BIM - YAPI BİLGİ MODELLEMESİ'NE GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ: 3 VAKA ANALİZİ

Fatih Uzun
161417105

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İç Mimarlık Anabilim Dalı
İç Mimarlık Yüksek Lisans Programı
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Türkan Uzun

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Aralık, 2019

BIM - YAPI BİLGİ MODELLEMESİ'NE GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ : 3 VAKA ANALİZİ

Fatih Uzun
16 14 17 105
Orcid: 0000-0001-7842-7993

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İç Mimarlık Anabilim Dalı
İç Mimarlık Yüksek Lisans Programı
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Türkan Uzun

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Aralık, 2019



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

FATİH UZUN'ın "BIM-YAPI BİLGİ MODELLEMESİNE GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ : 3 VAKA ANALİZİ" başlıklı tezi 20.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca İç Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans/~~Doktora tezi~~ oy birliğiyle/~~oy çokluğuyla,~~ başarılı/~~başarısız~~ olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Dr. Öğr. Üyesi Türkan UZUN	.....
Üye	Prof.Dr. Ünal DEMİRARSLAN	.....
Üye	Prof.Dr. Salih OFLUOĞLU	.....

Prof. Dr. İlter BÜYÜKDIĞAN
Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

maltepe üniversitesi	ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	00
		Sayfa	1/1

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	01.03.2018	İlk yayın.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

20/12/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Fatih Uzun

Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-178; Yayın Tarihi: 01.03.2018; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

İNTİHAL RAPORU

BIM - YAPI BİLGİ MODELLEMESİ'NE GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ: 3 VAKA ANALİZİ

Dr. Öğ. Üy. Türkan Uzun Tuzcu

ORIJINALLIK RAPORU

%6	%4	%0	%3
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	%2
2	Submitted to Osmaniye Korkut Ata University (deneme) Öğrenci Ödevi	%1
3	sayisalmimar.com İnternet Kaynağı	%1
4	Submitted to South Bank University Öğrenci Ödevi	%1
5	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<%1
6	www.social-peek.com İnternet Kaynağı	<%1
7	www.slideshare.net İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to University of Salford	

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve tez sürecinde kapısı sürekli açık olup, değerli bilgilerini ve zamanını paylaşan Prof. Dr. Ünal Demirarslan hocam'a, yüksek lisansı tezli yapmam konusunda teşvik edip yardım eden Dr.Öğr.Üyesi Hicran Özalp hocama,

Tez sürecindeki akademik destekleri, ayırdığı zamanlar ve herdaim iletişime açık olup hem hoca hem arkadaşca yaklaşımlarından dolayı, tez danışmanım Dr. Öğr.Üyesi Türkan Uzun hocama,

Tez sürecinde paylaştığı bilgiler, değerlendirmeleri ve ayırdığı zamanlar için Prof. Dr. Salih Ofluoğlu hocama

Tez sürecinde hem özel sektör, hemde akademik deneyimlerini paylaşan Prof. Dr. Cengiz Eren hocama

Tez konusuyla ilgili kapılarını açıp zaman ayırarak, değerli bilgilerini bizlerle paylaşan Dome Mimarlık'tan Onur Altuni'ye, Bold Mimarlık'tan Erdinç Çiftçi'ye, Era Mimarlık'tan Ekim Orhan İsmi'ye, By Deco Mobilya Dekorasyon'dan Babür Bahadır'a

Bugüne kadarki desteklerinden ve beni yetiştirmelerinden dolayı aileme sonsuz teşekkür eder, Yaratıcımıza, bu süreci tamamlamayı nasip ettiği için şükrederim.

Fatih Uzun

Eylül 2019

ÖZ

BIM - YAPI BİLGİ MODELLEMESİ GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİNİN İNCELENMESİ : 3 VAKA ANALİZİ

Fatih Uzun
Yüksek Lisans Tezi
İç Mimarlık Anabilim Dalı
İç Mimarlık Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi. Türkan Uzun
Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Yapı; işveren, danışman, tasarımcı, yüklenici, onaylayıcı kurumlar vb. paydaşların katılımlarıyla tasarım, inşaat, işletme, yıkım veya yeniden işlevlendirme yaşam döngüsü süreçleriyle oluşmaktadır. Bu paydaşların ve süreçlerin klasik yöntemle koordine edilerek yönetilirken koordinasyon, zaman, maliyet, sürdürülebilirlik ve işletme gibi konularda verim kayıplarına yol açmaktadır. Karşılaşılan verim kayıplarını en aza indirmek için Yapı Bilgi Modellemesi (YBM/BIM) sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemle tüm paydaşların tek bir model üzerinde birlikte çalışarak yapının tüm yaşam döngüsünün planlanıp yönetilmesi sağlanmaktadır.

BIM sistemi; yapının 3D olarak modellenip, disiplin içi ve disiplinlerarası çakışma ve koordinasyonun sağlanabildiği, projenin inşaat süreçlerinin planlanlanıp simüle edilebildiği, maliyet ve hakedişlerinin hesaplanabildiği, sürdürülebilirlik analizlerinin yapılabildiği; işletme ve bakım onarım için gerekli bilgi ve modelin oluşturulabildiği bir sistemdir. Bu sistemle tüm paydaşlar tek model üzerinde çalışarak; yapının sanal ortamda ve sahada inşaatını yaparak tüm yaşam döngüsü planlayabilmektedir. Klasik yöntemle proje oluşturma süreçleri ile BIM sistemi ile proje oluşturma süreçleri kıyaslandığında, proje oluşturma süreçlerinin neredeyse tamamen değiştiği ve büyük bir kültür değişimi olduğu görülmektedir. Yapılan araştırmalarda klasik yöntemden BIM sistemine geçiş yapmak isteyen ofislerin BIM sistemine geçiş ve uygulama süreçlerinde zorluklarla karşılaştığı gözlemlenmektedir. Bu tezle, BIM sistemine geçiş ve uygulama süreci için kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır.

Tez içeriğinde, BIM sistemine neden ihtiyaç duyulduğu, Türkiye'de ve dünyada BIM sisteminin kullanımı ele alınıp, BIM sisteminin uygulama planı üzerinde durulmuştur. Türkiye'deki proje ofisleri arasından teze kaynak oluşturabilecek özelliklere sahip üç proje ofisi seçilip BIM sistemine geçiş ve uygulama süreçlerini analiz edecek vaka çalışması kapsamında sorular sorulmuştur. Alınan veriler değerlendirilerek geçiş süreci için adımlar oluşturulmuştur. Bu adımlar BIM'e geçiş yapacak yeni proje ofis ve kullanıcılarına rehber oluşturacak nitelikte tezde sıralanmıştır. Bu vaka çalışması ile tez, mimarlık alanında yapılmış özgün bir çalışmadır.

Anahtar Sözcükler: Yapı Bilgi Modellemesi, YBM, BIM, BEP, BIM Yürütme Planı, BIM'e Geçiş.

ABSTRACT

ANALYSIS OF TRANSITION AND APPLICATION PROCESSES IN BUILDING INFORMATION MODELLING : 3 CASE STUDIES

Fatih Uzun
Master Thesis
Department of Interior Architecture
Interior Architecture Programme
Advisor: Asst. Prof. Türkan Uzun
Maltepe University Graduate School of Science and Engineering , 2019

Building consists of the life cycle processes of design, construction, operation, demolition or re-functioning, and with the participation of stakeholders such as employers, consultants, designers, contractors and approving institutions. The management of these stakeholders and processes through classical methods leads to inefficiencies and losses in time, cost, sustainability and operation. The Building Information Modeling (BIM) system has been developed to minimize the yield losses encountered. With this system, all stakeholders work together on a single model to plan and manage the entire life cycle of the building.

BIM system is a system that enables various concepts such as 3D modeling of buildings, both intra-disciplinary and inter-disciplinary conflict and coordination, the planning and simulation of project construction processes, the calculation of costs and progress payments, sustainability analyses and the generation of all necessary information for operation, maintenance and repair. With this system, all stakeholders are able to work on a single model and plan the entire life cycle of a building by building the structure both in a virtual environment and on-site. The comparison of project creation processes with the classical method and the BIM system reveals that project creation processes have changed almost completely and that a major cultural change has taken place. Studies suggest that the project offices that want to change over from the classical method to the BIM system face difficulties both in the transition to the BIM system and its implementations. This thesis attempts to create resources for the transition to and applications of the BIM system.

The contents of this thesis focus on why the BIM system is needed, the uses of the BIM system both domestically in Turkey and internationally, and the implementation plan of the BIM system. Three project offices which have the characteristics to create a source for the thesis were selected from offices in Turkey, and questions were asked within the scope of the case study to analyze the transition to the BIM system and its implementation processes. By evaluating the data received, steps have been created for the transition process. These steps are listed in the thesis that will guide the new project offices and its users in transition to BIM. With this case study, this thesis is an original study in the field of architecture.

Keywords: Building Informatıon Modelling, BIM, BEP, BIM Execution Plan, Transatation of BIM.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI vii
İNTİHAL RAPORU viii
TEŞEKKÜR iv
ÖZ v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
KISALTMALAR xiv
ÖZGEÇMİŞ xvi
ÖLÜM 1. GİRİŞ 1
1.1. Problemin Belirlenmesi 3
1.2. Amaç Ve Kapsam 5
1.3. Yöntem 6
BÖLÜM 2. BIM 7
2.1. Building Information Modelling (BIM) 7
2.2. Literatürde BIM Hakkında Yapılan Tanımlamalar 8
2.3. BIM'e Neden İhtiyaç Duyulmaktadır 9
2.4. BIM 'in Ölçülebilen Faydaları 11
2.4.1. BIM'in Uzun Vade ve Kısa Vade Faydaları 12
2.5. Günümüzde BIM Kullanımı 13
2.5.1. Dünyada BIM Kullanımı 14
2.5.2. Dünyada BIM'in kullanıldığı proje örnekleri; 15
2.5.2.1. Azerbaycan Bakü Olimpiyat Stadyumu 15
2.5.2.2. Shanghai Tower 18
2.5.3. Türkiye'de BIM Kullanımı 20
2.5.4. Türkiye'de BIM sistemin kullanıldığı proje örnekleri; 21
2.5.4.1. İstanbul Büyük Havalimanı – İGA (İstanbul Grand Airport) 21
2.5.4.2. Kabataş Mahmutbey Metrosu 24
2.5.4.3. Emaar Square 25
2.6. BIM'in Sektöre Getirdiği Yeni Kavramlar 26
2.6.1. Nesne Tabanlı (Parametrik Modelleme) Akıllı Objeler 27
2.6.2. Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability) 28
2.6.3. Çakışma Kontrolü (Clash Detection) 30
2.6.4. Çoklu Boyutlar (nD) 31
2.6.4.1. 3D BIM 32

2.6.4.2. 4D BIM 32
2.6.4.3. 5D BIM 34
2.6.4.4. 6D BIM 36
2.6.5.5. 7D BIM 40
2.6.5. COBİe (Constraction operation Building Information exchange) İnşaat Operasyonları Yapı Bilgi Değişimi 41
2.6.6. Model Detay Seviyesi LOD (Level of Development) 43
2.6.6.1. LOD 100 Kavramsal Tasarım: 45
2.6.6.2. LOD 200 Tasarım Geliştirme: 45
2.6.6.3. LOD 300 Son Tasarım: 46
2.6.6.4. LOD 350: 46
2.6.6.5. LOD 400 Yapım İnşaat: 46
2.6.6.6. LOD 500 İşletme: 46
2.6.7. Tümleşik Proje Teslimi (IPD – Integrated Project Delivery) 48
BÖLÜM 3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ YÜRÜTME PLANI / BIM EXECUTİON PLAN (BEP) 51
3.1. Proje Bilgileri 53
3.2. İletişim Bilgileri 54
3.3. Proje Hedefleri /BIM Kullanımı 54
3.4. BIM Rolleri ve Sorumluluklar 55
3.5. BIM Süreç Tasarımı 56
3.6. Modelleme Metodolojisi 58
3.6.1. Model Strüktürü 58
3.6.2. Model Detay Seviyesi Tablosu (LOD Matrix) 59
3.7. İş Birliği Prosedürü 60
3.7.1. İş Birliği Stratejisi 61
3.7.2. Toplantı Prosedürü 62
3.7.3. Teslim ve Onay için Bilgi Alışverişi Modelinin Teslimat Çizelgesi 62
3.7.4. Elektronik İletişim Prosedürü 63
3.8. Kalite Kontrol 64
3.8.1. Çakışma Kontrolü 66
3.8.2. Çakışma Kontrol Renkleri Tablosu 67
3.9. Teknoloji Alt Yapı İhtiyacı 67
3.9.1. Yazılım 68
3.9.2. Bilgisayar ve Donanım 68
3.10. Model içeriği ve Referans Bilgisi 69
3.11. Dosya İsimlendirme 70
3.11.1. Kütüphane Obje İsimleri 71
3.12. BIM ve CAD Standartları 72
3.13. Ölçü Birim sistemi ve Koordinat sistemi 73
3.14. Model Strüktürü Workset 73
3.15. Proje Teslimi 75
BÖLÜM 4. TÜRKİYE'DE BIM'E GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİ: SEÇİLEN ŞİRKETLERLE GÖRÜŞME VAKA ANALİZİ 76

4.1. Soru 1: BIM sistemine ihtiyaç duyma bağlamında gereksinimlerinizi yaşanılan deneyimlerle paylaşabilir misiniz ? 77
Verilen yanıtlar; 77
4.1.1. Dome : 77
4.1.2. Bold: 79
4.1.3. Era : 80
4.2. Soru 2: BIM sistemine geçiş sürecini, karşılaşılan problemler ve çözüm yaklaşımlarınızı paylaşabilir misiniz? 82
4.2.1. Dome: 82
4.2.2. Bold: 84
4.2.3. Era: 87
4.3. Soru 3: BIM sistemi ile proje uygulama süreç ve yöntemlerinizi paylaşabilir misiniz? 90
4.3.1. Dome: 90
4.3.2. Bold : 93
4.3.3. Era: 94
4.4. Vaka Çalışmaları Çerçevesinde Geliştirilen BIM'e Geçiş Adımları 96
4.4.1. BIM hedef ve stratejilerin belirlenmesi: 96
4.4.2. Eğitim: 97
4.4.3. Ekip: 97
4.4.4. Teknoloji: 98
4.4.5. BIM alt yapısının kurulması: 99
BÖLÜM 5. SONUÇ & DEĞERLENDİRME 102
EK'LER 106
EK 1. BIM yazılımları ve Kullanıldıkları boyutlar 106
EK 2. BIM Yürütme Planı Süreç Haritaları 109
KAYNAKÇA 120

TABLOLAR LİSTESİ

Table 2.1 Yapı Sektöründe Birlikte Çalışılabilirlikle İlgili Yetersizlikten Kaynaklanan ilave maliyet tablosu A.B.D Standart ve Teknolojiler Enstitüsü 2002 (Ofluoğlu P. D., BIM:Gereksinim Ve Birlikte Çalışabilirlik, 2014) 10
Table 2.2 İGA, Çakışma Kontrolleri, Analiz, Zaman ve Maliyet Kazançları Tablosu (Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı, 2017)..... 23
Table 4.1 Görüşme Yapılan Proje Ofisleri Veri tablosu,2019 101

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 İnşaat verimlilik indeksi (Teicholz, 2004; Öktem,2016) 1
Şekil 1.2 BIM Teknolojisinin Yapı yaşam döngüsüne getirdiği çözümler (Eastman, 2008) 2
Şekil 2.1 BIM - Bina Yaşam Döngüsü (Gajhera, 2018)..... 7
Şekil 2.2 Yapı Bilgi Modellemesi Akıllı Objeler**,** (Library, 2016) 9
Şekil 2.3 Proje Paydaşları Arasında 2019-2012 Yıllar Arası BIM Kullanım Oranları (Akkoyunlu, 2015, s. 51) 13
Şekil 2.4 Proje Paydaşları Arasında Yıllara Göre BIM Kullanım Seviyeleri (Akkoyunlu, 2015, s. 53)..... 14
Şekil 2.5 BIM Kulllanım Oranı Artışı (Akkoyunlu, 2015, s. 53)..... 14
Şekil 2.6 Dünyada BIM Kullanım Oranları (Akkoyunlu, 2015, s. 55) 15
Şekil 2.7 Bakü Olimpiyat Stadyumu (Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019) 15
Şekil 2.8 Proje Katılımcılarının Coğrafi Konumları haritası (Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)..... 16
Şekil 2.9 Tüm Katılımcıların Tek BIM Modeli üzerinde OPEN BIM teknolojisi ile Birlikte çalışılabilirliği ve BIM Teknolojisi ile Kağıtsız İş takibi (Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)..... 16
Şekil 2.10 Mimari, Statik ve Mekanik ekipmanların Revit'de birleştirildiği BIM Modeli (Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019) 17
Şekil 2.11 Mimari, Statik, Mekanik Datanın bulunduğu Tekla Structure Modeli (Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)17
Şekil 2.12 Shanghai Tower (Autodesk, 2012)..... 18
Şekil 2.13 Shanghai Tower BIM Model görünümü (Ge, 2012)..... 19
Şekil 2.14 Saha İnşaat Similasyonu BIM 4D (Ge, 2012)..... 19
Şekil 2.15 Anket Katılımcılarının Disiplin Ve BIM Deneyimi Bazında Dağılımı (BIMgenius, 2018)..... 20
Şekil 2.16 Anket Katılımcılarının BIM Deneyimi (BIMgenius, 2018)..... 21
Şekil 2.17 İstanbul Grant Airport (IGA, 2019) 22
Şekil 2.18 İGA, Mimari, Statik ve MEP Displinlerinin Birliştirilmiş BIM Modeli (Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı, 2017)..... 22
Şekil 2.19 İGA, Birleştirilmiş BIM Modelinin Çakışma Kontrolleri Görünümü (Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı, 2017)..... 23
Şekil 2.20 Kabataş Mahmutbey Metrosu BIM Model görünümü (İBB, 2019)..... 24
Şekil 2.21 Emaar Square İstanbul Projesi (TAV, 2019)..... 25
Şekil 2.22 Emaar Square İstanbul Projesi BIM Modeli Navisworks Yazılımından Görüntü (Kazado, 2014) 26
Şekil 2.23 BIM Yazılımlarından olan Revit'in Arayüzü, Parametrik Modelleme (LnkedinLearningl, 2016)..... 28
Şekil 2.24 Klasik Yöntem Bilgi Alış verişi ve BIM Birlikte Çalışılabilirlik (Interoperability) (Newsroom, 2017)..... 29
Şekil 2.25 Çakışma Kontrolü (clash detection) (Service, 2018) 31

Şekil 2.26 nD Çoklu Boyutlar (Megahed, Kasım 2015) 32
Şekil 2.27 Microsoft Project Yazılımı Arayüzü -Proje Yapım Süreci Belirlenmesi 4D BIM (Baydar, 2018)..... 33
Şekil 2.28 Synchro ile Proje inşaa similasyonu (4D) (Software, 2017)..... 34
Şekil 2.29 5D BIM Maliyetler -Ms Office Arayüzü (Çubukçu, 2016) 35
Şekil 2.30 5D BIM Modelin Oluşum Ve Kontrol Süreci (Karataş, 2018) 36
Şekil 2.31 Revit'te LEED Credit Manager ile Kredi Hesaplaması (Autodesk, Buildin Performans Analysis, 2014)..... 37
Şekil 2.32 Gün Işığı Analizi (Mullins, 2017)..... 39
Şekil 2.33 İç mekan Yapay Aydınlatma Analizi (Molinos, 2016)..... 38
Şekil 2.34 Yapay Aydınlatma Analizi, plug-in ElumTools (lightinganalysts, 2017) 39
Şekil 2.35 Mekan içerisinde Ses Analizi,Plug-in Enscape (Africa, 2016)..... 40
Şekil 2.36 COBIe Standartı -MS office Exel Arayüzü (Hamil, 2018)..... 41
Şekil 2.37 COBIe Tablosunda Component Bilgileri (Hamil, 2018) 42
Şekil 2.38 Yapı Elemalarının Sadeleştirilmiş İllüstirasyonu (Hamil, 2018) 42
Şekil 2.39 COBIe ile Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability) (Hamil, 2018) 43
Şekil 2.40 Model Detay Seviyeleri- LOD Level of Detail (BIMForum, 2016)..... 44
Şekil 2.41 Model Detay Seviyeleri (LOD)-Model Detay Seviye İçeriği (Ofluoğlu P. D., 2018)..... 45
Şekil 2.42 Hastane Projesi Model Detay Seviyeleri Tablosu (LOD MATRIX) (DomeMimarlık, 2018)..... 47
Şekil 2.43 Geleneksel Proje Teslim Yöntemleri ile IPD Teslim Yönteminin Karşılaştırma Tablosu (Akkoyunlu, 2015) 49
Şekil 2.44 IPD Model Proje Süreç Ve Akış Şeması (Akkoyunlu, 2015)..... 50
Şekil 3.1 BIM Uygulama Planı Prosedürü (PSU, 2011) 52
Şekil 3.2 Genel Proje Bilgileri (PSU, 2011)..... 53
Şekil 3.3 Proje Hedefleri, BIM Kullanımı ve Öncelik Dereceleri (DomeMimarlık, 2018) 55
Şekil 3.4 BIM kullanımları (DomeMimarlık, 2018) 55
Şekil 3.5 BIM kullanımı ve Organizasyonlar (DomeMimarlık, 2018) 56
Şekil 3.6 Tüm Proje Süreç Haritası (PSU, 2011) 57
Şekil 3.7 Model Sütrüktürü (BoldMimarlık, 2018)..... 59
Şekil 3.8 Model Detay Seviyesi (LOD Matrix) (DomeMimarlık, 2018)..... 60
Şekil 3.9 Paydaşlar Arası Model Oluşturucular (DomeMimarlık, 2018)..... 60
Şekil 3.10 Ağ üzerinde Birlikte Çalışma (A360 Collobration) (DomeMimarlık, 2018) 61
Şekil 3.11 Toplantı Prosedürü (DomeMimarlık, 2018)..... 62
Şekil 3.12 Model Paylaşım Teslim Listesi (DomeMimarlık, 2018)..... 63
Şekil 3.13 Elektronik İletişim Prosedürü Tablosu (DomeMimarlık, 2018) 64
Şekil 3.14 Kalite Kontrol (DomeMimarlık, 2018) 66
Şekil 3.15 Disiplinlerarası Çakışma Kontrol Ref Numaraları Tablosu (DomeMimarlık, 2018)..... 66
Şekil 3.16 Çakışma Kontrolü Renk Tablosu (DomeMimarlık, 2018)..... 67
Şekil 3.17 Yazılım Listesi (DomeMimarlık, 2018)..... 68
Şekil 3.18 Model İçeriği Ve Referans Bilgisi (DomeMimarlık, 2018)..... 69

Şekil 3.19 BIMOBJECT , Akıllı Obje Web Sitesi Arayüzü (BIMOBJECT, 2019). 69
Şekil 3.20 Disiplinlere Göre Dosya İsimlendirme Tablosu (DomeMimarlık, 2018) 70
Şekil 3.21 Dosya İsimleri Kısaltma Tablosu (DomeMimarlık, 2018) 71
Şekil 3.22 Model Kütüphane Kısaltmaları (DomeMimarlık, 2018)..... 72
Şekil 3.23 BIM ve CAD Standartları (DomeMimarlık, 2018)..... 73
Şekil 3.24 Proje Workset Tablosu a-01 (DomeMimarlık, 2018) 74
Şekil 3.25 Workset Tablosu a-02 (DomeMimarlık, 2018)..... 74
Şekil 3.26 Proje Teslimi (DomeMimarlık, 2018)..... 75
Şekil 4. 1 BIM'e Geçiş Adımları.....96
Şekil 4. 2 BIM Ekibi Organizasyon Şeması 98
Şekil 4. 3 BIM'e Geçiş Adımlar İçeriği 100

KISALTMALAR

AIA	:American Institute Of Architect (Amerikan Mimarlar Enstitüsü)
BEP	:BIM Execution Plan (BIM Uygulama Planı) Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama Planı
BIM	:Building Information Modelling (Yapı Bilgi Modellemesi)
YBM	:Yapı Bilgi Modellemesi
BDT	:Bilgisayar Destekli Tasarım
CAD	:Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
nD	:Çoklu Boyutlar
2D	:2 Dimension (2.Boyut) :İki Boyutlu Çizim (x,y)
3D	:3 Dimension (3. Boyut) : Üç Boyutlu Çizim (x,y,z)
4D	:4 Dimension (4. Boyut) :3D + İş Programı
5D	:5 Dimension (5. Boyut) :3D + Maliyet Analizi
6D	:6 Dimension (6. Boyut) :3D + Analiz(Işık, gölge, enerji vb.)
7D	:7 Dimension (7. Boyut) :BIM sistemi ile Tesis (işletme) yönetimi
LOD	:Level of Development (Model detay seviyesi)
COBIe	:Constraction Operation Building Information Exchange (İnşaat operasyonları Bilgi değişimi)
LEED	:Leadership and Environment Design (Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik)
BREEM	:Building Research Establihment Environmental Assetment Methodology
MEP	:Mekanik, Elektrik, Plumbing
NBIMS	:National BIM Standart (Birleşik Krallık için Ulusal BIM Standartı)
IFC	:Industry Foundation Clases (Endüstri Temel Sınıfları)
HVAC	:Heating, Vantilating, Air conditioning (Isıtma, havalandırma, iklimlendirme)
BSI	:British Standart Enstitue (Britanya Standart Enstitüsü)
BS	:British standarları
IPD	:Integrated Project Delivery (Tümleşik Proje Teslimi)

TPY	:Tümleşik Proje Yönetimi
TC	:Türkiye Cumhuriyeti
TR	:Türkiye
UK	:United Kingdom (Birleşik Krallık)
USA	:United state of America (Amerika Birleşik Devletleri)
ABD	:Amerike Birleşik Devletleri
URL	:Uniform Resource Locator
MEA	:Model Element Author (Model element üreticisi)
ARC	:Architecture (Mimari)
STR	:Structure (Sütrüktür, Statik)
MEC	:Mechanic (Mekanik)
ELC	:Electrik (Elektrik)
PSU	:Pensilvanya State Üniversity (Pensilvanya Eyalet Üniversitesi)
FM	:Facility Management (Tesis Yönetimi)
AEC	:Arhitecture, Engineering, Counstraction (Mimari, Mühensilik, İnşaat)
COBIM	:Common BIM requirement (Genel BIM gereklilikleri)
CIFE	:Center for Integreted Facilities Engeneering
ISO	:International Organization for Standartization (Uluslararası Standart Organizasyonu)
CDE	:Common Data Environment (Genel data Platformu)
SSD	:Solid State Drive (Katı Hal Sürücüsü)
İGA	:İstanbul Grant Airport (İstanbul Büyük Havalimanı)
CIP	:Commercially Important Person (Ticari Önemli Kişi)
VIP	:Very Important Person (Çok Önemli Kişi)
VVIP	:Very Very Important Person (Çok Çok Önemli Kişi)

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Uzun

İç Mimarlık

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Y.Ls.	2019	Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi İç Mimarlık Anabilim Dalı, İç Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı
Ls.	2006	Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makina Öğretmenliği
Lise	2002	Şişli Teknik Lisesi

İş/İstihdam

Yıl *Görev*

2005 – Güç Makina 'da Eps, Strafor CNC Makinaları Tasarım ve Üretim
2006 - 2008 Bilişim Eğitim Merkezi'nde Mimarlık ve Mühendislik disiplinleriyle ilgili Bilgisayar Destekli Tasarım Programları Eğitmenliği
2008 – 2010 (Başarısoft -Arı Bilgi) Bilişim Teknolojileri Akademesinde Mimarlık ve Mühendislik disiplinleriyle ilgili Bilgisayar Destekli Tasarım Programları Eğitmenliği
2010 – 2011 Bilge Adam Bilişim Akademesi'nde Mimarlık disipliniyle ilgili Bilgisayar Destekli Tasarım Programları Eğitmenliği
2011 – 2015 Fatih Uzun ofisinde Mimarlık ve Mühendislik programları bireysel ve kurumsal eğitimleri, Mimari, İç Mimari Proje ve ürün tasarım ve sunum çalışmaları
2015 – 2018 İnterspor, Spor Ekipmanları şirketinde Mimari Proje sorumlusu

Eğitimi verilen Bilgisayar Destekli Tasarım Programaları :
AutoCAD, 3dsMAX, V-Ray, Photoshop, SketchUP, Inventor, SolidWorks, Catia, Revit Architecture,

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl *Kurum*

Alınan Burs ve Ödüller

Yıl *Burs/Ödül*

2019 - İTÜ İşletme Fakültesi Mimari Proje Yarışması, Sepin Mimarlık'ile katılımcı

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler
AutoCAD ve 3dsMax yazılımları eğitim kitapları -2009

Sertifikalar

- Autodesk AutoCAD, Autodesk 3dsMax, Autodesk Inventor, Autodesk Revit, Chaos Group V-Ray, Dassault Systemes SolidWorks, Adobe Photoshop,Google SketchUP, Microsoft Office

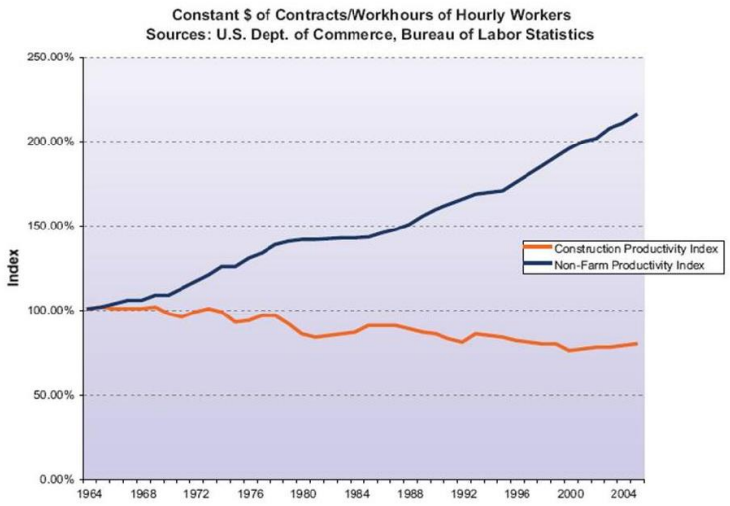
Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Rize,1987 Cinsiyet: E
Yabancı diller : İngilizce (İleri Seviye)

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yapı sektörünün tarihsel olarak ilk dönemlerinde yapılmak istenen projenin çizimi, planlaması, görselleştirmesi geleneksel yöntemlerle (kağıt, kalem, cetveller, vb.) hazırlanarak projeler oluşturulurken, gelişen teknolojiyle bilgisayar sistemi ile çalışan çizim, planlama, görselleştirme yazılımları kullanılarak proje oluşturma sürecine geçiş yapılmıştı. Bu geçiş sürecinde günün teknolojik imkânları kullanılarak proje oluşturma süreçlerinde verimliliği artırmak amaçlanmaktaydı.

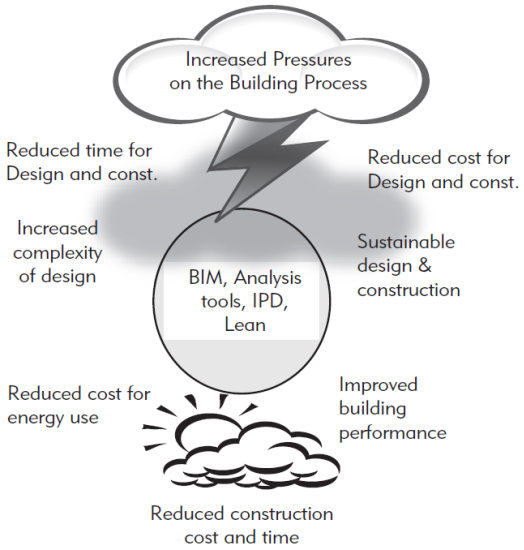
Gelişen teknoloji ile yapı kullanıcılarının artan talepleri, verimli, sürdürülebilir yapılara duyulan ihtiyaçlarla birlikte yapılar günümüzden önceki yapılara göre daha donanımlı hale gelmekte, dolayısıyla böyle bir yapıyı oluşturmak, önceki yapılara göre çok daha karmaşık hale dönüşüp yapıyı oluşturan uzmanlıklar, paydaşlar daha da artmaktadır. Ancak klasik yöntemle proje katılımcıları arasında gerekli olan işbirliği, bilgi alışverişi, oluşturulan bilgilerin verimli yönetilememesi projenin oluşturulma sürecinde aksaklıklara ve bunun sonucunda verimliliğin düşüp proje teslimlerinde gecikmelere ve maliyet artışlarına sebep olmaktadır (Becerik-Gerber, 2010). Teicholz 2004'de inşaat verimlilik indeksini belirlemek amacı ile ABD ticaret bakanlığı verileri ile yaptığı araştırmada 1964-2004 arasında ABD'deki sektörlerin verimliliği incelendiği çalışmasında diğer tüm sektörlerde verimlilik %80 artarken inşaat sektöründe %20 oranın da düşüş gözlenmiştir (Öktem, 2016).



Şekil 1.1 İnşaat verimlilik indeksi (Teicholz, 2004; Öktem,2016)

Günümüz yapılarının tüm yaşam döngüsünü içeren (tasarım, inşaat, işletme yıkım veya yeniden işlevlendirme) aşamalarında ki süreçlerin, klasik yöntemlerle yönetimi verimsiz olduğu gözlemlenmektedir. Günümüzde var olan enerji kaynaklarının azalması, enerjiye duyulan ihtiyacın artması, var olan kaynaklarımızı verimli kullanma ve sürdürülebilir yapılar yapma ihtiyacı doğurmaktadır.

Yapının tüm yaşam döngüsüne hakim olacak, yapı için gerekli paydaşların birlikte verimli çalışmasını sağlayacak yeni teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçlara cevap verebilmek için geliştirilen ve gelişime açık günümüzdeki sistem olan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) , ingilizce karşılığı Building Information Modelling (BIM) sistemi ile çözümler üretilmeye çalışılmaktadır. Klasik yöntemle proje üretim süreçleri ile BIM sistemi karşılaştırıldığında BIM teknolojisinin **Şekil 1.2** 'de gösterildiği gibi tasarım ve inşaat sürelerinde azalma, tasarımdaki karmaşıklığın azalması, enerji kullanım maliyetlerinin azalması, inşaat maliyetlerinin ve zamanın azalması, yapı performansının artması, sürdürülebilir tasarım ve inşaatın gerçekleşmesi, tasarım ve inşaat maliyetlerinin düşmesi, yapı süreci üzerindeki baskının azalması gibi konularda başarı sağladığı gözlemlenmiştir (Eastman, 2008).



Şekil 1.2 BIM Teknolojisinin Yapı yaşam döngüsüne getirdiği çözümler *(Eastman, 2008)*

Dünyada BIM kullanımları bakıldığında Birleşik Krallık 'ta NBS tarafından 2019 yılında yapı endüstrisi profesyonellerine (998 katılımcı) yapılan ulusal BIM kullanımları

anketinde %69 oranında BIM kullanımı olduğu, %29 oranında BIM'in farkındalığının olduğu fakat henüz kullanılmadığı, %2 oranında da BIM farkındalığının olmadığı verilerine ulaşmışlardır (NBS, 2019). Birleşik Krallıkta 2016 yılı itibari ile kamu projelerinde BIM'i uygulama zorunluluğu getirilmiştir (UKCO, 2011). Singapur hükümetinin Yapı ve İnşaat İdaresi (Building and Counstruction Authority) 19 Ekim 2016 tarihinden itibaren mimari planları, 01 Ekim 2017 tarihinden itibaren ise Statik ve MEP (mekanik, elektrik, tesisat) planlarını BIM formatında elektronik ortamda (e-submissions) olarak kabul etmeye başlamışlardır (BCA, 2019). ABD'de 2012 yılında National İnstitue of Building Science tarafından ulusal BIM standardı yayınlanmıştır (NIBS, 2012). Avusturalya, Kanada ve birçok Avrupa ülkesinde de BIM teknolojisi kullanılmakta ve klasik yöntemden BIM teknolojisine geçiş yapılması için ulusal BIM rehberleri, kılavuzlar, protokoller, standartlar, model kütüphaneleri gibi kaynaklar üretmektedirler.

Türkiye'de henüz ulusal bir şartname, kılavuz, rehber oluşturulmamakla birlikte, yürütülen bazı kamu ve özel projelerde de BIM teknolojisi uygulanmaktadır. Ancak Türkiye genelinde BIM siteminin bilinirliği, kullanımı ve Türkçe kaynağın yeterli olmaması gibi nedenlerle, klasik yöntemle proje oluşturan ofislerin BIM sistemine geçmede zorlandıkları gözlemlenmektedir.

Bu tezle; BIM sisteminin tanımı, içeriği, Dünyada ve Türkiye'de BIM kullanımları anlatılarak, klasik yöntemden BIM sistemine başarılı geçiş yapmış, geçiş ve uygulama süreçlerinde teze bulgu oluşturabilecek özelliklerde Türkiye'den üç proje ofisi seçilerek, BIM sistemine ihtiyaç duyma sebepleri, geçiş süreçleri karşılaşılan problemler, üretilen çözümler ve sistem kullanımları üzerine sorular sorularak vaka analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirilip adımlar oluşturularak, BIM sistemine geçiş için kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır.

1.1. Problemin Belirlenmesi

Dünya genelinde yapı sektörünün klasik yöntemle proje üretim süreçlerinde aşağıda maddeler halinde belirtilen verimsizliğe çözüm üretmeye çalışılmaktadır.

Klasik yöntemle proje üretim süreçlerinde karşılaşılan verimsiz süreçler;

- Klasik yöntemde; tasarımı oluşturan mimari, statik, mekanik, elektrik, disiplinlerinin ayrı ayrı modellerde çalışılıp tasarımların, görselleştirmelerin, analizlerin yapılarak proje üretilmesinde harcanan zaman.
- Projenin modellemesi veya çizimi yapıldıktan sonra, planlar, kesitler, görünüşler gibi gerekli detaylar için tekrar çizimlerin yapılması, tasarımda bir değişiklik yapıldığında ilgili tüm plan kesit, görünüş ve detaylarda tasarımın güncellenmesi gerektiğinden bu süreçlerin tekrar çiziminde harcanan zaman kayıpları
- Disiplin içi ve disiplinler arası yapı elemanlarının koordinasyonunun çakışmalarının proje aşamasında iki boyutta yeterli tespit edilememesinden, bu sorunların inşaat aşamasında karşılaşıldığında maliyet, zaman kayıplarının yaşanması ve istenilen tasarımın oluşmaması
- Yapının işletme süreci ve yapılacak bakım onarım için kolay ulaşılabilir, anlaşılabilir standart sanal modelin ve yapı elemanı bilgilerinin oluşmaması
- Klasik yöntemle birlikte çalışıla bilirlik verimli çalışamaması

vb. verim kayıplarının yaşandığı klasik yöntemde çözümler üretmek için günümüzde BIM sistemi geliştirilip belirtilen bu sorunlara çözüm üretilebilmektedir.

Dünya genelinde klasik yöntemle proje üretim süreçlerinden BIM Sistemi'ne geçiş yapılmaktadır. Klasik yöntemde projenin tasarım, inşaat, işletme ve bakım onarım süreçlerinin BIM sistemi ile karşılaştırıldığında süreçlerde büyük değişiklik olduğu görülmektedir. Bu geçiş sürecinin zaman aldığı ve proje üretim süreçlerinde büyük kültür değişimi olduğundan zor geçtiği anlaşılmaktadır.

Dünyada UK, ABD, Singapur, Avrupa gibi BIM sisteminde öncülük eden ülkeler geçiş süreci için, ulusal olarak BIM kılavuzları, uygulama yöntemleri, yürütme planları, standartlar üreterek geçiş süreci için kaynak oluşturup geçiş yapmaktadırlar.

Türkiye de klasik yöntemden BIM sistemine geçiş için henüz ulusal boyutta yeterli yetişmiş personel ve kaynağın olmadığı literatür taraması ve saha görüşmelerinde görülmekte, bu durum büyük bir kültür değişimi olarak görülen BIM sistemine geçişi daha da zorlaştırmakta olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan araştırmalarda BIM sistemine geçişte yaşanılan problemlerin; BIM sisteminin anlaşılması, BIM proje uygulama planı, BIM sistemine geçişin hangi

aşamalarda nasıl ve ne kadar sürede geçiş yapılabileceği, gerekli altyapının neler olması gerektiği, klasik yöntemle proje üretim süreçlerinin BIM sistemi ile nasıl yapılacağı, vb. konuların yeterli anlaşılamaması ve kaynak, personel, danışmanlık hizmetlerinin yeterli sayıda olmayışı BIM sistemine geçiş ve uygulama süreçlerinde yaşanılan problemler olarak tesbit edilmiştir.

1.2. Amaç Ve Kapsam

BIM sistemi ile ilgili bir çok tez, makale, kılavuz, protokol, standartlar, yardımcı kaynaklar yayınlanmış olup fakat BIM sistemine geçiş yapmış ofislerin ele alındığı, bu ofislerin BIM sistemine neden ihtiyaç duyduğu, hangi aşamalarda nasıl ve ne kadar sürede geçiş yaptığı, geçiş sürecinde hangi problemlerle karşılaşıldığı nasıl çözümler üretildiği, BIM sistemini projelerde nasıl uyguladıkları, geçiş yapmak isteyen ofislerin referans alabileceği, yaşanılan problemlerin tekrar karşılaşılmaması için, geçiş yapmış ofislerden geçiş sürecinde uygulanan yöntemlerden kendilerine uygun olanı seçebileceği yeterli çalışma ve kaynak bulunmayışı tespit edilmiştir.

Bu tezde amaçlanan; Klasik yöntemin verimsizlikleri ele alınarak BIM sistemi ile bu sorunlara nasıl çözüm üretildiğini, BIM'in içeriği, BIM sistemi ile gelen yeni kavramlar, BIM'in dünyada kullanımları, Türkiye'de ve Dünyada BIM ile yapılmış projeler ele alınarak BIM'in uygulanabilmesi için ana gereklilik olan BIM execution plan (BIM yürütme planı) üzerinde detaylı durulmuş, BIM sistemine başarılı geçiş yapmış araştırma için uygun özellikler taşıyan proje ofisleri seçilmiş ve BIM sistemine neden ihtiyaç duyulduğu, nasıl geçiş yapıldığı, BIM'in projelerinde uygulama süreçleri üzerine derinlemesine sorular sorularak veriler elde edilip değerlendirilerek geçiş süreci için adımlar oluşturulmaya çalışılmıştır. Böylece BIM sistemine geçiş yapmak isteyen proje ofislerinin, geçiş yapmış proje ofislerinde BIM sistemine neden ihtiyaç duyulduğunu, geçiş süreçlerini, yaşadıkları sorunları, çözümlerini, uygulama süreçlerini görebilecekleri referans bir kaynak oluşturmak amaçlanmıştır.

