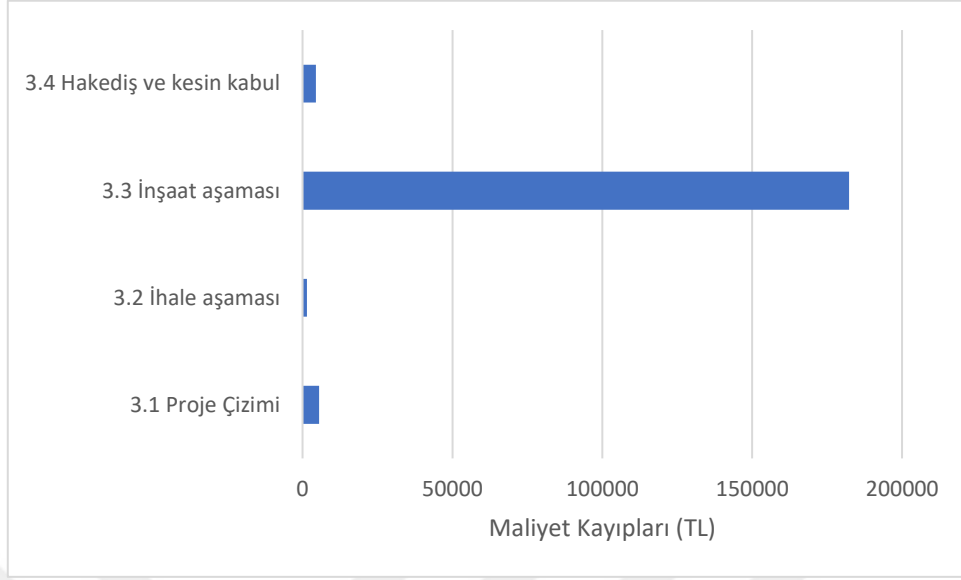
3.4.3 Zincirleme reaksiyon gibi devam eden metraj ve hakkediş aşamaları, birbirini doğrudan etkilemektedir. Hakkedişlerin ve dolayısıyla nakit akışının hızlı olması işlerin yapım sürecine ivme katmaktadır. Zamanında yapılan hakkedişler ve imalatlar her zaman yüklenici firmalar için cazip bir durumdur. Bu durumlarda herkes iş yapmak ve biran önce bitirmek ister. Aksi durumlarda işlerde kısmi yavaşlamalar hatta ekonomik problemlerden dolayı durmalar dahi görülebilir.

3.4.4 Hakkediş yazılımlarına (Amp, Oska vb.) doğru ve hızlı veri sağlanması hakkediş ofisinin aylık ortalama 5 günlük fazla mesaiden kurtarmıştır. Hakkediş yazılımı olarak her kurumun kendine özgü formatı olmakla birlikte Türkiye’de kamu ile özel sektörün en büyük iki ortak paydası Amp ve Oska programlarıdır. Bu programlar olsun başka formatlar ya da programlar olsun tüm hakkediş formatları doğru ve hızlı geri beslemeye ihtiyaç duyar. Bu noktada YBM yazılımlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan iş kalemlerinin ortak veri tabanına zamanında işlenmesi ve her iş kaleminde günlük mutabık kalınarak ilerlenmesi sayesinde doğru ve hızlı geri besleme sağlanmış olur.

Örnek vaka çalışmasının detaylı açıklamasının ardından Çizelge 4.3’teki veriler üst başlıklarına göre gruplandırıldığında Çizelge 4.4’deki tablo ortaya çıkmaktadır. Bu çizelgenin de görselleştirilmesi sonu Şekil 4.3 elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

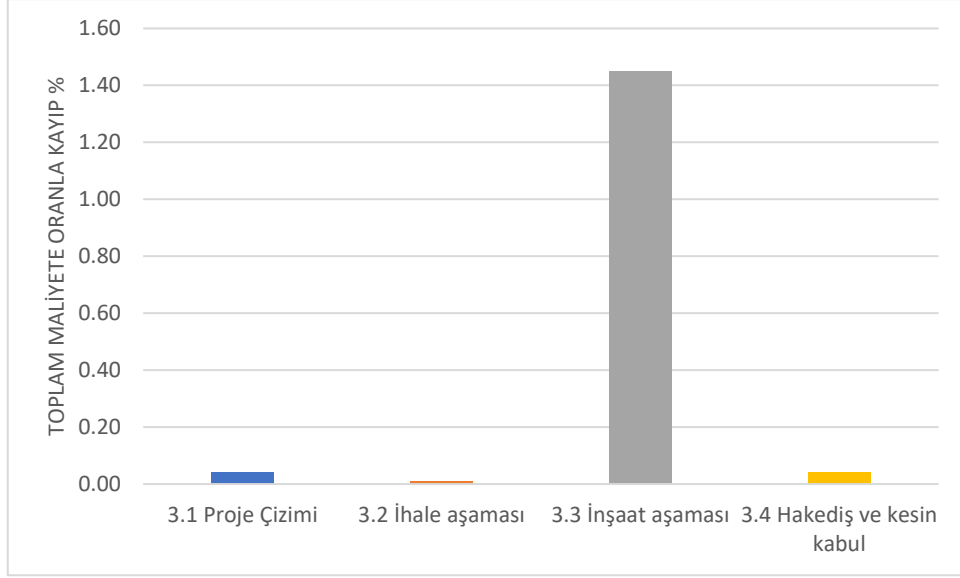
	Zaman kayıpları (gün)	Zaman kayıpları (%)	Maliyet kayıpları (₺)	Maliyet kayıpları (%)
3.1 Proje Çizimi	11	1,47	5500	0,05
3.2 İhale aşaması	6	0,80	1440	0,01
3.3 İnşaat aşaması	30	4,00	182325	1,48
3.4 Hakkediş ve kesin kabul	9	1,20	4500	0,04
Toplam	56		193.765,00	



Şekil 4.3. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 ile Şekil 4.3'ten anlaşılacağı üzere iş planlamasında yapılan hatalar en çok inşaat aşamasında maliyete ve zamana etki etmektedir.

Alt ana başlıklar halinde bakıldığında ise, inşaat aşamasındaki en büyük zaman ve para kaybı hatalı kazı dolgu kübaj hesabı yapılması ve malzeme siparişlerinin hatalı verilmesinden kaynaklanmıştır (Şekil 4.4). Bunların dışında imalatların 3D ile kontrol edilememesi, şantiye mobilizasyonunda ön görülmesi bir yerleşim yapılamaması ve mekanik-statik projelerin çakışması en büyük kayıplara sebep olmuştur. YBM modelleme ile bu sorunlarının çoğunun önüne geçilip bu kayıplar engellenebilirdi.



Şekil 4.4. Toplam maliyete oranla yüzde kayıp.

İhale sürecinde ise geleneksel yöntemlerle hazırlanan her proje gibi bu projede de metraj ve şartname hataları ortaya çıkmıştır. Bunun temel sebebi ise projeye göre yapılan metrajların proje revizesi yapıldıktan sonra bazı pozların değişiminin unutulması veya hatalı yapılması olarak görülebilir. YBM ile parametrik olarak modellenmiş yapılardaki tüm revizeler anında metraj, keşif, şartname bölümlerine de yansımaktadır. Böylece bu hatalar ortadan kalkmaktadır.

İnşaat aşamasında ise sorunlar dizisi olarak devam etmektedir. Saha uygulamasını yapıldıktan sonra parsel sınırına olan hatalı yaklaşım düzeltilmiş ve yeniden vaziyet planı yapılmıştır. Araziye kot farkından kaynaklı olarak kübaj hesabı hatalı yapılmış beklenenin üstünde hafriyat alınmıştır. Şantiye mobilizasyonunda bütünü ve geleceği ön görememekten kaynaklı birtakım hatalar çıkmıştır. Sahayla teknik ofisin zamanında ve yeterince iletişim halinde olmamaları hakkedişlerde hatalara ve geri dönüşlere sebep olmuştur. İmalatlardaki revizelerin plan kesit görünüş paftalarına aynı anda yansımaması daha sonra as built projerin süresini uzatmış fazladan mesai harcatmıştır.

Hakediş ve kesin kabul aşamasında ise proje verilerinin sahada değişmesi sonucu ataçmanların çizilmesine veya projelere yansıtılmasına gerek duymaktadır. Bu da şantiye kontrolü dışında çizim işlerinin de devam etmesini zorunlu kılmaktadır. Bu süreç inşaat ve hakkedişler arasında zamansal fark oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da nakit akışını olumsuz etkilemektedir. Metraj farklılıklarının şantiye ve kontrol ekibi tarafından hem fikir olunması ise ayrı bir iş yükü ve zaman kaybına sebep olmaktadır.

4.3. KONUT VE SOSYAL ALAN PROJESİ

Proje Elazığ İli Merkez İlçesinde uygulanmıştır. Yapı fonksiyon olarak konut ve sosyal alanlar içermektedir. Yapıya başlamadan önce aradaki kamulaştırma ve bazı kısımlarının da kamudan alınması zorunluluğu ile inşaat yaklaşık 1 yıl gecikmeli olarak başlamıştır. Arsa sahibi olan kişiler bir danışman firma aracılığıyla projeleri ve şartları belirleyip işi ihale edip en uygun fiyat veren firmaya vermiştir. Toplam inşaat alanı 14.458,36 m² olup sözleşmeye göre işin tamamlanma süresi 820 takvim günüdür. Sekiz katlı betonarme olan yapı, 2016 yılında tamamlanmıştır.

İş kalemleri tanımlandığı numara koduyla açıklanmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda ortaya çıkan detaylı veriler Çizelge 4.5’de verilmiştir.



Çizelge 4.5. Konut ve sosyal alan projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	AYYILDIZ SİTESİ 4BLOKLU 120DAİRE KONUT YAPIM İŞİ- 13.970.000,00TL		KAYIP GÜN SAYISI (a)					
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Tasarımdan kaynaklanan hatalar							0,00
	Proje çakışmaları	Mimari proje ile mekanik projede çakışma görüldü. Mekanik proje revize edildi.	2	500,00			1.000,00	0,01
	Yönetmeliklere uyumsuzluk							0,00
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)							0,00
	3 boyutlu görselleştirme							0,00
	Zaman planlanması							0,00
	Maliyet planlanması							0,00
İHALE DOSYALARINDA YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Şartname	Projede belirtilen malzemeler şartnamede hatalı özelliklerde yazılmış olup şartname revize edildi	2	500,00		1.000,00	3.000,00	0,02
	Metraj	Projede belirtilen malzemeler metrajı hatalı özelliklerde yazılmış olup metrajlar revize edildi	2	500,00			1.000,00	0,01
	Keşif							0,00

Çizelge 4.5. (devam) Konut ve sosyal alan projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	Sahada aplikasyon yapılırken okul binasının parsel sınırına çok yakın olduğu fark edilip vaziyet planı değiştirildi.	2	500,00		4.000,00	9.000,00	0,02
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı	Kübaj hesabı hatalı yapıp beklenenden fazla olarak 471 m ³ fazla harfiyat alındı.	3	2.500,00	18.450,00	4.000,00	37.950,00	0,17
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda BIM kullanımı	Sahada yapılacak olan kazan dairesi binasının yeri hatalı öngörüldüğü için şantiye ekipmanları kurulduktan sonra yerleri değiştirildi.	2	1.500,00	4.600,00	4.000,00	15.600,00	0,10
	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması	Tasarım ve uyulama aşamasında iç mekan 3D tasarımlar yapılmadığı için ince işlerde bir çok defa yapılan imalatlar sökülüp yeniden yapıldı.	2	100,00	28.500,00	1.000,00	30.700,00	0,22
	3.3.6 İş Programı Hazırlanmasında	İş programı işin imalat akışına uygun yapılmadığı için işin yarısına gelinince revize iş programı yapıldı.	2	500,00			1.000,00	0,01
	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	Laminant parke imalatının metrajı hatalı olarak verildiği için 825 m ² fazla geldi. Parkeler özel üretim olduğu için üretici iade almak istemeyince yarı fiyatına piyasada toptancılara satıldı.			12.375,00		12.375,00	0,09

Çizelge 4.5. (devam) Konut ve sosyal alan projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	AYYILDIZ SİTESİ 4BLOKLU 120DAİRE KONUT YAPIM İŞİ- 13.970.000,00TL							
	3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi	Sahayla teknik ofis arasında herhangi bir ortak tabanlı iletişim olmadığı için her sorunda teknik ofis sahaya geldi.	12	1.500,00			18.000,00	0,13
	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması	Müşterilere 3D sunumda gösterilen dış cephe imalatları ile 2D proje arasında farklılıklar çıktı. Ekiplerin 2D projeye göre imalat yaptığı fark edilince imalatlar revize edildi.	4	2.000,00	12.450,00	1.000,00	24.450,00	0,17
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	Mimari proje ile statik proje arasında çakışma görüldü. Mimari projeler revize edildi.	2	500,00			1.000,00	0,01
	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	İmalat revizeleri projeye yansması sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri gecikmeli olarak revize edildi.	2	500,00			1.000,00	0,01
	3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	Yapım işi bittikten sonra as built proje için proje ekibi 7 gün hizmet alımı yapıldı.	12	500,00			6.000,00	0,04

Çizelge 4.5. (devam) Konut ve sosyal alan projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	AYYILDIZ SİTESİ 4BLOKLU 120DAİRE KONUT YAPIM İŞİ- 13.970.000,00TL		KAYIP GÜN SAYISI (a)					
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı							0,00
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	Hakediş ofisine metraj bilgilerinin hatalı gelmesi işverenle yüklenici arasında problemlere sebep olup tekrar tekrar ölçüye çıktı.	6	300,00			1.800,00	0,01
	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması	Hakedişler hızlanıp nakit akışı hızlanması imalatları hızlandırmaktadır. Tam tersi durumlar her ay işleri 2 gün kadar geciktirmektedir.	2			1.000,00	2.000,00	0,01
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	Hakediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak için hakediş ofisinde aylık ortalama 3 günlük fazla mesai yapıldı.	3	500,00			1.500,00	0,01
		Toplam Kayıp Gün		57			Toplam Fazla Maliyet	145.125,00

3.1 Metraj hesaplamaları yapılırken bazı cephelerde pencere, bazı mahallerde de kapı minhalarının unutulduğu fark edilip metraj cetvelleri revize edilmiştir. Bu minhalara bağlı olarak dış cephede duvar, sıva, ısı yalıtımı, kompozit kaplama, file, boya metrajları azalmıştır. İç cephede duvar, sıva, boya, duvar kağıdı ve bazı alçıpan işlerinin metrajları azalmıştır.

Projelerin bir an önce tamamlanıp daire satışlarının başlaması için avan projeler üzerinden görsel amaçlı 3 boyutlu modeller çıkarılıp satışa sunulmuştur. Ancak proje sürecinin tamamlanmasına yakın ortaya çıkan bazı fonksiyonel gereksinimler, tüm 3D projelerin revize edilmesine sebep olmuştur. YBM kullanılmadığı için 2D ve 3D projeler bağımsız olup 2D revizeleri direkt olarak 3D projeleri yansımayıp sürekli manuel revizeler gerektirmiştir.

Zaman planlanması ve iş programı yapılması her şantiyenin temel taşlarından olup önemli olan hedef süreler içinde işi tamamlamaktır. Bazı durumlarda yapılan bazı iş programları işin karmaşasından ve büyüklüğünden dolayı sadece formaliteden yapılarak gerçeği yansıtmamaktadır. Bu durumunun birçok sebebi olmakla birlikte temel sebebi sistemsizliktir. Bu projede yönetici olarak çalışan kişilerin ciddi bir iş programı yapmadan işe başlamış olmaları ve iş programının önemsiz görmeleri bir dizi sorunları beraberinde getirmiştir. Örnek olarak zemin etüt raporunda zeminin çok sert kaya olduğu belirtilmesine rağmen bunu çok önemsemedikleri için temel açma işlemi 2 ay sürmüştür. Projenin ortalarına gelindiğinde işlerin 4 ay kadar geriden gelmesi ve müşterilerin baskısı artması üzerine ciddi bir iş programı yapılarak toparlanma sürecine girilmiştir.