Tezin kapsam ve sınırlılıkları ; araştırma tasarımı oluşturan proje ofislerinde , mimar BIM yöneticileri ile yapılmış olup değerlendirmeler bu çerçeveden oluşturulmuştur. Yapı için gerekli iş veren, danışmanlık ofisleri, yetkili otoriteler, ana yüklenici, alt yüklenici, tedarikçi, üretici, işletmeci gibi diğer paydaşların proje ofisleri

ile ilişkileri değerlendirilmiş olup ancak bahsi geçen proje ofisleri haricindeki paydaşların BIM sistemine geçiş ve uygulama süreçleri tez kapsamında değerlendirilmemiştir.

1.3. Yöntem

Tez çalışması kapsamında literatür incelemesi ve saha çalışması olmak üzere iki farklı araştırma yapılmıştır.

Literatür araştırmasında, Türkiye'de ve Dünyada BIM hakkında hazırlanmış tezler makaleler, konferanslar, sempozyum, seminerler ve kitaplar kütüphane ve dijital ortamlarda incelenmiş, BIM'e geçiş yapmış ve geçiş sürecinde olan ülkelerin hazırladıkları kılavuzlar, protokoller, standartlar incelenerek tez içeriğinde yer verilmiştir.

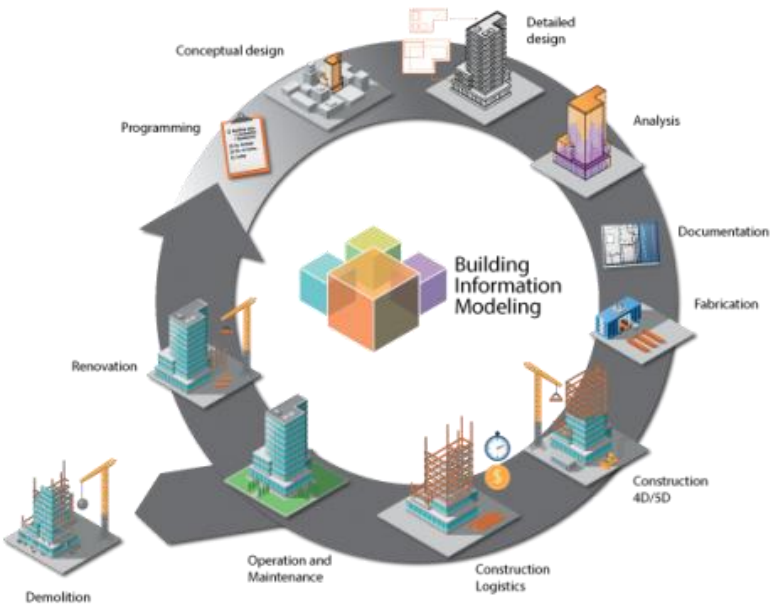
Saha çalışmasında; BIM sistemine başarılı geçiş yapmış, geçiş ve uygulama süreçlerinde teze veri oluşturabilecek özelliklerde Türkiye'den üç proje ofisi seçilerek, BIM sistemine ihtiyaç duyma sebepleri, geçiş süreçleri ve BIM kullanımları üzerine derinlemesine sorular sorularak vaka analizi yapılmış, elde edilen sonuçlar değerlendirilip geçiş süreci için adımlar oluşturulmaya çalışılmıştır.

BÖLÜM 2. BIM

2.1. Building Information Modelling (BIM)

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uluslararası literatürde Building Information Modeling (BIM)'in Türkçeye çevrilmiş halidir. Kısaca yapıyı oluşturan tüm işlemlerin sayısal ortamda yani bilgisayar dilinde modellenmesi olarak belirtilebilir. Bu tez içeriğinde Yapı Bilgi Modellesi'ni dünya literatüründe kullanılan Building Information Modelling kısaltması "**BIM"** olarak ifade edilecektir.

BIM Projenin yaşam döngüsünde yani planlama, tasarım, uygulama (inşaa etme) işletme ve yeniden işlevlendirilmesi veya yıkılması süreçlerini kapsayan ve bunları verimli yürütülmesini sağlayan geliştirilebilir bir teknolojik sitemdir.



Şekil 2.1 BIM - Bina Yaşam Döngüsü *(Gajhera, 2018)*

Bu süreç, yapı için gerekli paydaşların birlikte koordineli çalışarak parametrik yazılımlar aracılığıyla yapı elemanlarını akıllı objeler halinde modellenmesi ile dijital ortamda inşa edilme süreciyle başlar.

Ulaşılmak istenilen BIM hedefleri (Çakışma analizleri, yapım süreci planlaması, maliyet, hakkediş, enerji verimliliği analizleri, işletme analizleri) gibi boyutlarına ulaşılmasıyla dijital süreç tamamlanıp fiziksel inşaat süreci başlar.

Digital ortamda yapılan inşaat planlamasına göre yapılan gerçek inşaat tamamlanır. Yapılan inşaatın inşa edilmiş (as-built) digital modeli oluşturulur. Bu model tesisin işletme, bakım onarım ve yeniden işlevlendirme veya yıkım aşamalarında gerekli olabilecek verilerin elde edilmesinde ve bu süreçlerin verimli yönetilmesinde kullanılır.

2.2. Literatürde BIM Hakkında Yapılan Tanımlamalar

BIM, bina ile ilgili grafik (geometri/biçim vb.) ve alfa sayısal (malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü vb.) veriden oluşan üç boyutlu bir model meydana getirerek, bu modelin yapı sektörü paydaşları tarafından ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yaklaşımıdır. Bu üç boyutlu model, planlama, tasarım, projelendirilme, yapım ve işletim gibi projenin tüm yaşam döngüsünü içeren süreçlerinde kullanılabilmektedir. Farklı paydaşların aynı modeli kullanabilmesi temsilde tutarlılığı arttırmakta, revizyon kolaylığı sağlamakta; veri dönüştürme işlemlerini, verinin tekrarlı üretimini (replikasyon) ve proje belgeleri arasında ilave ilişkilendirme veya koordinasyon ihtiyaçlarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Ofluoğlu P. D., 2014).

Yapılan başka tanıma göre ; BIM sistemi bir yapının sırasıyla planlanması, tasarımı, yapımı ve tesis yönetimi süreçlerinin bilgisayar ortamında üretilen nesne tabanlı parametrik bir model oluşturulması ve oluşturulan bu model yardımıyla yapının her türlü ihtiyaçlarını karşılayan ve teslim sürecini iyileştiren bir sistemdir (Azhar, 2011).

Eastman vd.(2008) BIM hakkında yazdıkları kitapta Yapı Bilgi Modelleme Sisteminin/BIM mimarlık, mühendislik, ve inşaat sanayinde gelişime açık bir teknoloji olduğunu ve bu teknoloji ile tasarlanan bir projenin 3 boyutlu sanal modelinin oluşturulduğu ayrıca bu sistem binanın yaşam döngüsü boyunca yapı için gerekli tüm verileri içerdiğini ve disiplinler arası koordinasyonu sağlayarak iletişimi kuvvetlendirdiği belirtilmiştir (Eastman, 2008).

Akkoyunlu (2015) BIM sistemi; inşaat endüstrisinde planlama, tasarlama, inşaat ve işletme aşamalarının hepsinde yer alan tüm elemanlarının akıllı nesnelerden oluştuğu aynı zamanda yapının proje aşamasında sanal olarak inşa edilmesi ve yapım aşamasında da normal inşaatının gerçekleştirilmesi ile 2 defa inşa edilmesini sağlayan bir teknolojidir (Akkoyunlu, 2015).

2.3. BIM'e Neden İhtiyaç Duyulmaktadır

1. **3D görselleştirme** imkânı sağlıyor. BIM sistemi kullanılmadan da 3B görselleştirme imkânı bir çok yazılımlar aracılığı ile elde edilebilmektedir. Örneğin SkectchUP , 3dsMAX gibi yazılımlarla hızlı ve pratik şekilde projeyi sanal ortamda 3B olarak görselleştirebilmektedirler. Fakat bu programlarla oluşturulan modeller görselleştirme için kullanılmakta çıkan model, pazarlama amaçlı, genel görünümde karar verme, konsept tasarımı oluşturma gibi ihtiyaçları karşılayabilmektedir. 3dsMax ortamında oluşturulan modeller akıllı obje özellikleri taşımamaktadır.

   BIM tabanlı oluşturulan 3B modelde ise, yapılması planlanan projenin birebir aynısı oluşturulmaktadır. Her bir yapı elemanı sadece bir yüzey veya malzeme olarak değil, örneğin yapı elemanlarından kapı nesnesinin kapı olduğunu, boyutlarını, yangın dayanım katsayısını, ısı geçirgenlik katsayısını, ses geçirgenliğini, nerede üretildiğini, hangi parçalardan oluştuğunu vb. bilgiler içermektedir, kısacası nerdeyse gerçek hayattaki gibi davranmaktadır. Dolayısıyla BIM tabanlı programlarda hazırlanan 3B model ile 3B görselleştirmenin yanında birçok gerçek verilere ulaşılabilmektedir.



Şekil 2.2 Yapı Bilgi Modellemesi Akıllı Objeler**,** *(Library, 2016)*

2. **Parametrik Modelleme** ile 3B Modeli oluşturulan bir projenin kesit, görünüş, plan, detay çizimleri anında oluşturulabilmektedir. Model üzerinde yapılan bir değişiklikten sonra kesitlere, görünüşlere, planlara anında yansıtılmaktadır. Bu özelliği ile projenin büyüklüğüne oranla zaman, iş gücü, maliyet kazancı sağlamaktadır.

3. **Birlikte Çalışabilirlik** (interoperability); özelliği ile proje de gerekli olan disiplinlerin tek bir model üzerinde çalışarak tüm disiplinlerdeki kullanılan yapı elemanlarının birbiriyle etkileşimini henüz proje aşamasında sağlayarak uygun oryantasyon ve çakışma analizleri yapılabilmekte, görülen çakışmaların ilgili disiplinler tarafından gereken düzeltmeleri yaparak projenin bu yeni düzenleme üzerinde ilerlemesi sağlanır. Her bir disiplin kendine ait düzenlemeleri yaparak diğer disiplinlerin model üzerinde çalışmasına olanak tanır böylece diğer disiplinlerin modellenmesi gereken yapı elemanlarının tekrar tekrar modellemesinin önüne geçilmiş olur. Bu çalışma yöntemi ile şirketler zaman ve iş gücü kaybından kurtarılmış olur.

Table 2.1 Yapı Sektöründe Birlikte Çalışıla bilirlikle İlgili Yetersizlikten Kaynaklanan ilave maliyet tablosu A.B.D Standart ve Teknolojiler Enstitüsü 2002 *(Ofluoğlu P. D., 2014)*

Paydaş Grubu	Mühendislik ve Tasarım Evresi	Yapım Evresi	Bakım ve İşletim Evresi	Eklenmiş Toplam Maliyet
Mimarlar ve Mühendisler	$1,007.2	$147.0	$15.7	$1,169.8
Genel Yükleniciler	$485.9	$1,265.3	$50.4	$1801.6
Özel Yüklenici ve Taşeronlar	$442.4	$176.2	----	$2.2204.6
Mal sahipleri ve İşletmeciler	$722.8	$898.0	$9.027.2	$10.648.0
Toplam($M)	**$2,658.3**	**$4,072.4**	**$9,093.3**	**$15,824.0**

4. **4D** özelliği ile projenin inşa simülasyonu yapılabilir. Böylece projenin hangi zaman dilinde hangi aşamada (faz) olduğu gözlenmiş olur bu özellik ile uygun iş programı yapılabilir. Hangi disiplinlerin aynı anda çalışabileceği, malzeme ve makine oryantasyonu yapılabilir. Proje sanal ortamda inşaatı yapılırken analiz edilebilir.

5. **5D** ile yapılan 4D modele eklenen maliyet ile projenin istenilen aşamalarında ne kadar harcama yapılacağı görülebilir. Buna göre bütçe ayarlaması yapılabilir.
6. **6D** ile hazırlanan 3D modele eklenenden bilgiler ile sürdürülebilirlik analizleri yapılıp projenin kalitesi artırılabilir, gerekli görülürse proje aşamasında analiz sonuçlarından elde edilen veriler ile tasarımda değişiklikler yapılarak yapı kalitesi sürdürülebilirlik, çevreye verilen zararı minimuma indirilebilir. Yapılan analizler ile yapı kalitesi ve sürdürülebilirlik artırılabilir. Örneğin; güneş analizi yapılarak yapı oryantasyonu ayarlanabilir, ses analizi yapılarak istenilen desibel seviyesi gerekli yalıtım ve tasarım elde edilebilir vb
7. **7D** ile proje tesliminden sonra hazırlanacak as-build (inşa edildiği gibi) modeli hazırlanarak, tesis yönetiminde bakım onarımda kullanılmak üzere data oluşturulabilir.

2.4. BIM 'in Ölçülebilen Faydaları

Stanford Üniversitesi'nin 2007 yılında 'center for integreted facilities engeneering (CIFE) biriminin 32 büyük çaplı projede üzerinde yapmış olduğu araştırmada BIM'in faydalarını şöyle sıralamaktadırlar ;

- Bütçedeki değişimlerin %40 oranında azalması
- Maliyet tahminlerinin %3 hata payı ile yapılabilmesi
- Maliyet tahminlerinin yapılabilmesinde %80'in üzerinde daha az zaman harcandığı
- Yapısal elemanların çakışmasından kaynaklanan sözleşmelerden doğan para kayıpların %10 oranında azalması
- Tüm proje zamanının %7 oranında azaldığı görülmektedir. (Akkoyunlu, 2015)

Yapılan bir araştırmada (Endeavour Hose – BSI,2010)'da %9.8 lik maliyet azalması gerçekleşirken(Festival Place – BSI,2010)da %9 luk maliyet azalması görülmüştür.

McGraw Hill Counsturaction – Smart Market Report'ın The Business Value of BIM in Europa 2010 hazırladığı raporda İncelenen 35 projeden 13'ünde zaman yönetimi ve planlama da pozitif etkiler görülmüştür (Aylesbury Crown court - McGraw Hill

Counsrtuction, 2010). projesi tahmin edilen zamandan iki ay erken bitirilmiştir. McGraw Hill Counstruction şirketi A.B.D merkezli olup Yapı sektörü paydaşları için dünya çapında araştırmamalar yaparak data toplayıp analiz ederek yayınlayan araştırma kuruluşudur.

Değişiklik talepleri (Change Order) ve iş programları üzerinde ki değişiklikler üzerinde yapılan bir araştırmada ise %47 azaldığı iş programında ise %67 daha az değişiklikler yapıldığı görülmüştür (Akkoyunlu, 2015 ;Barlish ve Sullivan, 2012).

McGraw Hill'in BIM For Owners 2014 BIM in yapı projelerinde ki olumlu etkisinin ABD'de %69 birleşik Krallıkta %80 olduğu tespit edilmiştir (McGraw Hill, 2014).

2.4.1. BIM'in Uzun Vade ve Kısa Vade Faydaları

Mc Graw Hill 'in hazırlamış olduğu "The Busssines Value of BIM in North America "araştırmasında 2009-2012 yılları arasında incelenen 30 yakın projeden alınan verilerle BIM'in 11 faydasını 5 uzun dönem 6 kısa dönem olarak iki başlıkta toplamışlar.

Uzun Dönem Faydaları

- Müşteri Memnuniyeti ve önceki müşteriler ile tekrar iş yapabilme (Repeat Bussines)
- Proje süresini azalması (Reduce project Duration)
- Tutarlılık ve faydalılığın artması (İncreased Profit)
- İnşaat maliyetlerinin azalması (Reduce Constraction Cost)
- BIM ile yapılan projelerde sözleşme anlaşmazlıkları azalmaktadır

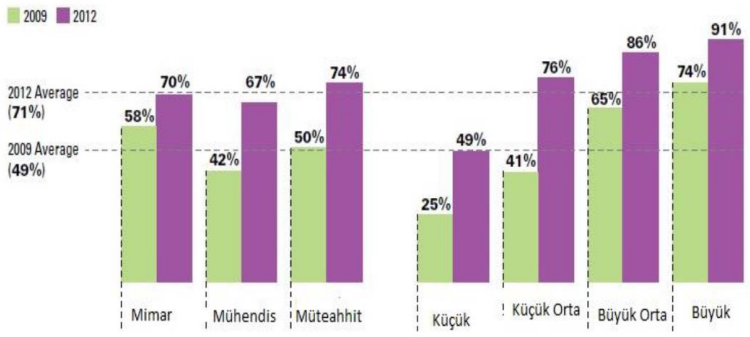
Kısa Dönem Faydaları

- Dökümantasyona bağlı hata ve Kusurların azalması (reduce document eror and omissions)
- Yeni iş imkânları sağlaması (Market New Busssines)
- Hatalı İmalat sonucu Yeniden inşa etme azalmaktadır (reduce rework)
- Yeni hizmetler verebilmektedir (offer new service)
- Özellik ve dikkat isteyen iş akışlarının işleyiş sürelerinin azalması
- İnsan kaynağını doğru seçme ve koruma konusundaki faydaları

2.5. Günümüzde BIM Kullanımı

İnşaat yapı sektöründe BIM ile ilgili araştırma yapıp yayınlayan Mc Graw Hill Counstraction Amerika şirketinin 2012 yılında yapmış olduğu bir araştırmada 2007-2012 yılları arasında proje paydaşlarının ve şirket büyüklüklerine göre BIM kullanım araştırmasında şu verilere ulaşmıştır;

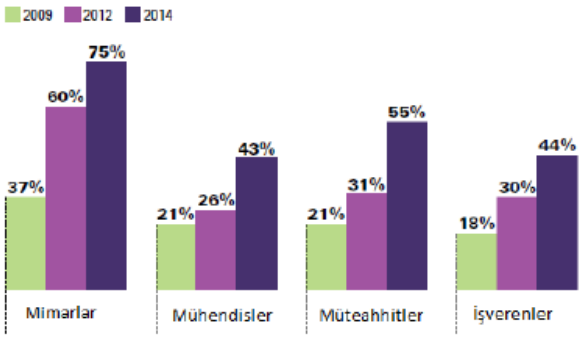
BIM'in Kuzey Amerika'da kullanma oranı 2007 de %28 iken 2009 da %49, 2012 yılında ise %71 olarak tespit edilmiştir (Akkoyunlu T. ; Mc .crawhill 2012). En yüksek kullanım yüklenicilerde %74 olarak görülmüş, %71 ile Mimarlar, %67 ile mühendisler kullandıkları görülmüştür.



Şekil 2.3 Proje Paydaşları Arasında 2019-2012 Yıllar Arası BIM Kullanım Oranları *(Akkoyunlu, 2015, s. 51)*

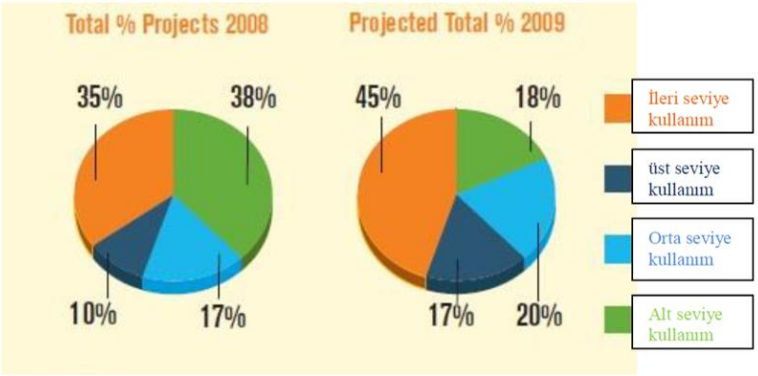
Firmaların büyüklüklerine göre kullanımları ise büyük ve Orta ölçekli firmalarda BIM kullanımı %90 seviyelerinde, küçük ölçekli firmalarda bu oran %49 seviyelerinde tespit edilmiştir.

Mc Craw Hill 'in yapmış olduğu diğer araştırmada ***Şekil 2.4***'de proje paydaşlarından mimar, mühendis, müteahhit ve iş verenlerin yıllara göre BIM kullanım seviyeleri ele alınmış olup paydaşlardan Mimarlar 2009 yılında projelerinin %37 oranını BIM ile yaparken 2012de %60, 2014 te %75 seviyesinde BIM kullandıkları görülmektedir. Grafiktende anlaşıldığı üzere BIM teknolojisi geliştikçe kullanım oranları da artmaktadır.



Şekil 2.4 Proje Paydaşları Arasında Yıllara Göre BIM Kullanım Seviyeleri *(Akkoyunlu, 2015, s. 53)*

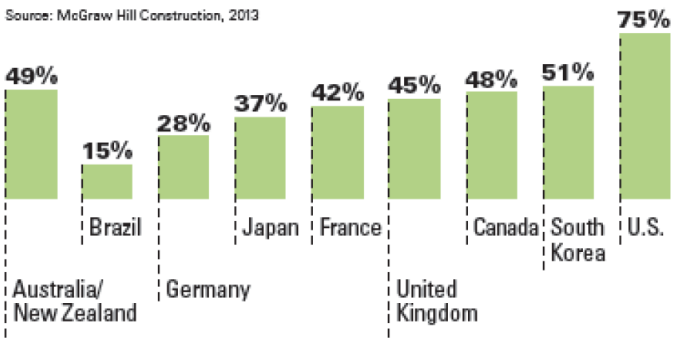
BIM'in projelerde kullanım seviyesinin yıllara göre artan kullanımı ***Şekil 2.5***'te gösterilmektedir. 2008 Yılında ileri seviye kullanımı %35 iken, 2009 yılında ileri seviye kullanımı %45 olarak görülmektedir. Alt seviye kullanımı ise 2008 yılında %38 iken 2009 yılında %18 olarak görülmektedir. Araştırmada BIM sistemini kullanım seviyesi her geçen yıl arttığı görülmektedir.



Şekil 2.5 BIM Kulllanım Oranı Artışı *(Akkoyunlu, 2015, s. 53)*

2.5.1. Dünyada BIM Kullanımı

McGraw Hill 2014'de yayınlamış olduğu dünyada BIM Kullanımı ile ilgili araştırmasında ***Şekil 2.6*** 'da ABD %75 oranla en yoğun kullanılan ülke olarak görülürken %51 ile Güney Kore, %49 ile Austuralya %48 Kanada, %45 Birleşik Krallık, %42 Fransa, %37 Japonya, %28 Almanya, %15 ile araştırma yapılan ülkeler arasında en düşük kullanım oranı Brezilya olarak görülmektedir (Akkoyunlu, 2015, s. 55).



Şekil 2.6 Dünyada BIM Kullanım Oranları *(Akkoyunlu, 2015, s. 55)*

2.5.2. Dünyada BIM'in kullanıldığı proje örnekleri;

2.5.2.1. Azerbaycan Bakü Olimpiyat Stadyumu

Azerbaycan'ın başkenti Bakü'de büyük Şor gölünün yakınında konumlanan Bakü Olimpiyat Stadyumu 68.000 kişilik kapasiteli 496.000 m2 toplam saha alanına yerleşen ve 204.000m2 toplam kapalı inşaat alanı bulunan Proje ticari alanlar, engelli, genel kullanım basın ve özel kullanıma ayrılmı CIP, VIP ve VVIP kısımlarını içermektedir (Tekfen, 2019).

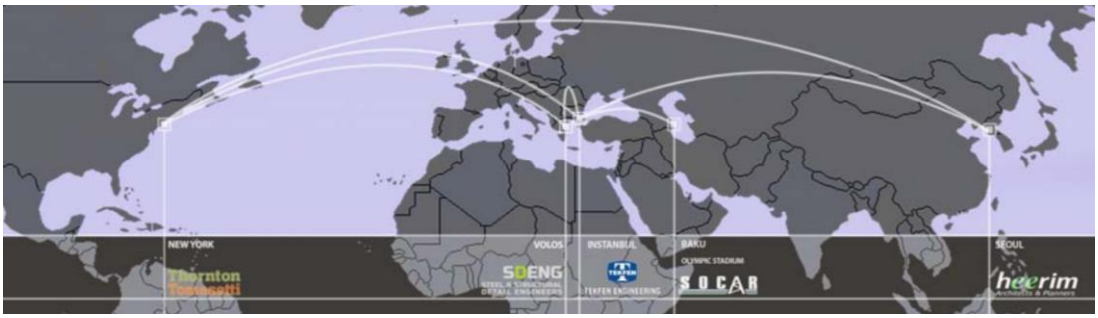


Şekil 2.7 Bakü Olimpiyat Stadyumu *(Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)*

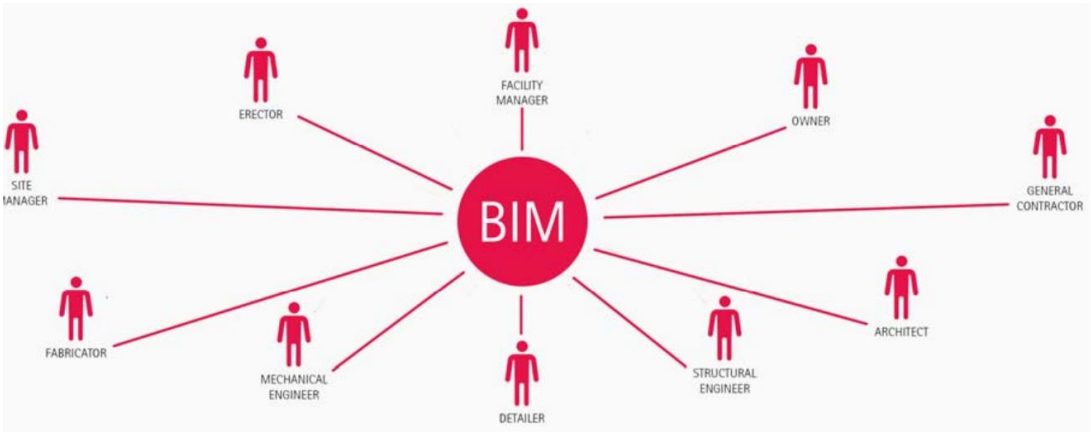
Projelendirme ve yapım süresi 2013 yılında başlanıp 2015 yılında teslim edilelerk toplam 24 ay süresinde tamamlanmıştır. İnşaatın ana yüklenici firması Tekfen inşaat tarafından projelendirme ve inşaat aşamaları gerçekleştirilmiştir.

Alt yüklenicilerinden, Yunanistan Volos merkezli çelik ve strüktür detay mühendislik çözümleri üreten SDENG firmanın hazırlamış olduğu "IMPLEMENTING BIM & PAPERLESS DESIGN: BAKU OLIMPIC STADIUM – A CASE STUDUY" çalışmalarında projede BIM kullanımlarının faydalarını büyük bir örnek olduğunu şu şekilde ele almaktadırlar;

Projenin ana yüklenicisi TEKFEN inşaat ve uygulama şirketi, işveren SOCAR Azarbeycan Cumhuriyeti devlet petrol şirketi, mimari tasarımı Seul merkezli HEERIM ARCHITECTS, strüktür tasarımında THORNTON TOMASETTI New York'tan, SDENG firması Volos'tan ve TEKFEN mühendislik İstanbul'dan katılarak 3D modelleme ve BIM koordinasyonu ile ***Şekil 2.8***'de gösterildiği gibi farklı coğrafi konumlardan katılarak projeyi sınırlı zaman içerisinde yüksek verimde tamamladıklarını belirttiler.

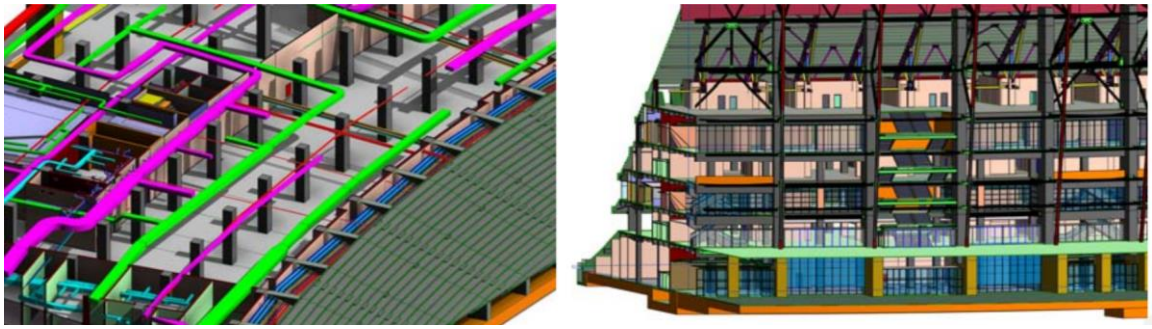


Şekil 2.8 Proje Katılımcılarının Coğrafi Konumları haritası *(Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)*

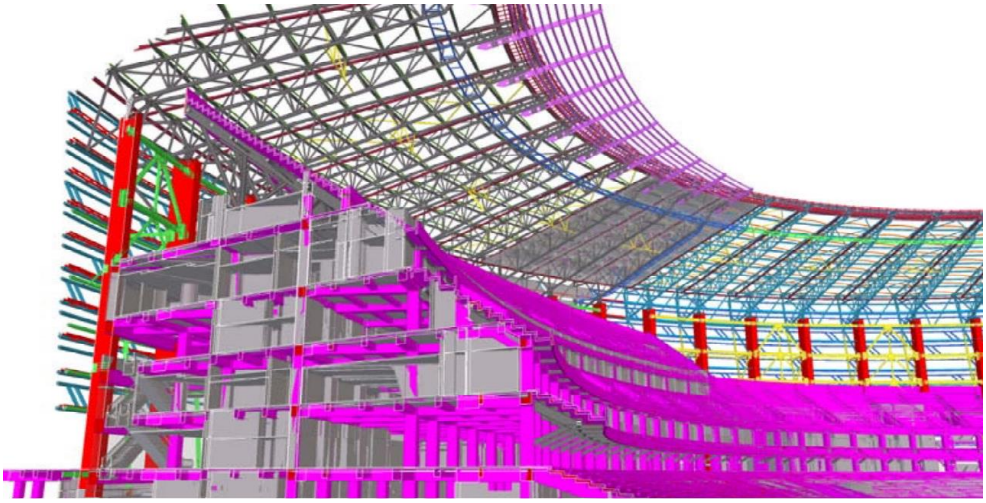


Şekil 2.9 Tüm Katılımcıların Tek BIM Modeli üzerinde OPEN BIM teknolojisi ile Birlikte çalışıla bilirliği ve BIM Teknolojisi ile Kağıtsız İş takibi *(Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)*

Bu süreci ilerleyişini ise konsept tasarımın tamamlanmasından itibaren öncelikle SDENG (volos) ‘da ana sütrüktür elemanların, beton, pracast, ve çeliklerin Tekla yazılımı ile modellenip sonrasında İstanbul’da ki mühendis ekibe gönderildiği burada Revit platformuna eklenip tasarımı oluşturan paydaşların tek bir model üzerinden ilerlendiğini, Tekfen’in Bakü deki saha mühendisleri BIM teknolojisini kullanarak tabletlerle 3D görüntüleme ve 3D not alma yaparak ***Şekil 2.9*** ‘da da görüldüğü gibi merkez model ile anlık bağlantı sağlanabildiğini, ilgili tüm paydaşların sürece katılabildiği ve tüm bu süreçlerde kağıt baskı kullanılmadan süreçlerin ilerlediğini belirtmektedirler.



Şekil 2.10 Mimari, Statik ve Mekanik ekipmanların Revit’de birleştirildiği BIM Modeli *(Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)*



Şekil 2.11 Mimari, Statik, Mekanik Datanın bulunduğu Tekla Structure Modeli *(Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis , 2019)*

BIM’in 4D boyutu olan zaman, proje süreçleri için Primevera yazılımı kullandıkları, 6D sürdürülebilirlik boyutunda, mühendislik analiz yazılımı SAP2000 doğru montaj için kullanmışlardır.

2.5.2.2. Shanghai Tower

Shanghai Tower, Çin'in Şangay şehrinin finans bölgesinde Jin Mao Tower ve Shanghai Dünya Finans Merkezi gibi ikonik yapıların arasında yükselen, dünyanın en yüksek ikinci binası olma özelliği taşımaktadır. 632 metre yüksekliğinde 127 katlı toplam inşaa alanı 575,000m2 olan kule içeriğinde ticari ve perakende alanları, eğlence ve kültür yerleri, konferans merkezi, lüks hotel ve seyir terası bulunmaktadır (Autodesk, 2012).



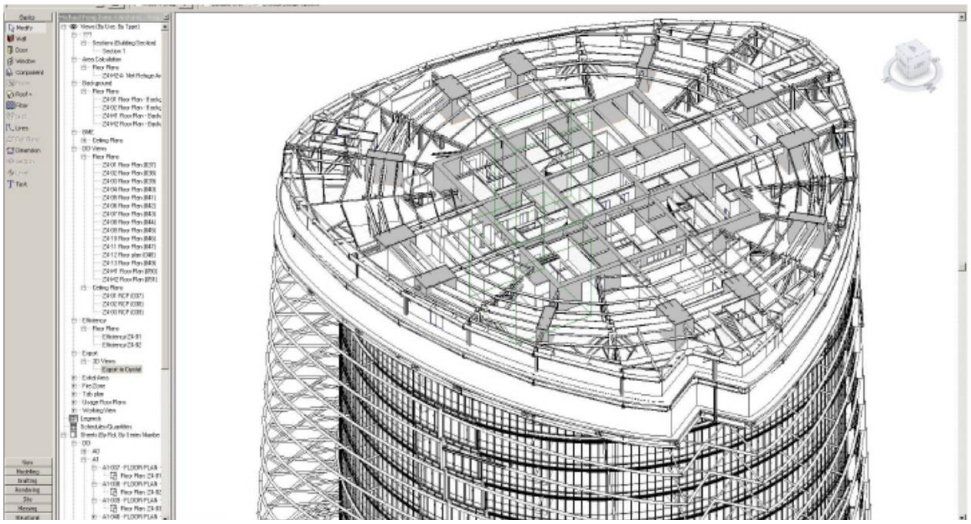
Şekil 2.12 Shanghai Tower *(Autodesk, 2012)*

Shanghai Tower Counstruction & Development, şef mühendis Qing Ge'nin Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH)'da yayınlamış olduğu "*BIM Application in The Shanghai Tower Counstruction"* başlıklı araştırma yayının da, projelerinde BIM kullanımı hakkında değindiği konular; Büyük karmaşık yapıların tasarımını oluşturan paydaşların otuzun üzerinde danışmanlık birimleri içerdiği ör: mimari, strüktür, MEP mühendislik, yangın koruma vb. gibi, yüklenici müteahhittin altında binlerce alt yüklenici takımların bulunduğunu tüm bu paydaşların yönetiminin BIM platformu üzerinden ilerlendiğinde anlaşılması, koordine edilmesi klasik yönteme göre çok daha avantajlı olduğunu belirtmektedirler.

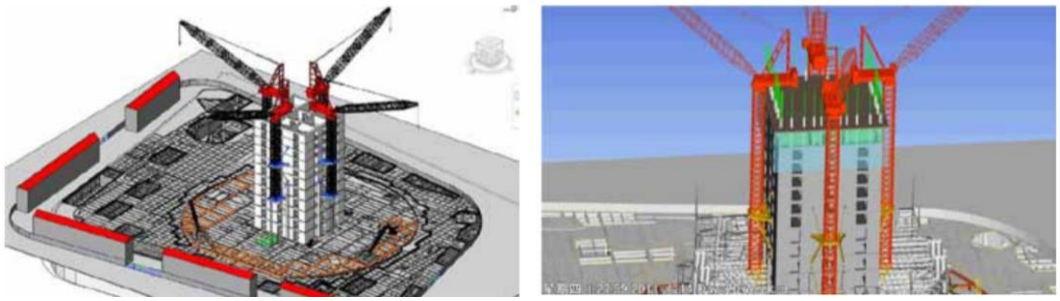
BIM'le ilişkili yazılımlar ve plug-in lerle yapının çeşitli analizleri yapılıp ör: ısıtma, soğutma yükleri, gün ışığı analizleri, enerji tüketimi, iç mekan aydınlatma

analizleri vb. analizler yapılarak BIM sistemi ile hızlı ve güvenilir veriler alarak tasarımcılar daha sürdürülebilir yapının oluşması için tasarımı geliştirebilir, tasarım değişikliklerinde tüm paydaşlar arasında tek bir model üzerinden ilerlendiğinden diğer katılımcıların **Şekil 2.*13***'teki gibi modeli görerek tasarımdaki değişikliklerde bildirim alarak koordinasyonun sağlanması, açık anlaşılabilirdik sağlandığını paylaşmaktadırlar.

BIM'in 4D zaman boyutuna projenin inşa süreçlerinin planlama aşamasında hazırlanılan proje ilerleme takvimi ***Şekil 2.14***'de görüldüğü gibi simüle edilerek, sahada koordinasyonun sağlanması ör: kule vinçlerinin yerleşimi ve çalışma alanları, beton inşaatı, çelik dikmeleri, malzeme depo alanları, ekipmanların yerleşimi ve hareket simülasyonları yapılarak inşaat sürecindeki paydaşların birbiriyle uyumlu çalışması sağlanarak zaman ve finansal kayıpları önleyip, saha içerisindeki iş güvenliğini artırdığını belirttiler (Ge, 2012).



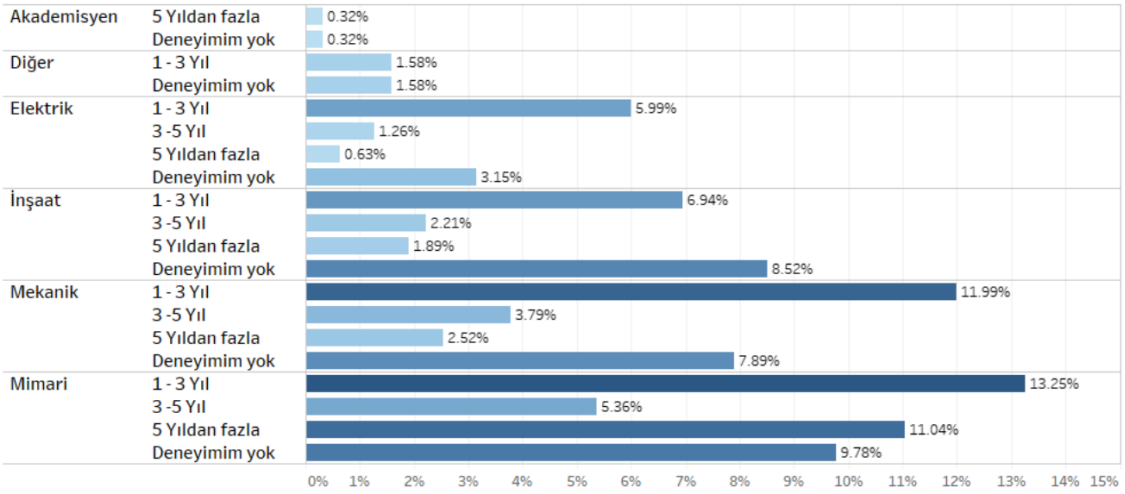
Şekil 2.13 Shanghai Tower BIM Model görünümü *(Ge, 2012)*



Şekil 2.14 Saha İnşaat Similasyonu BIM 4D *(Ge, 2012)*

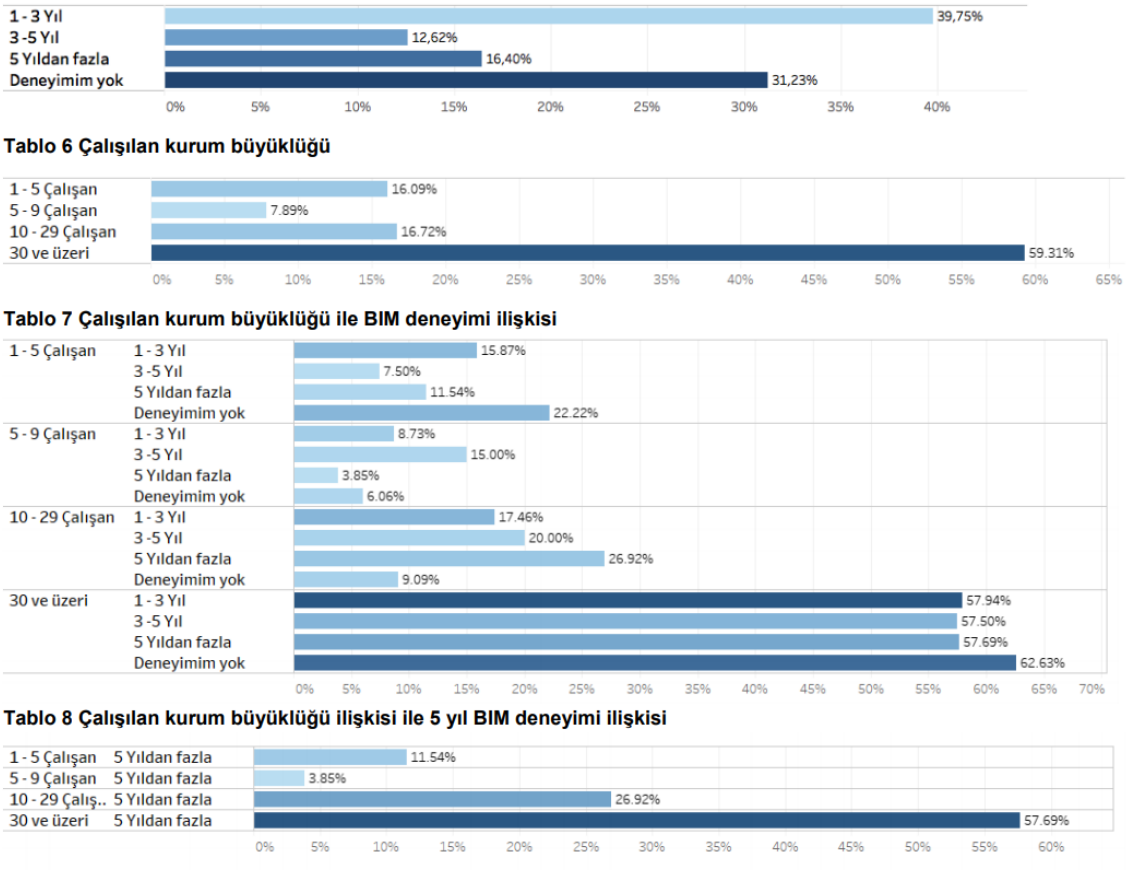
2.5.3. Türkiye'de BIM Kullanımı

BIM genius'un Türkiyede yapmış olduğu araştırmada Proje paydaşlarının ve akademisyenlerin BIM deneyimleri araştırmasında ***Şekil 2.15*** 'de 1-3 yıllık deneyim olarak %13.25 oranı ile mimarlık disiplini anket katılımcıları arasında başı çekmektedir. Mekanik %11.99 oranı ile ikinci sırada, inşaat %6.94 oranı ile 3.sırada , elektrik %5.99 oranı ile 4. sırada yer almaktadır.