Maliyet planlamalarında sapmalar çıkmasının temel sebepleri metraj hataları, süre uzatımı ve öngörülemeyen imalatlardır. Bu üç temel unsuru birlikte derleyip analiz edebilme kabiliyeti maliyet hedeflerinin tutturulmasında en büyük rolü oynar. Bunu YBM ile sağlamak mümkündür. Metrajları projeden otomatik vermesi, her revizyonu tüm paftalara aynı anda yansıtması, 2 boyutta görünmeyen hataların 3D modelde rahatlıkla görülmesi ve iş programının düzgün yapılması YBM in temel özellikleridir. Bu projede zemin ve duvar metrajları hatalı çıkarılıp muhtelif mahallerde ciddi malzeme farklılıkları çıkmıştır.

3.2 Şartnameler ihale öncesinde istekli firmalar tarafında incelenmiş ve bazı hususların projeler ile uyumsuz olduğunu gözlemlemiştir. Cephede bazı estetik hareketlerde, kat silmeleri ve pencere söveleri prekast çizilmiş olmasına rağmen şartnamede polisitren

köpük üzeri silis kum uygulaması olarak yazılmıştır. Maliyete ciddi etkisi olan bu farklılık giderilmiştir. Otopark alanı zemin döşemesi projede helikopter beton üzeri yüzey sertleştirici yazılmasına rağmen şartnamede poliüretan kaplama olarak yazılmıştır. Bu gibi maliyete etki eden birçok hata firmaların tespiti ile düzeltilmiştir. Bu hatalar istekli firmaların ihale dökümanını incelemesi neticesinde ortaya çıkmış olup daha sonra işveren tarafından yayınlanan zeyilnameler ile düzeltilmiştir. Geleneksel proje yöntemlerinde proje ve şartname bağımsız çalıştığı için bu tip sorunlar sıklıkla karşımıza çıkmaktadır.

3.2 Metrajla ilgili bazı hatalar proje aşamasında revize edilmesine rağmen tüm mahallerde 2d çalışma yapıldığı için gözden kaçan bazı metrajlar ihale öncesi istekli firmalar tarafından tespit edilip revize edilmiştir. Özellikle bazı mahallerdeki duvar kağıdı ve seramik metrajları hatalı olup düzeltilmiştir.

3.2 Keşifler, metrajlara ve şartnamelere bağlı olarak hatalı çıkmıştır. Metrajları ve şartnameler düzeltildikten sonra yaklaşık maliyette büyük oranda düzeltilmiştir. Fakat yine de uygulama aşamasında çıkan sorunlardan dolayı işverenin tahmin ettiği yaklaşık maliyette sapmalar olmuştur.

3.3.2 Saha aplikasyonu yapılıp binalar ve sosyal donatı alanları ortaya çıkınca site içi acil ulaşım yollarının genişliğinin yetersiz olduğu ve genişletilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu hatanın temel sebebi ise vaziyet planında 2D olarak işlenmiş bazı donatıların (çocuk oyun parkı, fitness alanı, pergola kamerye alanları) sahaya uymamasıdır.

3.3.3 Vaziyet planında bina oturum dışında kalan alanlarda olan kot farkı hesaplanmayıp sonradan alanda yapılan düzeltmeler fazladan maliyete sebep olmuştur. Parsele bütüncül olarak bakılmayıp sadece bina oturum alanlarının hesapları yapıldığı için böyle bir sorun çıkmıştır.

3.3.4 Şantiye mobilizasyonunda herhangi bir sorun çıkmamıştır.

3.3.5 Birbirinden farklı olan konut modellerinde asma tavanlar modelleri farklı yapılması düşünülmüştür. Fakat uygulama ekipleri 2D projeden okuma yapıp imalat yaptığı için tüm asma tavanlar aynı zannedilip 6 konutta hatalı imalat yapılmıştır. Kontroller sırasında fark edilerek sökülüp yeniden yapılmıştır.

3.3.6 İş programına göre başlanıp işin yaklaşık yarısına gelindiğinde iş programdan geride kalınmaya başlanmıştır. Malzeme siparişlerinde gelen malzemenin işverenin talep ettiği doğrultuda olmadığı ve projede detay paftasında belirtilmesine rağmen yüklenici firmanın satın alma biriminin şartnameden yola çıkarak ekonomik olarak avantajlı ürün

aldığı tespit edilmiştir.

3.3.7 Malzeme siparişlerinde kabul edilebilir bazı hata toleransları bulunmakla birlikte, bu toleransların üzerinde yapılan hatalarda bulunabilmektedir. Sipariş verilen laminant parke miktarı projeden hatalı ölçülerek 825 m² fazla verilmiştir. Özel üretim olan bu ürünleri firma geri almayınca neredeyse yarı fiyatına piyasadaki toptancılara satılmıştır.

3.3.10 Mimari-mekanik projelerde çakışma olmuş mahal fonksiyonu revize edilmiştir. Zemin katlardan toplanıp atık su hattına bağlanan atık su boruları tavan kotunu çok düşürdüğü için sosyal alan olarak düşünülen zemin katın bir kısmı depoya dönüştürülüp bölme duvar ile ayrılmıştır.

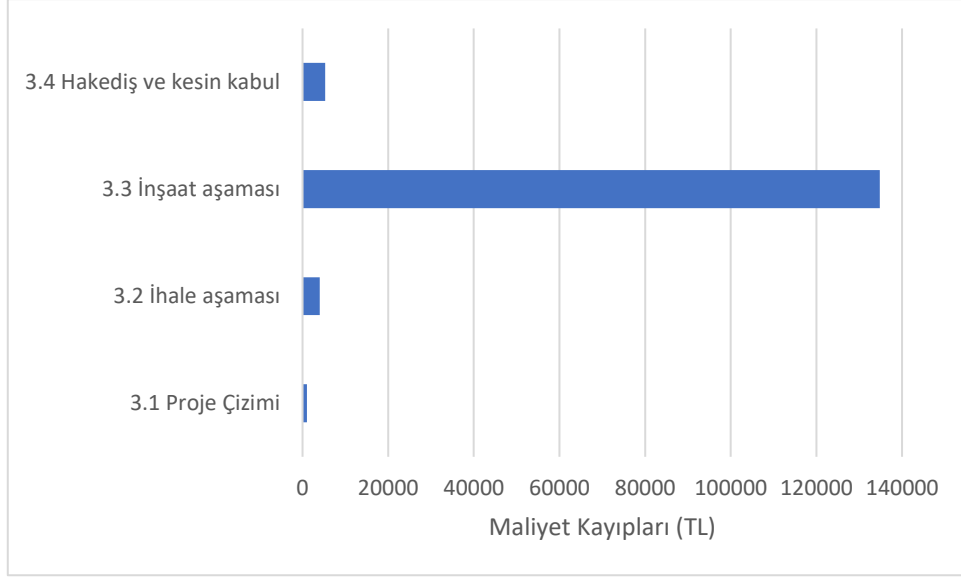
3.3.11 Yapılan imalat revizeleri hiçbir zaman anında tüm paydaşlara aktarılmamaktadır. Her revizede proje müdüründen onay alınmaktadır. Fakat ortak bir veri tabanı olmadığı için bu bilgiler manuel olarak paydaşlara aktarılmaktadır. Bu durum yer yer zaman ve mali kayıplar oluşturmuştur.

3.3.12 As-built projelerin alımına yapım işi tamamlandıktan sonra başlanmıştır. Tüm mahallerde 3 kişilik teknik personelle yapılan 12 günlük ölçümler ve değerlendirmeler neticesinde as-built projeler tamamlanmıştır.

Örnek vaka çalışmasının detaylı açıklamasının ardından Çizelge 4.5'teki veriler üst başlıklarına göre gruplandırıldığında Çizelge 4.6'daki çizelge ortaya çıkmaktadır. Bu çizelgenin de görselleştirilmesi sonu Şekil 4.5 elde edilmiştir.

Çizelge 4.6. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

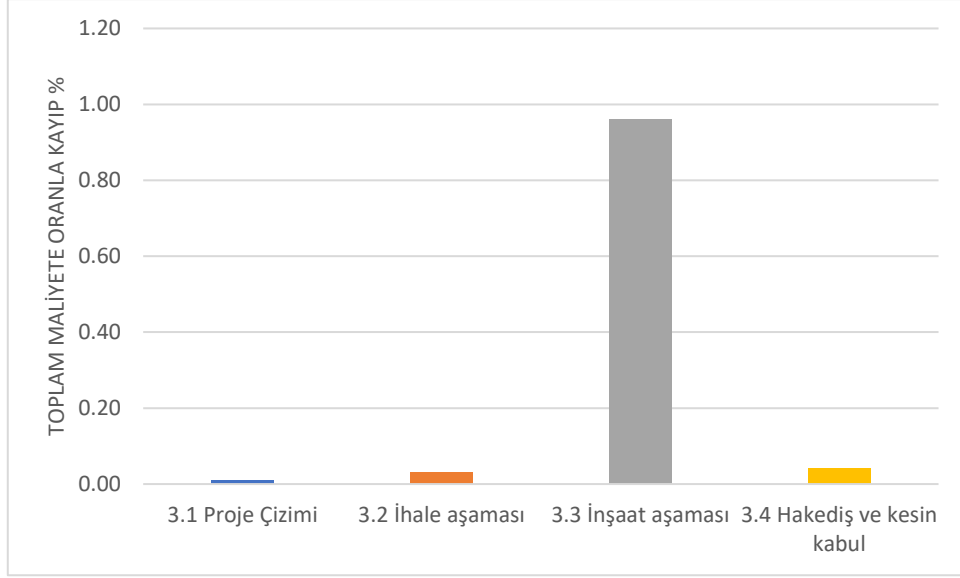
	Zaman kayıpları (gün)	Zaman kayıpları (%)	Maliyet kayıpları (₺)	Maliyet kayıpları (%)
3.1 Proje Çizimi	2	0,24	1.000,00	0,01
3.2 İhale aşaması	4	0,49	4.000,00	0,03
3.3 İnşaat aşaması	40	4,88	134.825,00	0,97
3.4 Hakediş ve kesin kabul	11	1,34	5.300,00	0,04
Toplam	57		145.125,00	



Şekil 4.5. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6 ile Şekil 4.5'ten anlaşılacağı üzere iş planlamasında yapılan hatalar en çok inşaat aşamasında maliyete ve zamana etki etmektedir.

Konu alt ana başlıklar halinde incelendiğinde, proje aşamasında mimari ile mekanik projelerin çakışması tespit edilip düzeltilmiştir. Fakat proje aşamasında sistematik bir 3d tasarım yapılmayıp sadece belediyeye verilecek yüzeysel bir 3D tasarım yapıldığı için inşaat aşamasında 2D ile 3D tasarımlar çakışmış ve en büyük maliyet kayıpları buradan gelmiştir. YBM modellemesi kullanmanın en büyük avantajlarından biri de 2D tasarımla yapılan 3D tasarımın kendiliğinden ortaya çıkması ve aralarında uyum olmasıdır. Bu uyum geleneksel metotlarda olmadığı için bu kayıplar yaşanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Toplam maliyete oranla yüzde kayıp.

İhale sürecinde metrajları proje ile uyumsuzluğu görülmüştür. Yapılan düzeltmelere rağmen yapım sürecinde yine bu uyumsuzluklar olmuştur.

Haritacılık ve aplikasyon işlerinde yönetmeliklerle ilgili hatalar yapıldığı için site içi acil ulaşım yolları revize edildi. Şantiye mobilizasyonu yapıldığında şantiye yanındaki boş alanlara prefabrikler kurulmuş olup belediyeden gelen tebligat üzerine kaldırılıp parsel içine alınmıştır. Uygulama aşamasında 2D projelere göre imalat yapıldığı için ince işlerde yapılan imalatlar birçok defa sökülüp yeniden yapılmıştır. Bu tutarsızlığın bir sebebidir bu işin kooperatif usulü yapılması ve ortakların isteklerinin farklı olup baştan net olmayan iç mekanların değişmesidir. Geleneksel projeden manuel olarak hesaplanan laminant parke metrajından büyük hata çıkmış malzemenin bir kısmı düşük bedellere iade edilmiştir. Mimari ile statik proje revizeye rağmen sahada çakışma çıkmış mimari proje revize edilmiştir. İş bitiminde projeler sürekli revize edildiği için hizmet alımı yapılaras built projeler oluşturuldu.

Hakediş ve kesin kabul aşamasında işveren ve yüklenici arasında ortak veri tabanı kullanılmadığı için metraj verilerinde farklılıklar çıkmış bazı ölçüler tekrar alınmıştır.

4.4. BUTİK OTEL PROJESİ

Proje İstanbul İli Beyoğlu İlçesinde uygulanmıştır. Yapı fonksiyon olarak butik oteldir. Toplam inşaat alanı 1158,30 m² olup sözleşmeye göre işin tamamlanma süresi 550 takvim

günüdür. Dokuz katlı betonarme olan yapı, 2018 yılında tamamlanmıştır.

İş kalemleri tanımlandığı numara koduyla açıklanmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda ortaya çıkan detaylı veriler Çizelge 4.7’de verilmiştir.



Çizelge 4.7. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Tasarımdan kaynaklanan hatalar							0,00
	Proje çakışmaları	Statik proje ile elektrik arasında projede çakışma görüldü. Mekanik proje revize edildi.	1	750,00			750,00	0,02
	Yönetmeliklere uyumsuzluk	Ön cephe balkon çıkımları imar planını uygun olmadığı için revize edildi	2	750,00			1.500,00	0,04
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)	Havuz katında havuzun altyapı elemanları hatalı hesaplanmıştır.	1	750,00			750,00	0,02
	3 boyutlu görselleştirme	Belediyeye 3adet cephe öneri projesi verilmiştir. Kabul edilen cephe önerisi binanın yapım aşamasında uyumsuzluk göstermiş olup bazı ufak revizeler yapılmıştır	1	750,00			750,00	0,02
	Zaman planlanması	Zaman planlaması yapılırken bodrum kat kazılarının süresi hatalı hesaplanmıştır						0,00
	Maliyet planlaması							0,00

Çizelge 4.7. (devam) Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
İHALE DOSYALARINDA YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	BEYOĞLU BÖLGESİNDE OTEL YAPIM İŞİ- 3.257.450,00TL							
	Şartname	Projelerde belirtilen malzemeler şartnamede hatalı özelliklerde yazılmış olup şartname revize edildi	3	500,00			1.500,00	0,04
	Metraj	Projede bölme duvar metrajları hatalı yazıldığı için metraj revize edildi.	2	500,00		1.500,00	4.000,00	0,12
	Keşif	Metraj değiştiği için keşif dosyası da revize edildi	1	500,00		1.500,00	2.000,00	0,06
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.2. Saha Aplikasyonunda BIM kullanımı	Sorun çıkmamıştır.						0,00
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde BIM kullanımı	Süresi tahmin edilenden daha yüksek çıkmıştır.	5	500,00			2.500,00	0,07
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda BIM kullanımı	Sorun çıkmamıştır.						0,00
	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması	2D Projeye göre imalatı yapılan bazı ince işler hatalı görülüp revize edildi.	2	500,00	14.500,00	1.500,00	18.500,00	0,55

Çizelge 4.7. (devam) Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ					
			KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	BEYOĞLU BÖLGESİNDE OTEL YAPIM İŞİ- 3.257.450,00TL	AÇIKLAMA						
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında	Yapı 3D ve üstü boyutlarda modellenmediği için 2D çizimde ön görülmeyen imalatlardan dolayı iş programı için 3.ayında revize edildi.	2	500,00		1.500,00	4.000,00	0,12
	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	Asma tavan alçıpan ve profilleri sipariş verilirken geleneksel yöntemlerle metraj hesabı yapılarak brüt alandan verildi. İşin bitiminde %8 civarında malzeme arttı.	1	500,00	26.850,00	1.500,00	28.850,00	0,86
	3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi	Yapım sırasında ortaya çıkan bazı revizeler teknik ofise iletilmiş fakat ortak veri tabanı olmadığından revizelerde yanlış anlaşılma olup gecikme yaşanmıştır.	1	800,00		1.500,00	2.300,00	0,07
	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması	Odalarda bulunan alçıpan niş detayı 2D projeden hatalı okunmuş olup 12 oda hatalı yapılmıştır.	2	600,00	6.500,00	1.500,00	10.700,00	0,32
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	Proje aşamasında tüm çakışma tespitleri yapılmasına rağmen mekanik projedeki havandırma cihaz ölçüleri hatalı girilip tavan kotunun 9 cm düşmesine sebep oldu.	2	850,00		1.500,00	4.700,00	0,14
	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	İmalat revizeleri projeye yansması sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri gecikmeli olarak revize edildi.	2	800,00		1.500,00	4.600,00	0,14

Çizelge 4.7. (devam) Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	Yapım iş bittikten sonra as built proje için proje ekibi 3 gün hizmet alımı yaptı.	2	1.000,00			2.000,00	0,06
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	Genel anlamda sahadaki revizeler projelere geç işlendiği için metraj bilgilerinde de gecikme ve hatalar oldu.	3	500,00			1.500,00	0,04
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	Hakediş ofisine metraj bilgilerinin hatalı gelmesi işverenle yüklenici arasında parasal problemlere sebep olup tekrar ölçüye çıkılmıştır.	1	1.000,00			1.000,00	0,03

Çizelge 4.7. (devam) Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	BEYOĞLU BÖLGESİNDE OTEL YAPIM İŞİ- 3.257.450,00TL		KAYIP GÜN SAYISI (a)					
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması	Hakedişler hızlanıp nakit akışı hızlanması imalatları hızlandırmaktadır. Tam tersi durumlar her ay işleri 2 gün kadar geciktirmektedir.	2			1.500,00	3.000,00	0,09
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	Hakediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak için hakediş ofisinde aylık ortalama 2 günlük fazla mesai yapıldı.	2	1.000,00		1.500,00	5.000,00	0,15
	Toplam Kayıp Gün		38		Toplam Fazla Maliyet		99.900,00	

3.1 Statik proje ile elektrik arasında projede çakışma görüldü. Elektrik projesi revize edildi. Elektrik hatlarının binada dolaşımı için belirli köşe noktalara döşeme boşlukları bırakılarak bu şaftlardan katlar arası kablolama işlemleri yapıldı. Asansör şaftının yanında bırakılan kablo şaftı yetersiz büyüklükte olunca asansör perde duvarıyla çakışma meydana geldi. Binanın çekirdeğinde revize yapılamayacağından dolayı kablo şaftı otel odalarına doğru büyütülüp odalarda birtakım revizeler yapılmıştır.