Şekil 2.15 Anket Katılımcılarının Disiplin Ve BIM Deneyimi Bazında Dağılımı *(BIMgenius, 2018)*

Anket çalışmasında anket katılımcılarının çoğunluğunun BIM deneyimi olduğu belirtmektedirler. Bu deyimleri kurum büyüklükleri ile doğru orantılı olduğu gözlenmektedir. Katılımcıların %59'u, 30 veya üzeri çalışana sahip şirketlerde çalışırken BIM deneyimine sahip kadroların çoğunluğu yine 30 ve üzeri çalışana sahip şirketlerde istihdam edildiği görülmektedir. Örneğin 5 yıldan fazla deneyimi olduğu söyleyenlerin %57'si 30 ve üzeri çalışana sahip şirketlerde istihdam edilmektedir.



Şekil 2.16 Anket Katılımcılarının BIM Deneyimi *(BIMgenius, 2018)*

Anket çalışmasından yapılan çıkarımda BIM uygulamasının bir organizasyon problemi olduğu ve organizasyon yeteneği yüksek şirketlerde BIM'in daha kolay hayata geçirildiği tespiti yapılmıştır. Anket raporun da BIM uygulamaları başarılı olmuş şirketlerin multidisipliner organizasyon yapısını hayata geçirebilmiş ve kurumsallaşmış şirketler olduğu sonucunu çıkartmaktadır.

2.5.4. Türkiye'de BIM sistemin kullanıldığı proje örnekleri;

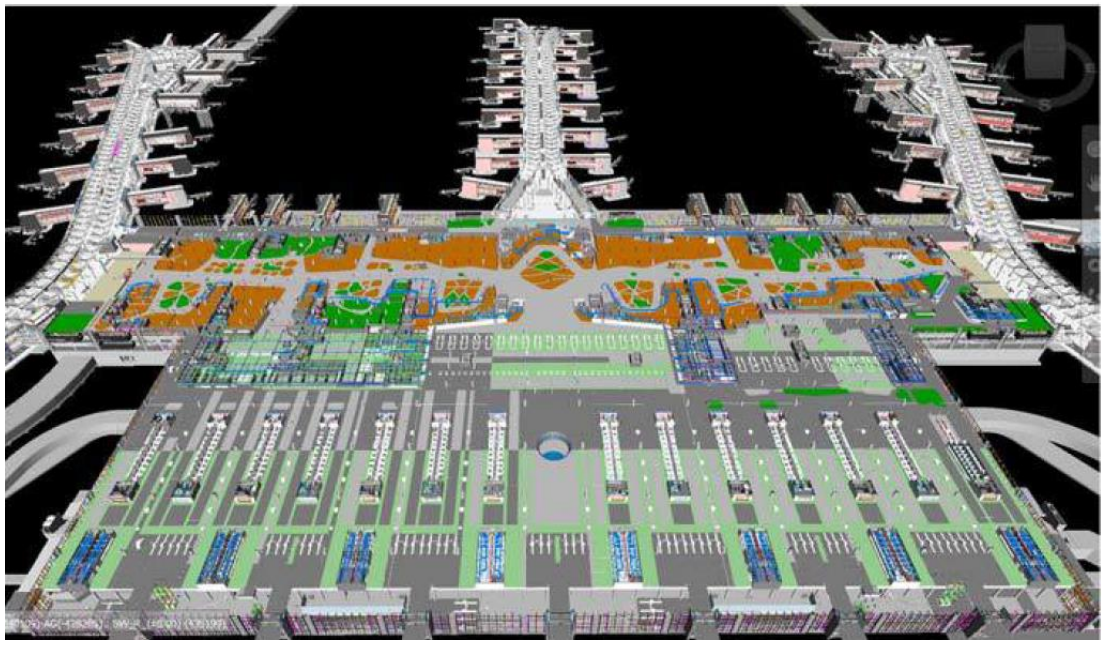
2.5.4.1. İstanbul Büyük Havalimanı – İGA (İstanbul Grand Airport)

Türkiye Cumhuriyeti tarihinde en büyük inşa sahası ve yatırımılı projesi olan İGA (İstanbul Grant Airport) İstanbul Büyük Havalimani projesi BIM sistemi ile yapımı gerçekleştirilmektedir. İGA aynı zamanda 4 fazı ile birlikte dünyanın en büyük havalimanı olma özelliği taşımaktadır.

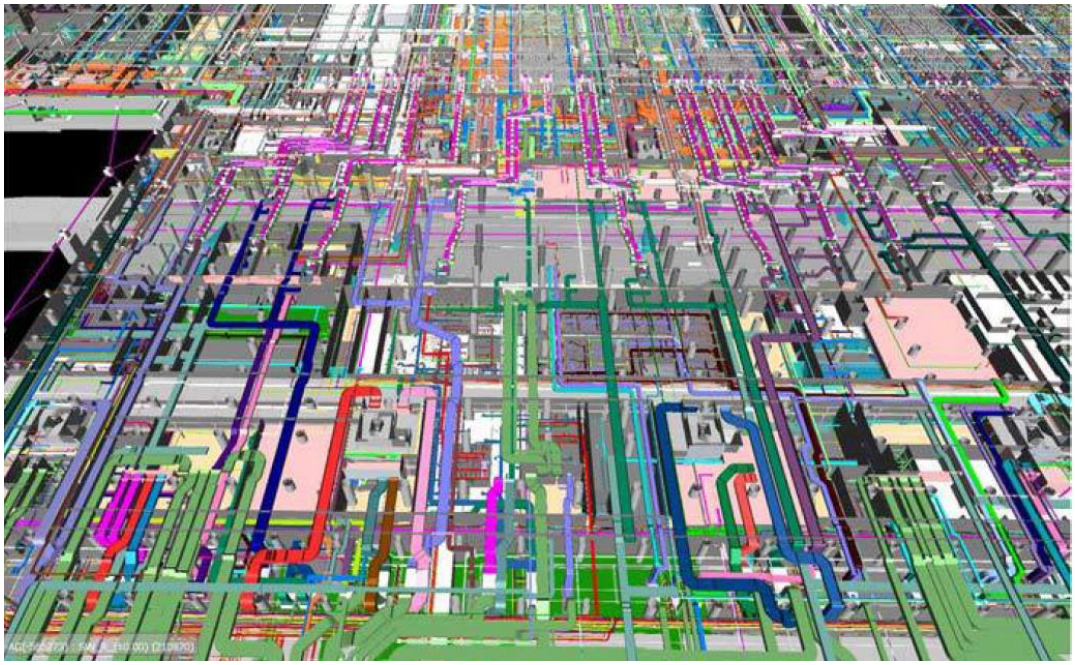


Şekil 2.17 İstanbul Grant Airport *(IGA, 2019)*

İGA projesinin BIM direktörü Ozan Köseoğlu'nun Autodesk University Extension 2017 İstanbul oturumunda İGA projesi hakkında yaptıkları sunumda projenin konsept aşaması sonrasındaki detaylı tasarım, mühendislik, imalat ve işletme bakım onarım gibi tüm süreçlerin BIM sistemi ile kurgulanıp uyguladıklarını belirmektedirler (Köseoğlu, 2017).



Şekil 2.18 İGA, Mimari, Statik ve MEP Displinlerinin Birliştirilmiş BIM Modeli *(Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı, 2017)*



Şekil 2.19 İGA, Birleştirilmiş BIM Modelinin Çakışma Kontrolleri Görünümü *(Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı, 2017)*

İGA projesinin de BIM Direktörü olan Dr. Ozan Köseoğlu ve onunla birlikte Hasan Kalyoncu Üniversitesinden Mehmet Sakin ve Yusuf Arayıcı'nın IGA projesi üzerinde BIM konulu araştırmaları sonucu yayınladıkları makalellerinde BIM'in maliyet zaman ve iş gücü gibi konularda **Table 2.*2***'de gibi kazançları görülmektedir.

Table 2.2 İGA, Çakışma Kontrolleri, Analiz, Zaman ve Maliyet Kazançları Tablosu *(Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı, 2017)*

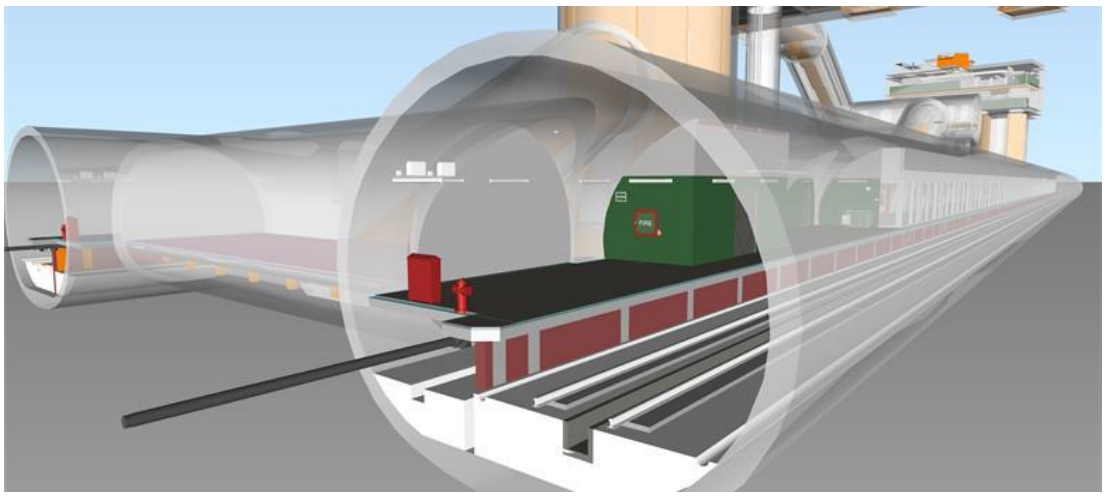
Terminal	Number of crossing	Digital crossing reduction coefficient	Number of clashes	Fixed each clash/ man × day	Total savings time (day)	Labor cost (35€ /per day)	Reconstruction (Avg:€500)	Total cost saving
BHS vs MEP clashes	52,305	0.25	13,076	45 days × 10 men	5,884,200	€205,947,000.00	Negligible	€205,947,000.00
MEP vs MEP clashes	240,176	0.33	79,258	21 days × 5 men	8,322,090	€291,273,150.00	Negligible	€291,273,150.00
MEP vs ARCH & STRC	76,275	0.5	38,138	2 days × 2 men	152,552	€5,339,320.00	€76,276,000.00	€81,615,320.00
BHS vs ARCH and STRC	96,750	0.5	48,375	2 days × 2 men	193,500	€6,772,500.00	€96,750,000.00	€103,522,500.00
Piers								
MEP vs clashes	49,521	0.33	16,342	21 days × 5 men	1,715,910	€60,056,850.00	Negligible	€60,056,850.00
MEP vs ARC & STRC	86,891	0.5	43,446	2 days × 2 men	173,784	€6,082,440.00	€86,892,000.00	€92,974,440.00
Total	601,918		238,635		16,442,036 man-days	€575,471,260.00	€259,918,000.00	€835,389,260.00

Table 2.*2*'de MEP (Mekanik, Elektrik ve Tesisat) , Mimari ve Statik yapı elemanları arasında projenin klasik yöntemle yapılma durumunda 76,275 kesişme görüleceği bu projenin BIM ile modellendiğinde 0,5 oranında kesişmeleri düşürdüğü ve hazırlanan BIM

modelinde 38,138 çakışma tesbit edildiği bu çakışmalarında digital ortamda giderildiğini projenin eğer klasik yöntemle yapılmış olma durumda her bir çakışmanın ort. 2 personel ile 2 gün ‘de düzeltilebildiği bununda toplamda 152.552 güne tekabül edeceğinden 152,552 gün kazanç sağladığı, bununda bir günlük iş gücü maliyeti 35€ olarak alındığında €5,339,320.00 kazanç sağladığını, tekrar inşa etme maliyetini hepbir çakışma için ort €500 olarak hesaplandığında €76,276,000.00 kazanç sağladığı toplam kazancın ise €81,615,320.00 olduğu görülmektedir.

2.5.4.2. Kabataş Mahmutbey Metrosu

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı tarafından yürütülen Kabataş, Mecidiyeköy, Mahmutbey metrosu 22.5 km uzunluğunda 19 istasyon ve 2 viyadükten oluşmaktadır. BIM’in 5D boyutunun uygulandığı ilk kamu projesi olduğu belirtilmektedir.



Şekil 2.20 Kabataş Mahmutbey Metrosu BIM Model görünümü *(İBB, 2019)*

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Dairesi Başkanlığı tüm raylı sistem projelerini 5D BIM boyutunun oluşturulma şartı ile ihalelerini gerçekleştirmektedirler. BIM sitemi ile saha imalatı sırasında karşılaşılan sorunları en aza indirdiklerini, yapının zaman ve fiziksel ilerlemesini daha anlaşılır kıldığını 5D BIM modeli ile metraj ve maliyet hatalarını en aza indirdiğini projenin inşasını kolaylaştırdığını zaman ve maliyet israflarını önlediklerini belirtmekteler (İBB, 2019).

2.5.4.3. Emaar Square

Türkiye'deki, İstanbul Emaar square projesi içeriğinde Otel, Konut, Alış Veriş Merkezi ve Ofislerden oluşmaktadır. Projenin net zemin alanı 825,000 m2, Altyapı alanı 600,000m2, üstyapı alanı224,800m2 bulunmaktadır.



Şekil 2.21 Emaar Square İstanbul Projesi *(TAV, 2019)*

Emaar square projesinin Ana Yüklenicisi TAV'in İnşaat Mühendislik ve Tasarım Direktörü Ahmet Çıtıpıtıoğlu'nun BIM'in İnşaat süreçlerinde yer alabilmesi başlıklı sunumunda Emaar square projesindeki BIM kullanımların aşağıdaki gibi belirtmişlerdir (Çıtıpıtıoğlu, 2014).

- Mimari yapı ve MEP modellemesi
- LOD 300, LOD 400
- RFI yönetimi ve BIM güncellemesi
- Çakışma Kontrolleri
- Koordinasyon
- Haftalık metraj
- Değişiklik emri
- Zayiat takibi
- 4D Simülasyon,
- BM'den mimari ve MEP "shop drawing" üretimi



Şekil 2.22 Emaar Square İstanbul Projesi BIM Modeli Navisworks Yazılımından Görüntü (Kazado, 2014)

Projenin alt yüklenicilerinden olan ProCS yönetici ortağı Daniel Kazado'nun Autodesk Universty Extension İstanbul , BIM'in İnşaat Süreçlerinde yer alabilmesi başlıklı sunumunda Emaar Square projesindeki BIM deneyimlerini paylaşırken projenin koordinasyonun sağlanmasında çok avantajlar sağladığını, klasik yöntemle yapılan projelerde proje içerisinde bir nokta ile ilgili problemi anlatırken sorunlar yaşadıklarını BIM modeli ile bu sorunları yapı elemanlarının gerçekteki gibi sanal ortamda 3D modeli oluşturulduğundan gösterilmesi ve anlaşılması daha kolay hale geldiğini belirtmekteler. Yine disiplin içi ve disiplinler arasındaki yapı elemanlarının çakışma tespitlerinde özellikle büyük ölçekli projelerde çakışmaların nerde hangi elemanlar arasında olduğunu bulmada çok kolaylıklar sağladığını ifade edildi.

2.6. BIM'in Sektöre Getirdiği Yeni Kavramlar

- Nesne Tabanlı (Parametrik Modelleme) yapabilme
- Birlikte Çalışabilirlik (interoperability)
- Çakışma Kontrolü (clash Detection)
- Çoklu Boyutlar (nD)

  4D İş programı (4D scheduling) oluşturabilme
  5D Maliyet Tahmini (cost estimating)
  6D Sürdürülebilirlik (sustainabilty)
  7D Tesis ve Bakım onarım Yönetimi (7D facilities and maintanance)
- LOD (Parametrik model detay seviyeleri) level of development
- IPD (integreated project delivery) Tümleşik Proje Yönetimi (Akkoyunlu, 2015)

2.6.1. Nesne Tabanlı (Parametrik Modelleme) Akıllı Objeler

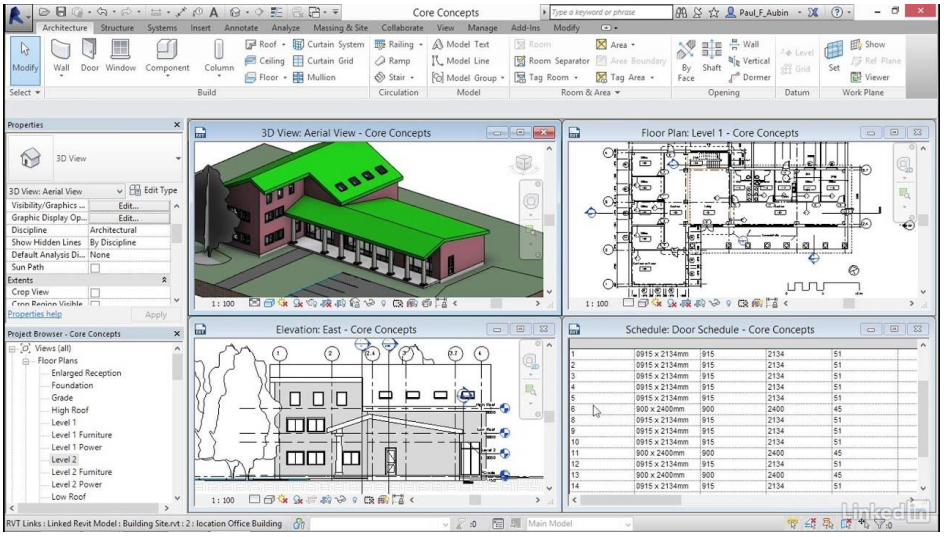
BIM nesne tabanlı yazılımlar ve yapıyı oluşturan parametrik nesnelerle var olan bir kavramdır (Cerosek, 2011). Parametrik yapı modelleme BIM'in temelini oluşturmaktadır (Autodesk, 2008).

CAD yazılımlarında yapı için hazırladığımız çizimler belirli elemanlardan oluşmakta, bu yapı elemanlarının neler olduğunu tasarımcı biliyor, bilgisayar tarafından sadece bir çizgi grafik olarak algılıyordu. Örnek verecek olursak plan görünümünde çizilmiş bir kapının kapı olduğunu tasarımcı biliyor, program için çizgilerden ve yüzeyden oluşan bir grafik olarak tanımlanıyor. Kapının duvarla olan ilişkisi, kendi özellikleri vb. ilişkiler bilinmiyor.

Oysa parametrik yazılımlarla oluşturulan kapı, duvar gibi yapı elemanına eklenen en, boy, malzeme gibi özellikleri kadar akıllı ve ilişkileri kadar parametrik oluyor. Örneğin bir yapı elemanı olan kapının kendisinin kapı olduğunu, malzemesini, kapı özelliklerini, boyutlarını, görünüş ve kesitlerini, duvar ile olan ilişkisi, yangın dayanım kat sayısı, üretici firması, fiyatı vb. özelliklerle akıllı ve bulunduğu konum ve ilişkileriyle yapı modeli içerisinde parametreliğini oluşturuyor. Kapının yapıdaki konumunun veya açılış yönünün değiştirilmesiyle kesitlerde, görünüşlerde kısacası ilişkili olmuş olduğu tüm alanlarda otomatik değişiklik gerçekleşmiş oluyor.

Akıllı objelere eklenen bilgiler (en, boy, malzeme, gibi) ile analizler yapabiliyor, sanal ortamda yapının inşasını simüle edebiliyor, yapının amacına uygun kullanım sürecinde enerji tüketim maliyetlerini hesaplayabiliyor vb. verilere ulaşabiliyoruz. Bu hesaplamalar sonucunda projenin istenen hedefe ve ihtiyaçlara uygunluğuna göre tasarımı onaylanabiliyor veya revize edebiliyor. Ör: Pencere camının ısı geçirgenlik katsayısı ısı yalıtım hesaplarında kullanılabilir. Bir binada yüzlerce pencerenin ısı yalıtımına olan sayısal katkısı otomatik olarak bulunabilir.

Projenin tasarım aşamasında istenilen bir değişiklik sebebiyle tüm projenin kesit görünüş planlarının tekrardan çizilmek zorunda kalınmıyor, parametrik ilişkiler ve akıllı objeler vasıtasıyla gerekli olan elemanda değişiklik yapılması yeterli olup, ilişkili olduğu tüm diğer alanlarda güncelleme otomatik anında gerçekleşebiliyor.



Şekil 2.23 BIM Yazılımlarından olan Revit'in Arayüzü, Parametrik Modelleme *(LnkedinLearningl, 2016)*

Şekil 2.23'da BIM yazılımlarından olan Revit programının ara yüzü görülmektedir. Perspektif görünüşünden veya plan görünüşünden bir pencerenin konumu değiştirildiğinde veya kaldırıldığında anında diğer görünüşlere, kesitlere, hatta metraj listesine kadar pencere ile ilişkili tüm alanlarda yapılan değişikliğin bilgileri de değişmektedir.

2.6.2. Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability)

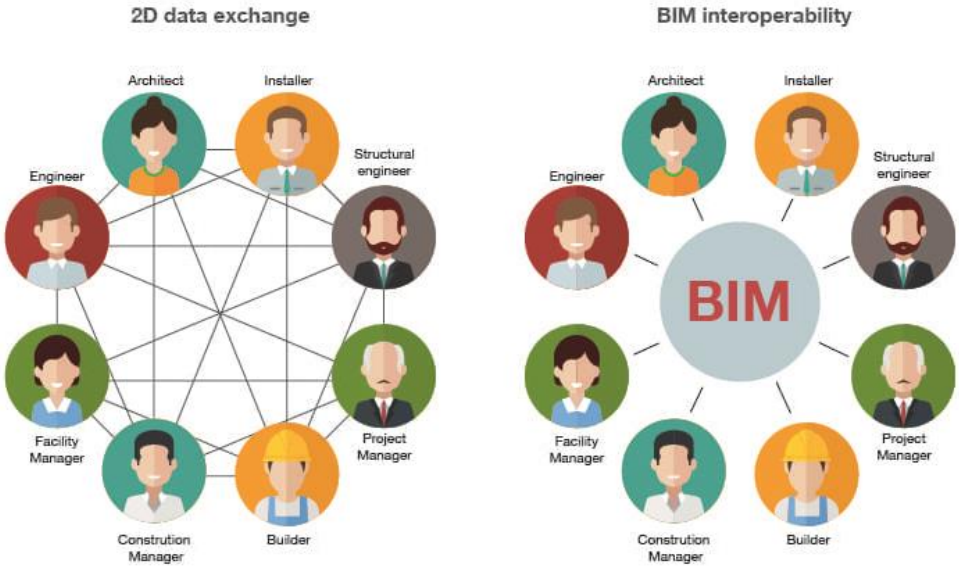
Proje paydaşları arasında doğru veri değişimi ve iyi iletişime dayalı iş birliğine birlikte çalışıla bilirlik olarak açıklayabiliriz. Yapılan başka bir tanıma göre; BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) ile ilgili yazılımlarda kullanılan kısıtlı dil çok katılımcılı tasarım ortamlarında paydaşların ihtiyaçlarını ve etkin iletişimini de karşılayamamaktadır. Bina proje sürecinde, mimar, mühendis, müteahhit gibi birçok paydaş birlikte çalışmaktadırlar. BIM teknolojilerinin proje işbirliğinde etkin olarak kullanıldığı tümleşik proje uygulamalarında, paydaşlar, ortak ürünleri olan binayı sistemsel bir mantıkla üretirler ve projenin farklı evrelerinde birbirleriyle dosya alışverişinde bulunurlar. Paydaşların karşılıklı bilgi değişimine dayalı iletişimine birlikte çalışabilirlik (interoperability) adı verilir (Ofluoğlu S. , 2014).

BuildingSmart tarafından hazırlanan dokümanlarda, birlikte çalışıla bilirliğin faydaları şöyle sıralanmıştır *(SteenSunesen, 2014)*.

- Tüm proje paydaşlarına ihtiyaçlarına hızla cevap alabilecekleri bir platformun oluşacak olması

- Proje döngüsü boyunca veri alış verişini sürdürebilecek bir imkânın yaratılmış olması
- İşverenin istekleri ve projenin verilerinin uygunluğu her an denetlenebilmesi
- En uygun yazılımı tercih edebilmek için gerekli alt yapının olması
- Tasarım hizmetleri için rekabetçi ve açık pazarların hızla seçilmesi
- Proje verilerinin tedarikçilerin karar ve ilkelerinden bağımsız olarak gelecekte de kullanılabilecek olması

Alttaki şekilde görüldüğü üzere klasik yöntemde paydaşlar arasında 2D bilgi paylaşımı paydaşların birbirleriyle direk iletişimi ile olurken, diğer paydaşlar paylaşılan bilgiden haberdar olamama sorunları yaşanmaktaydı. Örneğin, mimar ile statik çinin aralarında ki iletişim ile taşıyıcıların yerlerinin değiştirilmesi kararın mekanikçi tarafından görülmeme durumunda inşaat proje geliştirme aşamasında, inşaat aşamasında sorunlar yaşanabilmekteydi. BIM sistemi ile geliştirilen birlikte çalışıla bilirlik (BIM Interoperability) bilgi paylaşımı ile tüm bilgi merkezde toplanarak yetkisi dahilindeki tüm paydaşlar tüm gelişmeleri merkez model üzerinden takip edebilmekteler.



Şekil 2.24 Klasik Yöntem Bilgi Alış verişi ve BIM Birlikte Çalışılabilirlik (Interoperability) *(Newsroom, 2017)*

Birlikte çalışıla bilirlik proje paydaşlarının projenin yaşam döngüsü içerisinde ortak bir platformda birbirleriyle en verimli iletişimi sağlayabilmelerini amaçlamaktadır.

Projenin tasarım süreci içerisinde mimarın tasarlamış olduğu bir modeli mühendis ile paylaşması aşamasında kullanılan yazılım farklılıklarından dolayı modelde veri kaybı veya dosyayı kullanamama durumlarıyla karşılaşılmaktadır. Bu tarz problemleri çözmek için farklı yazılımlarda yapılmış olan modellerin diğer yazılımlarda da kullanılabilmesi için ortak bir uzantı ihtiyacı doğuyordu.

Bu ihtiyaca uygun geliştirilen IFC (INDUSTRY FOUNDATION CLASS) formatı, Mimarlık Mühendislik, İnşaat paydaşları arasında kendi disiplinlerinki yazılımlarla geliştirmiş oldukları modeli diğer disiplinlerle paylaşımları yapabilecekleri ortak format olarak buildingSMART tarafından NBIMS (U.S NATIONAL BUILDING INFORMATION STANDART) aracılığıyla 2011 yılında oluşturuldu (Thomassen, 2011).

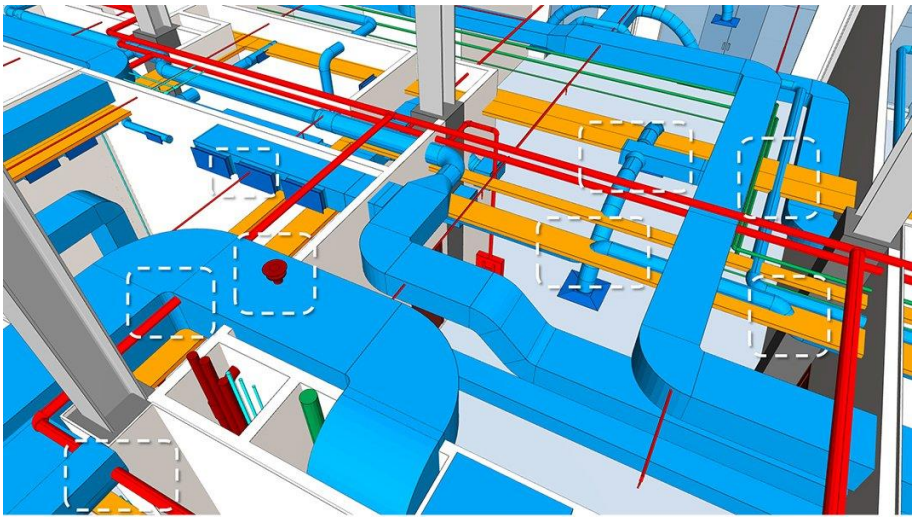
Open BIM; Birlikte çalışıla bilirliği artırmak için, farklı yazılımlarla oluşturulan bilginin BIM platformunda kullanılabilmesi, ortak bir dilinin oluşması kullanılan bir teknolojidir. Bu uygulamadaki amaç küçük ve büyük yazılım tedarikçilerinin sistemden bağımsız BIM platformunun dilini kullanarak türünün en iyisi çözümler üreten yazılımlar geliştirmelerinin önünün açılması, Farklı yazılımlarda üretilen bilginin belirli standart kalitede data oluşturabilmesi ve bu datanın diğer BIM platformu yazılımlarında kullanılabilmesi amaçlanmıştır. “IFC” International Foundatin Class open BIM için geliştirilmiş bir uzantıdır.

2.6.3. Çakışma Kontrolü (Clash Detection)

Çakışma kontrolü, yapı sanal ortamda modellenirken yapıyı oluşturan disiplinlere ait yapı elemanlarının bir birinin içinden geçmesi, çakışması gibi sorunları inşaat öncesinde tespit edilerek düzeltilme aşamasıdır. Bu çakışma tespitleri yapılıp ilgili disiplinlerle toplantılar yapılarak çakışmanın çözümü için kararlar alınır. Amaç inşaat aşamasındaki çakışma kaynaklı zaman maliyet kayıplarını minimuma indirmektir (Altuni, 2019).

Yükleniciler ve yapı endüstrisinde karar alma mekanizmaları tasarım koordinasyonunun ve çakışma kontrollerinin 2 boyutlu çizimlerle düşük verimde gerçekleşmesi sebebiyle koordinasyonu artırmak ve çakışma problemlerini azaltmak için BIM kullanmayı tercih etmektedirler.

BIM projelerinde proje aşamalarının yapılan analizler neticesinde daha uzun sürmesi beklenir. Bu sayede imalat ve montaj aşamalarında oluşabilecek tüm riskler de önemli ölçüde azaltılmış olur. 46 milyon dolar bütçeli Hilton Aquarium, 300 milyon $ bütçeli Hong Kong'taki 'One Island East Project' gibi BIM ile projelendirilen ve BIM vaka analizlerinin yapıldığı projelerde en önemli BIM hedefleri, çakışma kontrollerinin yapılması ve '0' hata ile imalatların gerçekleştirilmesi idi. Bu iki büyük proje '0' çakışma hatası ile tamamlanmıştır (Azhar v.d, 2008; Akkoyunlu T.).

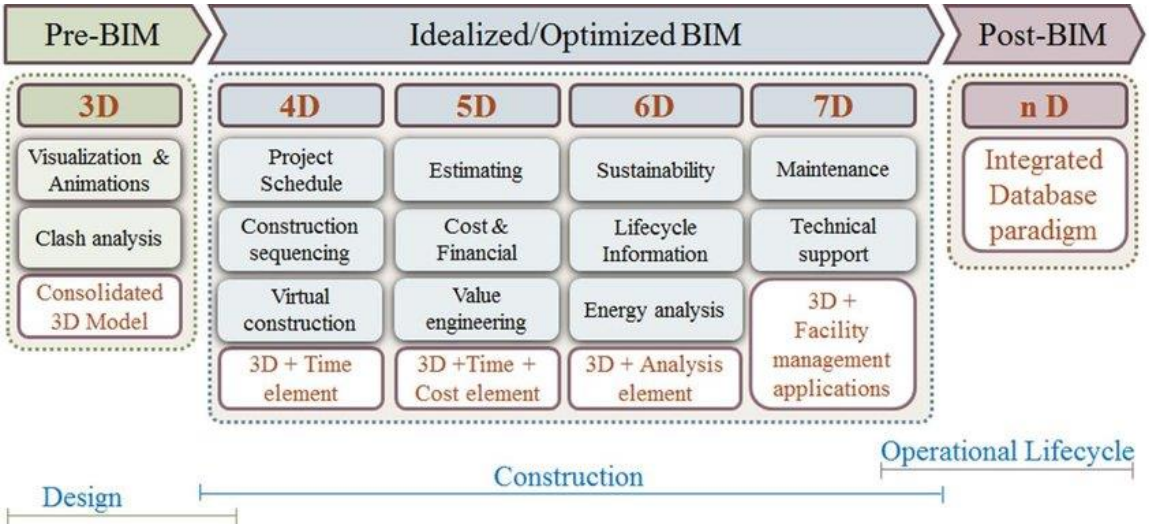


Şekil 2.25 Çakışma Kontrolü (clash detection) *(Service, 2018)*

Şekil 2.25'de havalandırma kanalları, kablo kanalları, yangın söndürme boruları ve mimari yapı elemanlarıyla çakışma kontrolü görülmektedir.

2.6.4. Çoklu Boyutlar (nD)

1D ve 2D, doğrusal ortamda İki boyut düzleminde x ve y yönündeki çalışma birimlerini tanımlamaktadır. Çoklu Boyutlar ise çok hızlı gelişen ve kullanıcıları tarafından değişik amaçlar için faydalanılan bir teknolojidir. nBIM olarak da ifade edilen BIM'in çoklu boyutları ortaya çıkmıştır (Akkoyunlu, 2015). ***Şekil 2.26***'de görüldüğü gibi 3D, 4D, 5D, 6D ve 7D çoklu boyutları ve işlevleri gösterilmiştir.



Şekil 2.26 nD Çoklu Boyutlar *(Megahed, Kasım 2015)*

2.6.4.1. 3D BIM

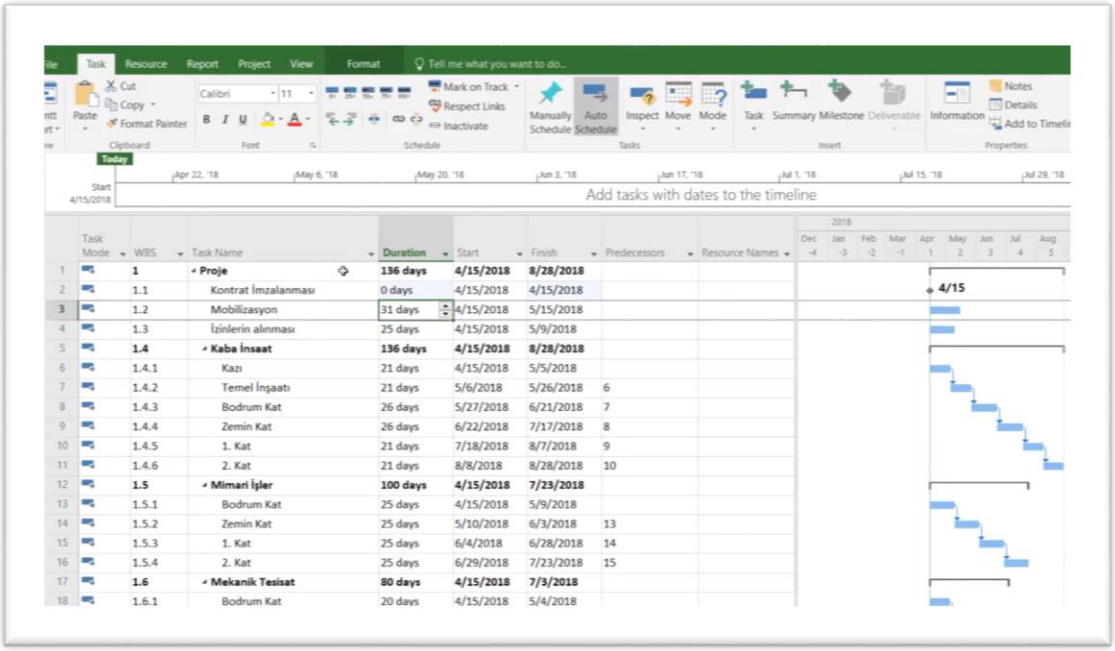
Mimar, statik mühendisi, makine mühendisi, elektrik mühendisi, tesisat gibi projenin tasarım aşamasına katılan yapı paydaşlarının kendi disiplinlerinde parametrik ve akıllı yapı elemanlarını modelleyerek yapının sanal ortamda oluşturma aşamasıdır. Bu boyutta disiplinler arası işbirliği ile yapının sanal ortamdaki inşaasında disiplinler arası oluşabilecek çakışma problemlerini görme ve çözüme kavuşturma, işverenin isteklerinine uygunluğunun 3D görsel olarak görülebilmesi, Metraj alabilme, Disiplinler arası iş birliğini geliştirme gibi faydaları bu boyutta ulaşabiliyoruz. BIM'in en çok kullanılan ve bilinen boyutudur.

2.6.4.2. 4D BIM

3D modele zamanın eklenmesiyle 4D model elde edilebiliyor. BIM'in bu boyutunda 3D model üzerinden elde edilen metraj ile 4D boyutta uygulama sürelerini hesaplamak, gerekli kaynak gereksinimlerini planlamayı ve şantiye kurulum planlamasını yapabilme mümkün olabilmektedir (Karataş, 2018) .3D modele hazırlanan iş programının eklenmesiyle 4D model elde edilir (Akkoyunlu, 2015).

4D BIM süreci, hazırlanılmış olan 3D modeli uygun yazılımlara ekleyerek yazılım içerisinde her bir modelin inşaasının, montajının sürelerini ve sıralamasını belirterek projenin inşaa süreçleri oluşturulmuş olunuyor. 4D aşamasında projenin ne zaman

başlanılacağı ne zamamn tamamlanacağı görülebilir, projenin hangi tarih ve saatte proje hangi aşamada olucağını görmek mümkün olabilmektedir. Bu boyutta projenin inşaat aşamasında disiplinler arasında ki inşaat koordinasyonunun daha verimli ilerletilebilmesi, tasarımcı ve mühendislerin birlikte çalışmasıyla en uygun inşaat yöntemleri oluşturulabilmektedir. Proje paydaşları gerçek inşaat süreclerini inşaat öncesi simülasyonu nu yaparak en iyi planlamayı oluşturabilmektedirler.



Şekil 2.27 Microsoft Project Yazılımı Arayüzü -Proje Yapım Süreci Belirlenmesi 4D BIM *(Baydar, 2018)*

Hazırlanan 3D akıllı parametrik model ve yapım süreçlerinin planlaması (Ms Project, Primevera gibi yazılımlarla) hazırlanmasından sonra Navisworks, Synchro gibi yazılımlara aktarılarak yani Synchro, Naviswork gibi yazılımlara 3D model ve yapım süreci import edilerek inşaat süreci similasyonu hazırlanabilmektedir. Bu süreç inşaat sürecinde güvenliği, kaynak yönetimini, inşaat ekipmanları oryantasyonu gibi faydalar sağlayabilmektedir.

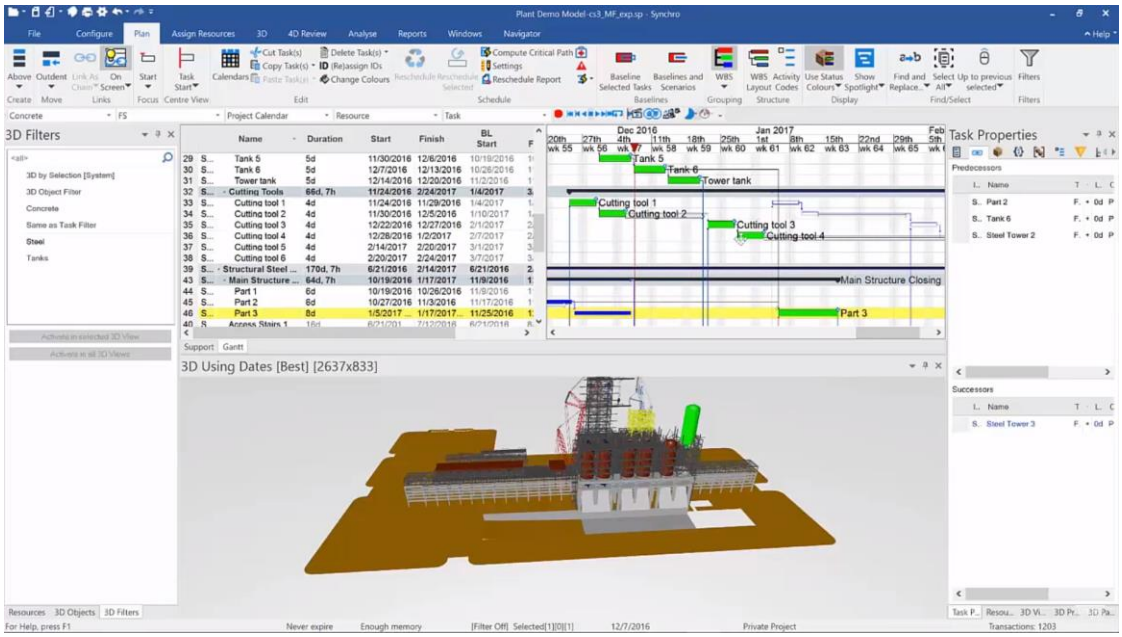
Yapım süreci planlaması için kullanılan Ms Project, Primevera gibi yazılımlarla proje yapım süreçleri Gantt[1] çizelgesi oluşturulur. Örnek; mekanı oluşturmak için zemin

[1] Gant çizelgesi Henry Gannt tarafından 1910 yıllarında geliştirilmiş üretim ve proje yapım süreçlerinide yaygın olarak kullanılan grafiksel iş planlama aracıdır.

döşemesinin başlangıç tarihi, bitiş tarihi, asma tavanların uygulaması başlama ve bitiş tarihleri gibi yapı elemanlaının başlangıç ve bitiş tarihleri girilir, bu sayede aynı zaman dilimde gerçekleşecek olan uygulamaların başlangıç bitiş sürelerini ve gerekli teçhizat ve ekipman oryantasyonunu, zaman planlaması proje yapım sürecini oluşturmaktadır.

Hazırlanan 3D model ve proje uygulama süreci planı Grantt çizelgesi oluşturulduktan sonra projenin yapılış aşaması 3D sümüle edilebilmesi için Naviswork, Synchro gibi yazılımlara 3D model ve proje uygulama süreci planı eklenerek projenin inşaat similasyonu elde edilebilir.

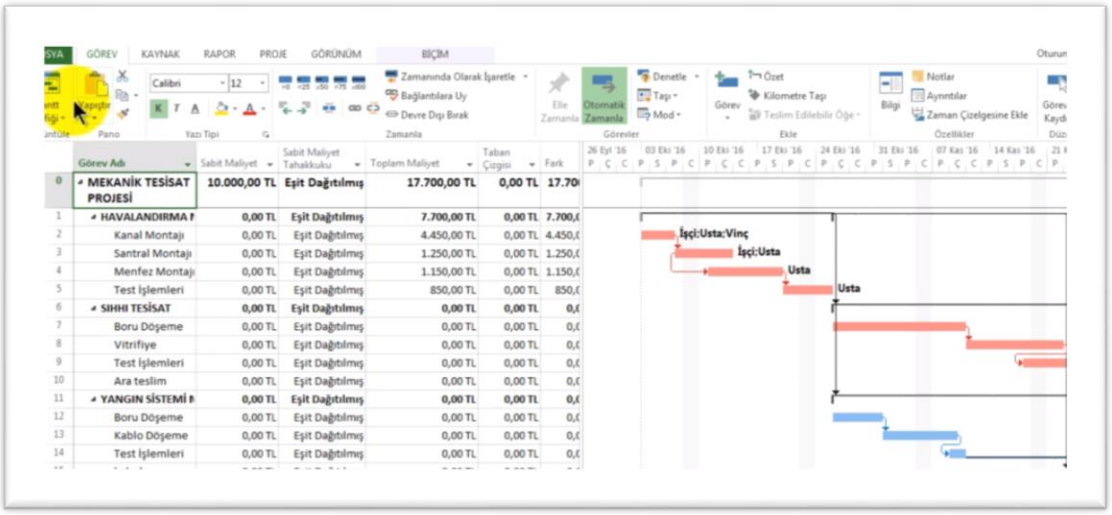
Bu sayede sanal (virtual reality) ortamda proje inşaası görülebilir. Gerekli inşaat ekipmanları uygun yerleşimi optimizasyonu, en uygun inşaat planlaması gibi hedeflere ulaşılabilir.



Şekil 2.28 Synchro ile Proje inşa similasyonu (4D) *(Software, 2017)*

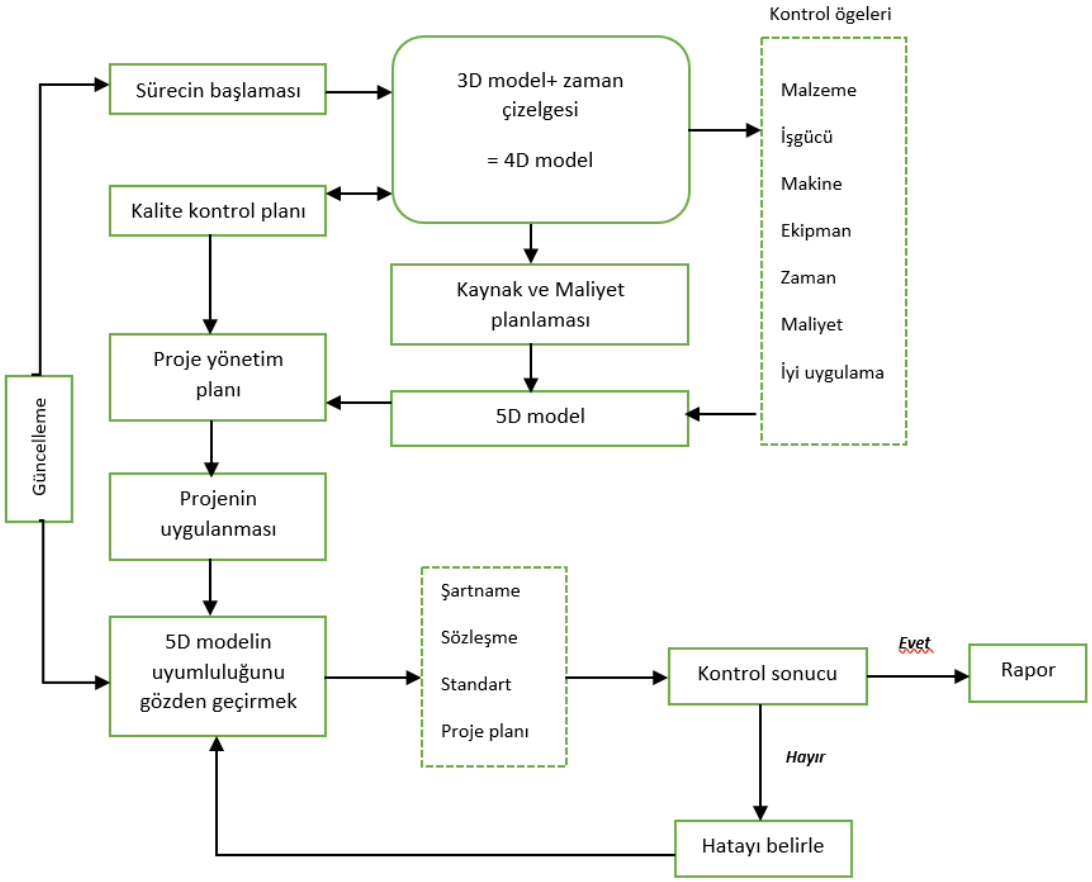
2.6.4.3. 5D BIM

Proje yapım süreçlerine maliyetin eklenmesiyle BIM'in 5D boyutu oluşturulmuş olunuyor. 3D model+zaman(Proje süreçleri)'ne +Maliyetler (5D)



Şekil 2.29 5D BIM Maliyetler -Ms Office Ara yüzü *(Çubukçu, 2016)*

Ms Project , Primevera gibi proje yönetim yazılımlarında hazırlanan proje yapım süreçlerine maliyetlerin de eklenmesiyle BIM'in 5D boyutu da hazırlanmış oluyor. Bu programlarda hazırlanan yapım süreçleri ve süreçlerdeki maliyetleri Naviswork, synchro gibi proje yapım süreçleri simülasyonu ve oryantasyonun yapıldığı yazılımlara import edilerek yine import edilmiş 3D modelin safhalarına linklenerek , projenin hangi zamanda hangi aşamada olduğu ve bu aşamadaki toplam maliyet veya disiplinlere ait maliyetlere ulaşılabiliyor. Böylece bütçe ve zaman kontrolü, inşaat aşaması ekipman oryantasyonu gibi boyutlar elde edilebiliyor.



Şekil 2.30 5D BIM Modelin Oluşum Ve Kontrol Süreci *(Karataş, 2018)*

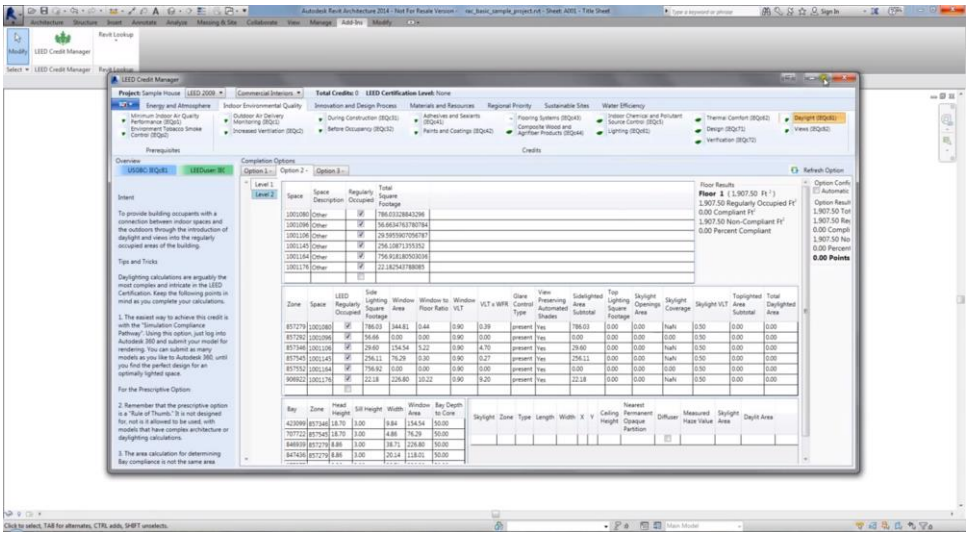
Hazırlanan 3D model üzerinde proje inşa etme safhalarını başlangıç bitiş gibi zamanlarının belirlenmesi bu süreçlerin yapılabilmesi için gerekli olan kaynakların (malzeme, iş gücü, Makina, ekipman, zaman, uygulama vb.) belirlenmesi ve maliyetlerinin oluşturulması 5D model oluşturulur. Proje yönetim departmanı hazırlanan 5D modelin uygunluğunun gözden geçirmesi ile süreç devam eder modelin uygunluğu onaylanırsa şartname sözleşme standartlar proje planı hazırlanarak devam eder, eğer model inceleme sonunda yapılabilirliğinde sorunlar oluşur veya geliştirilmesi gerekli yerler görülürse tekrar güncellenme için süreç baştan başlatılır. ***Şekil 2.30***'da proses haritası görülebilmektedir.

2.6.4.4. 6D BIM

Bu boyutta esas alınan konu çevreyi korumaktır, inşaa edilecek projenin enerji tüketimlerinin analizleri yapılarak elde edilen verilerin sürdürülebilir bir yapı oluşması

için en uygun model oluşturulur. Referans olarak LEED (Leadership in and Environment Design) ve BREEM (Building Research Establihment Environmental Asssetment Methodology) gibi yeşil bina sertifikasyon kuruluşlarının standartları referans alınmaktadır.

BIM programlarından olan Revit'in içerisinde add-ins (eklenti yazılım) olarak çalışan LEED Credit Manager ile enerji ve atmosfer, iç mekan çevre kalitesi, inovasyon ve tasarım süreçleri, malzeme ve kaynaklar, bölgesel öncelikler, sürdürülebilir alanlar, verimli su kullanımı gibi üst başlıklarla hazırlanılan projenin değerlendirmesi yapılarak toplam kredi ve LEED sertifika seviyesine ulaşılabiliyor.



Şekil 2.31 Revit'te LEED Credit Manager ile Kredi Hesaplaması *(Autodesk, Buildin Performans Analysis, 2014)*

Amerika Birleşmiş Devletler Enerji Departmanının organizasyonunda yapı enerji yazılımlarının listelendiği web sitesi "Building Energy Software Tools" den amaca uygun yazılımlara ulaşılabiliyor. [URL] 1

Analizler

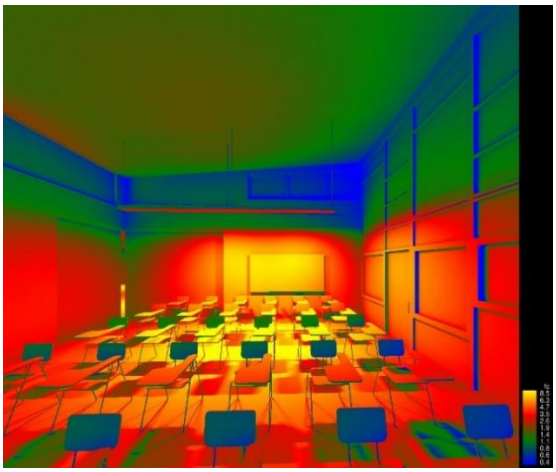
Yapının istenilen hedeflere ulaşması, sürdürülebilir verimli olabilmesi vb. hedeflere ulaşabilmek için yapının tasarım aşamasındayken gerçek koşulların simülasyonunun yapılarak yapının incelenme süreçleriyle analizi yapılmış olur. Yapılan analizler sonucunda elde edilen verilere göre yapının tasarımında değişikliklere gidilebilmektedir. Ör: 3D modele malzemelerini, yüzey kaplamalarını, cam özelliklerini,

yapının konumunu, tarih ve zaman bilgileri girildiğinde gün ışığı analizleri elde edilebiliyor. Bu analizler sonucunda yapının en uygun konumlandırılması, dış cephe tasarımı, uygun malzeme ve donatılar seçimi yapılıp verimli sürdürülebilir yapılar elde edilebilmektedir.

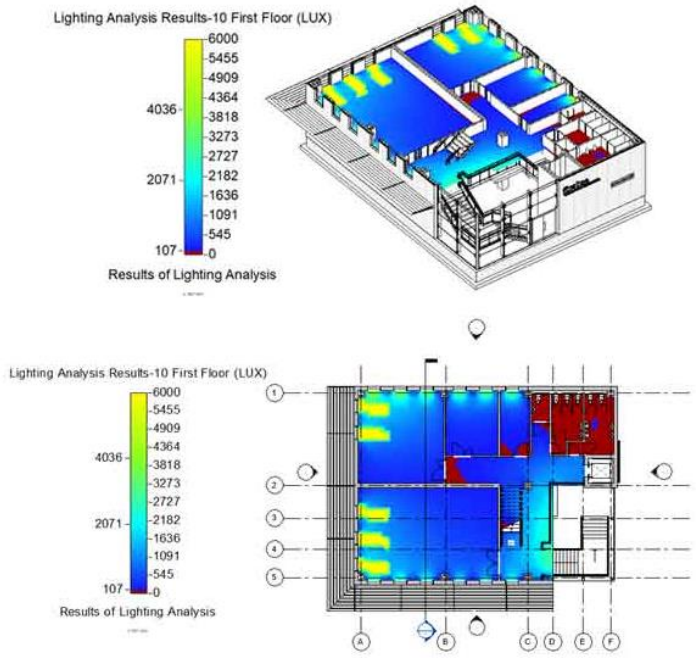
İzmir Mimarlar Odasının düzenlemiş olduğu "Tasarımdan Uygulamaya BIM Süreci" seminerinde BIM sistemi ile yapmış oldukları havaalanı projesinde gün ışığı analizlerinin aylara, mevsimlere, günlere ve saatlere göre havaalanının hangi cephesine güneşten kaynaklı ne kadar enerji düştüğünü analiz edip en sıcak günde ve en soğuk günde havaalanı içerisinde oluşabilecek sıcaklıkları hesapladılar ve bu verileri tüm ısıtma ve soğutma hesaplarında kullandılar çıkan souçlara göre en uygun mekanik ekipmanları tercih ederek proje mekanik maliyetlerinde 2 milyon Euro'ya yakın bir kar sağlayabildiler.

Aynı havaalanı projesi için yapmış oldukları "rüzgar testi" analizinde her bir cephe elemanının kaç k/N yük aldığını tek tek görüp cephe elemanlarını taşıyacak taşıyıcı sistemlerin bu sisteme göre tasarımını yaptılar, böylelikle rüzgar almayan cephe elemanlarına rüzgar yükünü alan cephelerdeki gibi donatılar eklemeyerek, gerekli olmayan ekstra maliyetten yapıyı kurtarmış oldular.

Aynı havaalanı projesi için yapılan başka bir analizde havaalanı çatısının yıl boyunca güneşten ne kadar radyasyon aldığını hesaplayarak elde edilen veriler sonucunda projenin çatı katının 30.000m2 alanını fotovaltaik pillerle kaplayarak ve normal faturalara göre havaalanı faturasının %74 oranında azalmasını sağlayabildiler (Duru, 2017).

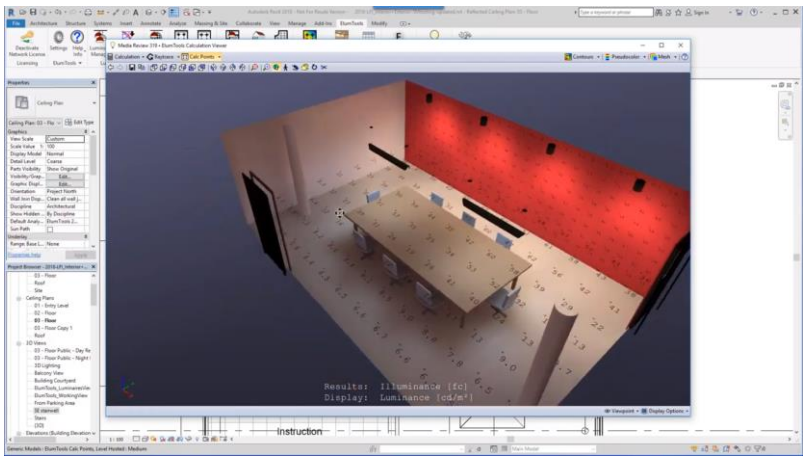


Şekil 2.32 İç mekan Yapay Aydınlatma Analizi *(Molinos, 2016)*



Şekil 2.33 Gün Işığı Analizi *(Mullins, 2017)*

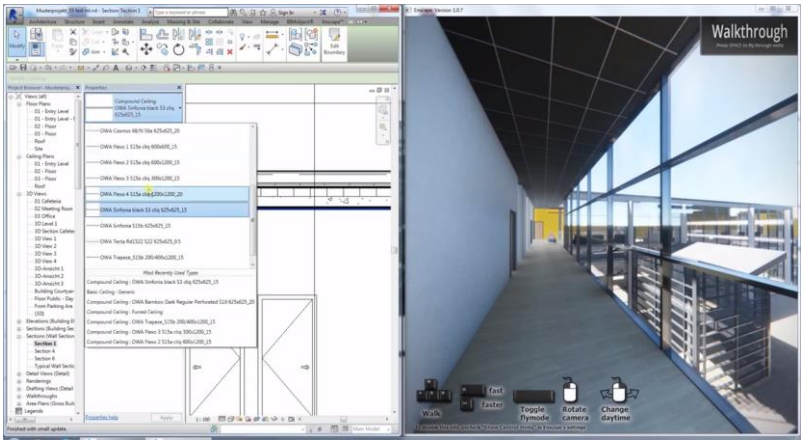
Yapay aydınlatma analizleri yapılarak uygun aydınlatma değerlerine ulaşılabilir. BIM yazılımlarından Revit programına Autodesk appstore dan eklenen ElumTools plug-in ile ***Şekil 2.34***'de görüldüğü gibi mekan için yapılan tasarımdan sonra istenilen aydınlatma seviyesine ulaşabilmek için ışık kaynaklarının konumlandırılması, ışık kaynaklarında uygun lümen seçimi yapılarak, uygun yaşam alanı oluşturulabilir. Bu sayede gereksiz aydınlatma fazlalığından kaynaklı enerji tüketimi ve aydınlatma ürünü kullanımı minimuma indirmeyi sağlanabiliyor.



Şekil 2.34 Yapay Aydınlatma Analizi, plug-in ElumTools *(lightinganalysts, 2017)*

Ses Analizi (Soundsimilation)

Mekan tasarımında ses, gürültü girdileri tasarımı etkileyen etmenlerdendir. Dışardan iç mekana gelen ses, üst veya alt kattan gelen ses, veya odalar arası bölmeler arası ses ve gürültü kontrolü için tasarımda kullanılan malzemelerin önemi çok büyüktür. Hazırlanılan akıllı modelde camın ses geçirgenlik katsayısı katlar veya odalar arası kullanılan izolasyon malzemesi özellikleriyle mekan içerisinde ses dağılım simülasyonu analizi yapabilir ve bu sayede tasarımın gerçek hayatta inşaatı yapılmadan istenilen ortamı tasarım öncesi analizlerle oluşturulabilmektedir. Revit içerisinde kullanılan ek yazılım "Enscape" ile ses analizlerin ***Şekil 2.35***'de görüldüğü gibi gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 2.35 Mekan içerisinde Ses Analizi,Plug-in Enscape *(Africa, 2016)*

Yapılabilen analizler arasında enerji tüketim değerleri analizi, toplam su tüketimi, ısıtma soğutma tüketimi vb. yapı için gerekli analizler yapılabilmektedir. Bahsedilen analizler gibi gerekli analizler yapılıp alınan sonuçlara göre tasarlanacak mekan revize edilebilir, proje gerçekleşmeden uygun sonuca sanal ortamda ulaşarak, gereksiz malzeme kullanımı, enerji tüketimi, minimuma indirilip sürdürülebilir yaşam alanlarının tasarımı gerçekleştirilebilmektedir.

2.6.5.5. 7D BIM

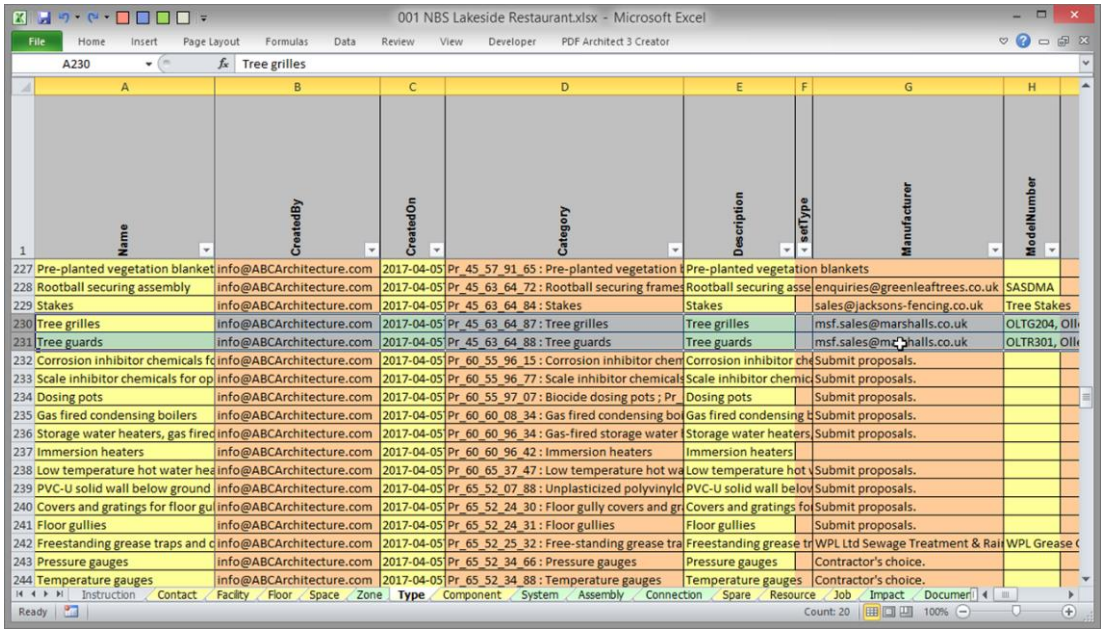
BIM bu boyutu Tesis Yönetimini kapsamaktadır. Tesis yönetimi uluslararası standart orgizasyonu ISO (International Organization for Standartization) tanımına göre

organizasyonel fonksiyonu insanlar, mekan ve yapının işletim sürecini kapsayan, insanların yaşam kalitesini ve tesisisin işletim verimliliğini artırmayı amaçlamaktadır.

Uluslararası Tesis Yönetim Birliği IFMA (International Facilities Management Association) tesis yönetimi tanımına göre ise; İnsanlar mekânlar süreçler ve teknoloji arasında ortak fonksiyonel ekosistem oluşturan disiplinler arası uzmanlık alanıdır.

2.6.5. COBİe (Constraction operation Building Information exchange) İnşaat Operasyonları Yapı Bilgi Değişimi

Yapıya ait varlıkların bakım ve yönetimi için oluşturulmuş uluslararası bir standarttır. Yapının ve yapıya ait elemanların bilgilerini içeren 3D geometrik bilgilerden ayrı tescilsiz data formatıdır.



Şekil 2.36 COBIe Standartı -MS office Exel Arayüzü *(Hamil, 2018)*

COBIe standardı oluşturulmasındaki amaçlardan biri, projeyi oluşturan paydaşların projenin inşasının tamamlanmasından sonra iş verene teslim edilecek yapı bilgilerinin farklı düzenlerde örnek pdf, exel, word vb. formatlarda oluşunun ve bu formatların içeriğindeki bilgilerin hazırlayan şirket tarafından kendi kurumsal formatında olması, ihtiyaç duyulduğunda tesis işletmecisinin veya işverenin bilgiye ulaşmasındaki karmaşıklık durumlarını ortadan kaldırarak bir standart oluşturulmaya çalışılmıştır.

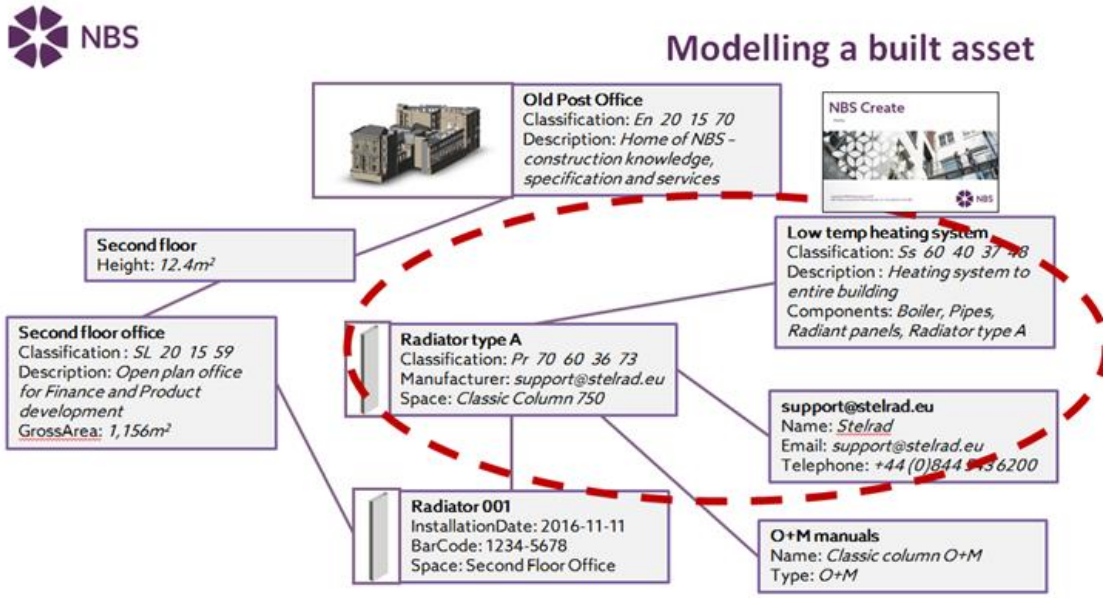
Şekil 2.37'de görüntülenen COBİe formatında Componenet (yapı elemanları) kapıya ait bilgiler tablosu; isim DSA-001, ne zaman yapıldığı, kapı tipi, hangi alanda kullanıldığı gibi yapı elemanlarına ait bilgilere ulaşılabiliyor. Bu bilgilerin tamamı oluşturulmuş 3D model üzerinden çıkartılıyor.

	Name	CreatedBy	CreatedOn	TypeName	Space	
5	DSA-001	Alan.Smith@ABCConstructic	2010-02-08T18:25:38	Doorset Type A	F2-002	Add description
6	DSA-002	Alan.Smith@ABCConstructic	2010-02-08T18:25:38	Doorset Type A	F2-002	Add description
7	DSA-003	Alan.Smith@ABCConstructic	2010-02-08T18:25:38	Doorset Type A	F2-004	Add description
8	DSA-004	Alan.Smith@ABCConstructic	2010-02-08T18:25:38	Doorset Type A	F2-005	Add description

Instruction | Contact | Facility | Floor | Space | Zone | Type | Component | System | Spare | Resource | Job | Document

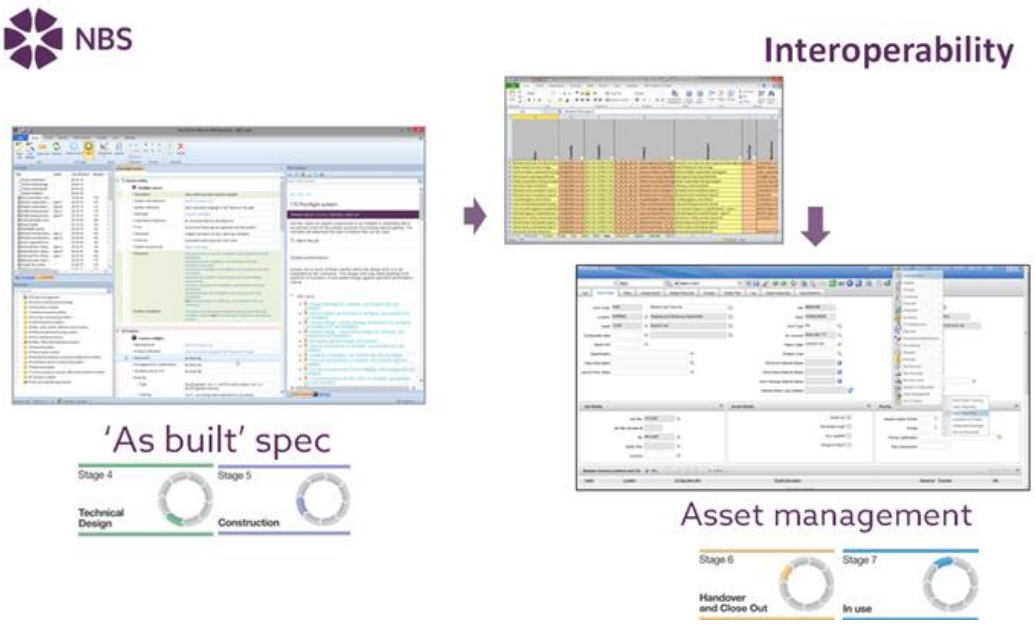
Şekil 2.37 COBIe Tablosunda Component Bilgileri *(Hamil, 2018)*

COBIe formatında ulaşılabilecek bilgilere ***Şekil 2.38***'da görülmektedir.



Şekil 2.38 Yapı Elemanlarının Sadeleştirilmiş İllüstirasyonu *(Hamil, 2018)*

Yapı inşası sırasında inşa olmuş şekline uygun modellenen 3D modele (as-built) yani inşaat edildiği gibi deniliyor. ***Şekil 2.39***'de görüldüğü gibi as- buit modelden çıkartılan COBIe dosyası varlık yönetimi (asset management) için data oluşturarak tesis yönetimi programlarında kullanılabiliyor.

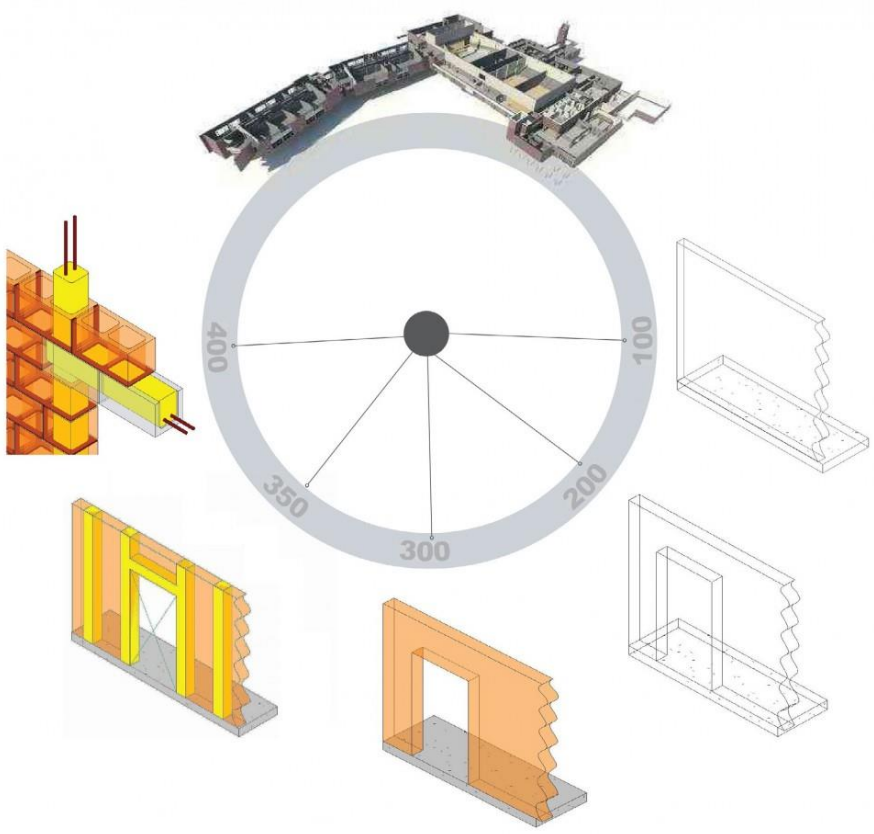


Şekil 2.39 COBIe ile Birlikte Çalışabilirlik (Interoperability) *(Hamil, 2018)*

2.6.6. Model Detay Seviyesi LOD (Level of Development)

Model detay seviyesi (LOD), Yapı bilgi Modelleme sistemini oluştururken tasarımı oluşturan paydaşlar arasında birlikte çalışılabilmeyi kuvvetlendirmek adına, yapı elemanlarının sayısal ortamdaki karşılığı olan 3D akıllı objeleri için geliştirilen ortak bir referanstır.

Model detay seviyesi hakkında literatürde yapılan diğer tanımlara bakacak olursak; Model Detay Seviyesi, Mimarlık, Mühendislik, İnşaat endüstrisi paydaşlarının tasarım ve inşaat süreçlerinde BIM'e uyumlu yüksek derecede belirli, kolay anlaşılabilen, güvenilen bir referanstır (Bimforum, 2017). LOD sertifikasyonu Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) "G202 – 2013 Building Information Modelling Form " için geliştirilen temel LOD tanımlarından yararlanılır. BIM kullanılarak geliştirilen projelerde LOD temel bir kaç soruna çözüm üretilmek için geliştirilmiş tanımlardır. Projeyi üreten kişi dışında diğer paydaşlarında projeden bilgi almak istediklerinde bilgi karmaşıklığının oluşmaması veya işine yaramayacak birçok detay bilgiyle boğuşmak zorunda kalmamasıdır (Akkoyunlu, 2015).

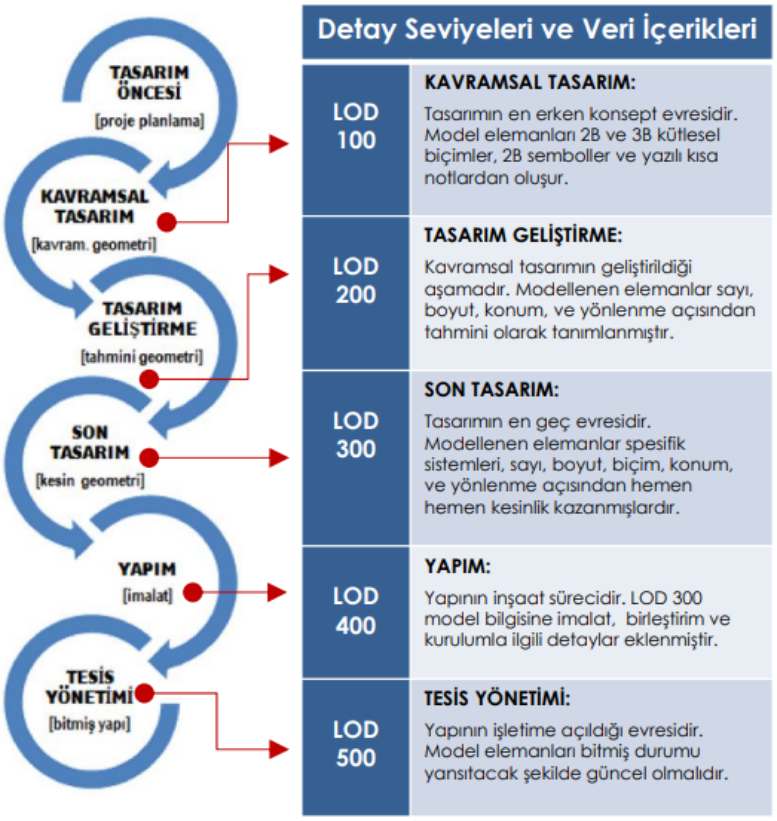


Şekil 2.40 Model Detay Seviyeleri- LOD Level of Detail *(BIMForum, 2016)*

Model detay seviyesi proje başlangıcında yapılacak BIM modelinin hangi amaca veya amaçlara ulaşmak için oluşturulduğu dikkate alınarak belirlenmelidir. Belirlenen Model detay seviyeleri modeli oluşturacak tüm paydaşlarla proje başlangıcında belirtilmelidir.

Belirlenen LOD detay seviyesine göre disiplin içi ve disiplinler arasındaki mühendis ve mimarların ayrı ayrı oluşturmuş oldukları modellerin bir araya getirilip birleştirildiğinde oluşan tüm modelin istenilen LOD seviyesinde oluşumu sağlanmaktadır.

Modellerin detay seviyeleri arttığında dosya boyutunda "bayt" cinsinden arttığından modelin koordinasyonu zorlaşmaktadır. Model detay seviyeleri, modele eklenecek bilgiler ulaşılmak istenilen hedeflere göre belirlenir. Örneğin BIM'in 6D boyutu olan sürdürülebilirlik hedefine ulaşılmak isteniliyorsa, yapılacak analizler dikkate alınarak modelin detay seviyesi bu gerekliliklere göre belirlenmelidir.



Şekil 2.41 Model Detay Seviyeleri (LOD)-Model Detay Seviye İçeriği *(Ofluoğlu P. D., 2018)*

LOD Detay Seviyeleri

2.6.6.1. LOD 100 Kavramsal Tasarım: Konsept modelleme, Master planlama, eskiz çalışması olarak düşünülebilir. Tasarımın en erken evresidir. Model elemanları 2B, 3B kütlesel biçimler ile veya yazı ile temsil edilebilir. Geometrik olmayan yazılı kısa notlar eklenebilir. LOD 100 geometrik bir temsil değildir. Bilgi, not olarak veya sembol olarak eklenir, belirli bir boyutları, şekli, kesin bir yeri tanımlanmaz. LOD 100 tahmini bilgiler içerir.

2.6.6.2. LOD 200 Tasarım Geliştirme: Genel modelleme, şematik tasarım, kavramsal tasarımın geliştirildiği aşamadır. Modellenen elemanlar sayı, boyut, konum ve yönlenme açısı tahmini olarak grafiksel genel özellikler tanımlanmıştır. Geometrik olmayan yazılı kısa notlar eklenebilir. Başka bir açıklama ile ifade edilecek olursa, LOD 200 model, genel olarak bulunduğu yer, tanınabilir genel şekli, hacmi ve kapladığı alan tanımlanabilir. LOD 200 de tahmini bilgiler içerir.

2.6.6.3. LOD 300 Son Tasarım: Kesin modelleme, belirlenmiş olan modelinin grafiksel olarak temsil edildiği, belirli unsurların kesin miktar, boyut, şekil, konum ve yöneliminin tanımlandığı doğru modelleme boyutudur. Modellere geometrik olmayan bilgilerde eklenebilir.

2.6.6.4. LOD 350: Belirlenmiş olan modelin grafiksel olarak temsil edildiği, belirli unsurların kesin miktar, boyut, şekil, konum ve yöneliminin tanımlandığı, Kısacası LOD 300 detay seviyesine modelin veya sistemin çevresindekilerle olan ilişkilerinin belirtildiği boyuttur.

2.6.6.5. LOD 400 Yapım İnşaat: Yapının inşaa sürecidir. Model, uygulama ve inşaat detaylarını içerir. LOD 300 model bilgisine imalat, birleşim ve kurulumla ilgili detaylar eklenmiştir.

2.6.6.6. LOD 500 İşletme: Yapının işletmeye açıldığı evresidir. İnşaatı tamamlanmış olan yapının modelinin oluşturulması (as-built) LOD 500 seviyesinde yapılmaktadır. Bu detay seviyesi BIM'in 7D boyutu olan işletme bakım onarım boyutu için gerekli olan model detay seviyesidir.

Hastahane projesinin BIM yürütme planı (BIM Execution Plan) içerisinde projenin oluşum aşamalarında gerekli model detay seviyeleri tablosu ***Şekil 2.42***'de görülmektedir. Örneğin, ön tasarım (Preliminary Design) aşamasında LOD 300 detay seviyesinde modelleme yapılacaktır.

		LOD MATRIX											
		Pre-Concept Design		Concept Design		Operational Planning Stage		Preliminary Design		Final Design and System/ Detailed Drawings		Preparation of Tender Documents	
		LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA
A1010	**Standard Foundations**	LOD 200	KA	LOD 200	DO	LOD 200	DO	LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR
A1025	**Structural Framings**							LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR
A1026	**Structural Columns**	LOD 200	KA	LOD 200	DO	LOD 200	DO	LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR
A1027	**Structural Walls**	LOD 200	KA	LOD 200	DO	LOD 200	DO	LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR

Şekil 2.42 Hastane Projesi Model Detay Seviyeleri Tablosu (LOD MATRIX) *(DomeMimarlık, 2018)*

Örnek Model Detay Seviyesi (LOD) ; Aydınlatma Elemanı

- LOD 100 Sembol, ikon veya yazı ile temsili planda gösterilmesi
- LOD 200 Aydınlatma elemanı genel görünümü boyutu, şekli ve lokasyonunun tahmini olarak belirtilmesi
- LOD 300 Tasarımın kesinleştiği evre, 2*4 troffer, boyutları şekli ve lokasyonu belirlenmiş.
- LOD 350 Asıl Model, Lightoiler DPA2G12LS232, belirli boyut, şekil ve lokasyonu.
- LOD 400 LOD 350'ye ek olarak montaj detayının eklenmesi, Tavana takılacak aydınlatma elemanın monte edilebilir detaylarının verilmesi (BIMFORUM, 2017).

2.6.7. Tümleşik Proje Teslimi (IPD – Integrated Project Delivery)

Proje Teslimi, "Kavramsal bir fikri, tamamlanmış ve içinde yaşanılan bir binaya dönüştüren ardışık bir tasarım ve inşaat faaliyeti süreci oluşturmak için gerekli olan sözleşmesel ilişkileri kapsar" (Yaman, 2017).