Alan kazanmak ve estetik olarak cepheye tasarımsal zenginlik katmak için ön cephede yapılan bazı imalatlar imar mevzuatına uymadığı için revizeye gidilmiştir. Ön cephe balkon çıkmaları 1metreye kadar geriye alınıp süslemede kullanılan bazı ferforjeler onaylı cephe projesindeki gibi takılmıştır.

Maliyet planlamalarında kaynak olarak geleneksel metraj çıkarma metotları kullanıldığı için birçok metrajda belli oranlarda sapmalar görülmüştür. Metraj hatalarından kaynaklı olarak bazı metrajlarda artış bazılarında azalış görülmüştür. Havuz katında havuzun altyapı elemanları hatalı hesaplanmıştır. Toprak üzeri havuz zemini gibi hesaplamalar yapıldığı tespit edilmiş, proje revize edilmiştir.

3d tasarımda aşamasında Belediye İmar birimine 3 adet cephe öneri projesi verilmiştir. Kabul edilen cephe önerisi binanın yapım aşamasında uyumsuzluk göstermiş olup bazı ufak revizeler yapılmıştır. Binanın 2D planları ile 3D tasarımlar entegre çalışmadığı için cephe tasarım onayı almak için 3D projede yapılan revizeler 2D planlarla uyumsuz olmuştur. Cephede çizilen oda penceresi iç mekanda taşıyıcı sistemle çakışmış ve revize edilmiştir.

3.2 Keşiflerin veri kaynağı metrajlardan ve şartnamelerden olduğu için buralarda oluşan hatalar doğrudan keşfi de etkilemektedir. İhale dosyasına çalışan firmalar tarafından metraj ve şartname hataların fark edilince düzeltmeler yapıp keşifle birlikte değiştirmiştir. Projede bölme duvar metrajları hatalı yazıldığı için metraj revize edilmiştir.

3.3.2 Kazı dolgu işlemlerinde miktar olarak sapma çıkmamıştır fakat süre olarak, programa göre 5 gün daha fazla çalışma yapılması gerekmiştir. Bölgede yolların dar olması ve çevrede bitişik nizam yapılar olması sebebiyle dikkatli ve zorlu bir çalışma yapılarak 5 gün fazladan mesai harcanmıştır.

3.3.4. İmalatların 3D kontrol ve planlaması tam olarak yapılamamıştır. Sadece cephe önerisi 3. Boyutta kaldırılmış olup, iç mekanlar geleneksel metotlarla üretilmeye devam edilmiştir.

3.3.6 İş programına göre başlanan işte kaba işlerin sonuna doğru gelindiğinde, 3D ve üstü boyutlarda yapı modellenmediği için 2D çizimde ön görülmeyen imatlardan dolayı iş programı işin 3. ayında revize edilmiştir.

3.3.7 Asma tavan alçıpan ve profilleri sipariş verilirken geleneksel yöntemlerle metraj hesabı yapılarak brüt alandan verilmiştir. İşin bitiminde %8 civarında malzeme artmıştır. Artan bu malzemelerin bir kısmı sahada yükleme boşaltma ya da depolama esnasında zarar gördüğü için tamamı iade edilememiştir. İade edilenler için de ayrıca yükleme ve nakliye maliyetleri çıkmıştır.

3.3.8 Yapım sırasında ortaya çıkan bazı revizeler teknik ofise iletilmiş fakat ortak veri tabanı olmadığından, revizelerde yanlış anlaşılma olup gecikme yaşanmıştır. Sadece telefon üzerinden basit iletişim metotlarıyla sözlü olarak anlatılmaya çalışılan revizeler yer yer yanlış anlaşılmıştır.

3.3.9 Odalarda bulunan alçıpan niş detayı 2D projeden hatalı okunmuş olup 12 oda hatalı yapılmıştır. Yüklenici tarafından 2D projeden okunduğu gibi yapılan imalatlar, işveren tarafından farklı tasarlanmış olduğu ortaya çıkmıştır. Odaların 3D çizim olmaması sebebiyle, yapılan bu hata sonucu yapılan imalatlar sökülmüş, ortaya çıkan zararı işveren ve müteahhit arasında bölüşülmüştür.

3.3.10 Proje aşamasında tüm çakışma tespitleri yapılmasına rağmen mekanik projedeki havalandırma cihaz ölçüleri hatalı girilip tavan kotunun 9 cm düşmesine sebep olmuştur.

3.3.11 Genel olarak saha ekibince imalat aşamasında tespit edilen uyuşmazlıklar, imalat olarak revize edilmesine rağmen anında projede revize edilmediği için sonraki iş kalemini yapacak paydaşlar bu duruma hazırlıksız yakalanmaktadır. Bu durumda sonraki imatları yapacak paydaşlara revize projelerin verilmesi için zaman istenmekte işler zincirleme olarak geciktirmektedir. Bu projede giyinme dolapları ile mini bar olarak ayrılan alanlar arasında yapılan bölme duvar ölçüleri hatalı çıkmış olup giyinme dolabı, banyo kapısı ve mini bar alanları sığmamıştır. Bölme duvarlar 25 cm kaydırılıp oda planında genel revize yapılmıştır.

3.3.12 As-built projelerin çizimine, yapım işi tamamlandıktan sonra başlanmıştır. Tüm mahallerde 3 kişi ile yapılan 3 günlük ölçümler ve değerlendirmeler neticesinde as-built projeler tamamlanmıştır.

3.4.1 Neredeyse tüm geleneksel yapım işlerinde olduğu gibi bu işte de yüklenici ile işveren arasında hakkeş metraj farklılıkları çıkmıştır. Ortak veri tabanları olmadan

çalışıldığı için iki tarafın yaptığı hakkediş miktarları uyuşmamıştır. Her iki firmadan birer temsilci ile özellikle üstü kapanan (elektrik, demircilik, mekanik) işleri için birlikte saha ölçüleri alınmıştır.

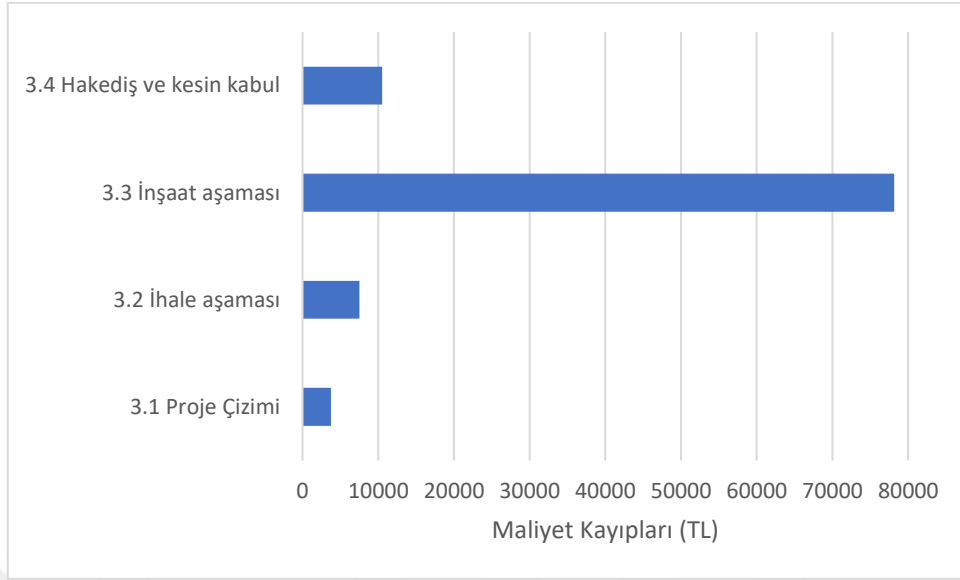
3.4.3 Zincirleme reaksiyon gibi devam eden metraj ve hakkediş aşamaları birbirini doğrudan etkilemektedir. Hakkedişlerin ve dolayısıyla nakit akışının hızlı olması işlerin yapım sürecine ivme katmaktadır. Zamanında yapılan hakkedişler ve imalatlar her zaman yüklenici firmalar için cazip bir durumdur. Bu durumlarda herkes iş yapmak ve biran önce bitirmek ister. Aksi durumlarda işlerde kısmi yavaşlamalar hatta ekonomik problemlerden dolayı durmalar dahi görülebilir.

3.4.4 Hakkediş yazılımlarına (Amp, Oska vb.) doğru ve hızlı veri sağlanması hakkediş ofisinin aylık ortalama 2 günlük fazla mesaiden kurtarmıştır. Hakkediş yazılımı olarak her kurumun kendine özgü formatı olmakla birlikte Türkiye’de kamu ile özel sektörün en büyük iki ortak paydası Amp ve Oska programlarıdır. Bu programlar olsun başka formatlar ya da programlar olsun tüm hakkediş formatları doğru ve hızlı geri beslemeye ihtiyaç duyar. Bu noktada YBM yazılımlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan iş kalemlerinin ortak veri tabanına zamanında işlenmesi ve her iş kaleminde günlük mutabık kalınarak ilerlenmesi sayesinde doğru ve hızlı geri besleme sağlanmış olur.

Örnek vaka çalışmasının detaylı açıklamasının ardından Çizelge 4.7’deki veriler üst başlıklarına göre gruplandırıldığında Çizelge 4.8’deki çizelge ortaya çıkmaktadır. Bu çizelgenin de görselleştirilmesi sonu Şekil 4.7 elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

	Zaman kayıpları (gün)	Zaman kayıpları (%)	Maliyet kayıpları (₺)	Maliyet kayıpları (%)
3.1 Proje Çizimi	5	0,91	3.750,00	0,12
3.2 İhale aşaması	6	1,09	7.500,00	0,23
3.3 İnşaat aşaması	19	3,45	78.150,00	2,40
3.4 Hakediş ve kesin kabul	8	1,45	10.500,00	0,32
Toplam	38		99.900,00	

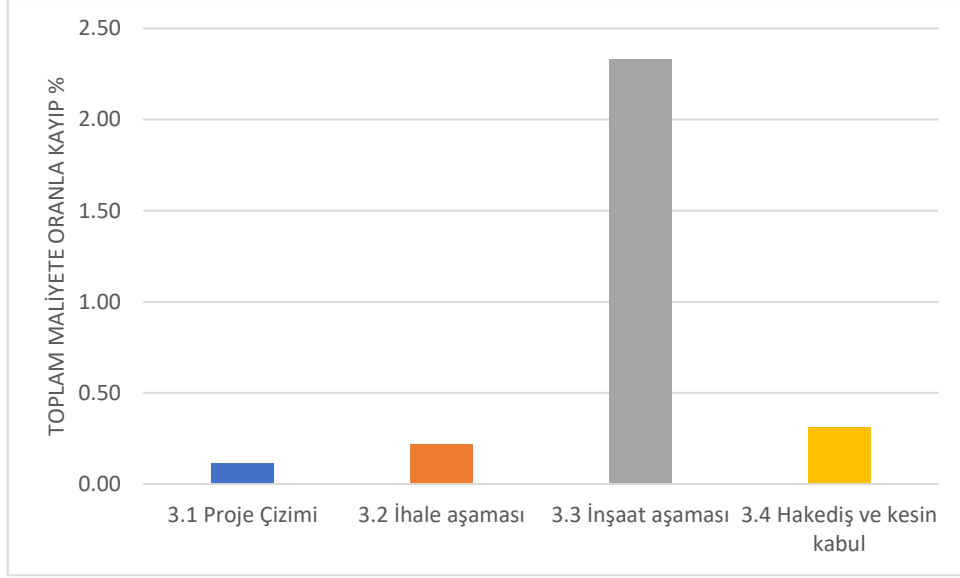


Şekil 4.7. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.

Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8 ile Şekil 4.7’den anlaşılacağı üzere iş planlamasında yapılan hatalar en çok inşaat aşamasında maliyete ve zamana etki etmektedir.

Proje ana başlıklar halinde incelendiğinde, statik ve elektrik projelerde çakışma olup revize edilmiş olmasına rağmen mekanik projelerdeki hatalar gözden kaçırılmış yapım aşamasında zaman ve maliyet kayıplarına sebep olmuştur. Metrajlar projeden hatalı okunup malzeme siparişleri fazla verilince fazla maliyetler olmuştur. YBM kullanılarak çok basit ve kesin yapılabilecek işler, gelenceksel yöntemlerle hatalı sonuçlar ve zaman kayıplarına sebep olabilmektedir.

İhale süresinde ise özellikle şartname ve metraj hataları olduğu görülmektedir. BIM’in en büyük avantajlarından birinin canlı metraj bilgisi almak olduğu söylenebilir. Parametrik olarak modellenmiş inşaat, elektrik ve makina ekipmanları, firma bilgisi, şartname ve metrajıyla YBM altlığından ulaşılabilir. Böylece proje, şartname veya metraj uyumsuzlukları ortadan kaldırılabilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Toplam maliyete oranla yüzde kayıp.

İnşaat aşamasında projeler 3D olarak kontrol edilemediği için 2D projelerle hatalı uygulamalar yapılmasına sebep olarak, tadil edilmesi gerekmiştir. Ön görülemeyen işler çıkmasından dolayı iş programında revize yapıp işin süresi uzatılmıştır. Sahada ortaya çıkan revizeler teknik ofise ortak bir veri tabanından bildirilmediği için yanlış anlaşılmalara sebep olmuştur. Proje tasarım aşamasında çakışma tespiti yapılmasına rağmen mekanik-mimari projeler arasında çakışma çıkmış tavan kotunun bazı mahallerde düşmesine sebep olmuştur. Bu şekilde devam eden hatalar sıralaması ancak projeden kabule kadar olan süreci tek veri tabanından ortak kullanan bir sistemle tolere edilebilir. Bunun içinde YBM kullanma zorunluluğu karşımıza çıkmaktadır.

Hakediş ve kesin kabul aşamasında ise proje verilerinin sahada değişmesi sonucu ataşmanların çizilmesine veya projelere yansıtılmasına gerek duymaktadır. Bu da şantiye kontrolü dışında çizim işlerinin de devam etmesini zorunlu kılmaktadır. Bu süreç inşaat ve hakedişler arasında zamansal fark oluşmasına sebep olmaktadır. Bu da nakit akışını olumsuz etkilemektedir. Metraj farklılıklarının şantiye ve kontrol ekibi tarafından hem fikir olunması ise ayrı bir iş yükü ve zaman kaybına sebep olmaktadır.