AIA (American Institute Of Architect) göre Proje Teslimi, Bir inşaat projesinin tasarımını sözleşme belgelerinin hazırlığını, inşaatını ve yönetimini gerçekleştiren taraflar arasındaki rollerin sorumlulukların, risklerin ve ödüllerin dağıtılmasını bölüştürülmesini sağlayan yönetimin seçimi olarak belirtilmektedir (Yaman, 2017 ; john willey&Sons, 2008).

Proje Teslimi için kullanılan yöntemler;

- Tasarım – İhale – Yapım (Design Bid Built)
- Tasarım – Pazarlık – Yapım (Design Negotiation Buit)
- Tasarım – Yapım (Design Built)
- Yapım Yönetimi (Counstraction Manegemant)
- Mal sahibinin kendi inşaatını Kendisinin Yapması (Owner Built)
- Bütünleşik Proje Teslimi (Integrated Project Delivery)

Gibi proje teslim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden BIM sistemi ile birlikte gelen yeni kavramlardan olan proje teslim metodu IPD konusuna değinilecektir;

Bütünleşik proje teslim yöntemi (IPD) insanları, sistemleri, iş yapılarını ve deneyimlerini bir süreç içerisinde tasarım, üretim ve inaatın tüm aşamalarında etkinliği maximize etmek, atık miktarını azaltmak, işverenin karlılığını artırmak projenin sonuçlarını optimize etmek için tüm paydaşların kavrama kabiliyetlerini kullanan bir proje teslim yaklaşımıdır (Akkoyunlu, 2015; AIA and AIA California Concil, 2007).
Şekil 2.43 'da geleneksel proje teslim yöntemleri ile bütünleşik proje teslim yönteminin proje paydaşları, süreç, risk, ödül, teknoloji, kontratlar, eğitim gibi konularda karşılaştırmaları yapılmıştır.

Geleneksel		TPY (IPD)
ayrılmış	**Proje Paydaşları**	beraber, işbirliği
lineer, ayrık	**Süreç**	eş zamanlı, çok aşamalı, birleşik
bağımsız yönetilir	**Risk**	işbirliği ile yönetilir
Bağımsız başarı	**Ödül**	değer tabanlı, takım başarısı
analog, kağıda üzerinde, 2 boyut	**Teknoloji**	sayısal, BIM, 3 boyutlu
risk transferi, paylaşılmayan	**Kontratlar**	paylaşıma açık, komple entegrasyon
bağımsız odaklanma	**Eğitim**	takım tabanlı, entegre işbirliği

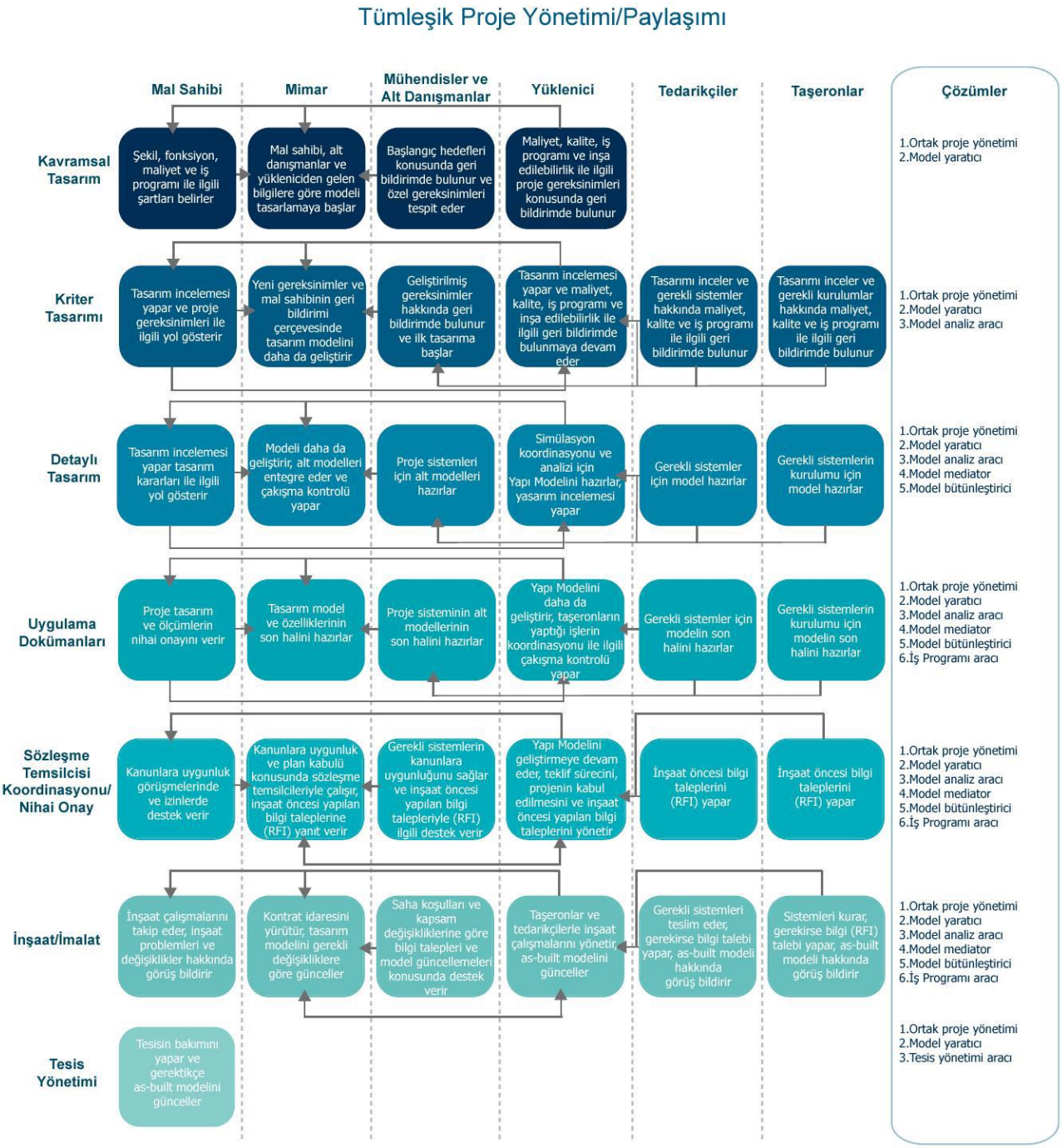
Şekil 2.43 Geleneksel Proje Teslim Yöntemleri ile IPD Teslim Yönteminin Karşılaştırma Tablosu *(Akkoyunlu, 2015)*

Başarılı bir IPD yönetimi için katılımcılar işbirlikçi, birbiriyle bütünleşmiş ve üretken ekipler oluşturulmalıdır. Projenin tasarlanması üretimi inşaası ve işletmesinin mümkün olduğunca verimli yönetilebilmesi için 9 temel ilkeyi benimsemeleri gerekir (Karataş ,2018 ;AIA California Consil, 2007).

- Karşılıklı Saygı Güven
- Karşılıklı Fayda ve Mükefat
- İş birliği içinde karar verme ve yenilik yapma
- Temel Paydaşların erken katılımı
- Erken Hedef tanımı
- Yoğun Planlama
- Açık İletişim
- Uygun Teknoloji
- Organizasyon ve liderlik

Bütünleşik proje teslim yöntemi, proje başlangıcında mimarın yapılacak tesisin tesis işletmecisiyle birlikte çalışarak, tesis işletmecisinden alınan geri dönütlerle projede yenilikler düzenlemeler yapabilir, Mimar aydınlatma uzamanı, yangın önleme uzmanı vb. uzmanlıklardan tasarım süreci içerisinde danışmanlıklar alarak projeyi geri dönütlerle daha uygulanabilir ve sürdürülebilir tasarlayabilir. IPD diğer proje teslim yöntemlerinden farklı olarak, projenin başlangıç aşamasında projenin tüm paydaşlarının belirlendiği ve

tüm paydaşların projenin tasarım üretim inşaat aşamalarında birlikte çalıştığı bir yönetim şeklidir. ***Şekil 2.44***'da IPD proje süreç ve akış şemasında görüldüğü gibi proje paydaşlarının proje süreci boyunca birbirleriyle olan ilişkileri göstermektedir. Disiplinler arası paydaşların tek bir model üzerinde çalışması esas alınır.



Şekil 2.44 IPD Model Proje Süreç Ve Akış Şeması *(Akkoyunlu, 2015)*

BÖLÜM 3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ YÜRÜTME PLANI / BIM EXECUTİON PLAN (BEP)

İhtiyaç duyulan yapıyı oluşturmak için gerekli planlamaların yapılmadan uygulamaya geçilme durumlarında birçok problemlerle karşılaşıldığı, ön görülmemiş üzerinde çok düşünülmemiş sebeplerden dolayı hatalı uygulamalar yanlış üretimler yapıldığı birçok projelerde görülmektedir.

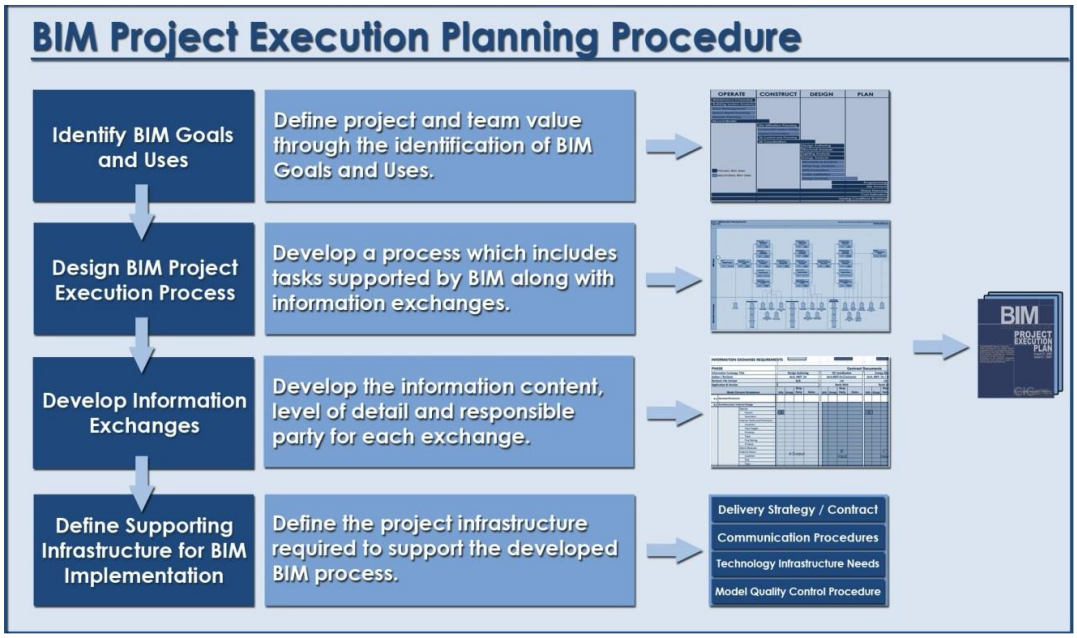
Bu tarz problemlerin en aza indirilebilmesi için projenin tüm süreçlerinin proje başlangıcında planlanması gerekmektedir. BIM sisteminde bu ihtiyaca cevap verebilmek için Yapı Bilgi Modellemesi yürütme planı oluşturulmaktadır.

Yapı Bilgi Modellemesi yürütme planı içeriğinde, bir yapıyı oluşturmak için gerekli tüm paydaşların bir arada nasıl çalışılacağını, sorumlulukları, rolleri, modelde ulaşılmak istenen amaçları, hedefleri, modeli oluşturmak için kullanılacak yazılımları, dosya paylaşım yöntemleri, dosya isimlendirme kuralları, süreç haritaları vb. birlikte çalışmayı sağlayacak gereklilikleri belirleyip ortak bir dil oluşturulmaya çalışılmaktadır. Kısaca planlama, tasarım, inşaat, işletme süreçlerindeki BIM kullanım esaslarını kapsamaktadır.

BIM execution planı oluşturmak için, Stanford üniversitesi, Penn State Üniversitesi gibi kurumların hazırlamış oldukları Yapı Bilgi Modellemesi yürütme plan rehberleri ve formaları bulunmaktadır, bunlardan Türkiye'de en yaygın kullanılan Penn State Üniversitesi yapı bilgi modellemesi yürütme plan şablonu referans alınarak inceleme yapılacaktır.

Penn State Üniversitesinin hazırladığı BIM uygulama planı prosedürü ve içeriği ve aşağıdaki gibi belirtilmektedir.

- Projenin planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamaları sürecinde ulaşılmak istenen BIM değerlerini belirlenmeli
- Prosesler için iş akış diyagramı proses mapler (süreç haritaları) oluşturulmalı
- Bilgi alış verişi ve teslimler için formlar oluşturulmalı,
- Uygulamayı desteklemek için sözleşmeler, iletişim prosedürleri, teknoloji ve kalite kontrol şeklinde altyapıyı geliştirmeli.



Şekil 3.1 BIM Uygulama Planı Prosedürü *(PSU, 2011)*

BIM Yürütme Planı Oluşturmak İçin Gerekli Başlıklar

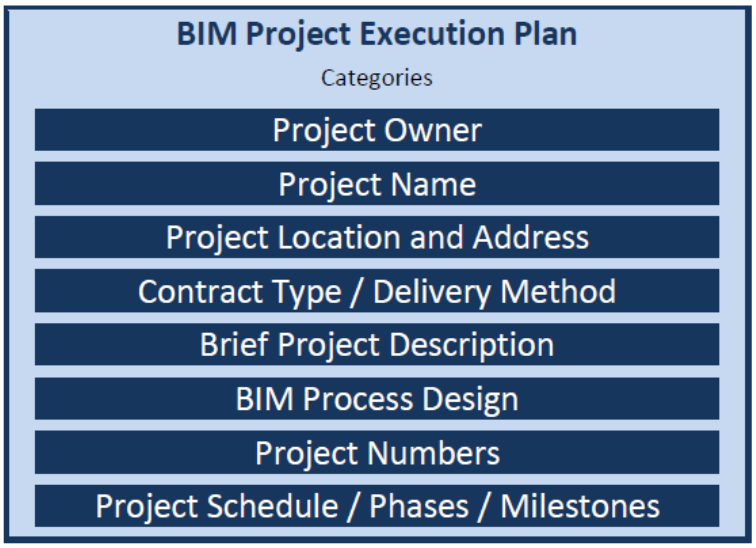
BIM uygulama planını aşağıdaki başlıklardan oluşturulabilmektedir;

1. Proje Bilgileri
2. İletişim bilgileri,
3. Proje hedefleri /BIM kullanımı,
4. BIM Rolleri ve sorumluluklar,
5. BIM süreç tasarımı (proses map),
6. Modelleme Metodolojisi
   6.1. Model strüktürü
   6.2. Model detay seviyesi tablosu (LOD Matrix)
7. İş birliği prosedürü
   7.1. İş birliği stratejisi
   7.2. Toplantı prosedürü
   7.3. Teslim onay için bilgi alışveriş modelinin teslimat çizelgesi
   7.4. Elektronik iletişim prosedürü
8. Kalite kontrol
   8.1. Çakışma kontrolü
   8.2. Çakışma kontrolü renkler tablosu

9. Teknoloji alt yapı ihtiyacı
    9.1. Yazılım
    9.2. Bilgisayar ve donanım
10. Model içeriği ve referans bilgisi
11. Dosya isimlendirme
    11.1. Kütüphane obje isimleri
12. BIM ve CAD standartları
13. Ölçü birimi ve koordinat sistemi
14. Model strüktürü ve Workset (çalışma dosyları)
15. Proje teslimi

3.1. Proje Bilgileri

Bu bölüm genel proje bilgilerini içermektedir. Projeyi oluşturacak üyelerin proje hakkında genel bilgi edinmelerini sağlamak, projeye sonradan yeni üyelerin katılma durumlarında proje hakkında genel bilgisinin olması amaçlanmaktadır. Proje bilgileri kısmında Proje sahibinin, Proje isminin, proje lokasyonunun ve adresinin, sözleşme tipinin, proje teslim metodunun, proje açıklamasının, proje numarası veya numaralarını, proje takvimi, aşamaları ve safhalarını gibi bilgiler içermelidir.



Şekil 3.2 Genel Proje Bilgileri *(PSU, 2011)*

3.2. İletişim Bilgileri

Proje katılımcılarının rolleri, organizasyonları, iletişim isimleri, lokasyonları, e-mail ve telefon numaraları gibi bilgileri içermektedir. İçeriğinde mal sahibi, işveren, tasarımcı, danışman, ana yüklenici alt yüklenici müteahhitler, üreticiler ve tedarikçiler bulunmaktadır. Tasarımcıların içeriğinde proje müdürü, BIM yöneticisi, disiplin liderleri, denetleyicilerinin iletişim bilgileri hangi iletişim yöntemi ile hangi saatler veya günlerde iletişim kurulacağı, uygun toplantı zamanları belirtilmektedir. Bu bilgiler projenin herhangi bir aşamasında bir üyenin farklı disiplinle veya üreticiyle bağlantı kurması gerektiği durumlarda nasıl hangi araçlarla ve kiminle iletişime geçeceğini açık bir şekilde göstermesi amaçlanmaktadır.

3.3. Proje Hedefleri /BIM Kullanımı

Bu bölümde proje hedefleri ve BIM kullanımları belirtilmektedir. Örneğin proje hedeflerinde biri 3D koordinasyon ve sıfır çakışma olarak belirlenip, hazırlanan 3D modelin disiplin içi ve disiplinler arası çakışma kontrolü (clash detection) yapılarak yapı içerisinde disiplinlere ait yapı elemanlarının konumlanması ve birbiriyle uyumlu çalışması sağlanarak bu hedefe ulaşılabilmektedir. Başka bir hedef olarak sürdürülebilirlik ve yapı verimliliğini artırmak hedeflendiğinde bu hedefe BIM ile enerji analizleri yapılarak analizlerin sonuçlarına göre yapı için en uygun tasarım yapılıp sonrasında istenilirse yapı performansı değerlendirmesi için LEED veya BREAM yeşil bina sertifikalandırma kriterlerine göre değerlendirmesi yapılabilmektedir. Yine hedef olarak sahada üretim verimliliği artırmak belirlendiğinde, BIM sisteminde bu hedefe hazırlanılan 3D modele proje yapım süreçleri planlaması başka bir ifadeyle proje fazları eklenerek 4D model elde edilmiş olmaktadır, bu veriler ile projenin sanal ortamda inşaatının yapılışının simülasyonu oluşturup sahada makina, vinç, ekipman, çalışma, montaj üretim sıralamaların en verimli olabilecek şekilde planlanarak verimli üretim ve montaj hedefine ulaşılabilmektedir. ***Şekil 3.3***' de BIM uygulama planında hedefler, potansiyel BIM kullanımları ve bunların öncelikli önemleri gösterilmektedir.

PRIORITY (HIGH/ MED/ LOW)	GOAL DESCRIPTION	POTENTIAL BIM USES
HIGH	Increase effectiveness of Design	Design Authoring, Design Reviews, 3D Coordination
HIGH	Eliminate field conflicts	3D Coordination
HIGH	Review Design progress	Design Reviews
HIGH	Increase effectiveness of Sustainable Goals	Engineering Analysis, LEED Evaluation
HIGH	Increase Field Productivity	Design Reviews, 3D Coordination
HIGH	Configuration Management, version control	Design Authoring

Şekil 3.3 Proje Hedefleri, BIM Kullanımı ve Öncelik Dereceleri *(DomeMimarlık, 2018)*

X	PLAN	X	DESIGN
X	PROGRAMMING	X	DESIGN AUTHORING
X	SITE ANALYSIS	X	DESIGN REVIEWS
		X	3D COORDINATION
		X	ENERGY ANALYSIS
		X	SUSTAINABLITY (LEED) EVALUATION

Şekil 3.4 BIM kullanımları *(DomeMimarlık, 2018)*

3.4. BIM Rolleri ve Sorumluluklar

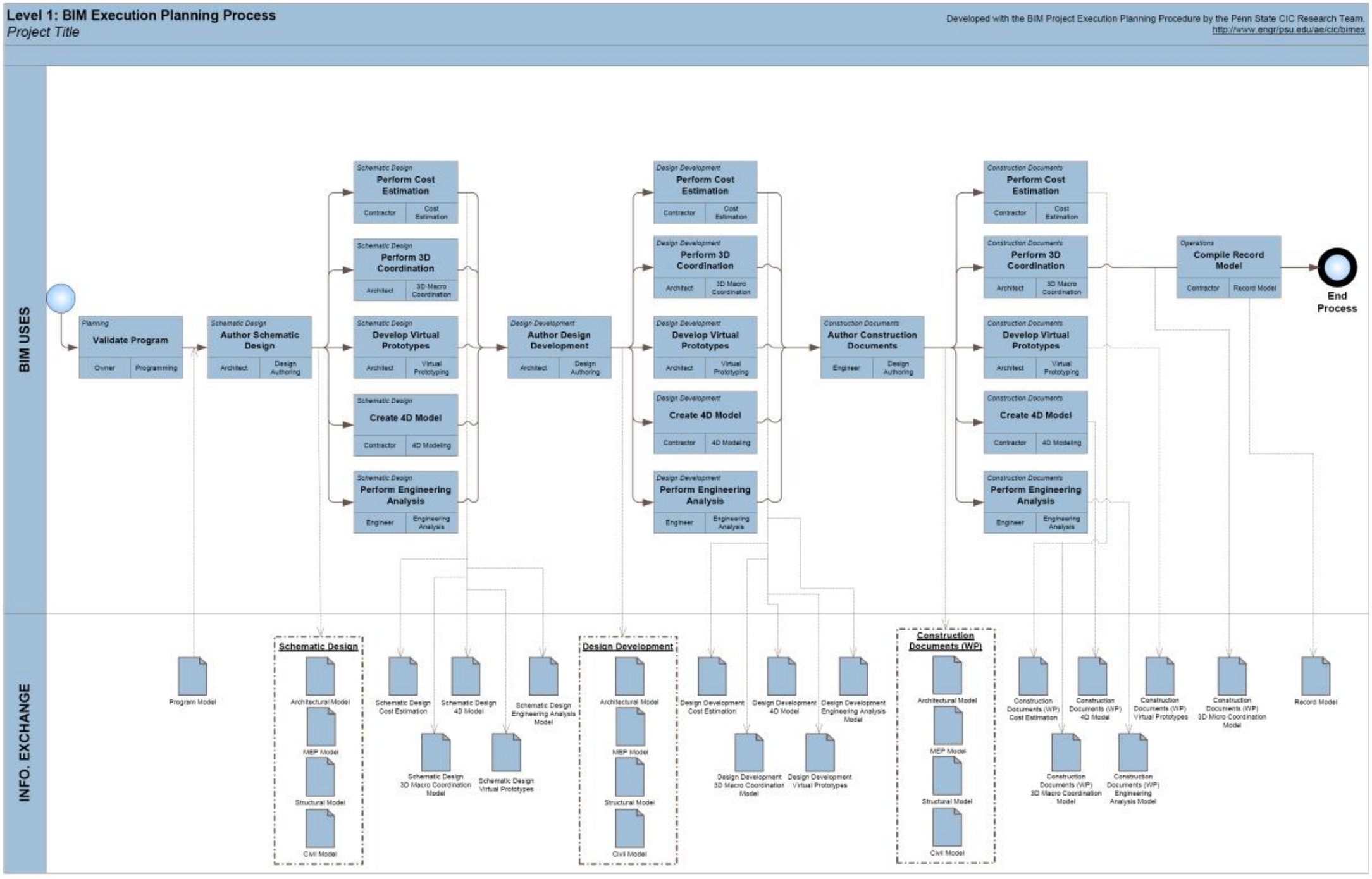
Tüm organizasyonların sorumlulukları ve rolleri tanımlanmalı, ör: Danışmanlık şirketinin kullanılacak programları belirlemesi, tasarımı oluşturacak paydaşlar arası koordinasyonun ve iletişimin sağlanması için araçların seçiminin yapılması (ör:C4RB Collobration for revit) Mimarlık şirketinin BIM modelinin girdilerini ve kat yüksekliklerinin belirlenmesi, proje koordinasyonunu yapması. Tüm BIM kullanıcılarının belirlenmesi, modeli oluşturacak disiplinlerin belirlenmesi, proje bim yöneticisi ve proje yöneticisi, disiplinlerin BIM sorumluları belirlenmeli, Disiplinler arası dosya paylaşım şekli ve zamanlarının belirlenmesi gibi konular açık bir şekilde belirtilmektedir. ***Şekil 3.5***'da BIM kullanımlarını ve bu alanların sorumluları gösterilmektedir.

BIM USE	ORGANIZATION
PROGRAMMING	KHATIB & ALAMI – TİMA JV
SITE ANALYSIS	• KHATIB & ALAMI – TİMA JV • DOME • PROBI • YURDAKUL • OKUTAN
DESIGN AUTHORING	• KHATIB & ALAMI – TİMA JV • DOME • PROBI • YURDAKUL • OKUTAN
DESIGN REVIEWS	KHATIB & ALAMI
COST ESTIMATION	• KHATIB & ALAMI – TİMA JV • DOME • PROBI • YURDAKUL • OKUTAN
3D COORDINATION	DOME
STRUCTURAL ANALYSIS	PROBI
ELECTRICAL MODELING	YURDAKUL
LIGHTING ANALYSIS	YURDAKUL
MECHANICAL ANALYSIS	OKUTAN
ENERGY ANALYSIS	ALTENSİS
SUSTAINABLITY (LEED) EVALUATION	ALTENSIS

Şekil 3.5 BIM kullanımı ve Organizasyonlar *(DomeMimarlık, 2018)*

3.5. BIM Süreç Tasarımı

Süreç tasarım haritası, her bir BIM kullanıcısının bilgi paylaşım aşamalarını göstermektedir. Sürecin aşamalarında sorumlu oldukları konuları ve sorumlukların kimlere ait olduğu gösterilmektedir. Oluşturulan süreç haritaları ile her bir kullanıcıya bir yol haritası oluşturulmuş olup olumlu veya olumsuz sonuç olması durumların da nasıl ilerleneceğini belirtmektedir. Örnek tüm proje süreç haritası (proses map) ***Şekil 3.6***'de gösterilmektedir.



Şekil 3.6 *Tüm Proje Süreç Haritası* (PSU, 2011)

Şekil 3.6'de paylaşılan tüm proje süreç haritası gibi Mevcut Şartlar Modeli, Maliyet Tahmini, Faz planı (4D), Programlama, Saha Analizi, Tasarım kontrolü, Model oluşturma, enerji analizi, yapı analizi, ışık analizi, 3D koordinasyon, saha uygulama planı, 3D kontrol ve planlama, teslim modeli, bakım ve onarım, yapı sistem analizi gibi süreç haritaları ihtiyaca göre oluşturulmaktadır. Süreç haritaları örnekleri tez ekler bölümünde paylaşılmıştır.

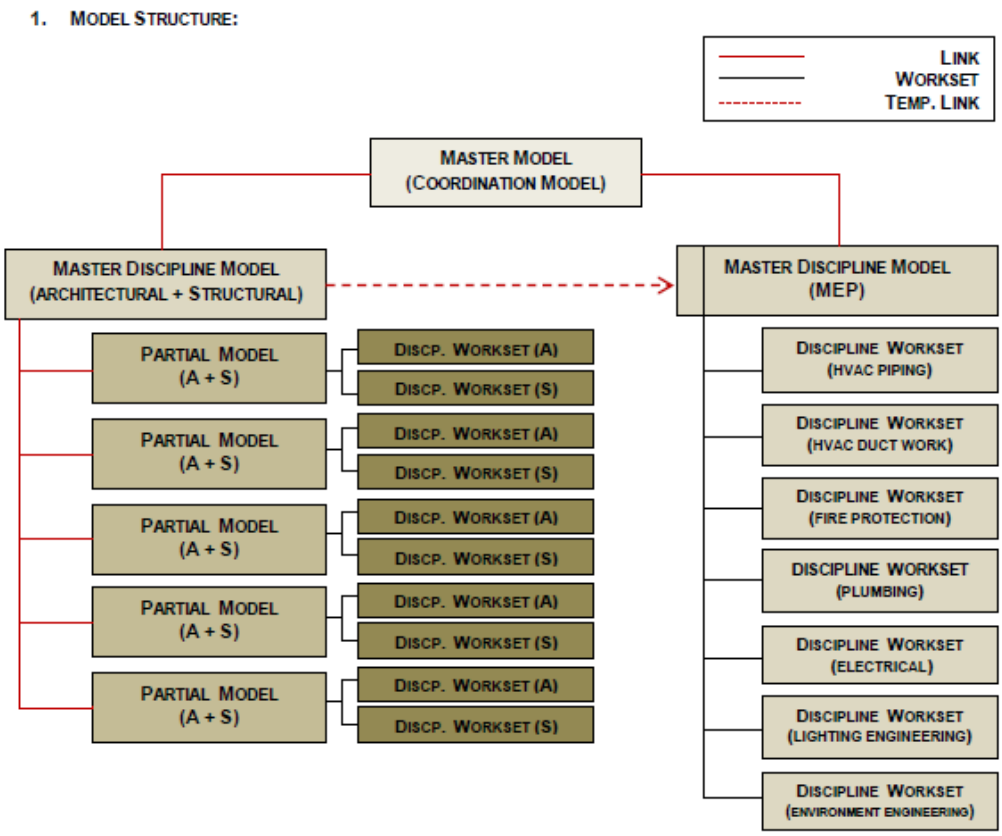
3.6. Modelleme Metodolojisi

3.6.1. Model Strüktürü

Model Strüktürü ve model matrix bölümünde oluşturulacak BIM modelinin hangi detay seviyesinde yapılacağı belirtilmektedir.

Model detay seviyesi (level of development (LOD)) ulaşılmak istenen hedefler doğrultusunda belirlenip, tasarımı oluşturan disiplinler arasında yapı elemanlarının temsili modellerinin hangi detay seviyesinde yapılacağı, hangi bilgilerin ekleneceği belirlenerek aralarında ortak bir dil oluşturulması amaçlanmaktadır. Belirlenen model detay seviyesine göre ayrı ayrı dosyalarda hazırlanan modeller merkez dosya içerisinde birleştirildiklerinde tüm modellerin bir birleriyle uyumlu olması sağlanmış olmaktadır.

Oluşturulacak BIM modeli projenin büyüklüğüne ve modeli oluşturacak BIM kullanıcılarına göre parçalara ayrılarak ***Şekil 3.7***'de ki gibi ayrı ayrı çalışma dosyaları (workset)'ler oluşturulur. Bu model strüktürü ile ayrı ayrı oluşturulan modellerin hangi dosyalarla birleşerek ana modeli oluşturacağı gösterilmektedir. ***Şekil 3.7***'de MEP (mekanik, elektrik, tesisatı) disiplini içerisinde HVAC boru tesisatı, HVAC havalandırma kanalları, yangın koruma, su tesisatı, elektrik, aydınlatma mühendisliği, çevre mühendisliği olarak ayrılmış workset'ler birleşerek ana (MEP) disiplin modelini oluşturmaktadır. Mimari ve strüktür birlikte modellenerek kendi içinde beş model parçalara ayrılmış bu ayrılan workset'ler kendi içlerinde workset mimari disiplin ve workset strüktür disiplini olarak ikiye ayrılarak disiplinler bir birinden ayrılmıştır. En son ayrılmış olan workset'ler de hazırlanan mimari model ile strüktür modeli birleştirilerek parça modeli, parça modeller birleşerek ana mimari strüktür modelini, ana disiplin modelleri birleşerek ana model oluşturulmuş olmaktadır.



Şekil 3.7 Model Sütrüktürü *(BoldMimarlık, 2018)*

3.6.2. Model Detay Seviyesi Tablosu (LOD Matrix)

Projenin oluşturulma aşamalarında ön konsept, konsept ,ön tasarım, tasarım geliştirme, son teslim ve detay çizim, ihale dokuman aşamalarında disiplinlerdeki modellemelerin hangi detay seviyesinde yapılması gerektiğini ve modeli oluşturacak sorumlu paydaşları gösteren tablodur. ***Şekil 3.8*** Model detay seviyesi tablosu (LOD Matrix)'de taşıyıcı duvarların ön konsept aşamasında model detay sevisesi 200 olarak belirlenmiş son tasarım aşamasında ise model detay seviyesi 300 olarak belirlendiği görülmektedir. Model element author (MEA) Modeli oluşturucak sorumlu firma ise LOD 200'de KHATIB danışmanlık şirketi iken, son tasarım aşamasında LOD 300 seviyesinde modeli oluşturacak sorumlu tabloda PR olarak tanımlı PROBI inşaat şirketi görülmektedir.

		Pre-Concept Design		Concept Design		Operational Planning Stage		Preliminary Design		Final Design and System/ Detailed Drawings		Preparation of Tender Documents	
		LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA	LOD	MEA
A1010	Standard Foundations	LOD 200	KA	LOD 200	DO	LOD 200	DO	LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR
A1025	Structural Framings							LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR
A1026	Structural Columns	LOD 200	KA	LOD 200	DO	LOD 200	DO	LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR
A1027	Structural Walls	LOD 200	KA	LOD 200	DO	LOD 200	DO	LOD 300	PR	LOD 300 LOD 350	PR	LOD 300 LOD 350	PR

Şekil 3.8 Model Detay Seviyesi (LOD Matrix) *(DomeMimarlık, 2018)*

MODEL ELEMENT AUTHOR		
Abbreviaton	**Firm/Role**	**Discipline**
JV	KHATIB&ALAMI-TIMA JV	MANAGEMENT
TM	TIMA	MANAGEMENT
KA	KHATIB & ALAMI	ARCHITECTURAL
DO	DOME	ARCHITECTURAL
PR	PROBI	STRUCTURAL
OK	OKUTAN	MECHANICAL
YR	YURDAKUL	ELECTRICAL

Şekil 3.9 Paydaşlar Arası Model Oluşturucular *(DomeMimarlık, 2018)*

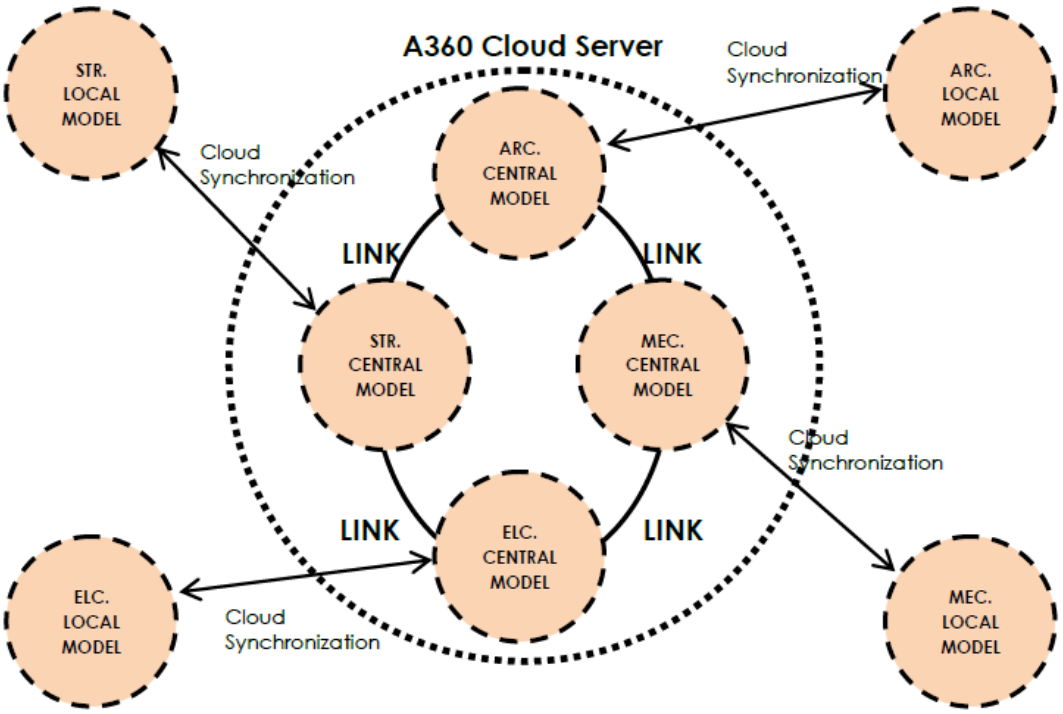
3.7. İş Birliği Prosedürü

Bu bölümde takım kendi elektronik haberleşme, dosya paylaşımı, model kontrol ve revizyon ağının, toplantı prosedürü, dosya transferi, dosya yönetimi gibi kısımlar ele alınmaktadır.

3.7.1. İş Birliği Stratejisi

BIM modeli oluşturulmaya başladığında disiplin içi ve disiplinler arası iletişimin model paylaşımının nasıl yapılacağının belirlendiği aşamadır. Bu kısım şirketin kendi alt yapısına ve diğer paydaşlarla olan ilişkisine göre değişiklik göstermektedir. Saha araştırması yaptığımız şirketlerin birinde tasarımı oluşturan tüm disiplinlerin bir çatı altında olması dolayısıyla şirket içerisinde oluşturdukları server üzerinden dosya paylaşımlarını ve iletişimlerini kurmaktadırlar. Diğer şirketlerde ise mimarlık disiplini içindeki modeller kendi serverları üzerinden sağlanırken, diğer paydaşlar ile bulut sistemi üzerinden dosya paylaşımı ve iletişim kurmaktadırlar.

Şekil 3.10'deki hastane projesi için kurulan ağ sistemi görülmektedir. Mimari, mekanik, statik, elektrik disiplinleri kendi server'larında modellerini oluştururken dosyaların birbirine bağlanması ve ana modelin birleştirilmesi için Autodesk'in A360 bulut server'ı ile sağladıkları görülmektedir. Modeli oluştururken disiplinlerin kendi içlerinde veya disiplinler arasında iletişim, revizyon gibi değişiklik taleplerini Revit yazılımı içerisinde bulunan "*collobration for revit*" üzerinden sağlayabildikleri görülmüştür.



Şekil 3.10 Ağ üzerinde Birlikte Çalışma (A360 Collobration) *(DomeMimarlık, 2018)*

3.7.2. Toplantı Prosedürü

Toplantı prosedürü proje paydaşları arasında hangi aralıklarda, ne zaman, hangi konularda ve hangi proje paydaşlarının katılımlarıyla nerede gerçekleştirileceğine dair hazırlanılan bir tablodur. Örneğin: ***Şekil 3.11***'de yapılacak ilk toplantı başlangıç toplantısı olup JV ofisinde tüm proje paydaşlarının temsilcileriyle bir kez olmak üzere, proje için gerekli bilgilerin toplanıldığı görülmektedir. Yine oluşturulan tasarımın koordinasyonu için haftada bir kez salı günleri tasarımı oluşturan tüm disiplinlerin temsilcileriyle bilgi toplama, kavramsal tasarım öncesi, kavramsal tasarım, operasyonun planlanma aşaması, ön tasarım ve final tasarım aşamalarında ki konularda toplanılacağı kararlaştırılmıştır.

MEETING TYPE	PROJECT STAGE	FREQUENCY	PARTICIPANTS	LOCATION
KICK-OFF MEETING	DATA COLLECTION STAGE	ONCE	ALL PARTICIPANTS	JV OFFICE
DESIGN COORDINATION	DATA COLLECTION STAGE	ONCE A WEEK (THURSDAY)	ALL DISCIPLINES	JV OFFICE
DESIGN COORDINATION	PRE-CONCEPT STAGE	ONCE A WEEK (THURSDAY)	ALL DISCIPLINES	JV OFFICE
DESIGN COORDINATION	CONCEPT STAGE	ONCE A WEEK (THURSDAY)	ALL DISCIPLINES	JV OFFICE
DESIGN COORDINATION	OPERATIONAL PLANNING STAGE	ONCE A WEEK (THURSDAY)	ALL DISCIPLINES	JV OFFICE
DESIGN COORDINATION	PRELIMINARY DESIGN	ONCE A WEEK (THURSDAY)	ALL DISCIPLINES	JV OFFICE
DESIGN COORDINATION	FINAL DESIGN	TWICE A MONTH (THURSDAY)	ALL DISCIPLINES	JV OFFICE

Şekil 3.11 Toplantı Prosedürü *(DomeMimarlık, 2018)*

3.7.3. Teslim ve Onay için Bilgi Alışverişi Modelinin Teslimat Çizelgesi

Bu bölümde hangi bilgiyi kimin üreteceğinin kime göndereceğinin hangi sıklıkla bu işlemlerin yapılacağının ve hangi tarihlerde yapılacağının, üretilecek bilgininin yazılım versiyonları dosya formatları gibi bilgilerin listelenmesi yapılmaktadır.

Şekil 3.12'deki tabloda kavramsal tasarım ve 3D koordinasyonun KHATIB &ALAMI danışmanlık şirketi tarafından oluşturulup gönderildiği ve alıcı olan firma ise DOME mimarlık olarak görülmektedir, gönderilen mimari model dosyası , Revit 2018 yazılımı ile üretilmiş, üretilen dosyanın normal formatı .RVT paylaşılan dosya formatı da yine .RVT olarak belirlenmiş ve bu işlemin proje başlangıc aşamasında 13.02.2018

tarihinde bir kez gerçekleşeceği görülmektedir. Tablonun ikinci bölümünde Dome mimarlık tarafından Revit 2018 yazılımıyla .RVT formatında oluşturulup gönderilen modelin PROBI statik, YURDAKUL mekanik, OKUTAN elektrik disiplinleriyle düzenli olarak haftalık paylaşacağı, alt bölümlerde de ilgili disiplinlerin kendi disiplinlerine ait modellerini oluşturup haftalık olarak DOME mimarlık ile paylaşacağı planının yapıldığı görülmektedir.

INFORMATION EXCHANGE	FILE SENDER	FILE RECEIVER	ONE-TIME or FRE-QUENCY	DUE DATE or START DATE	MODEL FILE	MODEL SOFT-WARE	NATIVE FILE TYPE	FILE EX-CHANGE TYPE
DESIGN AUTHORING + 3D COORDINATION	KHATIB & ALAMI	DOME	ONCE	13.02.2018	ARC	REVIT 2018	.RVT	.RVT
DESIGN AUTHORING + 3D COORDINATION	DOME	PROBI + YURDAKUL + OKUTAN	WEEKLY	-	ARC	REVIT 2018	.RVT	.RVT
DESIGN AUTHORING + 3D COORDINATION	PROBI	DOME	WEEKLY	-	ARC	REVIT 2018	.RVT	.RVT
DESIGN AUTHORING + 3D COORDINATION	YURDAKUL	DOME	WEEKLY	-	ARC	REVIT 2018	.RVT	.RVT
DESIGN AUTHORING + 3D COORDINATION	OKUTAN	DOME	WEEKLY	-	ARC	REVIT 2018	.RVT	.RVT
COST ESTIMATION	ALL PARTIES	TIMA	MONTHLY	-	ARC	REVIT 2018	.RVT	.RVT

Şekil 3.12 Model Paylaşım Teslim Listesi *(DomeMimarlık, 2018)*

3.7.4. Elektronik İletişim Prosedürü

Oluşturulan bilginin görüntülenme, düzenleme yapabilme, yükleme yapabilme ve gözlem kontrol yapabilme gibi işlemleri proje paydaşları arasında kimlerin yapabileceğine dair bir listedir. Bu listede her bir proje paydaşı kendi yetkilerini görebilmektedir. ***Şekil 3.13***'deki tabloda yetkilendirme yapılarak, dosya görüntüleyebilme, değişiklik yapabilme, kontrol yapabilme, dosya yükleyebilme gibi yetkilendirmeler gösterilmektedir. Bu işlemleri incelediğimiz tabloda Autodesk'in bulut tabanlı çalışan BIM 360 döküman yönetim yazılımı ile gerçekleştirdikleri görülmektedir.

Permissions Lejand

V: View **U:** Upload
E: Edit **C:** Control

BIM 360 DOCS FOLDER STRUCTURE & PERMISSIONS

	CONSULTANT	PRE-CONCEPT	PROJECT MANAGEMENT	ARCHITECTURAL	STRUCTURAL	MECHANICAL	ELECTRICAL	SUST. / LEED	OP. PLAN. & MED. EQM.	FIRE PROTECTION	SEISMIC
	JV / COORDINATOR	KHATIB & ALAMI	KA-TIMA JV	DOME	PROBI	YURDAKUL	OKUTAN	ALTENSİS	GHS	ETIK MUH.	C.TÜZÜN
00.1-SHARED	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
10.0-BIM MODELS	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
11.0-ARC	V+U+E+C	V+U+E	V+U+E	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V
12.0-STR	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V
13.0-MEC	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V+U+E	V	V	V	V	V
14.0-ELC	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V+U+E	V	V	V	V
20.0-DOCUMENTS	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
21.0-REPORTS	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
21.1-ARC	V+U+E+C	V+U+E	V+U+E	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V
21.2-STR	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V
21.3-MEC	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V+U+E	V	V	V	V	V
21.4-ELC	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V+U+E	V	V	V	V
22.0-MoM	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
23.0-DCS Docs	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
24.0-Presentations	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
30.0-CAD DATA	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
31.1-ARC	V+U+E+C	V+U+E	V+U+E	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V
31.2-STR	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V
31.3-MEC	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V+U+E	V	V	V	V	V
31.4-ELC	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V+U+E	V	V	V	V
00.2-PUBLISHED	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
41.0-KA-TIMA JV	V+U+E+C	V+U	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V
42.0-DOME	V+U+E+C	V	V+U+E	V+U	V	V	V	V	V	V	V
43.0-PROBI	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V+U	V	V	V	V	V	V
44.0-OKUTAN	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V+U	V	V	V	V	V
45.0-YURDAKUL	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V+U	V	V	V	V
00.3-APPROVED	V+U+E+C	V	V+U+E	V	V	V	V	V	V	V	V

Şekil 3.13 Elektronik İletişim Prosedürü Tablosu *(DomeMimarlık, 2018)*

3.8. Kalite Kontrol

Kalite kontrol bölümünde oluşturulacak BIM modelinin istenilen hedeflere ulaşbilmesi için her bir model parçasının istenilen özellikleri taşıması gerekmektedir. Modeli oluşturan her disiplin kendi kalite kontrol stratejisini oluşturmaktadır. Ör: Mimari

disiplininin sorumluluğunda oluşturulacak kapı modelinin belirlenen model detay seviyesinde olduğunun, istenilen yazılım ve versiyonlarda yapıldığının vb. önceden belirlenen kriterlerin oluşturulan modelin taşıdığının kontrolünün yapıldığı aşamadır. Kalite kontrolü öncelikle modeli oluşturan BIM kullanıcısının sonrasında ilgili disiplin temsilcisinin en son olarak genel BIM yöneticisinin sorumluluğunda olmaktadır.

Her disiplin kendi sorumluluğunda bulunan modelleri oluşturup ortak modele paylaşmadan önce kendi kalite kontrolünü yapmalıdır. Kullanılacak yazılımlar, yazılım versiyonları ve paylaşım yapılacak format önceden belirlenmiş prosedüre göre yapılmalıdır. Süreçlerin bir aşamasında yapılacak hata veya eksiklik tüm sistemin çalışmasını engelleyebilmektedir.

Her disiplinin BIM sorumlusu modelin merkez server'a paylaşılmadan önce kalite kontrolünden sorumludur. Ana merkez dosyanın kalite kontrolünden BIM yöneticisi sorumludur.

Yapılacak kalite kontroller;

- Görüntü kontrolü: Model içerisinde istenmeyen parçaların olup olmadığı, genel modelin amaçlanan modele uygunluğu kontrol edilir.
- Çakışma kontrolleri : Displin içi ve disiplinler arası yapı elemanlarının birbiriyle çakışma kontrollerinin yapıldığı kontroldür, gözlem yoluyla yapılabildiği gibi, çakışma kontrolü yapan yazılımlar ile de daha net sonuçlar alınabilmektedir.
- Standart Kontrol: AEC CAD ve BIM Standartlarının (font, ölçülendirmeler, çizgi tipleri, level, layerler) uygunluğunun kontrolü

Model geçerlilik Kontrolü: Hazırlanan modellerin detay seviyeleri, uygunluklarının kontrolleri yapılmaktadır. ***Şekil 3.14***'deki tabloda yapılacak kontrolün ne olduğunu ör: görüntü kontrolü, çakışma kontrolü, standart kontroller ve metadata[2] gibi kontrollerin yapıldığı, kontrolden sorumlu olan disiplinlerin ve hangi zaman aralıklarında kontrollerin yapılacağının göstermektedir.

[2] Metadata: Metaveri veya Üstveri olarak da bilinmektedir. Oluşturulan bilginin öğelerini içermektedir. Ör: Oluşturulan modelin kim tarafından, ne zaman, hangi formatta oluşturduğu, ne zaman paylaşıldığı, ne zaman kim tarafından görüntülendiği, kontrolünün yapıldığı gibi bilgileri içerir.

CHECKS	DEFINITION	RESPONSIBLE PARTY	SOFTWARE	FREQUENCY
VISUAL CHECK	Ensure there are no unintended model components and the design intent has been followed	ALL PARTIES	REVIT + NAVISWORKS	WEEKLY
INTERFERENCE CHECK	Detect problems in the model where two building components are clashing including soft and hard	DOME	REVIT + NAVISWORKS	WEEKLY
STANDARDS CHECK	Ensure that the BIM and AEC CADD Standard have been followed (fonts, dimensions, line styles, levels/layers, etc)	ALL PARTIES	REVIT	WEEKLY
METADATA CHECKS	Detect the informations in the instance and type properties of model elements and families	ALL PARTIES	REVIT	DAILY

Şekil 3.14 Kalite Kontrol *(DomeMimarlık, 2018)*

3.8.1. Çakışma Kontrolü

Oluşturulan BIM modelinin kalite kontrollerinde biri olan çakışma kontrolünde disiplin içerisindeki ve disiplinler arasındaki yapı elemanlarının bir biriyle iç içe geçmesi çakışması durumlarının kontrolünün yapıldığı aşamadır.

Şekil 3.15'daki tabloda mimari duvar ile strüktür kolonu çakışması, sütrüktür kolonu ile Mekanik havalandırma kanallarının çakışmaları ve bunlara atanan referans numaraları görülmektedir. Belirlenen bu referans numaraları ile ortak bir dil oluşturup gerçekleşen çakışmanın hangi displinler arasında gerçekleştiği anlaşılması sağlanmaktadır

Ref. No.	Architecture	vs	Structure
1,01	Architectural Walls		Structural Floors
1,02	Architectural Walls		Structural Columns
1,03	Architectural Walls		Structural Walls
1,04	Suspenden Ceilings		Structural Columns
…	…		…
2,01	Structural Columns		Ducts *(fittings, insulations)*
2,02	Structural Framings		Ducts *(fittings, insulations)*
…	…		…

Şekil 3.15 Disiplinler arası Çakışma Kontrol Ref Numaraları Tablosu *(DomeMimarlık, 2018)*

3.8.2. Çakışma Kontrol Renkleri Tablosu

Yapılan çakışma kontrollerinde çakışmaların hangi disipline ve disiplin içerisinde ki hangi eleman grubuna ait olduğu kolay anlaşılabilmesi için önceden tanımlanan çakışma kontrolü renkler tablosu ile ***Şekil 3.16***'de görülmektedir.

Element	Colour name (ACI No.)*	RGB		
		R	G	B
Architecture	White (7)	255	255	255
Structural	Maroon	128	0	0
Mechanical Equipment	Gold	255	215	0
HVAC Supply Duct/Diffuser	Blue (5)	0	0	255
HVAC Return Duct/Diffuser	Magenta (6)	255	0	255
HVAC pipe	Gold	255	215	0
Electrical Equipment	Dark Yellow	218	165	32
Electrical Cable Tray	Dark Orange	255	140	0
Electrical Lighting	Yellow (2)	255	255	0
Plumbing Water	Cyan (Turquoise 4)	0	255	255
Plumbing Sewer	Magenta (6)	255	0	255
Plumbing Storm Drain	Green	0	128	0
Sprinklers	Red (1)	255	0	0
Equipment (Medical)	Light Green	144	238	144
Medical Gas	Light Green	144	238	144
Security Systems	Orange	255	165	0
Fire Alarm	Fuchsia	255	0	255

Şekil 3.16 Çakışma Kontrolü Renk Tablosu *(DomeMimarlık, 2018)*

3.9. Teknoloji Alt Yapı İhtiyacı

Bu bölümde takımın hangi yazılımların kullanılacağının, versiyonlarının, gerekli bilgisayar donanımlarının, network, projede kullanılacak modellerin hangi model kütüphanesi veya yerleri belirlenmektedir.

3.9.1. Yazılım

Projenin hangi aşamalarında hangi yazılımların kullanılacağını, tercih edilen yazılımların hangi versiyonlarının kullanılacağını ve dosya alış-verişinin hangi formatlarda yapılacağının planlama aşamasında belirlenmektedir. Yapılan bu planlama ile farklı ofislerde farklı disiplinlerin oluşturacağı modellerin tek bir model üzerinde sorunsuz birleştirilebilmesi ve işler halde olabilmesi için önemli olmaktadır.

Şekil 3.17'de tasarımı oluşturan paydaşların mimari, statik, mekanik, elektrik, disiplinlerinin kullanacakları yazılım olarak Autodesk Revit yazılımı 2018 versiyonunun belirlenmiş olduğu görülmektedir. Yine aynı tabloda 3D koordinasyonun sağlanması için Autodesk Revit yazılımı ile Naviswork Manage yazılımları 2018 versiyonlarının kullanılacağı belirlenmiş olduğu görülmektedir.

BIM USE	DISCIPLINE (if applicable)	SOFTWARE	VERSION
DESIGN AUTHORING	ARC, STR, MEC, ELC	AUTODESK REVIT	2018
DESIGN REVIEWS	ARC, STR, MEC, ELC	AUTODESK REVIT + NAVISWORKS MANAGE + BIM 360 DOCS	2018
3D COORDINATION	ARC, STR, MEC, ELC	AUTODESK REVIT + NAVISWORKS MANAGE	2018
COST ESTIMATION	ARC, STR, MEC, ELC	AUTODESK REVIT	2018
STRUCTURAL ANALYSIS	STR	AUTODESK REVIT + TEKLA	2018

Şekil 3.17 Yazılım Listesi *(DomeMimarlık, 2018)*

3.9.2. Bilgisayar ve Donanım

Oluşturulacak bilgisayar donanımı, özellikle ana donanım elemanları (işlemci, ekran kartı, ram, SSD vb.) donanımların oluşturulacak projenin kolaylıkla çalıştırabileceği özelliklerde olmasına dikkat edilmelidir. Donanım kısmı projeyi sanal ortamda inşa etme ve yönetmekte kullanılacağından yapılacak proje detay seviyesi ve büyüklüğüne göre uygun özelliklerde donanım seçilmesi önemlidir.

Bilgisayar donanım ve alt yapı bir kez kurulup bir çok proje aynı sistemler üzerinden üretileceğinden genellikle çalışılacak proje büyüklüğüne göre uygun sistem altyapısı kurulmalıdır. Donanımın kapasiteleri versiyona büyüklük hacimlerine göre ve proje bağlı olarak değişebileceğinden minimum konfigürasyon bu çalışmada

belirtilmemiş olsa da gerekli donanım yazılım firmalarının web sayfalarında yayınlanmaktadır.

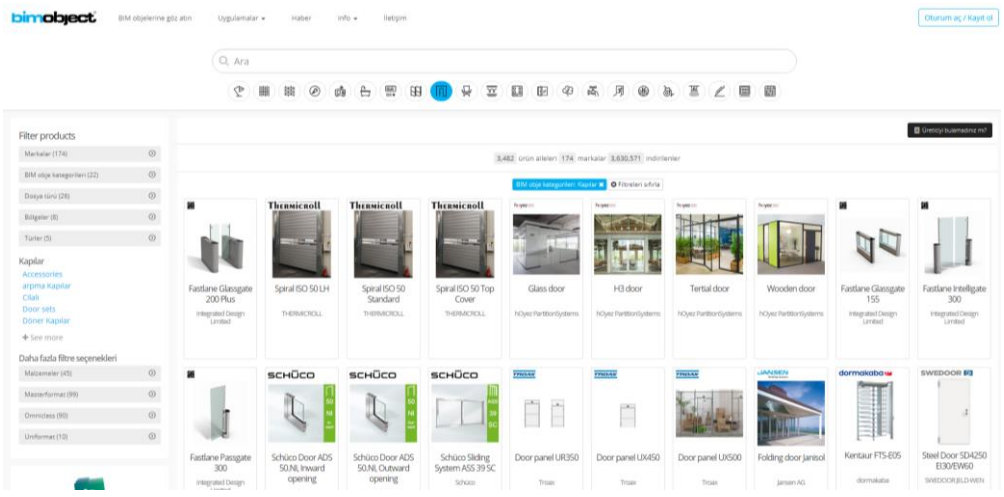
3.10. Model içeriği ve Referans Bilgisi

BIM modeli içerisinde kullanılacak elemanlar families (akıllı obje) gibi bunların içerikleri çalışma alanları database kısımları tüm takımla aynı olmasına dikkat edilmelidir. Uygun platformlar belirlenip seçilmelidir. ***Şekil 3.18***'da Proje içerisinde BIM modelini oluştururken BIMOBJECT.com ve NBS (National BIM Library) gibi sitelerden akıllı obje'lerin 2018-2018 versiyonlarının kullanılabilecekleri belirlenmiş olduğu görülmektedir.

BIM USE	DISCIPLINE (if applicable)	MODELING CONTENT / REFERENCE INFORMATION	VERSION
DESIGN AUTHORING	ARC	BIMOBJECT.COM	2015 - 2018
DESIGN AUTHORING	ARC	NBS National BIM Library	2015 - 2018

Şekil 3.18 Model İçeriği Ve Referans Bilgisi *(DomeMimarlık, 2018)*

BIMOBJECT.com ve NBS (National BIM Library) gibi siteler, yapıyı oluşturacak elemanların sağlayıcıları, üreticileri tarafından BIM akıllı objelerinin hazırlanıp yayınlandığı yerlerdir. Örneğin alacağımız mekanik ekipman veya bir koltuk için üretici veya tedarikçilerden temin ederken sanal ortamda da aynı ihtiyaçlar için akıllı obje kütüphanelerinden temin edilebilmektedir.



Şekil 3.19 BIMOBJECT, Akıllı Obje Web Sitesi Arayüzü *(BIMOBJECT, 2019)*

Şekil 3.19'de BIMOBJECT.com web sitesine ait arayüz görülmektedir. Kapı diye arama yaptığımız da ilgili üreticilerin BIM modeli içerisinde kullanmak üzere hazırladıkları akıllı objelere ulaşılabilmektedir. Akıllı modellerin paylaşıldığı dosya formatı ise üreticilere bağlı olarak değişmekte olup IFC, .RVT gibi formatlarda paylaşım yapmaktadırlar.

Tez kapsamında görüşme yapılan şirketlerde akıllı obje kütüphanelerini bir kısmının online kütüphanelerden bir kısmının da kendilerinin ürettiği bilgisi edinilmiştir.

3.11. Dosya İsimlendirme

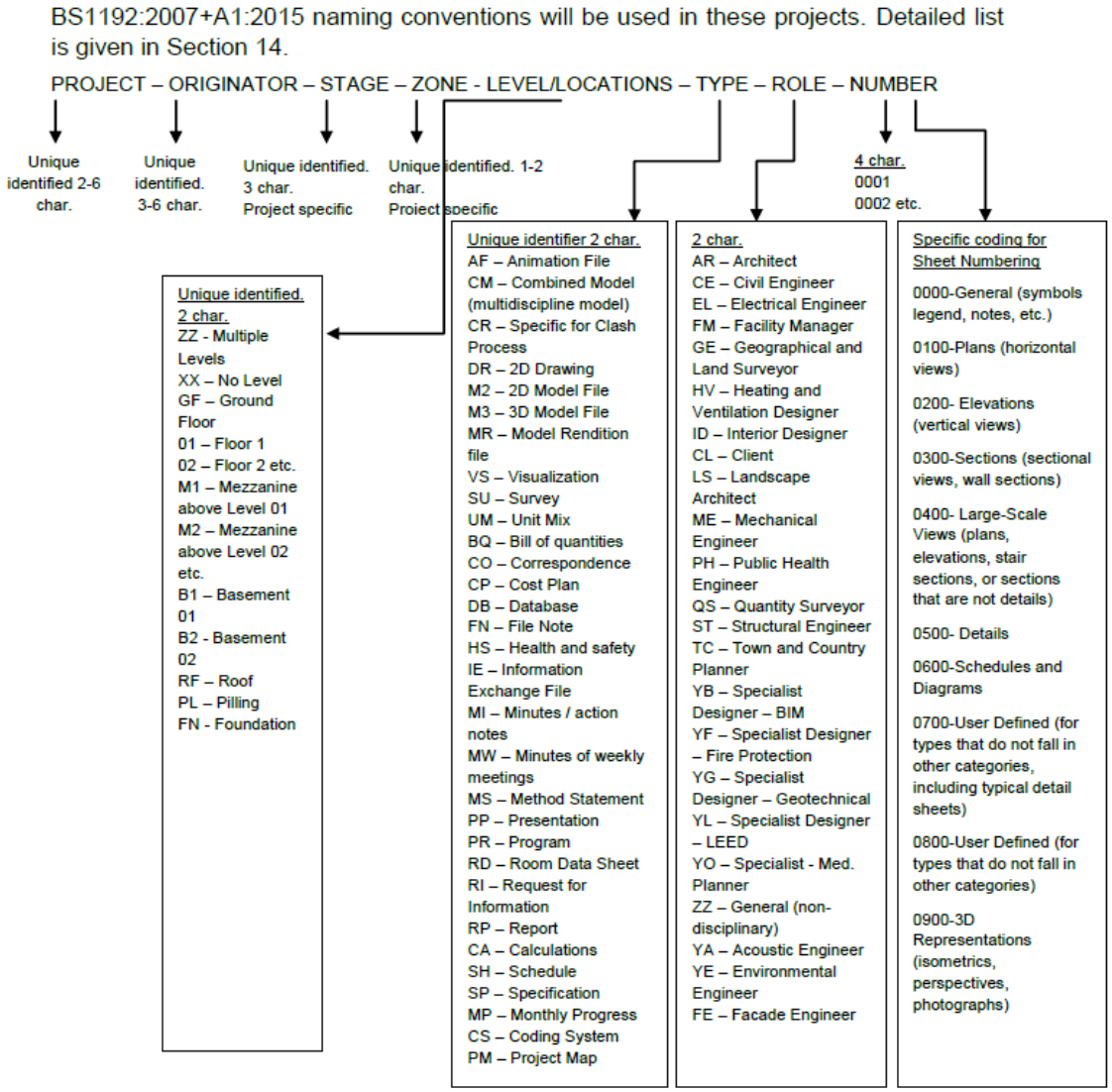
Bu bölümde oluşturulacak BIM modeli için isimlendirmeler, kısaltmalar, çalışma dosyaları (workset), kullanılacak ölçü birim sitemleri gibi birlikte çalışabilmeyi sağlayacak ortak dil oluşturulmaya çalışılmaktadır.

Şekil 3.20'deki tabloda mimari (konsept öncesi), mimari model, mekanik modeli, elektrik model, statik model, koordinasyon modeli ve birleştirilmiş modellerin dosyalarının hangi isimlerde kaydedilecekleri gösterilmektedir. Ör: mimari model HHC-DO-CDS-XX-ZZ-M3-AR-0901 olarak kaydedilecektir. Bu kısaltmalardan oluşan isimlendirmede HHC projenin ismi Haydarpaşa Health Campus (Haydarpaşa sağlık yerleşkesi)– DO, Modeli üreten sorumlu kurumun ismi Dome Mimarlık -CDS Consept design Stage (kavramsal tasarım aşaması), -XX No level, (katların bulunmadığını), -ZZ genel model oluşunu, -M3 3D model dosyası olduğunu – AR arhitect(mimari) – 0901 dosya numarası olarak belirtilmektedir. Kullanılan kısaltmalar ***Şekil 3.21***'deki dosya ismi kısaltmalar tablosundan gösterilmektedir.

FILE NAMES FOR MODELS SHOULD BE FORMATTED AS:	
ARCHITECTURAL MODEL (Pre-Concept)	HHC-KA-PCS-XX-ZZ-M3-AR-0901
ARCHITECTURAL MODEL	HHC-DO-CDS-XX-ZZ-M3-AR-0901
MECHANICAL MODEL	HHC-OK-PDS-XX-ZZ-M3-ME-0901
ELECTRICAL MODEL	HHC-YR-PDS-XX-ZZ-M3-EL-0901
STRUCTURAL MODEL	HHC-PR-PDS-XX-ZZ-M3-ST-0901
COORDINATION MODEL	HHC-DO-PDS-XX-ZZ-CR-AR-0901
COMBINED MODEL	HHC-DO-PDS-XX-ZZ-CM-AR-0901

Şekil 3.20 Disiplinlere Göre Dosya İsimlendirme Tablosu *(DomeMimarlık, 2018)*

Türkiye de araştırma yaptığımız şirketlerde 3D BIM modelinin oluşturulmasında birlikte çalışabilirliğin sağlanabilmesi, paydaşlar arasında ortak bir dil oluşturması için British Standart Enstitution oluşturmuş olduğu BS1192:2007+A1:2015 standarttı kullanılmaktadır. Modellerin isimlendirme kısaltmaları listesi, ***Şekil 3.21***'deki görülmektedir.



Şekil 3.21 Dosya İsimleri Kısaltma Tablosu *(DomeMimarlık, 2018)*

3.11.1. Kütüphane Obje İsimleri

Yapı elemanlarının BIM modeli içerisinde temsilini yaptığı akıllı objelerin hangi isimlerde ve kısaltmalarla oluşturulacağı bu bölümde belirlenmektedir. **Şekil 3.22** 'da oluşturulan model kütüphanesi kısaltmalar listesi görülmektedir.

CATEGORY	CODE	CATEGORY	CODE
Air Terminals	AIR	Planting	PLN
Ceilings	CLG	Pipe Accessories	PPA
Columns	COL	Pipe Fittings	PPF
Communication Devices	COM	Pipes	PPS
Casework	CSW	Parking	PRK
Curtain Wall Mullions	CTM	Roads	RDS
Curtain Panels	CTP	Railings	RLG
Curtain Systems	CTS	Ramps	RMP
Data Devices	DAT	Roofs	ROF
Duct Accessories	DCA	Structural Area Reinforcement	SAR
Duct Fittings	DCF	Structural Beam Systems	SBS
Duct Insulations	DCI	Structural Columns	SCL
Duct Linings	DCL	Structural Connections	SCO
Ducts	DCT	Security Devices	SEC
Detail Items	DET	Structural Framing	SFA
Doors	DOR	Structural Foundations	SFO
Electrical Equipment	ELE	Shaft Openings	SFT
Electrical Fixtures	ELF	Site	SIT
Entourage	ENT	Structural Load Cases	SLC
Fire Alarm Devices	FIR	Specialty Equipment	SPC
Floors	FLR	Sprinklers	SPK
Furniture	FRN	Structural Path Reinforcement	SPR
Furniture Systems	FRS	Structural Rebar	SRB
Flex Ducts	FXD	Structural Stiffeners	SSF
Flex Pipes	FXP	Stairs	STA
Generic Models	GEN	Structural Trusses	STR
Lighting Devices	LGD	Telephone Devices	TEL
Lighting Fixtures	LGF	Topography	TOP
Mass	MAS	Windows	WDW
Mechanical Equipment	MEC	Wires	WIR
Nurse Call Devices	NRS	Walls	WLL
Plumbing Fixtures	PLM		

Şekil 3.22 Model Kütüphane Kısaltmaları *(DomeMimarlık, 2018)*

3.12. BIM ve CAD Standartları

BIM modelinin istenilen kalite ve standartlarda oluşturulabilmesi, paydaşlar arasında ortak dili kurup birlikte çalışılabilirliğin sağlanabilmesi için önceden hazırlanılmış bir dil, standartlar üzerinden ilerlenmesi gerekmektedir. ***Şekil 3.23***'de BIM

uygulama planı için referans aldığımız projede kullanılan standartlar ve versiyonları görülmektedir.

STANDARD	VERSION	BIM USES APLICABLE	ORGANIZATIONS APLICABLE
BS1192:2007	A1:2015	DESIGN AUTHORING	ALL PARTIES
ISO 29481-1	2010	-	ALL PARTIES
ISO 16739	2013	-	ALL PARTIES

Şekil 3.23 BIM ve CAD Standartları *(DomeMimarlık, 2018)*

3.13. Ölçü Birim sistemi ve Koordinat sistemi

Bu bölümde projede kullanılacak ölçü birim sistemi belirlenmektedir. Referans aldığımız projede metrik birim sitemi tercih edilmiştir. Uzunluk birimi ise "mm" olarak, açı "decimal degree", alan "m^2" olarak belirlenmiştir. Amerika, İngiltere, Avusturalya, Kanada gibi bazı ülkelerde metrik sistem yerine inch sistem kullanılmaktadır.

3.14. Model Strüktürü Workset

BIM modeli mimari, statik, mekanik, elektrik disiplinlerinin hazırladıkları modellerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Projenin büyüklüğüne, yapılacak BIM modelinin hedeflerine ve BIM modelini üretecek kişilerin uzmanlıklarına bağlı olarak oluşturulacak yapı (blok, zemin, duvar, kapı, aydınlatma, havalandırma kanalları, ıslak zemin, mahal, vb.) parçalara ayrılmaktadır. Ayrılan parçaların 3D modelleri worksetlerde (çalışma dosyaları) hazırlanıp ana worksetle birleştirilerek BIM modeli oluşturulmaktadır. ***Şekil 3.24*** ve ***Şekil 3.25*** disiplinlere ve disiplinler içerisinde ayrılan worksetler görülmektedir. Örneğin ***Şekil 3.24***'de mimari bölüm duvarlar, zemin, taşıyıcı sütünler, taşıyıcı kolonlar, kapılar, dış cephe, mobilyalar, ıslak zemin mobilyaları, AutoCAD bağlantısı, mimari, statik ve mekanik worksetlerine ayrıldığı görülmektedir.

REVIT MODEL TYPE	WORKSET NAME	DESCRIPTION
ARCHITECTURE	WALLS	Non-Structural walls (Partition Walls)
	FLOORS	LOD200 Structural Floors that will be modeled by Architect
	STRUCTURAL COLUMNS	LOD200 Structural Columns that will be modeled by Architect
	STRUCTURAL WALLS	LOD200 Structural Walls that will be modeled by Architect
	DOORS	Interior Doors
	FACADE	All elements that can be seen from outside of model
	FURNITURE	
	FURNUTURE WET AREAS	
	AUTOCAD LINK	
	REVIT LINK-ARC	
	REVIT LINK-STR	
	REVIT LINK-MEC	

Şekil 3.24 Proje Workset Tablosu a-01 *(DomeMimarlık, 2018)*

REVIT MODEL TYPE	WORKSET NAME	DESCRIPTION
	REVIT LINK-ELEC	
	REVIT LINK-FAC	
	REVIT LINK-LSP	
	REVIT LINK-INT	
STRUCTURE	VERTICAL STR	Structural Columns, Walls
	HORIZONTAL STR	Structural Framings, Floors
	AUTOCAD LINK	
	REVIT LINK-ARC	
	REVIT LINK-MEC	
	REVIT LINK-ELEC	
	REVIT LINK-FAC	
	REVIT LINK-LSP	
MECHANICAL	HVAC WATER	
	HVAC AIR	
	FIRE	
	DOMESTIC WATER	
	SEWAGE WATER	
	STORMWATER	
	AUTOCAD LINK	
	REVIT LINK-ARC	
	REVIT LINK-STR	
	REVIT LINK-ELEC	
	REVIT LINK-FAC	
	REVIT LINK-LSP	
	REVIT LINK-INT	
ELECTRICAL	LIGTHING	
	CABLE TRAYS	
	ELECTRICAL EQIPMENTS	
	AUTOCAD LINK	
	REVIT LINK-ARC	
	REVIT LINK-STR	
	REVIT LINK-MEC	
	REVIT LINK-LSP	
	REVIT LINK-INTR	

Şekil 3.25 Workset Tablosu a-02 *(DomeMimarlık, 2018)*

3.15. Proje Teslimi

Proje teslimi bölümünde projenin tasarım aşaması içerisinde ilgili disiplinlerin hazırladıkları modeli kimlerle, hangi tarihlerde ve hangi uzantı ve versiyonda paylaşacakları belirlenmektedir.

Şekil 3.26' da teslim edilecek bölümler, aşamaları, sorumlu olan paydaşlar, teslim tarihleri ve teslim formatları gösterilmektedir.

BIM SUBMITTAL ITEM	STAGE	RESPON-SIBLE	APPROX. DUE DATE	FORMAT
Pre-Concept BIM Model	Pre-Concept	KA	13.02.2018	.rvt
Concept BIM Model	Concept Stage	DO		.rvt
Architectural BIM Model	Operational Planning	DO		.rvt
Architectural BIM Model	Preliminary Design	DO		.rvt
Structural BIM Model	Preliminary Design	PR		.rvt
Mechanical BIM Model	Preliminary Design	OK		.rvt
Electrical BIM Model	Preliminary Design	YR		.rvt
3D Coordination Model	Preliminary Design	DO		.nwd
Architectural BIM Model	Final Design	DO		.rvt
Structural BIM Model	Final Design	PR		.rvt
Mechanical BIM Model	Final Design	OK		.rvt
Electrical BIM Model	Final Design	YR		.rvt
3D Coordination Model	Final Design	DO		.nwd

Şekil 3.26 Proje Teslimi *(DomeMimarlık, 2018)*

Proje teslimi ikinci ve son bölümü ise hazırlanılan BIM modelinin kimlerle paylaşılacağı, hangi formatlarda paylaşılacağı ve ne zaman paylaşılacağı belirtilir. Ör: BIM modeli hazırlandığında işverene teslim edilmesi, yapının kullanıma geçmesiyle birlikte işletmeciye teslim edilmesi, işletmecinin BIM modeli içerisinde COBIe verilerini alması gibi teslim de istenilen şartların belirlenip istenilen uygunluğa göre hazırlanması sağlanır.

BÖLÜM 4. TÜRKİYE'DE BIM'E GEÇİŞ VE UYGULAMA SÜREÇLERİ: SEÇİLEN ŞİRKETLERLE GÖRÜŞME VAKA ANALİZİ

Türkiye'de BIM sistemini kullanan şirketlerle birebir yüz yüze görüşmeler yapılarak klasik proje yapım yöntemindeki sınırlılıkları, BIM'e geçme gereksinimleri, BIM'in getirdiği avantajları, sınırlılıklar, uygulama yöntemlerini, BIM'e geçişte yaşanılan zorluklar hakkında BIM kullanan şirketlerin deneyimlerini belirlenmeye çalışılarak geçiş süreci için adımlar oluşturulmuştur.

Vaka analizi yapılacak ofisler seçilirken BIM sistemini kullanmayan, BIM sistemini geçiş süreci yaşamış fakat başarılı olamayıp süreci askıya alan, BIM sisteminin 3D modelleme aracı Revit, ArchiCAD gibi yazılımları sadece mimari disiplin modeli için kullanan BIM'in 3D modelini kapsamayan ofisleri eleyerek, BIM sistemine başarı ile geçiş yapmış, BIM sistemini aktif kullanarak proje üreten teze uygun veri sağlayabilecek ofisler seçilmeye çalışılmıştır.

Bu kriterlere uygun Dome + Partners , Bold Mimarlık, Era Mimarlık ofisleri vaka analizi yapılmak için tercih edilmiştir. Bu ofisler, Türkiye'nin önde gelen mimarlık ve proje ofisleri arasında olup hem Türkiye de hem de yurtdışında orta ve büyük ölçekli projeler üreterek hizmet vermeleri, BIM sistemine başarılı ile geçiş yapıp, bu sistemle proje üretiyor olmaları, Era'nın geleneksel yöntemden, klasik yönteme ve BIM sistemine geçiş yapmış, proje üretme süreçlerini yaşamış proje ofisi olması, Dome'un klasik yöntemde ve BIM sisteminde proje üretmesi ve geçiş süreçlerini yaşamış olması, Dome ve Era'nın geçiş sürecinde aynı projenin hem klasik yöntemle hem de BIM sistemi ile paralel yöntem izleyerek geçiş yapmış olmaları ve tasarımı oluşturan disiplinlerden bir kısmını kendi ofislerinde diğer kısmını dışardan destek alarak proje üretmesi, Bold'un ise geleneksel ve klasik yöntemle proje üretme ve geçiş süreçleri olmayıp proje ofislerinin BIM sistemi ile kurgulanarak kurulmuş olması, tasarımı oluşturan tüm disiplinleri bir ofis içerisinde çözüyor olması, BIM sistemine geçiş ve uygulama süreçlerine uygun veri sağlayabileceği düşünülerek tercih edilmiştir.

Görüşmeler her bir ofisle ayrı zamanlarda kendi ofislerinde bire bir yüzyüze görüşme yöntemi ile gerçekleşmiştir. Görüşmeler ; Dome + Partners 'dan Proje koordinatörü ve BIM direktörü Mimar Onur ALTUNİ, Bold Mimarlık 'tan Kurucu ortak

Mimar Erdinç ÇİFTCİ, Era Mimarlık ‘tan BIM yöneticisi /Mimar Ekim Orhan İsmi ile gerçekleştirilmiştir.

Görüşme de sorulan sorular ;

Soru 1: BIM sistemine duyulan ihtiyaç bağlamında gereksinimler ve deneyimler,

Soru 2: BIM sistemine geçiş süreci, karşılaşılan problemler ve çözüm yaklaşımları,

Soru 3: BIM sistemi ile proje uygulama süreç ve yöntemleri, soruları derinlemesine sorulup vaka analizi yöntemi kullanılarak cevaplar alınmaya çalışılmıştır.

Görüşme notlarının akışı; Soru sorularak üç ofisinde aynı soruya verdikleri yanıtlar arka arkaya olacak şekilde düzenlenmiştir.

Ör: soru 1:.....

Yanıtlar

Dome :.....

Bold :.....

Era :....., gibi ilerlemektedir.

4.1. Soru 1: BIM sistemine ihtiyaç duyma bağlamında gereksinimlerinizi yaşanılan deneyimlerle paylaşabilir misiniz ?

Verilen yanıtlar;

4.1.1. Dome :

BIM sistemine geçişe ihtiyaç doğuran ve motive eden bir çok etkenin olduğunu belirterek aşağıdaki şekilde açıklamalarda bulunuldu:

Şartnamelerde BIM kullanım zorunluluğu: İstanbul ‘da Okmeydanı ve Göztepe hastanelerinin yenileme projelerine katılmak istediklerini bu projelerin şartnamelerinde BIM kullanım zorunluluğu bulunduğunu bu gibi projelere katılabilmek için BIM’i kullanılması gerektiğini ve yine yurt dışında katılmak istedikleri projelerde örneğin; Katar ve Birleşik Arap Emirlikleri’nde ki projelerin danışmanlık şirketleri

genellikle Amerika Birleşik Devletlerinden ve Birleşik Krallık merkezli danışmanlık şirketleri tarafından yürütüldüğünü bu şirketlerinde şartnamelerinde BIM kullanımının zorlunlu olduğunu, bu taleplerin BIM sistemine geçişlerinde etken maddelerden biri olduğu belirtildi.

İşletme ve bakım onarımda BIM'in sağladığı çözümler: BIM'e ihtiyaç doğuran bir başka gereklilik olarak BIM'in 7D boyutu olan işletme bakım onarım safhasının daha verimli çalışması için işverenlerine 7D modeli vermek istediklerini, verdikleri örnekte bir projesinin proje tesliminden sonra işletme aşamasında cam temizleme ihalesi olduğunda 7D modelin olması halinde sadece model üzerinde kaç m2 cam olduğunun hesaplanıp ne kadara maliyeti çıkıcağının hesaplanabileceğini, yine bir başka örneklerinde; işletmede bir kattaki boru tesisatının değiştirilmesi gerektiğinde bu tesisatın kaç metre tül olduğu nerelerden geçtiği bağlantılı olduğu yerler gibi tüm detaya 7D model üzerinden rahatlıkla ulaşabildiklerini bununda işletme aşamasında çok verim sağlanabildiğini belirttiler. Bu hizmeti BIM sistemi ile sağlıyor olabilmenin ve bunu kullanabiliyor olabilmenin işverenler tarafından tercih sebebi olarak görüldüğü ifade edildi.

Çakışma kontrolleri ve koordinasyonda BIM'insağladığı çözümler: BIM'in gerekliliği ve ihtiyaç olduğuna dair deneyimledikleri bir başka örnekte ise 3D model ve çakışma analizine vurgu yaptılar. Bu deneyimlerinde inşaatının neredeyse %90 tamamlanmış aşamada olan Nazarbayev Üniversitesi projesinin yüklenici firmasının hakkedişleri hazırlayabilmek için kendilerinden BIM'in 3D modelinin ve çakışma kontrollerinin hazırlanmasını talep etmişler. AutoCAD projesine hiç müdahale etmeyerek hazırladıkları 3D modele çakışma kontrolleri yaptıklarında 10.200 civarında yapı elemanlarında çakışma tespit ettiklerini belirttiler. Yüklenici firmanın bu çakışmalara inşaat aşamasında karşılaştıklarını ve sahada çözümler üretip inşaatın bu şekilde tamamlandığını belirttiler. Bu durumun ek zamana, maliyete sebep olduğunu dolayısıyla istenilen tasarım detayına tam ulaşılamadığını belirttiler. Bu gibi problemlerin önüne geçebilmek için BIM'in 3D modelini oluşturarak tasarım aşamasında çakışmaları tesbit edip düzenlemek ve bunun üzerinden ilerlemenin daha verimli olduğunu deneyimledikleri belirtildi.

Parametrik yazılımlar ile BIM'in sağladığı çözümler: BIM'in 3D modelleme araçlarından olan Revit, ArchiCAD gibi parametrik yazılımları ile modellemeyi oluşturmalarından sonra kesit, plan ve görünüşlerin otomatik istenilen sayı ve boyutlarda istenilen yerden anında alınması ve herhangi bir revizyonda, revize edilecek kısım istenilen gibi değiştirildiğinde ilişkili olduğu tüm kesitler, görünüşler planlarda değişikliğin otomatik eş zamanlı güncelleniyor olması kendilerine çok kolaylık oluşturduğunu, zamandan ve maliyetten kazanç sağladıklarını BIM'e geçiş için kendilerini motive eden etkenlerden olduğu belirtildi.

4.1.2. Bold:

BIM sistemi ile birlikte çalışabilirlik: BIM sistemi ile tanışmalarının Londra'da mimarlık proje ofislerini ziyaretlerinde ofislerin çalışma şeklinin kendilerini etkilediğini sonrasında sistemi araştırıp Türkiye'de uygulamak istediklerini belirttiler. Proje ofisinde gözlemledikleri çalışma şeklini ise, yapının tasarımını oluşturan tüm paydaşların bir arada çalıştığını, yapının farklı bölümlerinin ayrı ayrı dosyalarda modellenirken ortak bir ekranda yapının oluştuğunu, karşılaşılan problemlere paydaşların bir arada hızlı çözümler üretebilmelerinden etkilendiklerini ve sonrasında bu çalışma modelini Türkiye'de Bold proje ofisi olarak BIM sistemi ile kurdukları belirtildi.

Şartnamelerde BIM kullanım zorunluluğu: BIM sistemine ihtiyaç doğuran sebeplere verdikleri bir başka örnekte ise, büyük ölçekli projelerde BIM talep edilmeye başlandığını, bu projelere katılabilmek için BIM sistemi ile çalışmaları gerektiği belirtildi.

BIM'in günümüz teknolojisi olduğu: BIM sistemini kullanmanın neden gerekli olduğuna dair analoji yaparak verdikleri örnekte; "*bir doktor olduğunuzu ve hastanızın kalp sorunuyla size gelmesiyle, sizin baypas ameliyatı ile hastanızı iyileştirebiliyor iken eski yöntem açık kalp ameliyatı ile hastanızı iyileştirmeye çalışmanız gibi bir durum olduğunu*" belirttiler. BIM sisteminin mevcut kullanılabilir bir teknoloji olduğunu, kanıtlanmış yararları verimlilikleri net belli iken klasik yöntemle proje oluşturarak işverenlere hizmet veriliyor olmasının doğru olmadığı görüşünde oldukları belirtildi.