4.5. KONUT VE TİCARİ PROJESİ

Proje Elazığ İli Merkez İlçesinde uygulanmıştır. Yapı fonksiyon olarak konut ve ticari içermektedir. Parselin bitişiğinden açılması düşünülen imar yoluna terk yapılması gerektiği için bu süreçler temel kazısına başlamayı 6 ay kadar ötelemiştir. Yapımda

karşılaşılan en büyük sorun temel kazılırken çıkan yüksek mukavemetli kaya zemin olmuştur. 6 günde temel açılması ön görülürken iş makinası sayısı arttırılmasına rağmen 28 günde tamamlanabilmiştir. Yapı lüks yapı olarak inşaa edilip tüm malzemeler 1.sınıf ithal veya yerli ürünlerden oluşmaktadır. Yapım işi için ihale açılmış oluşturulan ihale dosyası firmalara gönderilmiştir. Fakat tüm işler tek dosyada ihale edilmemiş olup kaba inşaat, ince işler, cephe, havuz yapımı, elektromekanik gibi özellikli işler ayrı ayrı ihale edilmiştir. Bu durumun birkaç avantajı dışında genelde dezavantaj olarak karşımıza çıkmış ve firmalar arası çakışmalar işin uzamasına sebep olmuştur. Toplam inşaat alanı 4658,29 m² olup sözleşmeye göre işin tamamlanma süresi 720 takvim günüdür. On bir katlı betonarme olan yapı, 2017 yılında tamamlanmıştır.

İş kalemleri tanımlandığı numara koduyla açıklanmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda ortaya çıkan detaylı veriler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Konut ve ticari projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ					
			AÇIKLAMA	KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	YILDIZ MADENCİLİK 46DAİRELİK KONUT İNŞAATI - YM:11.674.400,00TL							
	Tasarımdan kaynaklanan hatalar	İç mekanlarda tavan kotlarını işveren tarafından 4 m istenilmesine rağmen, bu detay unutulmuş olup 3 m tasarlandı. Tüm paftalar revize edilip kesit görünüm ve detaylar değişti.	6	500,00			3.000,00	0,03
	Proje çakışmaları	Statik proje ile mekanik projede çakışma tespit edildi. Mekanik proje revize edildi.	1	500,00			500,00	0,00
	Yönetmeliklere uyumsuzluk	Kat yükseklikleri 4 m hesaplanıp bina toplam kotu imar planını 6 m üstüne çıkmıştır. Ruhsat bölümünden onaylanmayan proje revize edildi.	2	1.000,00		2.000,00	6.000,00	0,05
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)	Duvar metrajında pencere ölçüleri hatalı okunup hatalı minha edildiği fark edilip hesaplamalar yeniden yapıldı.	1	500,00			500,00	0,00

Çizelge 4.9. (devam) Konut ve ticari projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3 boyutlu görselleştirme	2D ve 3D tasarımlar farklı programlarda manuel yöntemlerle yapıldığı için süregelen bir dizi hatalar çıktı.	2	1.000,00			2.000,00	0,02
	Zaman planlanması	İş programı yapılırken tahmini süreler yazılıp gerekli analizler yapılmamıştır.						0,00
	Maliyet planlaması	Proje sahadaki işleyişe göre sürekli revize gördüğü için maliyet planlaması tutturulamamıştır.						0,00
İHALE DOSYALARINDA YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Şartname	Projede belirtilen malzemeler şartnamede hatalı özelliklerde yazılmış olup şartname revize edildi.	2	500,00			1.000,00	0,01
	Metraj	Projede belirtilen malzeme metrajları hatalı yazılmış olup revize edildi.	2	500,00			1.000,00	0,01
	Keşif	Metraj değişiklikleri keşif değişikliklerine de sebep oldu.	1	500,00			500,00	0,00

Çizelge 4.9. (devam) Konut ve ticari projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	YILDIZ MADENCİLİK 46DAİRELİK KONUT İNŞAATI - YM:11.674.400,00TL							
	3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	Saha aplikasyonu yapılırken kamusal alan çekme mesafesine dikkat edilmemiş kazı yapıldı.	2	1.000,00			2.000,00	0,02
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı	Temel kazıları hatalı yapılmış zemin kayalık olduğu için ciddi bir temel kazı maliyeti çıktı.	8	500,00	28.650,00		32.650,00	0,28
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı							0,00
	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması	Prekast cephe imalatları 3d modelleme olmasına rağmen parametrik modelleme olmadığı için istenilen modelde üretilememiş yeniden imalata verilmiştir.	10	300,00	8.000,00		11.000,00	0,09
3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında	İmalatlarda sürekli sorun çıktığı için iş programında 6 defa revize iş programı yapılmıştır.	6	300,00			1.800,00	0,02	

Çizelge 4.9. (devam) Konut ve ticari projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	YILDIZ MADENCİLİK 46DAİRELİK KONUT İNŞAATI - YM:11.674.400,00TL							
	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	Duvar metrajında baklonların tam boy sürgülü kapıları pencere gibi yarım minha edildiği için cephede prekastlarında fazla imalat yapılmış kalanların bir kısmı iade edildi.	3	1.500,00	23.450,00		27.950,00	0,24
	3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi							0,00
	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması	Yapının son katına (12.kat) yüzme havuzu yapıldı. Rüzgar ve güneş analizleri ile simülasyonlar yapılmadığı için havuzun raylı üst kapama sistemi deneme yanılma ile 4 defa değiştirildi yine de istenilen sonuç elde edilemedi.	15	1.500,00	28.500,00		51.000,00	0,43
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	Bordum katta mekanik imalatlarla statik imalatlar çakışınca mekanik cihazlar için yeni alana ihtiyaç olup sosyal alan olarak planlanan mahalın bir kısmı mekanik için kullanıldı.	3	500,00	2.650,00		4.150,00	0,04
	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	İmalat revizeleri projeye yansması sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri projenin sonuna doğru tamamlandı.	2	500			1.000,00	0,01
	3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	Yapım iş bittikten sonra as built proje için proje ekibi 3 gün hizmet alımı yapıldı.	3	500			1.500,00	0,01

Çizelge 4.9. (devam) Konut ve ticari projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ					
			KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	YILDIZ MADENCİLİK 46DAİRELİK KONUT İNŞAATI - YM:11.674.400,00TL	AÇIKLAMA						
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE BİM KULLANIMI	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	Metrajlar hakediş birimi tarafından alınmış olup sorun çıkmamıştır.						0,00
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	Hakediş ofisinin metraj bilgilerini kendi almıştır.						0,00
	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması							0,00
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	Hakediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak için hakediş ofisinde aylık ortalama 3 günlük fazla mesai yapıldı.	3	500			1.500,00	0,01
	Toplam Kayıp Gün		72		Toplam Fazla Maliyet	149.050,00		

3.1 İç mekanlarda tavan kotlarını işveren tarafından 4 metre istenilmesine rağmen, bu detay unutulmuş olup 3 metre tasarlandığı tespit edilmiştir. Tüm mimari, statik projeleri revize edilip kesit görünüm ve detaylar değişmiştir. Bu değişimler yapılırken de her yapı elemanı tek tek manuel olarak değiştirilmiştir.

Geleneksel olarak statik proje ile mekanik projede çakışma görüldü. Mekanik proje revize edildi.

Kat yükseklikleri 4mt hesaplanıp bina toplam kotu imar planını 6 metre üstüne çıkmıştır. Ruhsat bölümünden onaylanmayan proje revize edilmiştir.

Duvar metrajında pencereler ölçüleri hatalı okunup, hatalı minha edildiği fark edilip hesaplamalar yeniden yapıldı. Özellikle dış cephe prekast kaplama fiyatının yüksek olması sebebiyle metraj hatası büyük ekonomik sorunlara sebep olmuştur.

2D ve 3D tasarımlar farklı programlarda manuel yöntemlerle yapıldığı için süregelen bir dizi hatalar çıkmıştır.

İş programı yapılırken tahmini süreler yazılıp gerekli analizler yapılmamıştır.

Proje sahadaki işleyişe göre sürekli revize gördüğü için maliyet planlaması tutturulamamıştır.

Projelerin bir an önce tamamlanıp daire satışlarının başlaması için avan projeler üzerinden görsel amaçlı 3 boyutlu modeller çıkarılıp satışa sunulmuştur. Ancak proje sürecinin tamamlanmasına yakın ortaya çıkan bazı fonksiyonel gereksinimler, tüm 3D projelerin revize edilmesine sebep olmuştur. YBM kullanılmadığı için 2D ve 3D projeler bağımsız olup 2D revizeleri direkt olarak 3D projeleri yansımayıp sürekli manuel revizeler gerektirmektedir.

Maliyet planlamalarında sapmalar çıkmasının temel sebepleri metraj hataları, süre uzatımı ve öngörülemeyen imalatlardır. Bu üç temel unsuru birlikte derleyip, analiz edebilme kabiliyeti maliyet hedeflerinin tutturulmasında en büyük rolü oynar. Bu projede bu sorunlara ek olarak iş verenin bitmek sık sık karar değiştirmesi ve ek taleplerde bulunması maliyet planlamasını bozmuştur.

3.2 Şartnameler ihale öncesinde istekli firmalar tarafında incelenmiş ve bazı hususların projeler ile uyumsuz olduğunu gözlemlemiştir. Cephede prekast kaplama imalatının zorluğu ve modeliyle ilgili sorunlar yaşanmış ve bu tüm proje boyunca devam etmiştir.

3.2 Keşiflerde uygulama aşamasında çıkan sorunlardan dolayı, işverenin tahmin ettiği

yaklaşık maliyette sapmalar olmuştur.

3.3.2 Saha aplikasyonu yapılırken kamusal alan çekme mesafesine dikkat edilmemiş kazı yapılmıştır. İnşaat yapılan parsel yeni imara açılmış olup aplikasyon yapılırken kurumlar arası verilerin hatalı dolaşmasından kaynaklı olarak parsel sınırlarındaki kamulaştırma mesafeleri hatalı tespit edilmiştir. Parsel içinde parsele ait alanların bir kamusal yeşil alan olarak belirlenmiş ve kamuya terk edilmiştir. Bu alanda yer altı betonarme su deposu olarak yapılması düşünülüp temeli kazılan alan iptal edilmiştir.

3.3.3 Temel kazıları hatalı yapılmış zemin kayalık olduğu için ciddi bir temel kazı maliyeti çıkmıştır.

3.3.4 Şantiye mobilizasyonunda herhangi bir sorun çıkmamıştır.

3.3.5 Prekast cephe imalatları 3d modelleme olmasına rağmen, parametrik modelleme olmadığı için istenilen modelde üretilememiş yeniden imalata verilmiştir. Öneri olarak yapılan her model işveren tarafından reddedilmiştir. Bu sürecin sonunda iş veren tam istediği modeli elde edememiş olmakla birlikte, önerilerden birini kabul etmek durumunda kalmıştır. Bu durum da cephenin tamamlanması için ön görülen süreci uzatmıştır.

3.3.6 İmalatlarda sürekli sorun çıktığı için iş programında 6 defa revize iş programı yapılmıştır.

3.3.7 Duvar metrajında balkonların tam boy sürgülü kapıları, pencere gibi yarım minha edildiği için cephe prekastlarında fazla imalat yapılmış kalanların bir kısmı iade edilmiştir. Fakat özel imalat olduğu için tamamı iade olarak kabul edilmemiş olmuş işverene maliyet olarak kalmıştır.

3.3.8 İmalatların doğru yapılması için yine geleneksel metotlar kullanılmış ve özel imalatlarda sorunlar yaşanmıştır. Yapının son katına (12. kat) yüzme havuzu yapılmıştır. Rüzgâr ve güneş analizleri yapılmayıp simülasyonlar yapılmadığı için havuzun raylı üst kapama sistemi deneme yanılma ile 4 defa değiştirilmiş yine de istenilen sonuç tam olarak elde edilememiştir. Yapının etrafı açık yüksek bir konumda bulunması ve 12.kata üstü açılır kapanır havuz yapılması birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Sorunların başında rüzgâr etkisi gelmiştir. Kat yüksekliğinin fazla olması ve etrafının açık olması sürekli bir rüzgâr sorunu getirmiştir. Havuzun üst kapatma raylı sistemi taşıyıcı sistemi çelik takviyeli alüminyum profillerden, camları ise 4 mm temperli camdan imal edilmiştir. Ray sisteminin yapıldığı temmuz ayında rüzgâr etkisi çok hissedilmemesine rağmen eylül ayı

gelip sonbahar rüzgarlarının başlamasıyla yapının camlarında titremeler ve esnemelere bağlı sesler oluşmuştur. Sonbahar ve ilkbahar aylarında üst sistemi havuzun üstü açıldığında sisteme giren rüzgârın etkisiyle parçalanma tehlikesi geçirmiştir. Rüzgâr yönleri ve şiddetiyle ilgili meteorolojik veriler araştırılıp sistem yeniden imal edilmesine rağmen lokal rüzgâr yönü farklılıklarından dolayı yine de istenilen sonuç elde edilememiştir. Sistem kapalı olduğunda güneşin etkisiyle içeride oluşan sera etkisini kırmak için kullanılan soğutma sistemleri yüklü faturalar gelmesine sebep olmuştur. Camların renginde ve kalınlığında yapılan birkaç revize ile güneş nispeten etkisi azalmıştır.

3.3.10 Bodrum katta mekanik imalatlarla statik imalatlar çakışınca mekanik cihazlar için yeni alana ihtiyaç olup sosyal alan olarak planlanan mahallin bir kısmı mekanik için kullanılmıştır.

3.3.10 Yetersiz dijital veriler hatalı imalatlara sebep olmuştur. Sağlıklı 3d verilerin olmaması ve özel imalat gerektiren iş kalemlerinin fabrikada imalatı için gerekli dijital verilerin olmaması imalatta hatalara ve gecikmelere sebep olmuştur.

3.3.11 İmalat revizeleri projeye yansımaları sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri projenin sonuna doğru tamamlanmıştır.

3.3.12 As-built projelerin alımına yapım işi tamamlandıktan sonra başlanmıştır. Tüm mahallerde 4 kişilik teknik personelle yapılan 3 günlük ölçümler ve değerlendirmeler neticesinde as-built projeler tamamlanmıştır.

3.4.2 Metrajlar hakkediş birimi tarafından alınmış olup sorun çıkmamıştır.

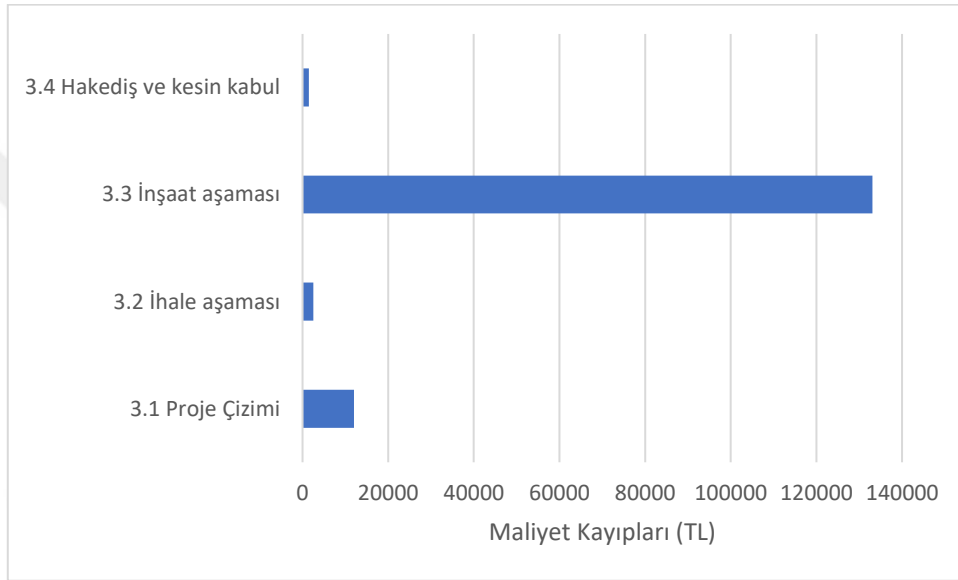
3.4.3 Hakkediş ofisinin metraj bilgilerini kendileri almıştır.

3.4.5 Hakkediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak için hakkediş ofisinde aylık ortalama 3 günlük fazla mesai yapılmıştır.

Örnek vaka çalışmasının detaylı açıklamasının ardından Çizelge 4.9'daki veriler üst başlıklarına göre gruplandırıldığında Çizelge 4.10'daki çizelge ortaya çıkmaktadır. Bu çizelgenin de görselleştirilmesi sonu Şekil 4.9 elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

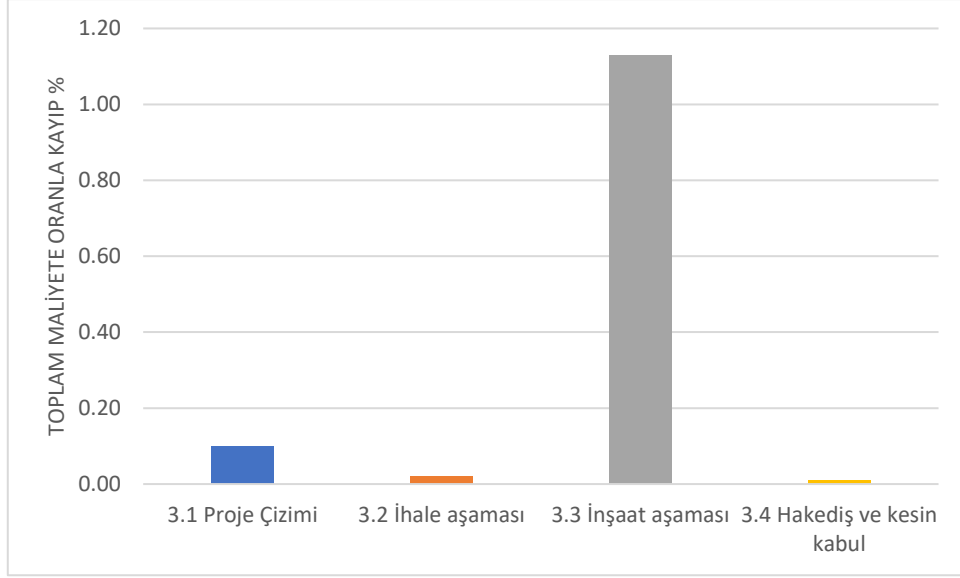
	Zaman kayıpları (gün)	Zaman kayıpları %	Maliyet kayıpları ₺	Maliyet kayıpları %
3.1 Proje Çizimi	12	1,67	12.000,00	0,10
3.2 İhale aşaması	5	0,69	2.500,00	0,02
3.3 İnşaat aşaması	52	7,22	133.050,00	1,14
3.4 Hakediş ve kesin kabul	3	0,42	1.500,00	0,01
Toplam	72		₺149.050,00	



Şekil 4.9. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.

Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10 ile Şekil 4.9'dan anlaşılacağı üzere iş planlamasında yapılan hatalar en çok inşaat aşamasında maliyete ve zamana etki etmektedir.

Genel olarak ana başlıklar halinde incelendiğinde, proje aşamasında statik ve mekanik projelerin çakışması ve kat yüksekliklerinin fazlalığından dolayı yönetmeliklere uyumsuzluklar çıkmıştır. Proje okuma hatası olarak değerlendirilip inşaat aşamasında da kaşımıza çıkan büyük maliyet kayıplarından biri de kalemi metraj çıkarılırken unutulmuş minhalardır. Metraj ölçümlerinin manuel ve buna bağlı olarak hatalı yapılması neredeyse her projede zaman ve maliyet kayıplarına sebep olmuştur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Toplam maliyete oranla yüzdede kayıp.

İhale süresinde ise özellikle şartname ve metraj hataları olduğu görülmektedir. BIM'in en büyük avantajlarından birinin canlı metraj bilgisi almak olduğu söylenebilir. Parametrik olarak modellenmiş inşaat, elektrik ve makina ekipmanları, firma bilgisi, şartname ve metrajıyla YBM altlığından ulaşılabilmektedir. Böylece şartname veya metraj uyumsuzlukları ortadan kaldırılabilir.

İnşaat aşamasında meydana gelen kayıpların bir kısmı proje uyumsuzlukları bir kısmı ise uygulama aşamasındaki hatalardan meydana gelmektedir. Parametrik modelleme kullanılmadığı için karşımıza çıkan en büyük sorun metraj hataları ve ürünlerinin tasarlandığı gibi üretilmemesidir. Bunlara bağlı çıkan zaman kayıpları da iş programında sürekli revizelere sebep olmaktadır. Bu yapıda karşımıza çıkan en büyük sorun en üst kattaki üstü açılır kapanır yüzme havuzunun proje aşamasında simüle edilememesi ve uygulama aşamasında deneme yanılma ile sonuca varılmaya çalışılmasıdır. Bu büyük sorunların tamamı YBM kullanılarak kolaylıkla aşılabilecek türden olmasına rağmen geleneksel metotlarla büyük kayıplara sebep olmuştur.

Hakediş ve kesin kabul aşamasında ise çok sorun çıkmamış olup sadece hakediş yazılımına verilerin aktarılması için fazladan mesai harcanmıştır.

4.6. OTEL RESTORASYON PROJESİ

Proje İstanbul İli Büyükçekmece İlçesinde uygulanmıştır. Yapı 1992 yılında yapılmış olup yatırımca tarafından günü birlik kullanıcılara hitap edecek şekilde yapılmıştır. 8yıl kadar işletildikten sonra işletme güçlüğü yaşanınca satışa çıkarılıp satılmıştır. Alan firma oteli 15 yıl kadar işlettikten sonra otelin kaba inşaat hariç tüm yapısal elemanları söküp yeniden yapmıştır. Özellikle dış cepheye ciddi masraflar yapılmıştır. 2016 yılının ortalarında başlayan restorasyon 2018 yılında tamamlanmıştır. Toplam inşaat alanı 3824,89 m² olup sözleşmeye göre işin tamamlanma süresi 515 takvim günüdür. Beş katlı betonarme olan yapı, 2018 yılında tamamlanmıştır.

İş kalemleri tanımlandığı numara koduyla açıklanmıştır. Yapılan saha çalışması sonucunda ortaya çıkan detaylı veriler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Otel restorasyon projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	KUMBURGAZ OTEL RESTORASYON İŞİ- 6.256.526,00TL							
	Tasarımdan kaynaklanan hatalar	Projenin cephe tasarımı ilgili belediyenin talebi üzerine revize edilince 2D ve 3D projeler geleneksel yöntemlerle revize edildi.	2	1.000,00		2.000,00	6.000,00	0,09
	Proje çakışmaları	Mimari projede istenen kotlar mekanik proje hesapları sonucu sağlanamayıp mimari proje revize edildi.	2	500,00			1.000,00	0,02
	Yönetmeliklere uyumsuzluk	Yangın kaçış merdiveni konumu ve ölçüleri değiştirildi.	1	500,00			500,00	0,01
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)	Teras kat olarak kullanılmak üzere çatı örtüsünde yeşil çatı olması gerekirken yalıtım katmanları normal çatı gibi hesaplandı.	2	500,00			1.000,00	0,02
3 boyutlu görselleştirme	Binanın kaba inşaat dışındaki tüm yapı elemanları yıkılınca beklenenden farklı bir kaba yapı çıkmış olup 3D projede büyük revizeler olmuştur.	3	500,00			1.500,00	0,02	

Çizelge 4.11. (devam) Otel restorasyon projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
PROJE ÇİZİMİNDE YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Zaman planlanması							0,00
	Maliyet planlaması	Teras kat olarak kullanıcak çatı örtüsünde yeşil çatı gözden kaçırılıp yalıtım katmanları normal çatı gibi hesaplandı.	1	500,00			500,00	0,01
İHALE DOSYALARINDA YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	Şartname	Projede belirtilen malzemeler şartnamede hatalı özelliklerde yazılmış olup şartname revize edildi	2	500,00			1.000,00	0,02
	Metraj	Projede belirtilen malzemeler metrajı miktarları hatalı yazılmış olup metrajlar revize edildi	3	500,00			1.500,00	0,02
	Keşif	Keşif dosyasında granit pozunun fiyatı eviye bataryasına yazılmış olup revize edildi.	1	500,00			500,00	0,01

Çizelge 4.11. (devam) Otel restorasyon projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ				
				KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	Sahada aplikasyon yapılırken otel binasının kafterya olarak tasarlanan kısım 2mt kıyı kanununa muhalefet ettiği fark edildi.	3	2.000,00		2.000,00	₺ 12.000,00	0,19
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı	Parselde bulunan boş alanda yeraltına yapılacak olan çamaşırhane kazısı maliyete eklenmesi unutulmuştur.	2	4.500,00		2.000,00	13.000,00	0,20
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı							0,00
	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması	Aynı katlarda farklı kotlarda döşeme olması sebebiyle geçiş alanlarında tavan kotları revize edildi.	1	2.000,00			2.000,00	0,03
	3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında	İş programı için imalat akışına uygun yapılmadığı için 3 defa revize iş programı yapıldı.	2	2.000,00			4.000,00	0,06

Çizelge 4.11. (devam) Otel restorasyon projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	ZAMANA ETKİSİ	MALİYETE ETKİSİ					
			KAYIP GÜN SAYISI (a)	İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
	KUMBURGAZ OTEL RESTORASYON İŞİ- 6.256.526,00TL	AÇIKLAMA						
YAPIM İŞLERİNDEN KAYNAKLI YBM KULLANILMAMASINDAN KAYNAKLI KAYIPLAR	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	Çamaşırhanede kullanılacak antibakteriyel seramikler metrajı 35 m ² eksik geldi. Çatı bahçesi için kullanılacak jeotekstil membran yerine -20de bükülmeli normal membran geldi.			1.000,00			1.000,00 0,02
	3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi	Sahada tamamlanan mekanik işler metrajı teknik ofise hatalı verilince taşeronu fazla ödeme yapılması işveren tarafından büyük bir tepkiye yol açtı.	1	500,00			500,00	0,01
	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması	Projede öngörülen gömme revervuarların 3tanesi perde duvara denk gelmiştir. İşin bu kısmı durdurulup proje revize edilmiştir.	2	500,00		2.000,00	5.000,00	0,08
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	2.Katta mekanik projesinde öngörülen shaft bir odanın giriş kapısına gelmektedir. Odasının planı değiştirildi.	2	2.000,00		2.000,00	8.000,00	0,13
	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	İmalat revizeleri projeye yansması sürecinde projelerin tüm plan-kesit-görünüşleri gecikmeli olarak revize edildi.	8	500,00			4.000,00	0,06
	3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	Yapım iş bittikten sonra as built proje için proje ekibi 5 gün hizmet alımı yaptı.	5	500,00			2.500,00	0,04

Çizelge 4.11. (devam) Otel restorasyon projesi alan çalışmasında zaman ve maliyet kayıpları ve gerekçeleri.

	PROJE KİMLİK BİLGİLERİ	AÇIKLAMA	ZAMANA ETKİSİ KAYIP GÜN SAYISI (a)	MALİYETE ETKİSİ				
				İŞGÜCÜ REVİZESİ KAYIP GÜN/TL (b)	MALZEME REVİZESİ BEDELİ/TL (c)	İŞLETMENİN ÇALIŞMASININ GECİKMESİ KAYIP GÜN/CEZA-TL (d)	TOPLAM KAYIP (a*(b+d))+c	TOPLAM MALİYETE ORANLA KAYIP (%)
HAKEDİŞ VE KESİN KABUL SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	Sahadan gelen metraj kalemlerinin ve miktarlarının hatalı olması her hakedişte revizeye sebep olmuştur.	2	500,00			1.000,00	0,02
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	Hakediş ofisine metraj bilgilerinin hatalı gelmesi işverenle yüklenici arasında problemlere sebep olup tekrar tekrar ölçüye çıkmıştır.	3	500,00			1.500,00	0,02
	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması	Yükleniciye yapılan ödemeler gecikince malzeme tedarikleri gecikip işte toplamda 12gün gecikme olmuştur.	12	2.000,00			24.000,00	0,38
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	Hakediş yazılımlarına doğru ve hızlı veri sağlamak hakediş ofisini aylık ortalama 4 günlük fazla işten kurtarmıştır.	4	500,00			2.000,00	0,03
	Toplam Kayıp Gün			64		Toplam Fazla Maliyet		94.000,00

3.1 Projenin cephe tasarımı belediyenin kriterleri üzerine revize edilince 2d ve 3d projeler geleneksel yöntemlerle revize edilmiştir. Revize belediyeye sunulup onaylanınca imalatlara başlandı.

3.1 Mimari projede istenen kotlar mekanik proje hesapları sonucu sağlanamayıp mimari proje revize edildi.

3.1 Yangın kaçış merdiveni konumu ve ölçüleri değiştirilmiştir. Alandan kazanmak için daha önce dar olarak yapılan merdiven, büyütülüp farklı bir noktaya taşınmıştır.

3.1 Teras kat olarak kullanılacak çatı örtüsünde yeşil çatı olması gerekirken yalıtım katmanları normal çatı gibi hesaplanmıştır. Yeşil çatılar normal çatı örtülerine göre fazla özellik barındırdıkları için birim maliyetleri çok yüksektir. Bu sebeple fiyat farkı çıkmıştır.

3.1 Binanın kaba inşaatı dışındaki tüm yapı elemanları sökülünce beklenenden farklı bir kaba yapı çıkmıştır. Bu durum da olup 3 boyutlu projede büyük revizeler gerektirmiştir.

3.1 Maliyet planlamalarında teras kat olarak kullanılacak çatı örtüsünde yeşil çatı gözden kaçırılıp yalıtım katmanları normal çatı gibi hesaplanmıştır. Ayrıca kaba inşaat beklenenden farklı çıkınca projede revizeler yapılmak zorunda kalmış, bu da ek maliyetler getirmiştir.

3.2 Keşif dosyasında granit pozunun fiyatı eviye bataryasına yazılmış olduğu tespit edilmiş, revize edilmiştir.

3.3.1 Sahada aplikasyon yapılırken, otel binasının kafeterya olarak tasarlanan ek yapısının, 2 metre kadar kıyı kanununa muhalefet ettiği fark edilmiştir. Yeniden applike edilerek, kıyıdan iç kısımlara doğru çekilmiştir.

3.3.2 Projenin sahaya aplikasyonunda herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır.

3.3.3 Parselde bulunan boş alanda, yeraltına yapılacak olan çamaşırhanenin kazısının maliyete eklenmediği fark edilmiştir.

3.3.5 Aynı katlarda farklı kotlarda döşeme olması sebebiyle geçiş alanlarında tavan kotları revize edilmiştir.

3.3.6 İş programına göre başlanıp 2 ay, buna uygun çalışma yapılmasına rağmen eski yapı malzemeleri sökülünce ortaya çıkan kaba inşaat iş akışını değiştirmiş ve iş programı 3 defa revize edilmesi gerekmiştir.

3.3.7 Çamaşırhanede kullanılacak anti bakteriyel seramikler metrajı 35 m² eksik gelmiştir. atı bahçesi için yalıtımda kullanılacak jeotekstil membran yerine hatalı sipariş verilmiş olup -20 oC bükülmeli normal membran gelmiştir.

3.3.8 Sahada tamamlanan mekanik işler metrajı teknik ofise hatalı verilince, taşerona fazla ödeme yapılmış olması işveren tarafından büyük bir tepkiyle karşılanmıştır.

3.3.9 Projede öngörülen gömme rezervuarların 3 tanesi perde duvara denk gelmiştir. İşin bu kısmı durdurulup proje revize edilmiştir.

3.3.10 Çakışma tespiti hatalı yapılmış 2. katta mekanik projesinde öngörülen şaft bir odanın giriş kapısına gelmektedir. Odanın giriş bölümü planı değiştirilmiştir.

3.3.11 Saha ekibince imalat aşamasında tespit edilen uyuşmazlıklar, imalat olarak revize edilmesine rağmen anında projede revize edilmediği için sonraki iş kalemini yapacak paydaşlar bu duruma hazırlıksız yakalanılmıştır. Bu durumda sonraki imalatları yapacak paydaşlara revize projelerin verilmesi için zaman istenip işleri zincirleme olarak geciktirmektedir.