Sürdürülebilirlik ve İşletme bakım onarımda BIM'in sağladığı çözümler: BIM siteminin getirmiş olduğu faydalara 6D sürdürülebilirlik, 7D işletme & bakım onarım boyutlarına vurgu yaparak çok yararlar sağladığını verdikleri örnekte ise; bir

hastane projesinin inşaatının tamamlanıp açılışını yapmakla işlerinin bitmiş, projenin tüm yaşam döngüsünün tasarlanılmış olmadığını, BIM sistemiyle tesisin işletme safhalarında ne kadar enerji tüketimi olacağının, bakım onarım maliyetlerinin ne kadar olacağının bu maliyetlerin tesis için sürdürülebilir aralıklarda olup olmayacağının analizlerini, hesaplamalarının BIM sistemi ile yapabildikleri bu tür gerekliliklerin yerine getirilebilmesi için BIM sistemine ihtiyaç duydukları belirttildi.

4.1.3. Era :

Şartnamelerde BIM kullanım zorunluluğu: BIM sistemi ile tanışmalarının Paris ve Pekin'de bulunan yurt dışı ofislerinden gelen bilgiler ve proje yarışmalarına katıldıklarında BIM ile çalışılması gereken şartname maddeleri vesilesiyle olduğu paylaşıldı.

Parametrik yazılımlar ile BIM'in sağladığı çözümler: BIM sistemine neden ihtiyaç duydunuz aşamasında ise sıklıkla büyük ölçekli projeler yaptıklarını, büyük ölçekli projelerinin içeriğinde AVM projelerinin de olduğunu Forum AVM lerin projelerinin kendilerinin yaptığını, ortalama bir Forum AVM projesinin boyutlarının 100.000 – 150.000 m2 aralığında olduğunu bu ölçeklere de proje üretirken oluşan döküman sayısının çok fazla olduğunu bir Forum AVM projesinin çıktılarının uzunluklarını hesapladıklarını ve bu çıktıları uc uca eklediklerinde bir atletizm pistinin etrafını üç kez dolaşacak uzunlukta olduğunu, çıktısı alınan dökümanların içeriğinde planların, kesitlerin, görünüşlerin, döşeme detaylarının, çatı detayları vb. bilgilerin içerdiğini, projenin bir kısmında ufak bir revize yapıldığında, revize yapılan bölümün ilişkili olduğu tüm paftaların düzenlenmesi gerektiğini belirtip verdikleri örnekte bir duvarın 20 cm hareket ettirildiğinde projede duvarın ilişkili olduğu bölümlerde bununda yaklaşık 30 – 40 paftaya denk geldiğini bu paftaların tamamını revize etmeleri gerektiğini belirttiler. Bahsettikleri bu Forum AVM projesinin metrajını almak için üç ay çalışma yaptıklarını bu tarz maliyet ve zaman kayıpları nedeniyle BIM sistemine geçiş yapma ihtiyacı duyduklarını belirttiler.

Türkiye'de projeler için ayrılan zaman genellikle hep kısıtlı olduğunu kendilerinin bu kısıtlı olan zamanı revizelerde, kesitleri oluşturmada harcamayıp, yapının kalitesine

katkı sağlayacak şekilde kullanmaları gerektiğini düşündüklerini ve kendilerinin BIM sistemine geçişteki çıkış noktalarının bu olduğunu belirttiler.

Döküman yönetim yazılımı ile BIM'in sağladığı çözümler: BIM sistemine geçişe gereklilik duydukları bir başka gerekçe olarak yaşamış oldukları deneyimi şu şekilde ifade ettiler; projesini hazırlayıp teslim ettikleri bir projede, mütahitin teslim ettikleri projenin inşaatına başladığını kontrol için gittiklerinde son teslimi yapılmış proje yerine, projenin bir önceki hali ile inşaata devam edildiğini gördüklerini, mütahite neden bu şekilde inşaatın yapıldığını sorduklarında son proje olarak bunun teslim edildiği cevabını aldıklarını belirttiler.

Bu vaka gibi bazen bilgi saklayanlarda olduğunu veya bir tarafın bilgiyi teslim ettiğini diğer tarafın bilginin kendisine ulaşmadığını vb. gibi sayıca çok paydaşın olduğu durumlarda bilgiyi yönetmede sorunlar yaşandığını kullandıkları dosya yönetim sistemi "BIM 360 Doc." ile bu tarz sorunların artık yaşamadıklarını belirtip açıklamalarında ise BIM sistemi ile gelen bu teknolojinin tüm paydaşların kullandığı ortak bir dosya yönetim sistemi olduğunu, hazırlanılan proje ile ilgili tüm bilgilerin bunun içerisinde toplandığı ve düzenlendiğini, projenin paylaşılan son hailinin hangisi olduğu, ne zaman paylaşıldığı kim tarafından oluşturulduğu, kimlerin görüntülediği gibi bilgileride içerdiği bulut tabanlı bir yazılım olduğunu açıklayıp eğer sorunu yaşadığımız bu projede dosya yönetim sistemi kullanıyor olsaydık bu sorunlar ile karşılaşmayacaklarını belirttiler.

Doküman yönetim sisteminin önemine vurgu yapmak için paylaştıkları bir başka vaka da ise, tasarımını yapıp teslim ettikleri bir projelerinde, inşaatın bitmek üzere olduğu bir aşamada inşaatın yöneticisinin kendilerini aradığını, kontrol için şantiyeye gittiklerini yöneticinin aradığı konu ile ilgili sorunu çözümledikten sonra inşaatı genel olarak kontrol ettikleri sırada, yağmur inişleri ile ilgili bölümde yöneticisinin yağmur inişleri hakkında kendilerine; binalarının tasarımını genel olarak çok beğendiklerini fakat yağmur inişlerindeki çözümlemelerini beğenmediklerini belirtmişler, inşaatın yöneticisine yağmur inişleri ile ilgili hazırladıkları detayı gösterdiklerinde ise, müteahhittin eline bu detayın ulaşmadığını, uygulama esnasında mevcut projede olmayan bir detay çözümüyle yağmur inişlerinin bilgileri dışında inşa edildiğini anladıklarını belirttiler.

Bu vaka ile BIM sistemi ile gelen BIM 360 doc. gibi döküman yönetim sisteminin çok kritik önemde olduğunu bir kez daha anladıklarını ifade ettiler. Klasik yönteme göre BIM sisteminin sağladığı bu avantajlar BIM'e geçme sebepleri olarak belirtildi.

4.2. Soru 2: BIM sistemine geçiş sürecini, karşılaşılan problemler ve çözüm yaklaşımlarınızı paylaşabilir misiniz?

4.2.1. Dome:

Şirket içerisinde BIM sistemini tanıtımı ve kullanılacak yazılımlar için eğitimler düzenlediklerini, workshoplar yaptıklarını, Şirket dışından BIM konusunda danışmanlık aldıklarını paylaştılar.

BIM sisteminin kullanabilmek için gerekli yazılımları belirleyip satın alındığını, bu yazılımların performanslı çalışabilmesi için bilgisayarların donanımlarını güncellediklerini belirttiler. BIM sisteminin mantığı olan birlikte çalışılabilirlik için şirket içerisindeki var olan network ve server kullanılıp, şirket dışından diğer paydaşlarla birlikte çalışılabilirliği sağlamak için bulut teknolojisini kullandıklarını açıkladılar.

BIM'in 3D modelini oluşturan akıllı objeler (family)'için gerekli olan temel family kütüphanelerini kendilerinin oluşturduğunu, projelere özgü gerekli olan diğer family'ler için national BIM library.com, bimobject.com gibi akıllı obje kütüphanelerinden temin ettiklerini açıkladılar. Birlikte çalışılabilirlik'te ortak dil oluşturmak için Biritish Standards Enstitution (BSI) tarafından hazırlanan BS:1192:2007+A1 2015 standardını kullandıklarını, BIM uygulama planı için Penn State University'nin hazırladığı BIM uygulama planını kılavuzunu tercih ettikleri belirtildi.

BIM sistemine geçiş yapmadan önce proje çizimleri için AutoCAD yazılımını kullandıklarını 2006 yılından itibaren BIM'in parametrik ve akıllı 3D model oluşturma yazılımlardan Revit'i kullanmaya başladıklarını açıkladılar. Geçiş sürecinde BIM'in sadece 3D boyutunun kullandıklarını ilerleyen yıllarda BIM'in diğer boyutlarına da hakim oldukça uygulama yapmaya başladıklarını belirttiler.

Geçiş sürecinde proje çizimlerini AutoCAD yazılımı ile yaparlarken aynı zamanda Revit yazılımı ile de projenin 3D modellemesini oluşturarak paralel süreç yaşadıklarını, Klasik yöntemde kullanılan AutoCAD yazılımı ile üretilen planlar, kesitler, görünüşler vb. paftları Revit yazılımıyla sorunsuz oluşturabildiklerinde AutoCAD yazılımı ile proje oluşturma süreçlerini kapattıklarını belirttiler. Bu aşamadan sonra tüm projeler için AutoCAD yazılımı kullanılmadan BIM'in 3D modelleme yazılımlardan Revit ile projeleri oluşturma kararı aldıklarını paylaştılar. Klasik yöntemden BIM sistemine geçiş sürecinin iki, üç yıl arasında sürdüğü belirtildi.

Geçiş sürecinde yaşanılan problemler; Tercih ettikleri BIM yazılımlarından Revit'in o dönemdeki versiyonlarının bazı yetersizliklerinden dolayı sorunlar yaşadıklarını, verdiği örneklerinde; kavisli projelerinin olduğunu ve kavisli kirişler çizmeleri gerektiğini fakat yazılımın içerisinde bunu pratik yapacak kavisli kiriş komutun olmadığını, family oluşturarak bu sorunu çözdüklerini ifade ettiler. Yazılımın sonraki versiyonlarında kavisli kirişler içinde komut eklenmesiyle 3D modeli oluşturmadaki yaşadıkları bu sorunun da çözüldüğünü belirttiler.
BIM sistemine geçiş yapmaya başladıkları zamanlarda kullanacakları programlarla çok deneyimleri olmadıklarından, yazılımlara hakim olamamaktan sorunlar yaşadıklarını, pratik yaptıkça yazılımın mantığını kavradıkça çok daha kolay model oluşturmaya başladıklarını ifade ettiler.

Yaşadıkları bir başka problemin workset (Revit yazılımı içinde ayrı çalışmayı sağlayan çalışma dosyaları) konusunda olduğunu belirtip, projeyi parçalara ayırarak *workset'*ler oluşturma yaşadıklarını açıkladılar. Yapının 3D modelini oluşturmak için projeyi ekibinin uzmanlıkları, oluşacak dosya boyutu, proje büyüklüğü gibi kriterleri göz önüne alarak worksetlere ayırdıklarını fakat bu konudaki deneyimsizliklerinden dolayı çok sorunlar yaşadıklarını belirttiler. Yaşadıkları problemleri verdikleri örnekte ise yapıyı uygun parçalara ayırıp doğru worksetler oluşturabilselerdi 3D modeli daha hızlı ve sorunsuz oluşturabileceklerini fakat modeli birden fazla worksetlere ayırdıklarında dosya büyüklüğünden kaynaklı çizim modelini açma kapatma süreçlerinin uzunluğuna yönelik sorunları yaşadıklarını, modeli parçalara ayırmadan tek workset üzerinden yaptıklarında ise dosya boyutunun çok yükseldiğini ve modelin kontrolünün zorlaştığı belirtildi.

Yaşadıkları diğer bir problemleri ise; hazırladıkları 3D modele girilen bilgilerin (malzeme bilgileri, ısı, ses geçirgenlik katsayıları vb.) eksik olduğundan metraj almada ve analizlerde doğru sonuca ulaşamadıklarını ifade ettiler. Bu süreçlerin yorucu ve zaman kayıplarıyla geçtiği belirtildi.

Yaşanılan problemlere çözüm yaklaşımları; Öncelikle problemleri çözmek için kendilerinin yazılım içerisinde denemeler yaparak çözmeye çalıştıklarını, internetten araştırma yaptıklarını bu şekilde çözemedikleri problemlerde ise satın aldıkları yazılımın Türkiye'deki uzman yetkililerinden telefon, mail yoluyla veya ofislerine davet ederek projelerinin üzerinden destek aldıklarını bu aşamalarla geçiş sürecinde yaşanılan sorunları çözebildiklerini ifade ettiler.

BIM sistemine geçiş sürecinde proje oluşturma süreçlerinin değiştiğini, birçok zorluklarla karşılaştıklarını, AutoCAD yazılımı ile proje çizgiler ile temsil edilirken Revit'e geçildiğinde proje artık 3D modellenmekteydi bu süreçte ekiplerinin çok direnç gösterdiklerini şirket kurucusu ve yöneticisi Murat Yılmaz'ın destekleyip öncülük ettiğini ve bu süreci başarı ile tamamlayabildiklerini BIM'in tüm boyutlarını kullanıp projeler üretebildiklerini belirttiler.

Gözlemledikleri bazı ofisler de BIM sisteminin tam kavranmayıp gerekliliğine inanılmadığında geçiş sürecinde sorunlar yaşanıldığını, tekrar klasik yöntemle proje oluşturma süreçlerine geri dönüldüğü belirtildi.
BIM sistemine geçişte yazılım, donanım, eğitim gibi temel ihtiyaçlar giderildikten sonra küçük ölçekli projeler ile başlanılması, hatta yapılmış olunan bir proje ile BIM sistemin de tekrar oluşturmaya çalışılması bu sürecin daha hızlı ve en az sorunla geçiş sağlanabileceği görüşünde olduklarını açıkladılar.

4.2.2. Bold:

BIM sistemine geçiş süreci sorumuza, 2013 yılında kurmuş oldukları şirketlerinin kuruluşundan itibaren BIM sistemi ile çalıştıklarını klasik yöntemle proje geçmişlerinin olmadıkları belirtildi.

Proje ofislerinin kuruluşundan itibaren iki ay boyunca iş almadıklarını, bu süreç içerisinde proje ekiplerini ve BIM sisteminin alt yapısını oluşturduklarını belirttiler. BIM sistemini kavramak ve uygulama pratiği kazanmak için araştırmalar yaptıklarını, satın aldıkları yazılımların Türkiye'de BIM konusunda uzman yetkililerinden eğitimler, danışmanlıklar aldıklarını, BIM ile ilgili düzenlenen etkinliklere katıldıklarını bu şekilde çalışmalar ile BIM sisteminin tüm kapsamına hakim olduklarını ifade ettiler.

Proje ofislerine katılacak yeni ekip arkadaşları için BIM sitemine ve ofisin çalışma sistemine adapte olması için uyguladıkları kendilerine özgü eğitim sistemi olduğunu ve bu eğitimi BIM eğitimi ve teknik eğitim olarak ikiye ayırdıklarını ifade ettiler. Bu eğitim sistemini uygulama sürecini ise şu şekilde belirttiler; ekibe yeni katılan kişilere bir ay boyunca iş vermediklerini bu süreç içerisinde BIM eğitimi ve teknik eğitimler verdiklerini, eğitimin ilk iki haftasında önceden hazırladıkları videoları izleterek ve videoların sonlarına ekledikleri uygulamaları yaptırtarak geçtiğini, bu sürecin tamamlanmasından sonra üçüncü hafta başından itibaren teknik uygulamalar yaptırdıklarını, dördüncü hafta içerisinde de bilerek hazırladıkları hatalı projeler bulunduğunu ve bu hataların çözülmesini istediklerini bir aylık eğitim sürecini bu şekilde tamamladıklarını belirttiler. Vermiş oldukları problemden bir tanesinin; bir merdivenin modellemesini istediklerini bu merdivenin statiğinde çözümlenmesi gereken bir problem bıraktıklarını eğer bu problemi görüp çözebilirse proje ekiplerine kattıklarını, görüp çözemediği durumlarda ise eğitimine devam edildiğini belirttiler.

BIM 3D modelini oluşturmak için Revit yazılımını kullandıklarını AutoCAD yazılımını hiç kullanmadıklarını, çakışma analizlerinde Navisworks ve dosya paylaşım platformu olarak BIM 360 Doc. yazılımlarını kullandıklarını, BIM sistemi ile proje oluşturmaya başladıkları ilk süreçlerde 3D modeli oluştururken koordinasyonun sağlanmasında, projenin bölümlere ayrılıp worksetler (çalışma dosyaları) oluşturmada problemler yaşadıklarını, bu problemlerini denemeler yaparak, yapılan örnek projeleri inceleyerek, BIM konusunda deneyimli uzman kişilerden danışmanlık alarak yaşadıkları sorunları çözdüklerini belirttiler. Yaşadıkları bir başka problem ise modellemeler yaparken kullandıkları yazılımın sınırlılıklarından dolayı olduğunu istenilen modellemeleri yapmada sorunlar yaşadıklarını, geliştirilen sonraki versiyonlarda ve Dynomo'da yazılan script'lerle bu sorunları da çözüme kavuşturduklarını açıkladılar.

Yaşadıkları başka bir sorunun ise, BIM sistemi ile hazırlanılan proje maliyetlerinin klasik yöntemle hazırlanan proje maliyetlerinden yüksek olması ***işveren*** tarafından ilk başta tepkiyle karşılandığını, iş verene bu farkın neden olduğunu açıkladıklarında ve hazırlanacak projenin inşaat ve işletme aşamalarında sağladığı maliyet, zaman vb. kazançlarıyla fazlasıyla geri döndüğünü belirttiklerinde olumlu geri dönütler aldıklarını belirttiler.

BIM'e geçiş sürecinden edindikleri deneyimler, konuşmacı ve konuk olarak katıldığı BIM konulu etkinliklerde Klasik yöntemden BIM sistemine geçişin sadece iş yapma süreci değişikliği olmadığını gördüklerini, proje oluşturma yönteminin, düşünme şeklinin, iş yapma şeklinin tamamen değiştiğini belirtip BIM sistemine geçişte başarılı olunabilmesi için; BIM sistemi için gerekli alt yapının kurulması, bir stratejinin oluşturulması gerektiği, örneğin; geçiş sürecinin aşamalara bölerek ilk bir yıl BIM'in sadece 3D boyutu hedeflenip hatta bu 3D modelin LOD 200 seviyesinde (Model detay seviyesi) yapılıp, bu hedefe ulaşılınca diğer model detay seviyeleri ve BIM boyutları hedeflenebileceğini ve bu hedeflere aşama aşama ulaşılabileceği düşüncesinde olduklarını belirttiler.

Klasik yöntemle proje oluşturma sürecinin bırakılarak BIM sistemi ile proje yapılmaya başlanılması gerektiği düşüncesini taşıdıklarını, aynı anda hem klasik yöntemle proje oluşturmak ve hem de BIM sistemi ile proje yapmanın zor olduğunu düşündüklerini, bu ikili yöntemle ilerlendiğinde geçiş sürecinde zorlanmalar olduğunda klasik yöntemle yapabileceklerine yönelik düşünceler oluştuğunu, BIM sisteminden vazgeçme veya askıya almalar yaşandığını, zorluklara karşı direnme ve çözüme odaklanmayı zayıflattığını geçiş sürecini uzattığını, bu gibi sebeplerden dolayı klasik yöntemde proje yapma süreci bırakılarak, BIM sistemi ile proje oluşturulma yönteminin kullanılması gerektiğini düşündüklerini belirttiler.

BIM'e geçiş sürecinde sadece mimari disiplinin BIM sistemine geçiş yapmasının yeterli olmadığının, tasarımı oluşturan tüm disiplinlerin BIM sistemi ile çalışması gerektiğini, vermiş oldukları önekte mimari ekip mimari modeli istenilen model detay seviyesinde oluşturduğunda, mekanik ekip mekanik modeli oluşturmadıysa bu sistemin

çalışmadığını ve bu durumları da dikkate alarak kendi sistemlerini kurarken tasarımı oluşturan tüm disiplinlerin bir arada BIM sistemi ile oluşturduklarını belirttiler.

Geçiş sürecindeki deneyimleri ve farklı ofislerin geçiş sürecindeki yaşadıklarından edindiği gözlemlerden bu sürecin sancılı geçtiğinin çalışan personelin BIM sistemine uyum sağlayamamaktan, bu sistemle çalışmak istememesinden kaynaklı personel kayıplarının yaşanabildiğini fakat zorlu geçen geçiş sürecinden sonra BIM sistemine adapte olununca çok faydalarının ve verimliliğinin görüldüğünü belirttiler.

BIM sistemine geçişte dikkat çektikleri bir başka önemli direncin ise BIM'in proje yapım süreçlerinin tümünü şeffaflaştırdığını, günümüz şartlarında ise klasik yöntemle proje yapım süreçlerinde sektörün çalışma şeklinin bu şeffaflığa pek alışkın olmaması BIM sistemine geçişi yavaşlattığı tespitinde bulundular.

4.2.3. Era:

Ofislerinin geleneksel yöntemle çizim yapıldığı dönemlerden bilgisayar destekli çizim'e geçişi oradan da BIM sistemine geçiş süreçlerini yaşadıklarını, 1986 yılında geleneksel çizim yapıldığı dönemde şirket kurucuları Ertun Hızıroğlu'nun bir gün mesai bitiminden sonra bilgisayarları getirtip kurdurttuğunu, ertesi gün personel geldiğinde çizim yapılabilmesi için gerekli olan T cetvellerinin, çizim masalarının olmadığını, ofiste bilgisayarların bulunduğunu görmüşler, bundan sonraki süreçte projeleri bilgisayar destekli çizim programları (CAD) ile oluşturmaları gerektiğini belirtmiş ve personelin tamamına yakını yeni sisteme uyum sağlayamadığından işten ayrılmış, kalan bir kaç kişi ile devam etmiş olduklarını açıkladılar.

Bu geçişte geleneksel yöntemle proje oluşturuluyor iken bilgisayar destekli çizim yazılımlarıyla yapılmaya başlandığını, çizim proje oluşturma mantığının aynı sadece projeyi çizmek için araçların değiştiğini fakat BIM sistemine geçişin önceki geçiş süreci gibi olmadığını tamamen proje oluşturma mantığının, kültürünün değiştiğini belirttiler.

Bu geçiş süreci için verdikleri örnekte; geleneksel çizim yönteminde ve bilgisayar destekli çizimlerde duvarın projede 2D çizgi ile temsili yapılıyor iken BIM sisteminde duvarı 3D olarak ördüklerini, önceki proje çizim yöntemlerinde kesit, görünüş, detay

çizmek zamanlarını alan bir iş olurken BIM sistemi ile yapının 3D modeli oluşturulduktan sonra kesit, görünüş, detay çizimlerinin yazılım tarafından otomatik oluşturulduğunu istenildiğinde 3D modelden tek komut ile alabildiklerini artık bunların zamanlarını alan bir iş olmadığını belirttiler.

Mimarlığın multidisipliner sistemin başındaki akıl olduğundan, bir çok noktaya hakim olunması gerektiğini, projelerinin ölçekleri büyüdükçe projenin tamamına hakim olmanın zorlaştığını, ayrı ayrı yerlerde oluşturulan bilgilerin şimdi BIM sistemi ile bir model üzerinde topladıklarını bu şekilde iş yapma şekillerinin değiştiğini belirttiler.

BIM sistemine geçişin ne gibi değişiklikler oluşturduğuna vurgular yaparak şirket olarak kendilerinin yaşamış oldukları süreçleri aşağıdaki gibi aktarılmıştır;
Klasik yöntemle proje oluştururken AutoCAD yazılımını, BIM sisteminin 3D model oluşturma araçlarından Revit yazılımını, konsept aşamasında Sketch UP ve Autodesk FormLt yazılımlarını, çakışma kontrollerinde Navisworks, dosya paylaşım platformu olarak ta 360 Doc. yazılımlarını kullandıklarının bilgisini paylaştılar. Geçiş sürecinde paralel süreci uyguladıklarını yedi ay gibi bir süre projelerini AutoCAD yazılımı ile oluştururken aynı zaman da Revit yazılımı ile de 3D modeli oluşturduklarını bu süre sonunda Revit ile BIM'in 3D modelini oluşturabildiklerine karar verdikten sonra AutoCAD yazılımına ihtiyaçlarının ortadan kalktığını belirttiler.

BIM sistemine geçişte ilk aşama olarak BIM'in 3D boyutunu hedeflediklerini, uygulamalarını yaptıkları ilk projeleri 2009 yılında başladıkları İstanbul Pendik bölgesinde bulunan Garanti Bankası Teknoloji Merkezi projesi olduğu bilgisini paylaştılar. Bu projede sadece mimari ve statik disiplinlerinin 3D modellerini oluşturduklarını müteahhit firmanın BIM sistemini kullanmadığından projenin klasik yöntemle inşaatının yapıldığını belirttiler.

BIM sistemini ilk kullanma aşamalarında yaşadıkları sorunları ise şu şekilde ifade ettiler; BIM sistemine geçişi büyük ölçekli proje ile yaptıklarından çok problemlerle karşılaştıklarını 3D modelleme yazılımı olarak kullandıkları Revit ile o güne kadar karşılaşmadıkları hata bildirimlerini gördüklerini belirttiler. Yaşadıkları problemleri ise;

projeyi parçalara ayırarak workset (çalışma dosyaları) oluşturmada, bu workset'leri birbirlerine ve ana dosyaya bağlamada, oluşturulan workset'lerin dosya büyüklüklerini ön görmede olduğunu açıkladılar. Karşılaştıkları problemlerin çözümü için ise internetten araştırma yaptıklarını, satın aldıkları yazılımların Türkiye'de BIM konusunda uzman kişilerden danışmanlık, ofis içi eğitimler aldıklarını bu süreçlerin 2010 yılına kadar sürdüğünü belirttiler. Görüşme yaptığımız güne kadar da 1.200.000 m2 civarında BIM sistemi ile proje oluşturduklarını bu süreç içerisinde çok tecrübeler edindiklerini aktardılar.

Ekiplerine yeni katılacak personel için ise BIM sistemine geçiş yapıp adapte olabilmeleri için ofis içi eğitimler verdiklerini, proje üzerinde uygulamalar yaptırarak sisteme adapte olmasını sağladıklarını belirttiler.

BIM sistemine geçişte yaşadıkları deneyimlerle geçiş süreci içerisinde BIM sistemi için gerekli olan alt yapının (bilgisayar donanımları, ağ bağlantıları network, yazılımlar, model kütüphanesi, template dosyalar vb.) iyi kurulmasının gerektiğini, BIM sistemi ile yapılacak ilk projenin küçük ölçeklerde olması daha az sorunla sisteme adapte olunabileceği düşüncelerini paylaştılar.

Geçiş aşamasında birçok zorluklarla karşılaştıklarını, yaşadıkları bir denyimi şu şekilde paylaştılar; BIM'in 3D modelleme yazılımlarından olan Revit'in yapabildiklerini öğrendiklerinde çok heyecanlandıklarını ve bir an önce geçiş yapmak istediklerini, sonra uygulama aşamasına geldiklerinde bazı zorluklarla karşılaştıklarını bu zorluklar ile karşılaşınca yeni sistemde pratikleşemedikleri için klasik yöntemdeki AutoCAD yazılımı ile daha rahat yapabilecekleri gibi söylemler içerisine girdiklerini fakat şirket olarak giçiş yapılması için karar aldıklarından ve geçiş sürecinde zorluklarla karşılaşılmasının muhtemel olabileceğinden karşılaşılan sorunları çözümleyerek sisteme adapte olduklarını sonrasında ise bu sistemden vazgeçemediklerini belirttiler.

AutoCAD programını sadece eski yapmış oldukları projelerden yeniden yapılandırma talebi için gelen müşterileri olduğunda kullandıklarını belirttiler. Geçiş sürecinde ofis içerisinde ekip arkadaşlarının gösterdikleri dirençle ilgili yaşadıklarını şu

şekilde paylaştılar; AutoCAD programını yıllardır lisp'lerle birlikte profesyonel olarak çok iyi ve pratik kullanan ekip arkadaşları olduğunu Revit'e geçiş sürecinde çok direndiklerini bir şekilde bu arkadaşlarını ikna edip geçiş yaptıklarında ise sistemin kolaylıklarını gördükçe daha erken geçişin yapılması gerektiği düşüncelerini kendisiyle paylaşıldığını belirttiler.

4.3. Soru 3: BIM sistemi ile proje uygulama süreç ve yöntemlerinizi paylaşabilir misiniz?

4.3.1. Dome:

Projeye başlanılmadan önce yapıyı oluşturmak için gerekli tüm paydaşların bir araya gelerek, BIM koordinatörünün liderliğinde bir kaç toplantı yaparak BIM uygulama planını hazırladıklarını, sonrasında her disiplinin BIM yöneticisi hazırlanan plan çerçevesinde ilerleyerek BIM modelini oluşturduklarını belirttiler.

Hazırlanan BIM uygulama planı içerisinde BIM hedeflerinin bulunduğunu bu hedeflerin işverenin taleplerine göre oluştuğunu örneğin: 3D çakışma kontrolü ve koordinasyon, 5D maliyet ve hakkediş hesaplamaları veya 7D işletme bakım onarım gibi hedeflere ulaşılmak istenebildiğini, bu hedeflerin oluşturacakları BIM modeli için önemli olduğunu ulaşılmak istenen hedeflere göre BIM modeline bilgiler eklendiğini bu hedeflere göre LOD (model detay seviyesi) belirlendiğini sonrasında tüm disiplinler modellerini belirlenen bu model detay seviyesine göre hazırladıklarını belirttiler.

BIM uygulama planı içerisinde yukarda belirtilen işveren taleplerine göre belirlenen model detay seviyesi gibi her disiplinin BIM yöneticilerini belirlediklerini, disiplinlerin kendi içlerinde hazırladıkları modellerin diğer disiplinlerin modelleriyle çakışma kontrollerinin yapılacağı aşama ve aralıkları programladıklarını, modellerin isimlendirme, dosyalama gibi ortak dil oluşması için hangi standardın kullanacağını belirlediklerini, dosya paylaşımlarının nasıl yapılacağını, nereye yapılacağını, dosyaları ortak klasöre kimlerin yükleme yapıp, kimlerin görüntüleyebileceği gibi yetkilendirmeleri yaptıklarını, özetle projeyi oluştururken tüm aşamaları göze önüne aldıklarını bu süreçlerin sağlıklı işleyebilmesi için planlamalar yaptıklarını belirttiler.

Uygulama planı hazırlarken Penn State Üniversitesinin hazırlamış olduğu BIM uygulama planı kılavuzunu referans aldıklarını, dosya klasör yapısı ve isimlendirme standartları için ***Şekil 3.13***'de gösterildiği gibi , British Standartlarını (BS) referans aldıklarını belirttiler.

BIM sistemi içerisinde family olarak adlandırılan yapı elemanlarının modellerini genellikle kendi oluşturdukları kütüphanelerden kullandıklarını, kütüphanelerinde mevcut olmayan family akıllı objeler için bimobject.com veya nationalbimlibrary.com web sitelerinden temin ettiklerini belirttiler.

BIM uygulama planı hazırlandıktan sonraki süreçte mimari, statik, mekanik, elektrik ekip liderleriyle bir araya gelerek toplantılar yaptıklarını bu toplantıda hazırladıkları konsept model üzerinden disiplinler arasındaki koordinasyonu oluşturmak için bir ortak alan koridoru seçtiklerini ve tüm disiplinlerin bu mahaldeki konumlarını belirleyip modelleme yapmalarını talep ettiklerini, hazırlanan modeller üzerinden çakışma kontrolleri yapılıp aldıkları karar ile tüm disiplinler modellemeye bu düzen içerisinde başladıklarını belirttiler. Verdikleri örnekte ortak alan koridorunda statik disiplininin kolon ve kirişleri, mekanik disiplininin havalandırma kanalları, yangın tesisatı, elektrik disiplininin kablo tavalarının konumlarını belirlediklerini ve belirlenen bu düzen içerisinden ilgili disiplinlerin modellemeye devam ettiklerini belirttiler.

Hedeflerin belirlenip, disiplinler arasındaki koordinasyonun sağlanmasından sonra her disiplin kendi içerisinde ekibin uzmanlık alanlarına, projenin büyüklüğüne göre model parçalara yani ayrı workset (çalışma dosyalarına) ayrıldığını, ve bunun koordinasyonundan sorumlu kişinin ise ilgili disiplinin BIM yöneticisi olarak belirlediklerini açıkladılar. Kendilerinin hazırladıkları projelerde ayrı ayrı Revit dosyalarında hazırladıkları modelleri bulut sistemi üzerinde birbirine bağladıklarını, bu işlemi Revit programı ara yüzünde mevcut bulunan "Collobration for Revit" özelliği ile sağladıklarını belirttiler.

Hazırladıkları projelerde BIM koordinatörlüğünü ve BIM yöneticiliğini kendilerinin yaptığını aynı zamanda mimarlık disiplinin projenin yönetmeni olduğundan

statik, mekanik, elektrik gibi disiplinlerin koordinasyonun sağlama sorumluluğunun mimar olarak kendileri yaptığını belirttiler.

Kendilerinin işverenden projeyi alırken tüm disiplinlerin işlerini almayı tercih ettiklerini, bu yöntemle projeyi kendilerinin oluşturacağı şartname ile yönetip diğer disiplinler de çalışacakları ekipleri kendilerinin seçtiğini, süreci bu şekilde daha verimli yürütebildiklerini belirttiler. Bu yöntemle kendileri mimari 3D modeli Revit yazılımı ile oluştururken diğer disiplinlerinde (mekanik, statik, elektrik gibi) aynı yazılım ve versiyonda çalışabilen uyumlu ekipler kurmaya çalıştıklarını belirttiler.

Eğer işveren kendileriyle projenin sadece mimarisi ile çalışıp diğer disiplinleri işveren seçtiğinde BIM sistemini kullanma durumlarına göre yöntemler uyguladıklarını belirttiler. Diğer disiplinler aynı yazılım ve versiyonu kullanma durumunda süreç bir önceki ile aynı ilerleyebildiğini, farklı BIM yazılımları kullanmaları durumunda disiplinler arası ortak veri paylaşım uzantısı olan IFC (Industry Foundation Classes) ile modellerin birleştirmelerini sağladıklarını belirttiler.

Diğer disiplinlerin BIM sistemini kullanmayıp klasik yöntemle çalıştıklarında ise diğer disiplinlerin (mekanik, elektrik, statik) 3D modellerini ofisteki mimari ekiplerinin oluşturduğunu belirttiler.

İşverenden gelen işin yapılış yöntemlerini belirtmelerinden sonra mimari haricindeki diğer disiplinlerle yaşamış oldukları deneyimleri şu şekilde ifade ettiler;
Kendilerinin çalıştıkları statik şirketi Tekla yazılımı ile modellerini oluşturup analizlerini yaptıklarını ve kendileriyle 3D modeli IFC uzantısı ile paylaştıklarında Revit yazılımına ekleyebildiklerini statik disipliniyle bu yöntemle sorunsuz çalışabildiklerini belirttiler.

Çalıştıkları mekanik şirketi ise 3D modellerini Revit üzerinden oluşturduğundan kolayca kendi modellerine ekleyebildiklerini, elektrik disiplini ile çalışma şekillerinde ise; Revit'in elektrik disiplininde çok verimli çalışmadığını, genellikle elektrik disiplini kendi hesaplamalarını AutoCAD programları üzerinden yaptıklarını, elektrik disiplininden isteklerinin sadece hacim kaplayan örneğin; elektrik kablo tavaları, elektrik

panoları gibi elemanlarını Revit'te modelleyip mimari ofisle paylaşmaları olduğunu belirttiler.

4.3.2. Bold :

Projeye başlamadan önce tüm paydaşlarla bir araya gelerek yapının yaşam döngüsü boyunca tüm süreçleri düşünülerek projenin BIM uygulama planlamasını yaptıklarını belirtip yaptıkları bu planlamanın detaylı ve kapsamlı bir plan olduğunu vurguladılar. BIM uygulama planının hazırlanıp onaylanması yapılmadan projeye başlamadıklarını, planın içeriğinde yaptıkları iş programlarındaki bir detaydan verdikleri örnekte; kullanılacak betonun miktarını, özelliklerini, nerden temin edileceğini, temin edilecek firmanın istenilen miktar kadar yeterliliği olup olmadığı, istenilen zaman ve sürede istenilen kalitede uygulamasını yapılıp yapılamayacağı alternatif çözümler gibi detaylı planlamalar yaptıklarını belirttiler. Bu şekilde ilerlediklerinde karşılaşabilecekleri problemleri minimuma indirebildiklerini ifade ettiler.

BIM uygulama planı olarak Penn State Üniversitesi'nin uygulama planı kılavuzunu referans aldıklarını, BIM uygulama planı içerisinde BIM sistemi ile yapılacak projenin amaç ve hedeflerin belirlenmesinde iş verenin mimari ofisten "BIM'in 5D boyutunu 7D boyutunu istiyorum aydınlatma simülasyonu" veya "as-build modeli" istediklerine dair bir talepte bulunmadıklarını belirtip, yine analoji yaparak verdikleri örneklerinde "*karnımızda ağrı hissederek doktora gittiklerinde pankreasımda üre nüksedi demediklerini sadece karnımızın şu bölgesinde ağrı hissettikleri belirtip doktorun doğru teşhisi koyup bu teşhise uygun tedaviler yaptıklarını*," kendilerine de iş verenlerin geldiklerinde önceki projelerinde çok revizyon olduğunu belirttiklerinde gerekli çözümün 3D modelin oluşturulup koordinasyonun yapılması , çakışma kontrollerinin yapılması olarak belirlediklerini, yine iş verenin metraj da, hakkediş hesaplamalarda, sorunlar yaşamak istemediklerini bu ihtiyaçlara çözüm olarak BIM'in 5D boyutunun hedeflenilmesi gerektiğini, bu yöntemlerle iş verenin ihtiyaç ve talepleri doğrultusunda BIM'de amaç ve hedeflerin belirlenmelerini sağladıklarını belirttiler.

Ofislerini tasarımı oluşturan paydaşların bir arada olucak şekilde kurguladıklarını, sadece mimarlık ofisi değil, proje ofisi olduğunu içeriğinde mimari, statik, mekanik ve

elektrik ekiplerinin bulunduğunu bu model ile proje oluşturmada daha verimli sonuçlar aldıklarını, işverenler tarafından tercih sebepleri arasında görüldüğünü belirtip bu model ile çalışmada işverenler tarafından tasarımı oluşturan her disiplinle ayrı ayrı ilgilenip ve koordinasyonun sağlanılması yerine, tek bir ofis ile çalışıp tasarımla ilgili yetki ve sorumluluğun verilip daha verimli sonuçlar alınabildiğini belirttiler.

4.3.3. Era:

BIM'in sadece 3D boyutunu kullandıklarını, 3D modeli oluşturmak içinde Revit yazılımı kullandıklarını, diğer disiplinlerle de Revit yazılımı ile ortak çalıştıklarını belirttiler. Mimari ve elektrik disiplinlerinin kendi bünyelerinde bulunduğunun mekanik ve statik disiplinlerinin hizmetlerini dışardan aldıklarını belirttiler.

Şirket içerisinde BIM'in 3D modelini oluşturmak için projeyi arkadaşların uzmanlıkları ve yapılmak istenen 3D modelin detay seviyesi gibi durumları göz önüne bulundurarak worksetlere (çalışma dosyaları) oluşturduklarını, her bir workset'in dosya boyutunu 300 -350 mb arasında tutmaya çalıştıklarını bu şekilde worksetlerin daha iyi kontrol edebildiklerini paylaştılar. Verdikleri örnekte; Ruhsat projesi hazırladıklarında model detayının daha az olduğundan projeyi normalden daha büyük m^2 lere bölebildiklerini, bazı ruhsat projelerinde hiç bölme yapmadan da 3D modeli oluşturabildiklerini belirttiler.

BIM'in 3D modelini oluşturmak için Penn State University'nin hazırladığı kılavuzu kullandıklarını fakat henüz görüşmenin yapıldığı güne kadar BIM'in tüm boyutlarını kapsayan detaylı BIM uygulama planı hazırlamadıklarını paylaştılar. Ofis içinde koordinasyonun sağlanması için kendilerinin hazırladığı dosya isimlendirme klasörleme, süreç haritaları gibi düzenlemelerinin bulunduğunu belirttiler.
BIM'in günümüz sınırlıkları olarak değerlendirdikleri konuları ise;

BIM sisteminin tam ve verimli kullanılabilmesi için proje paydaşlarının tamamının BIM hakkında bilgilerinin, deneyimlerinin olması gerektiğinin fakat günümüz koşullarında Türkiye ölçeğinde bunun henüz tam olarak gerçekleştirilebilir olmadığını gözlemlediklerini belirttiler.

BIM sistemini kullanabilmek için gerekli yazılımların ve bu yazılımların verimli çalışabilmeleri için gerekli donanımların maliyetlerinin yüksek olması, BIM konusunda ülkemizde bilgili, deneyimli kişilerin az olması, yeterli Türkçe kaynağın bulunuyor olmaması BIM sistemine geçişi zorlaştırdığı değerlendirmesini paylaştılar.

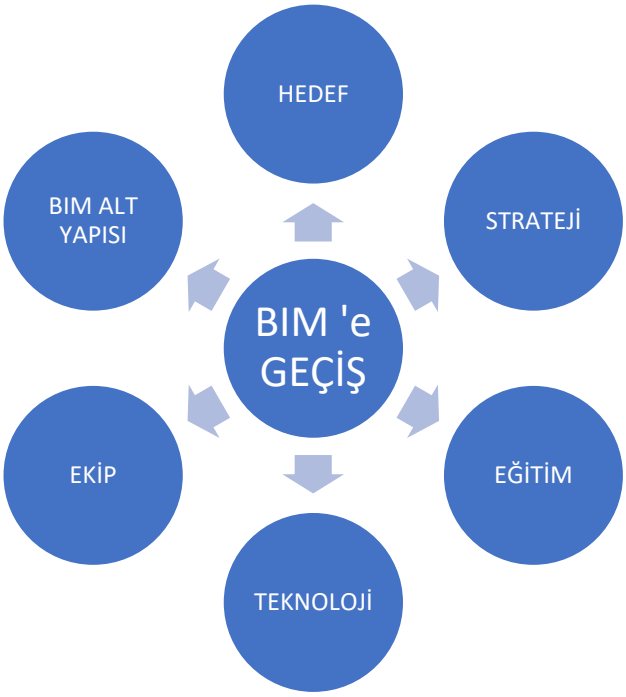
Günümüz koşullarında tanıdıkları bir çok mimarlık şirketlerinin ofis giderlerini azaltabilmek için personel eksiltme yaptıklarını, BIM sistemine geçişin ve proje oluşturmadaki maliyetlerin günümüz şartlarından kabul edilebilirliğini zorlaştırdığını gözlemlediklerini, proje oluşturmadaki maliyetlerin artmasını ise BIM sistemi ile proje yapılış sürelerinin klasik yöntemle yapılış sürelerinden daha uzun sürede yapılıyor olması, yazılım, donanım, yetişmiş personel maliyetlerinin yüksek olması günümüzde karşımıza çıkan sınırlılık olarak gördüklerini ifade ettiler.