3.3.12 Yapım iş bittikten sonra as built proje için 3 kişilik proje ekibi 5 gün hizmet alımı yapılmıştır

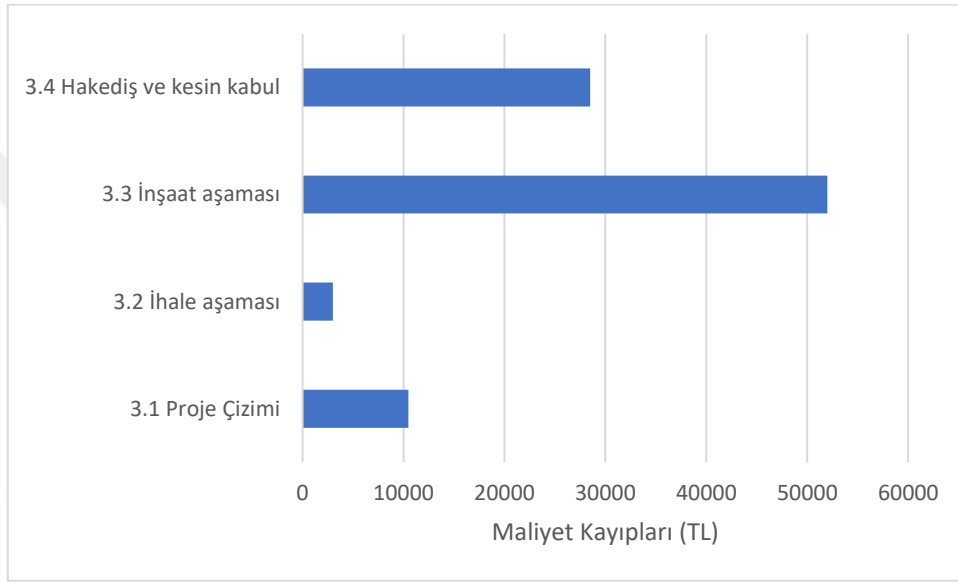
3.4.1 Yüklenici ile işveren arasında neredeyse her hakkedişte metraj farklılıkları çıkmıştır. İki tarafın yaptığı hakkediş miktarlarında farklılıklar çıkması sahaya tekrar ölçüye çıkılmasına sebep olmuştur.

3.4.4 Hakkediş yazılımlarına (Amp, Oska vb.) doğru ve hızlı veri sağlanması hakkediş ofisinin aylık ortalama 4 günlük fazla mesaiden kurtarmıştır. Hakkediş yazılımı olarak her kurumun kendine özgü formatı olmakla birlikte Türkiye’de kamu ile özel sektörün en büyük iki ortak paydası Amp ve Oska programlarıdır. Bu programlar olsun başka formatlar ya da programlar olsun tüm hakkediş formatları doğru ve hızlı geri beslemeye ihtiyaç duyar. Bu noktada YBM yazılımlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan iş kalemlerinin ortak veri tabanına zamanında işlenmesi ve her iş kaleminde günlük mutabık kalınarak ilerlenmesi sayesinde doğru ve hızlı geri besleme sağlanmış olur.

Örnek vaka çalışmasının detaylı açıklamasının ardından izelge 4.11’deki veriler üst başlıklarına göre gruplandırıldığında izelge 4.12’deki izelge ortaya çıkmaktadır. Bu izelgenin de görselleştirilmesi sonu şekil 4.11 elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. Ana iş aşamalarının zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi.

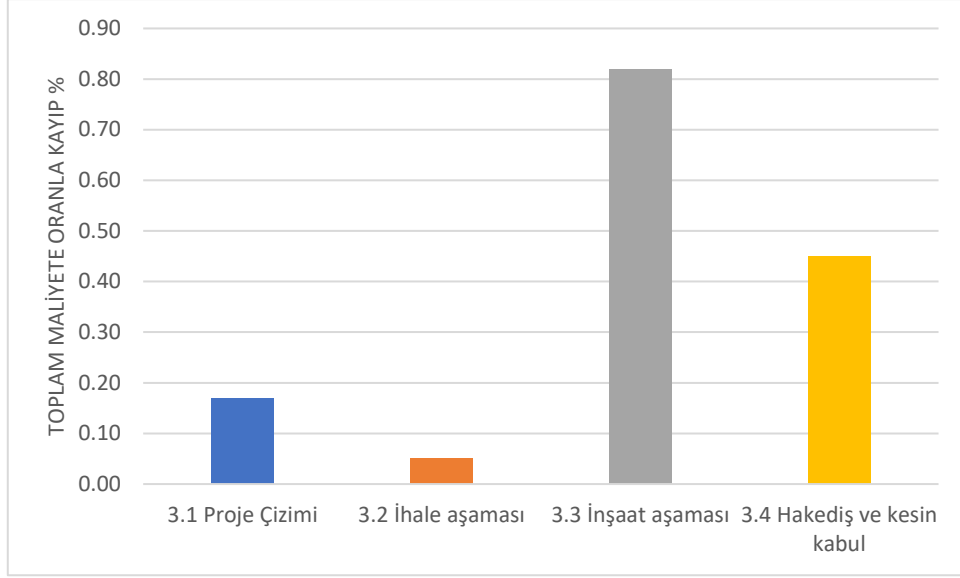
	Zaman kayıpları (gün)	Zaman kayıpları (%)	Maliyet kayıpları (₺)	Maliyet kayıpları (%)
3.1 Proje Çizimi	11	2,14	10.500,00	0,17
3.2 İhale aşaması	6	1,17	3.000,00	0,05
3.3 İnşaat aşaması	26	5,05	52.000,00	0,83
3.4 Hakediş ve kesin kabul	21	4,08	28.500,00	0,46
Toplam	64		₺94.000,00	



Şekil 4.11. Ana iş kalemlerinin maliyet kayıpları açısından değerlendirilmesi.

Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12 ile Şekil 4.11'den anlaşılacağı üzere iş planlamasında yapılan hatalar en çok inşaat aşamasında maliyete ve zamana etki etmektedir.

Alt ana başlıkları genel olarak değerlendirildiğinde, 2D ile 3D projelerin bağımsız çalışması ve ön görülemeyen çakışmalar çıkması projeden kabul aşamasına kadar her aşamada kayıplara sebep olmuştur (Şekil 4.12). Özellikle malzeme siparişlerinin hatalı verilmesi, proje çakışmaları ve sürekli iş programı revizesi ve son durumda bu sorunların tamamının kesin kabul ve hakediş sürecine kadar yansması kayıplarda artışlara sebep olmaktadır.



Şekil 4.12. Toplam maliyete oranla yüzdede kayıp.

Alt ana başlıklar halinde incelendiğinde ise, proje tasarım aşamasında 2D-3D uyumsuzluğu, ön görülemeyen proje çakışmaları, yönetmeliklere uyumsuzluklar ve metraj hataları başı çekmektedir.

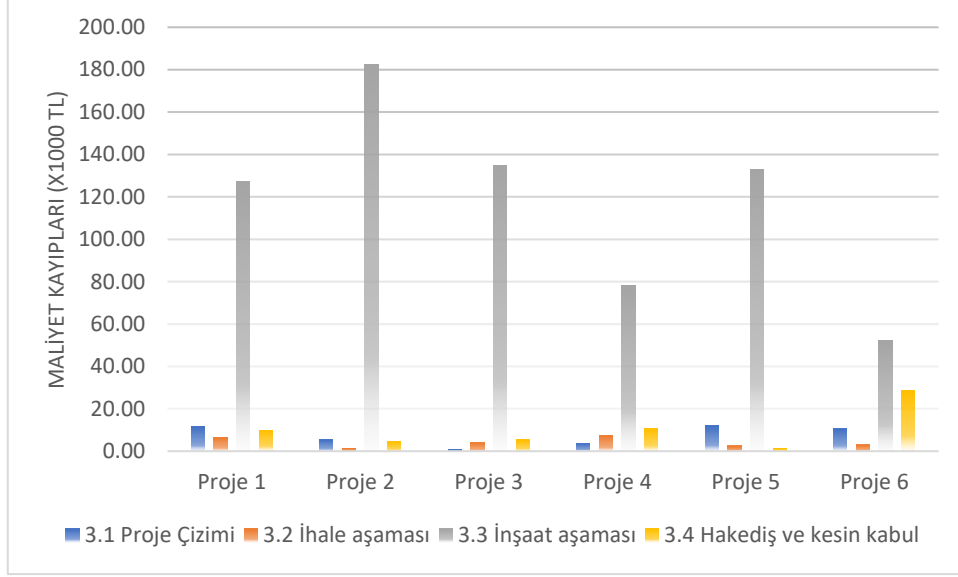
İhale sürecinde metraj hataları, şartname uyumsuzlukları ve bunlara bağlı olarak keşif uyumsuzlukları çıkmıştır. YMB modellemenin parametrik çalışması metraj konusunda büyük avantaj sağlamaktadır. Oluşturulan proje altlıkları hassas ve değişimi anında tüm bölümlere yansıtmakta olduğu için bu gibi hataların önüne geçmektedir.

İnşaat yapım aşamasına kıyıya kıyı kanununda izin verilenden daha fazla yaklaşmış olup aplikasyonlar yenilendi. Proje aşamasında tasarlanan fakat hafriyat hesabında unutulmuş yerlatı çamaşırhanesi ek maliyetler getirmiştir. Mazleme siparişlerinde hatalı miktarda ve özellikle ürünler gelip daha sonra bu durum düzeltilmiştir. Proje aşamasında çakışma tespitleri yapılmasına rağmen uygulama da yine karşımıza çıkmıştır. Son olarak as built projeler için hizmet alımı yapılarak projeler tamamlanmıştır.

Hakediş ve kesin kabul aşamasında proje revizelerindeki metraj bilgilerinin geç veya hatalı yansımaları problemi çıkmıştır. Hakediş yazılımlarına veri sağlanamaması hakediş ofisinde çalışan personele ek iş yükü ve maliyet getirmiştir.

4.7. İNCELENEN PROJELERİN BİRBİRİ İLE KIYASLANMASI

Tez kapsamında incelenmiş olan 6 adet proje verileri birbirleri ile kıyaslanarak tartışılmıştır. Bu doğrultuda elde edilmiş olan maliyet kaybı verileri tek bir grafikte toplanmıştır (Şekil 4.13).



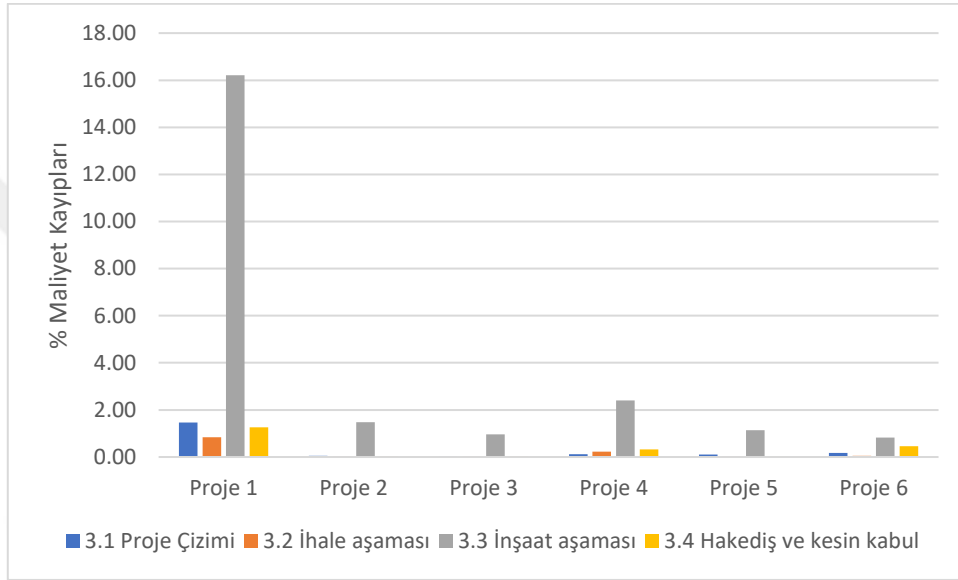
Şekil 4.13. İncelenen bütün projelere ait maliyet kayıplarının kıyaslanması.

Şekil 4.13 incelendiğinde bütün projelerde maliyet kaybının en çok inşaat aşamasında meydana geldiği ve en çok maliyet kaybı oranının Proje 2’de olduğu görülmektedir. Her projede farklı olmakla birlikte inşaat aşamasından sonra maliyet kayıplarının en fazla gözlemlendiği kalemler proje çizimi, hakediş ve kesin kabul aşamasında gözlemlenmektedir. Ayrıca incelenen projeler kapsamında elde edilen maliyet kayıplarına ilişkin bulgular Çizelge 4.13’te detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.13. İncelenen tüm projelere ait maliyet kayıpları (TL).

	Proje Çizimi	İhale aşaması	İnşaat aşaması	Hakediş ve kesin kabul	Toplam Maliyet (TL)
Proje 1	11500,00	6600,00	127325,00	9900,00	155.325,00
Proje 2	5500,00	1440,00	182325,00	4500,00	193.765,00
Proje 3	1000,00	4000,00	134825,00	5300,00	145.125,00
Proje 4	3750,00	7500,00	78150,00	10500,00	99.900,00
Proje 5	12000,00	2500,00	133050,00	1500,00	149.050,00
Proje 6	10500,00	3000,00	52000,00	28500,00	94.000,00

Çizelge 4.13 incelendiğinde maliyet kayıplarının en çok sırasıyla Proje 2, Proje 1, Proje 5, Proje 3, Proje 4, Proje 6 şeklinde olduğu görülmüştür. Proje çizimi aşamasında en çok maliyet kaybının Proje 5'te; en az kaybın ise Proje 3'te meydana geldiği gözlemlenmiştir. İhale aşamasında en çok maliyet kaybının Proje 4'te; en az kaybın ise Proje 2'de olduğu görülmüştür. İnşaat aşamasında meydana gelen maliyet kayıplarının en çok Proje 2'de; en az ise Proje 6'da olduğu görülmüştür. Hakediş ve kesin kabul aşamasında meydana gelen maliyet kayıplarının ise Proje 6, Proje 4, Proje 1, Proje 3, Proje 2, Proje 5 şeklinde azaldığı görülmüştür.



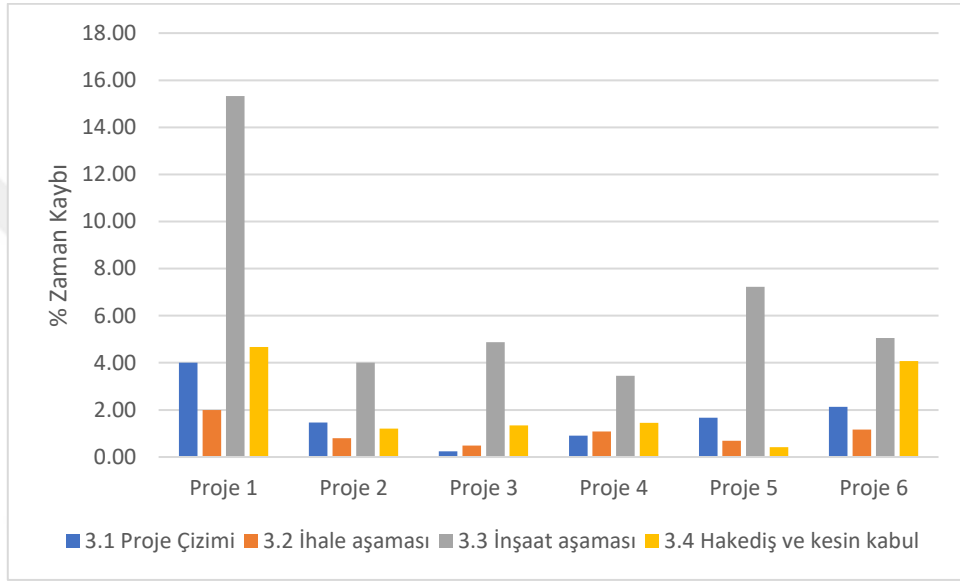
Şekil 4.14. İncelenen bütün projelere ait maliyet kayıplarının yüzdeye kıyaslanması.

Çizelge 4.14. İncelenen tüm projelere ait maliyet kayıpları (%).

	Proje Çizimi	İhale aşaması	İnşaat aşaması	Hakediş ve kesin kabul
Proje 1	1,46	0,84	16,21	1,26
Proje 2	0,045	0,01	1,48	0,036
Proje 3	0,01	0,03	0,97	0,04
Proje 4	0,12	0,23	2,40	0,32
Proje 5	0,10	0,02	1,14	0,01
Proje 6	0,17	0,05	0,83	0,46

Proje tasarım aşamasında maddi kayıplarının büyük çoğunluğunun proje çakışmaları ve metraj hatalarından kaynaklandığı görülmektedir. Geleneksel yöntemler kullanılarak her zaman sorun yaşanan bu iki unsurun maliyet kayıplarına sebep olduğu saha çalışmalarıyla da ortaya koyulmuştur. İhale aşamasında meydana gelen kayıpların temelinde metraj ve

şartname hataları olduğu görülmektedir. Özellikle ihale dosyalarında ön görülen metrajların uygulama aşamasında %30'lara varan oranda sapmalar göstermesi işveren-yüklenici ilişkilerinde sorunlara sebep olmaktadır. İnşaat yapımı aşamasında, projelerin hatalı okunup, imalatların hatalı yapılması en büyük kayıp sebebi olurken bunun yanında saha ile teknik ofis arasındaki iletişim problemleri ve disiplinlerarası çakışma problemleri başı çekmektedir. Hakediş ve kabul aşamalarında ise hakediş yazılımlarına veri sağlama ve buna bağlı olarak yüklenici-işveren arasındaki nakit akışının hızının yavaşlaması temel kayıplar olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 4.15. İncelenen bütün projelere ait zaman kayıplarının yüzdeye kıyaslanması.

Çizelge 4.15. İncelenen tüm projelere ait zaman kayıpları (%).

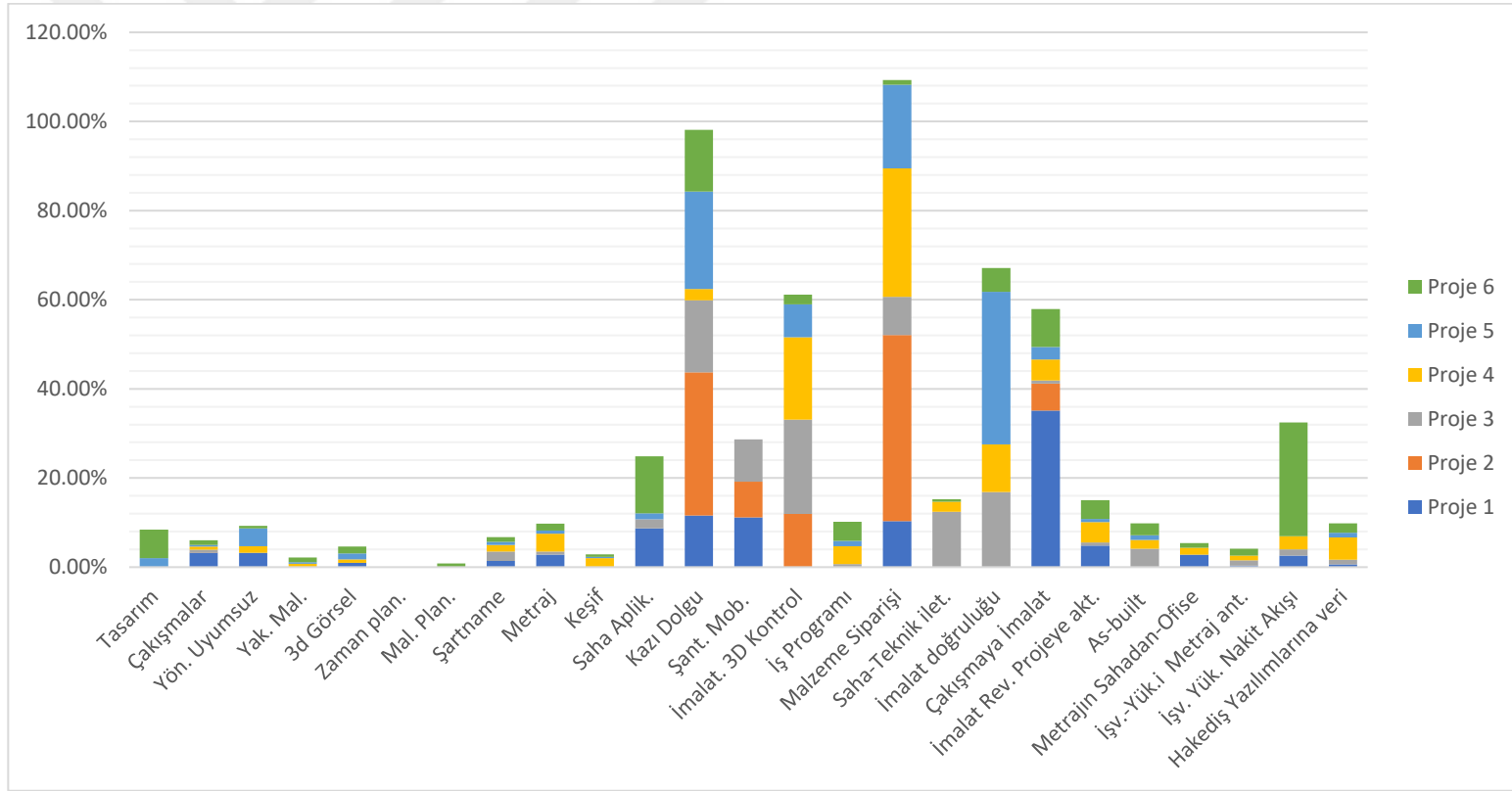
	Proje Çizimi	İhale aşaması	İnşaat aşaması	Hakediş ve kesin kabul
Proje 1	4,00	2,00	15,33	4,67
Proje 2	1,47	0,80	4,00	1,20
Proje 3	0,24	0,49	4,88	1,34
Proje 4	0,91	1,09	3,45	1,45
Proje 5	1,67	0,69	7,22	0,42
Proje 6	2,14	1,17	5,05	4,08

Çizelge 4.16. Kayıpların zaman ve maliyete etkisinin 6 proje için toplam oranı.

	İşin Türü	Zamana Etkisi		Maliyete Etkisi		Toplam Zamana Etkisi	Toplam Maliyete Etkisi
		Verilen Süre (a)	Kayıp Gün (b)	Öngörülen Maliyet (₺)	Eklene Maliyet (₺)	(%)	(%)
Proje Çiziminde YBM Kullanılmamasından Kaynaklı Kayıplar	Tasarımdan kaynaklanan hatalar	95	0	595.786,00	10.500,00	0,00	1,76
	Proje çakışmaları	22	2	695.248,00	9.750,00	9,09	1,40
	Yönetmeliklere uyumsuzluk	20	2	775.358,00	13.500,00	10,00	1,74
	Yaklaşık metraj hesaplanması (keşif)	62	6	175.896,00	3.250,00	9,68	1,85
	3 boyutlu görselleştirme	19	2	346.987,00	5.750,00	10,53	1,66
	Zaman planlanması	0	0	-	-		
	Maliyet planlaması	29	3	75.658,00	1.500,00	10,34	1,98
İhale Dosyalarında YBM Kullanılmamasından	Şartname	135	12	509.235,00	9.100,00	8,89	1,79
	Metraj	159	16	715.258,00	12.300,00	10,06	1,72
	Keşif	99	9	205.479,00	3.640,00	9,09	1,77
Yapım İşlerinden Kaynaklı YBM Kullanılmamasından Kaynaklı Kayıplar	3.3.2. Saha Aplikasyonunda YBM kullanımı	162	15	3.458.796,00	39.500,00	9,26	1,14
	3.3.3. Kazı Dolgu İşlerinde YBM kullanımı	291	27	6.458.745,00	127.550,00	9,28	1,97
	3.3.4. Şantiye Mobilizasyonunda YBM kullanımı	85	9	2.995.741,00	46.750,00	10,59	1,56
	3.3.5. İmalatların 3D Kontrol ve Planlaması	183	17	4.508.147,00	82.550,00	9,29	1,83
	3.3.6. İş Programı Hazırlanmasında	142	13	765.824,00	11.300,00	9,15	1,48
	3.3.7. Malzeme Siparişinin Doğru Verilmesi	158	15	6.852.479,00	125.175,00	9,49	1,83
	3.3.8. Sahayla Teknik Ofisin İletişimi	172	16	1.658.479,00	32.800,00	9,30	1,98

Çizelge 4.16. (devam) Kayıpların zaman ve maliyete etkisinin 6 proje için toplam oranı.

	İşin Türü	Zamana Etkisi		Maliyete Etkisi		Toplam Zamana Etkisi	Toplam Maliyete Etkisi
		Verilen Süre (a)	Kayıp Gün (b)	Öngörülen Maliyet (₺)	Eklene Maliyet (₺)	(%)	(%)
Yapım İşlerinden Kaynaklı YBM Kullanılmamasından	3.3.9. İmalatların Doğru Yapılması	304	28	5.665.843,00	118.575,00	9,21	2,09
	3.3.10. Çakışma Tespitine Göre İmalat Yapılması	149	14	4.695.147,00	80.375,00	9,40	1,71
	3.3.11. İmalat Revizelerinin Projeye Hızlı Yansması	209	21	1.852.024,00	27.100,00	10,05	1,46
	3.3.12. As-built Projelerin İşle Birlikte Tamamlanmış Olması	358	38	1.050.487,00	16.000,00	10,61	1,52
Hakediş ve Kesin Kabul Sürecinde YBM Kullanımı	3.4.1. Metraj Bilgisinin Sahadan Ofise Doğru ve Hızlı Aktarımı	141	13	1.087.964,00	7.900,00	9,22	0,73
	3.4.2. İşverenle Yüklenici Arasındaki Metraj Savaşlarının Son Bulması	148	14	425.687,00	6.300,00	9,46	1,48
	3.4.3. İşverenle Yüklenici Arasındaki Nakit Akış Hızının Artması	168	18	1.798.316,91	33.000,00	10,71	1,84
	3.4.4. Hakediş Yazılımlarına Veri Sağlama	195	19	751.445,09	13.000,00	9,74	1,73
	TOPLAM	3505	329	48.120.030,00	837.165,00	9,27	1,67



Şekil 4.16. YBM kullanılmayan 6 adet yapım işinde meydana gelen maliyet kayıpları (yığılmış sütun grafiği şeklinde).

Yapılan saha çalışmalarının tamamı ele alınıp değerlendirildiğinde ortaya çıkan maliyet kayıplarının başında malzeme siparişlerinin hatalı verilmesi gelmektedir. Şantiye aşamasında malzeme siparişleri verilirken, miktarı, özelliği ve termin süresi temel esasları oluşturmaktadır. Sipariş miktarının gerekenden fazla verilmesi malzeme zayıtına, fazladan gidiş dönüş nakliyesi ödenmesine ve üretici firmalara iade sorununa sebep olmaktadır. Ayrıca her malzemenin şantiyedeki depo hacmine göre ve iş sırasına göre uygun miktarlarda verilmesi gerekmektedir. Aksi halde depolama sorununa ve dolaylı olarak fazla maliyetlere sebep olmaktadır. Malzemelerin termin süresine göre iş programından ön görülüp zamanında yeterli miktarı kadar sipariş verilmemesi de; işlerin yavaşlamasına bir sonraki işin yapılamamasına ve maliyet kayıplarına sebep olmaktadır.

Maliyet kayıplarında ikinci sırada kazı dolgu hatalarından kaynaklı kayıplar gelmektedir. Kazı dolgu işlemlerdeki maliyet kayıplarının temelinde aplikasyon hataları ve plankotenin hatalı analiz edilmesi gelmektedir. Aplikasyonların doğru yapılmaması kazıların hatalı noktalarda yapılmasına sebep olmaktadır. Plankotenin hatalı yapılması ise kazı derinliklerinin dolayısıyla kazı miktarlarının hatalı hesaplanmasına sebep olmaktadır.

Maliyet kayıplarının üçüncü sırasında ise imalatların doğru yapılması gelmektedir. İmalatların doğru yapılması, projelerin doğru okunması ve diğer disiplinlerinde projeleri ile koordinasyonlu çalışılması ile mümkündür. Bu noktada YBM modelleme kullanılarak tüm paydaşlarla ortak veri tabanlı bir paylaşım sistemi kullanılmış olur. Maliyet kayıplarında dördüncü sırada imalatların 3D ile kontrol edilmemesinden kaynaklı kayıplar gelmektedir. Yapılacak imalatlar geleneksel olarak 2D projeler halinde uygulayıcılara verilir. Bu durum bazen çizim tekniğinden bazen de projeyi okuyan kişinin anlamamasından kaynaklı çeşitli imalat hatalarına sebep olmaktadır. YBM kullanılarak üretilen projelerde 2D proje tamamlanınca eş zamanlı olarak 3D projeler de tamamlandığı için ek mesai harcanan proje işlemleri tamamlanmış olur. Bu sayede imalat aşamasında proje okuma hatalarından kaynaklı sorunların önüne geçilmiş olunacaktır. Maliyet kayıplarında beşinci sırada çakışmalardan kaynaklı kayıplar gelmektedir. Projeye tasarım aşamasında geleneksel yöntemler kullanıldığında meslek disiplinleri birbiri ile bağımsız tasarım yaparlar. Ana çerçeve olarak tüm disiplinler mimari projeye uysa da detaylarda sürekli sorunlar çıkıp projeler veya yapılan imalatlar revize edilmektedir. Genellikle çakışmalar sahada imalat aşamasında fark edilip imalatın sökülüp, revize edilmesi veya mimari projede değişiklikler yapılması ile sonuçlanır. Tüm sonuçlar istenmeyen mali

kayıplara sebep olmaktadır. YBM modelleme kullanılarak yapılan projelerde ise ortak veri tabanı kullanıldığı için proje tasarım aşamasında birçok hatanın önüne geçilmektedir. Proje tasarım aşamasında zaman kayıplarının büyük çoğunluğunu 2D-3D tasarımların tek veri tabanından yapılmayıp, farklı programlarda bağımsız olarak yapılmasıdır. Bu durumda 2D projede yapılan revizeler 3D projede de tek tek işlenmek zorundadır. Bu da büyük bir zaman kaybına sebep olmaktadır. Metrajların hatalı çıkarılması ve buna bağlı maliyet hesaplarında birçok hatalar çıkması zaman kayıplarının temel unsurlarını oluşturmaktadır. İhale aşamasında da yükleniciler tarafından en çok itiraz konusu edilen ve sürecin uzamasına sebep olan temel konu metraj hatalarıdır. Bunu keşif ve şartname hataları takip etmektedir. İnşaat aşamasında ise en çok gün kaybı şantiye mobilizasyonu, imalat revizelerinin projelere geç yansımaları ve malzeme siparişlerinin hatalı verilmesi zaman kayıplarının başlıca sebeplerini oluşturmaktadır. Hakediş ve kabul aşamasında ise işverenle yüklenici arasında ortak bir veri tabanı olmaması metraj ve hakediş verilerinde farklılıklara sebep olmuş ve sahada tekrar tekrar ölçüler alınmasına sebep olmuştur. Bu durum da zaman kayıplarının başlıca unsuru haline gelmiştir. Bunun akabinde hakediş yazılımlarına veri sağlayamamak, zaman kayıplarında ilk sırada olan etkenlerdendir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnşaat kalitesini, harcama kontrolünü ve lojistik yönetimini iyileştirmenin etkili araçlarından biri, inşaat sürecinde YBM teknolojisinin kullanılmasıdır. Yapılan saha çalışmaları sonucunda ortaya çıkan detaylı verilere bakıldığında artık günümüz yapılarında YBM kullanımının zorunluluğu anlaşılmaktadır. Global anlamda her sektörde büyük bir rekabet vardır. Rakiplerin ön plana çıkmak isteyen ve daha katma değerli işler yapmak isteyen kurum ve kuruluşlar teknolojinin getirdiklerine uyum sağlamalıdır. Günümüz koşullarında işlerin kâr oranları eskiye nazaran çok gerilemiş olup artık karşımıza %15-20 civarında kârlar çıkmaktadır. Bu oranların da yarısını geleneksel yöntemlere kullanarak proje uygulamaya harcamamak gerekir. Yatırım maliyeti, adaptasyon, nitelikli personel sayısının az olması gibi konular her ne kadar BIM'in dezavantajları olarak karşımıza çıksa da uzun vadede mutlaka daha kârlı geri dönüşleri olacaktır.

Bir inşaat projesi ve inşaatı geleneksel yöntemlerle yapılması yerine YBM yöntemleriyle yürütülse hem zamandan hem de maliyetten büyük kazanç elde edilebilir. Bu elde edilecek olan kâr, işi zamanında bitirme, işverenin güvenini kazanma, iş bitirme belgesinin zamanında alınması, artan enflasyon, inşaat malzemelerine gelen zamlar ve döviz kurlarına bağlı ekipmanlarının alımları gibi unsurlar da eklenince elde edilen avantaj daha iyi anlaşılmaktadır.

İş yürütmenin zamansal kazanımları dışında psikolojik faydaları da bulunmaktadır. Her çakışma, yönetmeliğe uyumsuzluk, proje hatası inşaat alanında krize dönüşmektedir ve işin gecikmemesi için acil müdahale edilmesini gerektirmektedir. Bu da proje yöneticisi açısından oldukça büyük bir iş stresi ve kaygı sebebidir. YBM yöntemlerinde projenin dijital ikizi, inşaat başlamadan çok önce yapıldığı için bu tarz sorunlar inşaat başlamadan çok daha önce tespit edilmekte ve proje aşamasında çözülmektedir.

Müteahhit firmaların iş yapması açısından Dünya'da Çin'den sonra gelen 2. ülke olduğumuzu düşünürsek, YBM yöntemlerinin ülke ekonomisindeki yeri hakkında daha iyi fikir sahibi olmuş oluruz. Örnek vaka çalışmalarından da anlaşılacağı üzere, bu yöntem en çok inşaat aşamasını etkilemektedir. Bu yöntemle yapılacak olan çalışmaların

israfi ve inşaat atığını azalttığını düşünürsek, yalın inşaat prensiplerini büyük ölçüde karşılamaktadır. Öte yandan daha sürdürülebilir bir inşaat sürecine öncülük etmektedir.

Hakediş ve kabuller sırasında YBM yazılımlarının önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Yapılan iş kalemlerinin ortak veri tabanına zamanında işlenmesi ve her iş kaleminde günlük mütabık kalınarak ilerlenmesi sayesinde doğru ve hızlı bilgi ve nakit geri beslemesi sağlanmış olmaktadır. Müteahhit ve müşavirlik firmalarının yıllık planlama açısından önlerini daha rahat görmeleri söz konusu olmaktadır.

YBM ile proje yönetimi daha önce bahsedildiği gibi bazı ülkelerde zorunluluk olmaya başlamışken, Türkiye’de yasal düzenlemelerin yapılması, özellikle kamu ihalelerinde büyük avantaj sağlayacaktır. Böylece kamu bütçesiyle yapılan inşaatların daha iyi planlanması, zamanında bitirilmesi ve hizmete açılması söz konusu olabilecektir. Hem inşaat maliyeti hem de erken kullanım bakımından topluma katkıda bulunacaktır.

İnşaat aşamasından sonra işletme yönetimi konusunda da YBM’nin avantajları bulunmaktadır. Yapının içindeki özellikle inşaat, mekanik ve elektrik teçhizatlarının ne zaman ne biçimde bakıma alınacağı veya değiştirileceği de bilgi modellemesine eklenebilmektedir. Bu şekilde hem yapıyı yapan ve işleten kuruluşların YBM konusuna önem vermesi gerekmektedir. Milli eğitim bakanlığına bağlı okullar, üniversitelerin yapı işleri ve teknik daire başkanlıkları, çeşitli kurumların lojmanları ve özellikle sağlık yapıları ağır mekanik teçhizatları gereği bu gruplar arasında sayılabilir.

İstihdam yaratması sebebiyle de, YBM süreçleri takip edilmelidir. Türkiye’de pek çok mimarlık, mühendislik ve teknikerlik mezunlarının teknolojik gelişmeleri ve inşaatla dijitalleşmeyi yakından takip etmesi, kendilerini buna göre yetiştirmeleri hem kendilerine hem de ülke ekonomisine büyük bir kazanç olarak dönecektir.

6. KAYNAKLAR

- Abualdenien J., & Borrmann, A. (2018). Multi-lod model for describing uncertainty and checking requirements in different design stages, İçinde *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction - Proceedings of the 12th European Conference on Product and Process Modelling, ECPPM 2018*, 187–195.
- Akgün, A. (2016). ‘Yüklenici İnşaat Firmalarında Hakediş Düzenlemeleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi (BIM) Uygulamaları,’Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Akintoye, A.İ & Fitzgerald, E. (2000). A Survey of Current Cost Estimating Practices in the UK. *Construction Management & Economics*, 18(2), 161–172.
- Akkoyunlu, T. (2015). ‘Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin Bım Uygulama Planı Önerisi’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Aksamija, A., Guttman, M., Rangarajan, H. P., & Meador, T. (2011). Parametric Control of BIM Elements for Sustainable Design in Revit: Linking Design and Analytical Software Applications through Customization. *Perkins+Will Research Journal*, 3(1), 32–45.
- Araç, E. (2018). ‘Türkiye’de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerine Bir Örnek Olay İncelemesi ve Yönetimsel Öneriler’, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Archicad, 2021, Viewed 12.05.2021, <https://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/>.
- Atabay, Ş., & Öztürk, M.B. (2019). Yapı Bilgi Modellemesi (Ybm) Uygulama Planı Üzerine İnceleme. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 418 – 430.
- Autodesk Revit 2000, Viewed 12.05.2021, <https://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Revit>.
- AXD studio 2017, Viewed 13 Kasım 2020, <<http://www.axdstudio.com/>>.

- Azhar, A. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building Information Modelling (BIM), Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.
- Bedrick, J., Ikerd, W., Reinhardt, J. 2020, *Level of development (LOD) specification Part I & Commentary*, For Building Information Models and Data, BIMForum, Viewed 10.04.2021. <<https://bimforum.org/lod/>>.
- BIM, *Grafik, BIMMade*, 2021, Viewed 24 Nisan 2020, <<https://bimmade.com/information/1/bim-nedir?>>.
- BIM, LOD. (2015). *Level of Development Specification*, For Building Information Models.
- BIM. (2013). BIM-based design. *Automation in Construction*, 35, 238-253.
- BIM/Yapı Bilgi Modellemesi, 2021, Viewed 10.04.2021, <<https://www.idecad.com.tr/portfolio-type/ideidecad-yapi-ids-v10/daha-fazlasi/>>.
- Brito, D. M., & Ferreira, E. A. M. Strategies for representation and analyses of 4D modeling applied to construction project management, *Procedia Economics and Finance*, 21, 374 – 382.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980.
- Budak, A., & Karataş, İ. (2019). Danışmanın, Tasarım Öncesi, Tasarım ve Yapım Öncesi Aşamalarında BIM Sistemindeki Rolünün Literatür Kapsamında İncelenmesi. *OKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 89–96.
- BuildingSMART, 2021. Viewed 10.04.2021, <https://buildingsmart-1xbd3ajdayi.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/05/buildingSMART_A5-FLYER_V5-1.pdf>.
- Charef, R., Alaka, H., & Emmitt, S. (2018). Beyond the third dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views, 19, 242–257.
- Chen, C., & Tang, L. (2019). BIM-based integrated management workflow design for

- Schedule and cost planning of building fabric maintenance. *Automation in Construction*, 107, 102944.
- Chong, H. Y., Lopez, R., Wang, J., Wang, X., & Zhao, Z. (2016). Comparative Analysis on the Adoption and Use of BIM in Road Infrastructure Projects. *In Journal of Management in Engineering*, 32(6), 1–13.
- Darko, A., Chan, A. P.C., Yang, Y., & Tetteh, M. O. (2020). Building information modeling (BIM)-based modular integrated construction risk management – Critical survey and future needs. *Computers in Industry*, 123, 103327.
- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers*, Printed in United States of America, Wiley.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook, A Guide Book to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, New Jersey; Second edition, *John Wiley and Sons Inc.*
- Fazli, A., Fathi, S., Enferadi, M. H., Fazli, M., & Fathi, B. (2014). Appraising effectiveness of Building Information Management (BIM) in project management. *Procedia Technology*, 16, 1116–1125.
- Gallaher, M. P., O'Connor, A.C., Dettbarn, J. L., & Gilday, L.T. (2004). Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. *National Institute of Standards and Technology (NIST) GCR*, 04-867.
- Greenwald, N. W. (2013). A Creative Proposal for Dispute Systems Design for Construction Projects Employing BIM. *J. Leg. Aff. Dispute Resolution Engineer Construction*, 5, 2-5.
- GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview, Washington, 2007.
- Guerra, B. C., Leite, F., & Faust, K. M. (2020). 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, 116, 79–90.
- IdeCAD, 2021, Viewed 21.06.2021, <<https://www.idecad.com.tr/portfolio-type/ideidecad-yapi-ids-v10/daha-fazlasi/>>.

- Industry Foundation Classes (IFC), 2021, Viewed 10.04.2021, <<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>>.
- İnan, N., & Yıldırım, T. (2009). Mimari Tasarım Sürecinde Disiplinlerarası İlişkiler ve Eş zamanlı- Dijital Ortam Tasarım Olanakları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(4), 583-595.
- Jefferis, A. 2020, *Residential Design, Drafting, and Detailing*, Google Kitaplar, Viewed 24Nisan2020,<[https://books.google.com.tr/books?id=PMPsAAQBAJ&pg=PA29&lpg=PA29&dq=Building+Information+Modelling+\(BIM\)+in+Design+Detailing+with+Focus+on+Interior+Wall+Systems&source=bl&ots=tR7Nh3WYU_&sig=ACfU3U2LVUi5951Fhzzg13Z4BzSC1cDlwA&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwiIyaTX1IDpAhWF14sKHQHtBb8Q6AEwD3oECAkQAQ#v=onepage&q=BuildingInformationModelling+\(BIM\)+in+Design+Detailing+with+Focus+on+Interior+Wall+Systems&f=false](https://books.google.com.tr/books?id=PMPsAAQBAJ&pg=PA29&lpg=PA29&dq=Building+Information+Modelling+(BIM)+in+Design+Detailing+with+Focus+on+Interior+Wall+Systems&source=bl&ots=tR7Nh3WYU_&sig=ACfU3U2LVUi5951Fhzzg13Z4BzSC1cDlwA&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwiIyaTX1IDpAhWF14sKHQHtBb8Q6AEwD3oECAkQAQ#v=onepage&q=BuildingInformationModelling+(BIM)+in+Design+Detailing+with+Focus+on+Interior+Wall+Systems&f=false)>.
- Kacprzyk, Z. & Kepa, T. (2014). Building Information Modelling – 4D Modelling Technology on the Example of the Reconstruction Stairwell. In: XXIII R-S-P seminar, *Theoretical Foundation of Civil Engineering*, (23RSP) (2014).
- Kaewunruen, S., Sresakoolchai, J., & Zhou, Z. (2020). Sustainability-based lifecycle management for bridge infrastructure using 6D BIM. *Sustainability Switzerland*, 12(6), 2436.
- Kant, R. & Baykan, U. N. (2004). Bina yaklaşık maliyetinin çoklu doğrusal regresyon ile belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 7(4), 359-367.
- Kırzıoğlu, B. B. & Gelişen, G. (2020). Yapı bilgi modellemesi'nin teklif süreçlerindeki katkıları. *Teknoloji Bilim Dergisi*, 10(2), 14–18.
- Li, X., Wu, P., Shen, G. Q., Wang, X., & Teng, Y. (2017). Mapping the knowledge domains of building information modeling (BIM): A bibliometric approach. *Automation in Construction*, 84, 195–206.
- Liu, Q., & Cao, J. (2021). Application research on engineering cost management based on BIM, *Procedia Computer Science*, 183, 720–723.
- Manderson, A., Jefferies, M., & Brewer, G. (2015). Building information modeling and

- standardized construction contracts; a content analysis of the GC21 contract. *Construction Economics and Building*, 15(3), 72–84.
- Maude, F. (2011). Government Construction Strategy. *Construction*, 5, 1–43.
- Monteiro, A., & Martins, J.P. (2013). A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based design. *Automation in Construction*, 35, 238–253.
- Muratoğlu, H. (2015). ‘BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıklar Üzerine Etkileri’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Ofluoğlu, S. (2014). Yapı bilgi modelleme: Gereksinim ve birlikte çalışabilirlik. *Mimarist*, 1-5.
- Ofluoğlu, S. (2017). BIM-enabled sustainable architectural design education. *A+ Arch Design International Journal of Architecture and Design*, 3(1), 1-12.
- OSKA, 2021, Viewed 15.07.2021, <<https://www.oska.com.tr/index.php?lang=tr&page=29&newsCat=1&newsID=39>>
- Paul, S., 2018. BIM adoption around the world: how good are we? Viewed 10.04.2021, <<https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>>.
- Pekeriçli, M. K., Sarı, R., & Tanyer, A. M. (2017). An Investigation of Building Information Modeling Maturity in Turkish Architecture and Engineering Firms. İçine 11. *Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu MSTAS* (ss. 214-227).
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building information modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, 204–214.
- Prescott & Olufemi, 2015, *Bim in the Middle East-Resolving inconsistencies and managing the project lifecycle*, Viewed 16 Kasım 2015, <<http://constructionblog.practicallaw.com/bim-in-the-middle-east-resolving-inconsistencies-and-managing-the-project-lifecycle/>>.
- Prota Mühendislik, 2021, Viewed 21.06.2021, <<http://www.protamuhendislik.com.tr/TR/Projeler/kabatas-mahmutbey-metro->

hatti>.

Research, C. (2003). The Building Information Model: A Look at Graphisoft's Virtual Building Concept. *Cyon Research Corporation*, 1, 6–8.

Savaşkan, M. O. (2015). 'Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları İçin Bım Tabanlı Bir Açık Kaynak Bilgi Sistemi Modeli', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Shourangiz, E., Mohamad, M., Hassanabadi, M., Banihashemi, S., Bakhtiari, M., & Torabi, M. (2011). Flexibility of BIM towards Design Change. İçinde *Proceedings of 2nd International Conference on Construction and Project Management*, (ss.79–83).

Song, W., Wood, G., Ginige, K., & Jong, S. W. (2014). A Technical Review of BIM Based Cost Estimating in UK Quantity Surveying Practice, Standards and Tools. İçinde *Journal of Information Technology in Construction (ITCon)*, (ss.534-562).

T.C. Resmi Gazete, (2002). 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu, 22 Ocak 2002.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2021, Viewed 16.07.2021, <<https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/stratejik-yonetim/bim-teknik-sartnamesi-rev-no-01.docx>>.

Taboada J. A., & Garrido-Lecca, A. (2014). Case study on the use of bim at the bidding stage of a building project. İçinde *22nd Annual Conference of Group for Lean Construction: Understanding and Improving Project Based Production IGLC 2014* (ss.1473–1482).

Taştekin, O. (2019). 'Uluslararası İnşaat Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi İle İhale Süreçlerinin Yönetimi Üzerine Bir İnceleme', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Tekin, H. (2017). 'Yapı Bilgi Modellemesi Sisteminin Türk İnşaat Sektörüne Uygulanması ve Adaptasyonunda Kritik Yol Haritasının Oluşturulması', Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Tercel Design Services, 2020, *BIM Level of development - LOD 100, 200, 300, 350, 400, 500 experts | tercel design services*, viewed 6 Aralık 2020. <<http://terceldesignservices.com/level-of-development-lod.html>>.

- Toklu, S. (2020). Küçük ölçekli firmalarda ve projelerde bina bilgi modellemesinin verimliliği, *Yapı Bilgi Modelleme*, 2(1), 30-39.
- Tulke, J., Nour, M., & Beucke, K. (2008). A Dynamic Framework for Construction Scheduling based on BIM using IFC. *17th congress of iabse, chicago, 2008* (ss. 1-8).
- Uğur, L. O., & Baykan, U. N. (2008). Türk İnşaat Firmalarının Proje Planlama Uygulamaları Konusunda Bir Alan Çalışması, *E-Journal of New World Sciences Academy*, 3(3), 418-423.
- Volk, R., Stengel, J. & Schultmann, F. (2014). Corrigendum to: Building Information Modeling (BIM) for existing buildings-Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 43, 204.
- Wong J., & Yang, J. (2010). Research and application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: a review and direction for future research. İçinde *6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC)*, (ss. 356–365).
- Yer, B. (2017). ‘BIM Uygulamalarında Sözleşmelerden Kaynaklanan Sorunların İncelenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yöndem, F. (2017). ‘Kamu Yapım İşi İhalelerinde Tasarımdan Kaynaklanan Problemlerin Yapı Bilgi Modellemesi ile İhale Öncesinde Belirlenmesi’, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Zorlutuna, E. (2019). Hatıllı Duvarların Metraj ve Hakediş Süreçlerinin Yönetimi, *Yapı Bilgi Modelleme*, 2(1), 9–18.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emrah KUYTAN

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	Düzce Üniversitesi	2021
Lisans	Mimarlık	Nişantaşı Üniversitesi	2017
Lisans	Peyzaj Mimarlığı	Düzce Üniversitesi	2011
Lise		İstanbul Cibali Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

06/2011 – 06/2012 Alsancak İnşaat Ltd. Şti. / Ankara

Saha mimarı

Malatya il genelinde bulunan tarihi konakların restore edilip onarılması ve Malatya Orduzu Milli Parkı yapımı ve bazı yapıların restore edilmesi. Yaklaşık 100.000 m2'lik alanda milli park yapılması. Milli Park alanında bulunan tüm eski eser yapıların restore edilip onarılması.

03/2013: Elazığ Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü binası ince işlerinin yapılması ve peyzaj saha tanzim işlerinin yapımı.

YAYINLAR

Kuytan E. & Yıldız Benli N. (2021). Yapı bilgi modellemesinin (YBM) inşaat yönetimi açısından değerlendirilmesi. 2. *International Congress on Construction materials Engineering and Architecture*.