Katıldıkları bir etkinlikte, yurtdışından konuşmacı olarak katılan proje ofisinin sunumunda tek bloklu bir ofis binası projesinin iki yıl sürdüğünü ve bu projede çalışan personel sayısının 20 kişi olduğunu belirttiklerini, Türkiye'de proje ofislerinin aynı koşullarda iş yapamadığını, o şekilde çalışma durumunda proje ofisinin ayakta duramayacağını, kendilerinden aynı projeyi tek personelin 6 ay gibi kısa bir sürede yapılmasını talep ettiklerini belirttiler.

BIM sisteminin projeyi modellemede, uygulamada, teslimde, işletmede yani yapının yaşam döngüsünün tamamında klasik süreçlere göre çok avantajlar ve mali kazançlar sağladığını bu sistemin gerekliliğinin, avantajlarının işverenler tarafından tam kavranmadığının dolayısıyla pazarlamasının yapılamadığını bu farkındalıkların oluşmadığından BIM sistemi ile proje oluşturmanın maliyetleri yüksek olarak değerlendirildiğini görmekteyiz diye değerlendirmelerini paylaştılar. Şimdilik yurt dışı projelerinde veya yurt dışı destekli projelerde BIM sistemini tam olarak kullanabileceklerini düşündüklerini belirttiler.

4.4. Vaka Çalışmaları Çerçevesinde Geliştirilen BIM'e Geçiş Adımları

Vaka analizi yapılan üç ofisin BIM'e geçiş süreçleri değerlendirilerek **Şekil 4. 1** gibi adımlar oluşturulmuş, bu adımlar hedef, strateji, eğitim, teknoloji, ekip, BIM alt yapısı olup toplam altı adımda BIM'e geçmek isteyen ofislere genel çerçeve oluşturulmaya çalışılmıştır.



Şekil 4. 1 BIM'e Geçiş Adımları

4.4.1. BIM hedef ve stratejilerin belirlenmesi:

- Hedef olarak; BIM sistemine hakim olup proje üreterek uluslararası projelere katılabilmek, şartnamelerinde BIM kullanım zorunluluğu olan projeleri alabilmek, BIM'in sağladığı 3D parametrik, koordinasyon, çakışma kontrolleri, 4D Zaman, 5D maliyet, 6D sürdürülebilirlik, 7D İşletme ve Bakım onarım, boyutlarını kullanarak daha kaliteli yapıları daha verimli oluşturarak iş verenler tarafından tercih edilebilir olup, sektöre öncülük edebilir konuma gelmek olarak belirlendi.
- Strateji olarak; ortalama ilk iki yıl BIM'in sadece 3D modelleme boyutunda proje üreterek klasik yöntemde elde edilen çıktıları daha verimli ve konrtol

edilebilir halde oluşturmak hedeflenip, sonraki boyutlara adım adım ulşama olarak belirlendi.

- Geçiş sürecinde iki yöntem tercih edilmiştir. Paralel yöntem; Dome ve Era'nın var olan ekiplerinin bir kısmı klasik yöntemle proje üretirken, eğitimleri aldırılıp veya yeni personel alınıp kurulan BIM ekibi ise BIM sistemi ile proje üretme yapmışlardır. Bold ise klasik yöntemle proje üretme dönemini kapatıp, Sadece BIM sistemi ekibini kurarak proje üretmişlerdir.

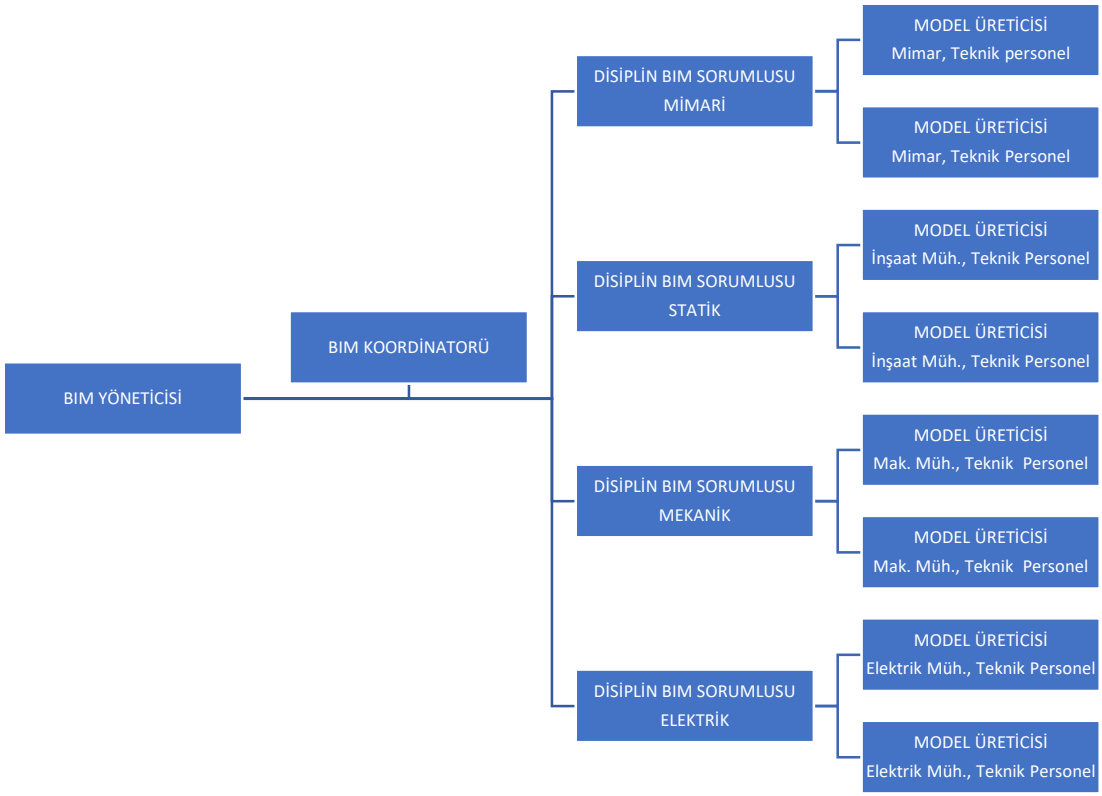
4.4.2. Eğitim:

- BIM sisteminin tanıtım eğitimi yapıldı.
- Kullanılacak yazılımların eğitimleri **(**Yeni personel alımında BIM sisteminde kullanılacak yazılımları bilen tercih edidi. Var olan personel için, kullanılacak yazılımların eğitimi verildi.)
- Eğitimler sürecinde ve sonunda, küçük ölçekli projeler üzerinden workshoplar yapıldı.

4.4.3. Ekip:

- Paralel geçiş süreci yöntemini uygulayan ofisler; Klasik yöntemle proje üreten ekibin bir kısmını BIM sistemi eğitimi ve kullanılacak yazılımların eğitimini aldırarak BIM ekibi oluşturdu.
- BIM süreci ile başlayan ofis, yeni ekibini BIM sisteminin yazılımlarını kullanan kişilerden oluşturdu.
- BIM sisteminde disiplin içinde modeller mimar, mühendis veya teknik personel tarafından üretilmekte, her disiplinin başında BIM sorumlusu bulunur, görevi: disiplin içinde ekibinin uzmanlıklarına göre workset (çalışma dosyaları) oluşturulması, koordinasyonun sağlanması ve model kalite kontrolünün sağlanmasıdır. Tüm disiplinlerden gelen disiplin worlsetlerinin bir birine bağlanması, çakışma kontrolleri koordinasyonu da BIM koordinatörü tarafından yönetilmektedir.
- BIM yöneticisi: Projeye başlanılmadan önce BIM uygulama planınn hazırlanmasından ve yürütmesinden sorumludur. Bu görev proje ve BIM

deneyimi olan kişiler tarafından yürütülmektedir. Vaka analizi yaptığımız ofislerde bu sorumluluk görüşme yapılan kişiler tarafından yürütülmekteydi. Bu ofislerde geçiş sürecinde BIM yöneticiliği için dışardan danışmanlık almışlardır. Proje ofislerinde BIM ekibinin organizasyon şeması **Şekil 4. 2** gibi oluşturulmaktadır.



Şekil 4. 3 BIM Ekibi Organizasyon Şeması

4.4.4. Teknoloji:

- Yapılacak proje büyüklükleri dikkate alınarak uygun donanım özelliklerinde bilgisayar alımı yapıldı, var olan bilgisayarlarda donanımları güncellendi.
- Kullanılacak yazılımlar belirlenip, kullanıcı sayısına göre satın alımları gerçekleştirildi.
- Şirket içi network ve şirket dişi birlikte çalışabilirliği sağmak için bulut teknolojisi üzerinden alan alınıp paydaşlar arasında bağlantı kurulumu sağlandı.

4.4.5. BIM alt yapısının kurulması:

- Family kütüphanesi oluşturuldu. (Mimari, Statik, Mekanik, Elektrik yapı elamanlarının farklı model detay seviyelerine göre 3D modelleri)
- Referans alınacak BIM uygulama planı belirlenip, şirket proje üretim sürecine göre düzenlemeler yapıldı. (Referans alınan BIM uygulama planı Penn State Universty BIM Execution Plan)
- İş akışları için kullanılacak standartlar belirlendi. (PAS 1192 ve BS1192:2007) Bu standartların içeriğindeki başlıklar: Model dosyalarının isimlendirilmesi, BIM akıllı objelerinin isimlendirilmesi, view görünüşlerin isimlendirilmesi, BIM dosyaları bağlantı şemaları, BIM teslim dökümanları indeksi, ortak veri ortamı, paylaşım yöntemi, worksetlerin isimlendirmesi gibi kurum içi ve kurum dışı birlikte çalışabilirlikte ortak dil oluşması için kullanılan standartlar belirlendi.

4.5. BIM'e Geçiş Adımları

Vaka analizi çerçevesinde geliştirilen BIM'e geçiş adımları, proje ofislerinin BIM'e hangi amaç ve hedefler için geçiş yapılabileceği, belirlenecek hedeflere ulaşmak için nasıl stratejiler uygulanabileceği, hangi eğitimlerin gerekli olduğu, kullanılacak teknolojinin neler olduğu, gerekli ekibin nasıl oluşturulabileceği ve BIM alt yapısının neler olduğunun BIM'e geçiş yapmış ofisler ve literatür çerçevesinden görüp BIM'e geçiş için örnek alınabilecek adımlar oluşturmaya çalışılmıştır. Bu adımlar **Şekil 4.3'** de gösterilmektedir.

Şekil 4.4 BIM'e Geçiş Adımlar İçeriği

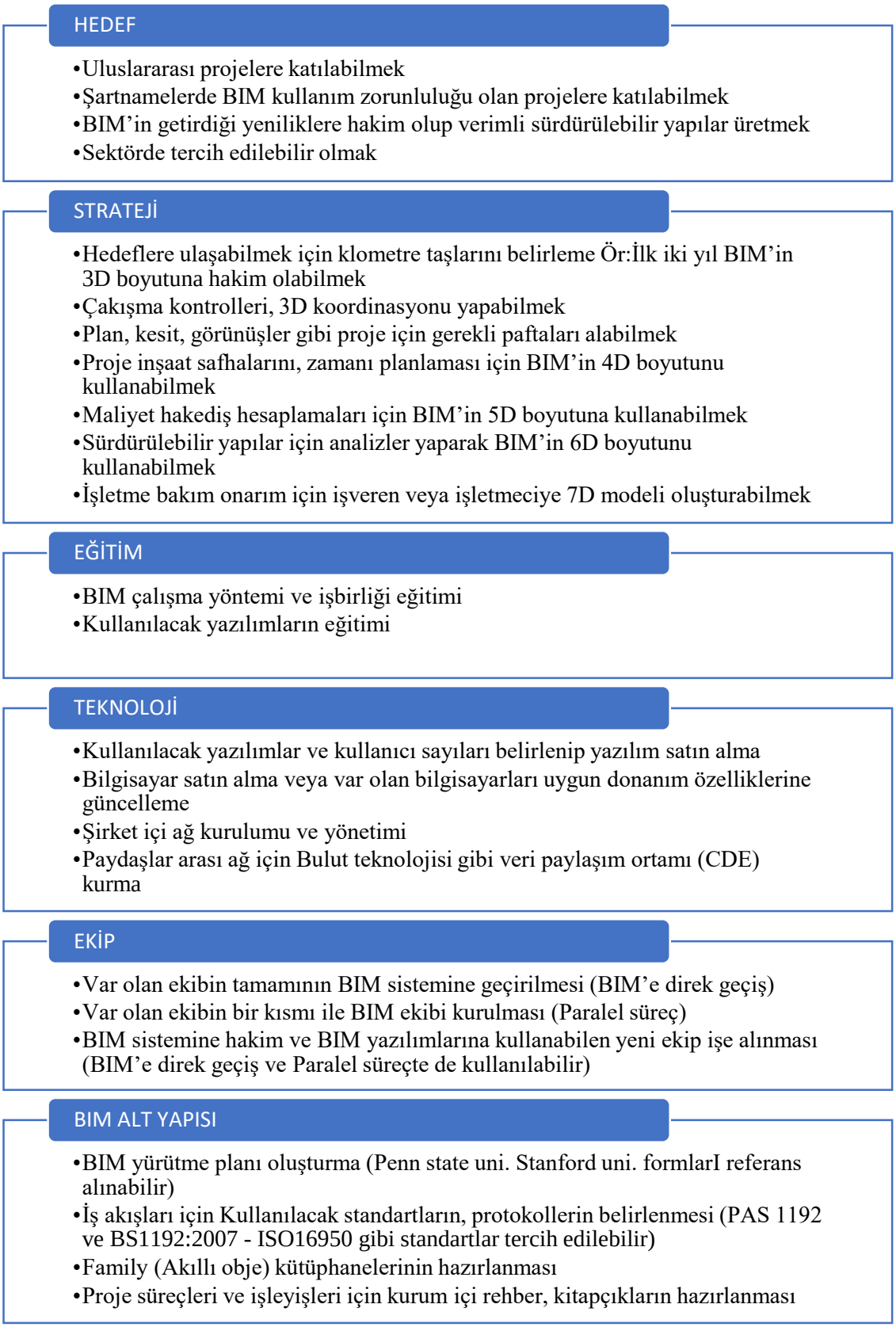


Table 4.1 Görüşme Yapılan Proje Ofisleri Veri tablosu, 2019

	Dome	Bold	Era
BIM sistemini kullanmaya başladıkları yıl	2006	2013	2009
Proje ofisi olarak verdikleri hizmetler	Mimari	Mimari, Statik, Mekanik, Elektrik	Mimari, Elektrik
BIM öncesi klasik yöntemde proje oluşturmak için kullanılan yazılım	AutoCAD	Klasik yöntem geçmişi yok.	AutoCAD
BIM sisteminde kullanılan 3D modellem yazılımı	Revit	Revit	Revit
BIM sisteminde çakışma kontrolleri (clash detection) ve navigasyon için kullanılan yazılım	Navisworks	Navisworks	Navisworks
BIM sisteminde CDE (common data environment) olarak kullanılan bulut tabanlı yazılım	BIM 360 Doc.	BIM 360 Doc.	BIM 360 Doc.
BIM sisteminin kullanılan boyutları	3D,4D,5D,6D, 7D	3D,4D,5D,6D, 7D	3D
Ref. alınan BIM uygulama planı formu	Penn State Üni. BIM Execution Plan formu	Penn State Üni. BIM Execution Plan formu	Penn State Üni. BIM Execution Plan formu
Ref. alınan dosya klasör isimlendirme standartı	BS:1192:2007 +A1 2015	BS:1192:2007 +A1 2015	BS:1192:2007 +A1 2015

BÖLÜM 5. SONUÇ & DEĞERLENDİRME

Tez çalışmasının içeriği altı bölüme ayırarak 1.bölümde tezin amaç, kapsam ve yöntemi belirtildi, 2.bölümde BIM sisteminin tanımı, faydaları, Dünyada ve Türkiye'de BIM kullanımları incelenip, BIM sistemiyle gelen yeni kavramlar detaylı olarak açıklanmaya çalışıldı.

3. Bölümde tezi literatürden ayrıcalığını sağlayan BIM uygulama planı üzerinde duruldu. Bu bölümde Penn state Üniversitesi'nin hazırladığı BIM execution plan rehberi, saha görüşmesi yaptığımız şirketlerin deneyimleri ve BIM uygulama planları ile desteklendi.

4. Bölümünde BIM hakkında önceden hazırlanan sorular ile Türkiye'de BIM sistemi ile proje deneyimleri olan üç proje ofisi seçilerek, BIM sistemine neden ihtiyaç duyulduğu, geçiş süreçleri ve nasıl uyguladıkları gibi sorular ile bire bir yüz yüze görüşme yöntemiyle veri toplanıldı. Bölüm sonunda alınan veriler değerlendirilerek BIM'e geçiş süreci adımları oluşturulmaya çalışıldı.

5. Bölüm sonuç ve değerlendirme olarak;

Geleneksel proje üretim yöntemi döneminden bilgisayar destekli çizim programlarına geçiş sürecinde proje oluşturmanın teknik yöntem mantığı aynı sadece projeyi çizmek için araçlar değişim göstermiş ör; kâğıt, kalem cetvellerle çizim yapılırken klavye, fare ve monitörün olduğu bilgisayara geçiş yapılmış ama yapı elemanlarından duvar yine çizgi ile temsil ediliyorken BIM'de ise duvar çizgiyle sembolik bir görüntü değil sahadaki gibi bilgisayar ortamında üç boyutlu duvar olarak temsil edilmekte, duvar kendisinin genişliğini, uzunluğunu, derinliğini ilişkili olduğu yapı elemanlarını, hangi yapı elemanlarıyla oluştuğunun ses, ısı geçirgenlik değerleri gibi malzeme özelliklerini bilerek sahadaki gibi gibi sanal ortamda yapı elemanı olarak oluşmaktadır. Bu özellikleriyle yapı elemanları akıllı obje olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla BIM sistemine geçiş süreci, geleneksel yöntemden klasik yönteme geçiş süreci gibi kolay olmadığı anlaşılmakta olup, klasik yöntemden BIM sistemine geçiş süreci proje yapılış yöntemlerini, çalışma kültürü neredeyse tamamen değiştiği anlaşılmıştır.

BIM'in geleneksel yöntemle proje üretim sürecinin yapıldığı dönemden bilgisayar destekli çizim programlarına geçişteki gibi sadece bir programın öğrenilip sonrasında

geleneksel yöntemle yapılan çizimin aynısının klasik yöntemde yapılması gibi kolay geçiş olmadığı, BIM'nin sadece bir yazılım dan ibaret olmayıp bir yapının fikir aşamasından yıkım aşamasının sonuna kadar tüm yaşam döngüsünün planlanıp yapıldığı bu süreçlerin 3D (üç boyut), 4D (zaman), 5D (Maliyet), 6D (sürdürülebilirlik), 7D (işletme) safhalarına bölündüğü istenilen hedeflere ve amaçlara göre projenin yapıldığı, bu süreçler için bir çok yazılımın kullanıldığı anlaşılmıştır.

Araştırma yapılan Dome, Bold, Era proje şirketlerinin BIM ile tanışması ve ihtiyaç duyup geçiş yapması, yurt dışı kaynaklı projelerde Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri merkezli şirketlerin danışmanlıklarını yaptığı projelerin sözleşmelerinde BIM kullanımının şart koşulması dolayısıyla olduğu gözlemlenmiş, BIM sistemine ihtiyaç duyulup kullanılmaya başlandığı ilk projelerinin özellikleri büyük ölçekli ve yüksek bütçeli oldukları tespit edilmiştir.

Araştırma yapılan üç şirkette de BIM'in 3D modelini oluşturma, 3D koordinasyon, çakışma kontrolleri, metraj, maliyet hakkediş hesaplamaları gibi BIM hedeflerinin yoğunlukta kullanıldığı gözlemlenmiş, BIM'in nasıl uygulanacağının hazırlandığı BIM execution plan formu için Penn State üniversitesinin hazırladığı formu kullandıkları, bunun benzeri bir formatın henüz Türkiye'de oluşturulmadığını belirtmişlerdir. Birlikte çalışılabilirliğin sağlanabilmesi, paydaşlar arasında ortak bir dil oluşması için British Standart Enstitution'ın oluşturmuş olduğu *BS1192:2007+A1:2015* standartını kullandıkları, paydaşlar arasında dosya paylaşım platformu olarak üçününde *BIM 360 Doc.* kullandıkları, BIM'in 3D modelini oluşturmak için kullandıkları yazılım *Revit,* çakışma kontrolleri için *Naviswork* yazılımı olduğu tesbit edilmiş, BIM'in en çok kullanılan boyutu 3D olduğu Dome ve Bold poje şirketlerinin BIM'in 4D, 5D, 6D,7D boyutlarını da iş veren taleplerine göre oluşturdukları Era'nın ise görüşme yapılan tarihe kadar BIM'in 3D boyutunu ve çakışma analizlerini kullandıkları tesbit edilmiştir. Kapsamlı BIM uygulama planı görüşme yapılan güne kadar Dome ve Bold şirketlerinin projelerinde hazırladıkları Era'nın ise henüz böyle bir planın hazırlandığı projelerinin olmadığı tesbit edilmiştir.

Tasarımı oluşturan paydaşların durumuna göre incelendiğinde Dome mimari işlerin kendi bünyelerinde çözdüklerini diğer disiplin hizmetlerini dışardan aldıklarını, Bold'un tasarımı oluşturan mimari, statik, elektrik, mekanik disiplinlerini tek bir ofis

içerisinde topladığı, Era'nın ise mimari ve elektrik disiplinlerinin kendi içinde diğer disiplin hizmetlerini dışardan aldıkları görülmüştür. Disiplinlerin bir ofis altında olduğunda ki BIM uygulamasıyla veya tasarımı oluşturan tüm disiplinlerin sorumluluğu bir ofise verildiğinde BIM sürecinin daha hızlı ve verimli yönetebildikleri gözlemlenmiştir. Yapılan görüşmeler sonucu elde edilen bulgular 5.bölümünde BIM sistemine geçiş adımları oluşturulmuş ve **Table 4.*1***'de gösterilmiştir.

Vaka analizi yapılan üç şirketin altını çizdikleri diğer bir konu ise BIM sistemini uygulamada, yapının tasarımını oluşturan (mimari, statik, mekanik, elektrik) disiplinlerinin işlerini mimari ofisin hazırladığı şartnamelere göre yapılması BIM sisteminin uygulanabilirliğini daha kolaylaştırdığı, bu tesbitin sebebi ise iş veren bahsedilen disiplinlerin işlerinin sorumluluğunu mimarlık ofisine verdiğinde, yapıyı oluşturan paydaşlar olarak seçilecek diğer disiplinlerin BIM sistemi ile uyumlu çalışabilecek ekipleri tercih ettiklerini, örneklerinde; oluşturulacak BIM için uyumlu yazılım ve versiyonların, kullanılacak standartların yönetilmesinin vb. ortak dil oluşturulmasının daha uyumlu gerçekleşebildiği disiplinlerin iş veren tarafından seçildiğinde ise koordinasyonun kurulması önceki modele göre BIM sistemini kullanmama gibi durumlardan dolayı daha zorlaştığı anlaşılmaktadır.

Saha araştırması yaptığımız şirketlerin BIM'e geçiş sürecinde deneyimlerinden elde edilen tecrübeler sonucunda 5. Bölümde adımlar oluşturulmuş, bu süreç küçük ölçekli proje ile başlanılıp, BIM sistemine geçişin aşamalara bölünmesi gerektiği, ör: Gerekli bilgisayar sistemi, yazılımlar, network, kullanılacak model kütüphanesi, standart ve formlar gibi temel altyapı kurulduktan sonra BIM'in sadece 3D boyutunun hedeflenip LOD 200 detay seviyesinde modellemenin oluşturulabileceği, bu süreçte klasik yöntemle elde edilen plan, kesit, görünüş, detay paftaları gibi veriler elde edildiğinde diğer LOD detay seviyelerine ve BIM boyutları hedeflenip ilerlenebileceği bu yöntemle sisteme adapte olmada ve daha kolay geçiş sağlanabileceği ortak görüşünde oldukları tesbit edilmiştir. Üç proje ofisinde BIM sistemine başarılı geçiş yaptıktan sonra klasik yöntemde proje üretimi için kullanılan AutoCAD yazılıma ihtiyaçlarının sadece klasik yöntemle oluşturmuş projelerde küçük revizeler talep edildiğinde olduğu tesbit edilmiştir.

BIM 'de yapı elemanları bilgisayar ortamında family olarak adlandırılan akıllı objelerle temsil edilmekte olduğu, BIM'e geçiş sürecinde, family kütüphanesi

oluşturulması süreç için temel alt yapı ihtiyaçlarından olduğu anlaşılmıştır. Vaka analizi yapılan ofislerde akıllı objelerini oluşturmada öncelikle kendi içlerinde kütüphane oluşturdukları özel durumlarda BIMobject.com ve National BIM library gibi online kütüphanelerden temin edilerek family kütüphanelerini oluşturdukları tespit edilmiştir.

Klasik yönteme göre BIM sistemi ile projeyi oluşturmanın süreç ve maliyetinin daha fazla olduğu tespit edilmiş. Ancak inşaat ve işletme süreçlerinde maliyet ve zaman klasik yönteme göre çok daha karlı bir konuma getirdiği anlaşılmıştır. BIM sistemi ile proje maliyetinin yüksek olması işveren tarafından ilk başta olumsuz tepki ile karşılansa da inşaat ve işletme süreçlerindeki kazançlar açıklandığında olumlu karşılandığı görülmüştür.

Litereatür ve saha araştırmalarından elde edilen veriler sonucunda BIM sisteminin bir tercih değil, yapı sektörünün en kısa sürede geçiş yapması gerektiği bir teknoloji olduğu anlaşılmıştır. Dünyada BIM'in durumuyla ilgili ise Singapur hükümetinin Yapı ve İnşaat Kurumu (Building and Counstruction Authority) 19 Ekim 2016 tarihinden itibaren mimari planları, 01 Ekim 2017 tarihinden itibaren ise Statik ve MEP (mekanik, elektrik, tesisat) planlarını BIM formatında elektronik teslimleri (e-submissions) kabul etmeye başladığını (BCA, 2019) , Birleşik Krallık 'ta NBS tarafından 2019 yılında yapı endüstrisi profesyonellerine (998 katılımcı) yapılan ulusal BIM kullanımları anketinde %69 oranında BIM kullanımı olduğu, %29 oranında BIM'in farkındalığının olduğu fakat henüz kullanılmadığı, %2 oranında da BIM farkındalığının olmadığı verilerine ulaşmışlardır (NBS, 2019). Birleşik Krallıkta 2016 yılı itibari ile kamu projelerinde BIM'i uygulama zorunluluğu getirilmiştir (UKCO, 2011). ABD'de 2012 yılında National Institue of Building Science tarafından ulusal BIM standardı yayınlanmıştır (NIBS, 2012). Avusturalya, Kanada ve birçok Avrupa ülkesinde de BIM teknolojisi kullanılmakta ve klasik yöntemden BIM teknolojisine geçiş yapılması için ulusal BIM rehberleri, kılavuzlar, protokoller, standartlar, model kütüphaneleri gibi kaynaklar üretmektedirler.

Türkiye içinde yakın gelecek zaman içerisinde yetkili kurumların proje teslimlerini BIM sistemi ile kabul edeceği öngörülmektedir.

EK'LER

EK 1. BIM yazılımları ve Kullanıldıkları boyutlar

Ön Tasarım ve Fizibilite Yazılımları : Kavramsal tasarım aşamalarıda kullanılan yazılımlar.

1. Autodesk – Revit Architecture + FomLT kavramsal 3D Modelleme
2. Graphisoft – ArchiCAD kavramsal 3D Modelleme
3. Google – SketchUP Pro kavramsal 3D Modelleme
4. Nemetschek – Vectorworks Designer kavramsal 3D Modelleme
5. Bentley Systems – Bentley Arhitecture kavramsal 3D Modeleme
6. Tekla – Tekla Structure kavramsal 3D Modelleme
7. Trelligence – Affinity kavramsal 3D Modelleme
8. Beck Technology – Dprofiller Kavramsal tasarım ve Maliyet Hesaplama
9. Vico Software -Vico Office Kavramsal 5D Modelleme (3D + Maliyet +Metraj) (Özperçin, 2016)

BIM Mimari Modelleme Yazılımları ve Sağlıyıcıları – 3D

1. Autodesk Revit Architecture
2. Graphisoft ArchiCAD
3. Nemetschek Allplan Architecture
4. Gehry Technologies - Digital Project Designer
5. Nemetschek Vectorworks Architect
6. Bentley Architecture
7. 4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD)
8. CADSoft Envisioneer
9. Softtech Spirit
10. RhinoBIM (BETA)

BIM Strüktür Modelleme Yazılımları ve Sağlıyıcıları – 3D

1. Autodesk Revit Structure
2. Bentley Structural Modeler

3. Bentley RAM, STAAD and ProSteel
4. Tekla Structures
5. CypeCAD
6. Graytec Advance Design
7. StructureSoft Metal Wood Framer
8. Nemetschek Scia
9. 4MSA Strad and Steel
10. Autodesk Robot Structural Analysis

BIM Mek., Elektrik, Tesisat Mod. Yazılımları ve Sağlıyıcıları – 3D

1. Autodesk Revit MEP
2. Bentley Hevacomp Mechanical Designer
3. 4MSA FineHVAC + FineLIFT + FineELEC + FineSANI
4. Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing
5. CADMEP (CADduct / CADmech)

BIM İnşaat (İnşaat Sim.,Maliyet tah., Maliyet Analizi) 4D+5D

1. Autodesk Navisworks
2. Solibri Model Checker
3. Vico Office Suite
4. Vela Field BIM
5. Bentley ConstrucSim
6. Tekla BIMSight
7. Glue (by Horizontal Systems)
8. Synchro Professional
9. Innovaya

BIM Sürdürülebilirlik - 6D Yazılımları ve Sağlayıcıları

1. Autodesk Ecotect Analysis
2. Autodesk Green Building Studio
3. Graphisoft EcoDesigner

4. IES Solutions Virtual Environment VE-Pro
5. Bentley Tas Simulator
6. Bentley Hevacomp
7. DesignBuilder

BIM Tesis Yönetimi – 7D Yazılımları ve Sağlıyıcıları

1. Bentley Facilities
2. FM:Systems FM:Interact
3. Vintocon ArchiFM (For ArchiCAD)
4. Onuma System
5. EcoDomus
6. IBM Maximo

(Bayyari, 2015)

Dosya paylaşımı ve İş birliği

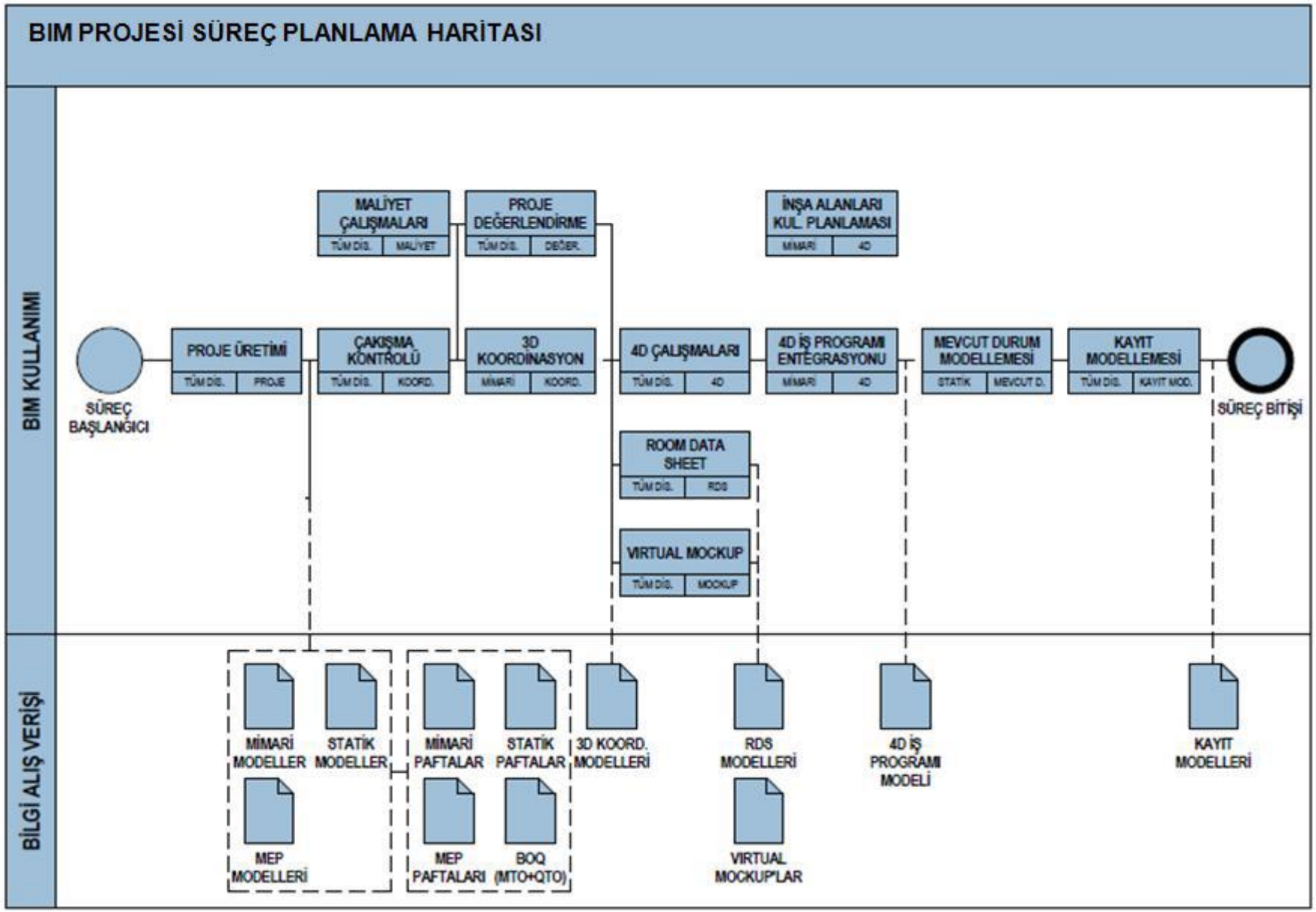
Bulut tabanlı dosya paylaşım ve yönetimi ile tüm proje paydaşlarnın BIM modelini bir merkezden, indirme, yükleme, inceleme vb. birçok işlemin yapılacağı dosya paylaşım ve yönetim sistemi.

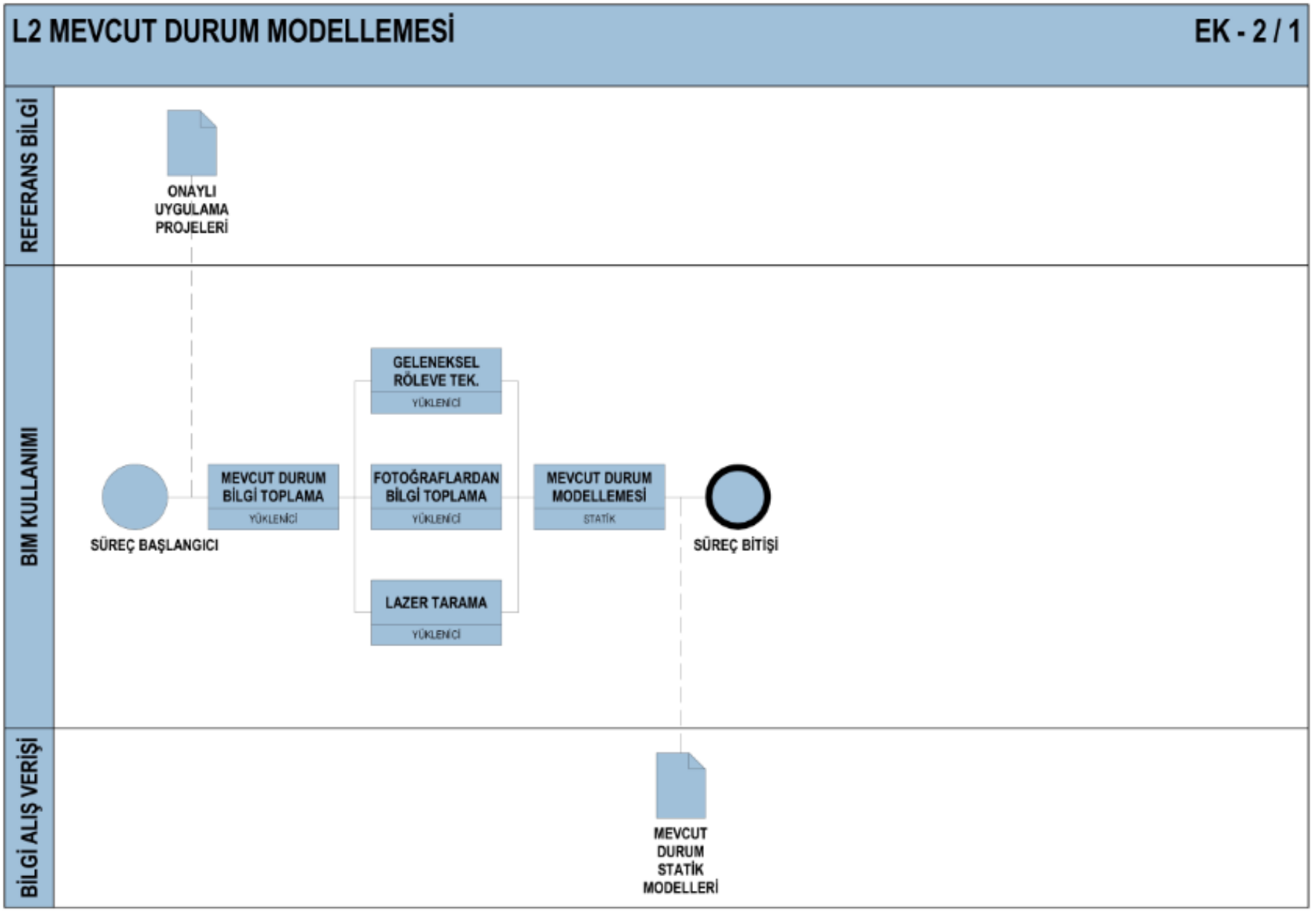
1. Autodesk, BIM 360
2. Bentley, ProjectWise Share
3. Allplan Share BIMPlus

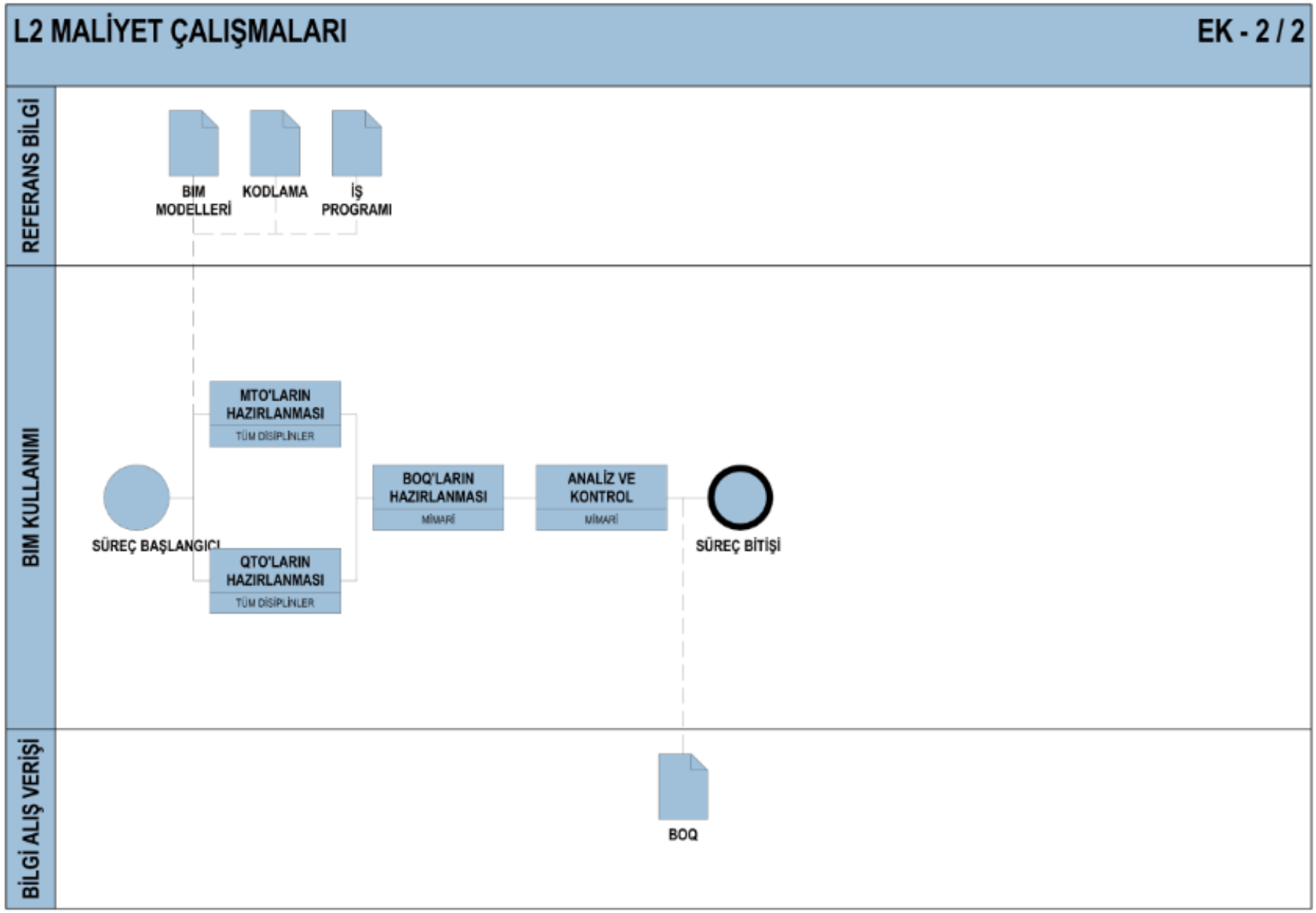
EK 2. BIM Yürütme Planı Süreç Haritaları

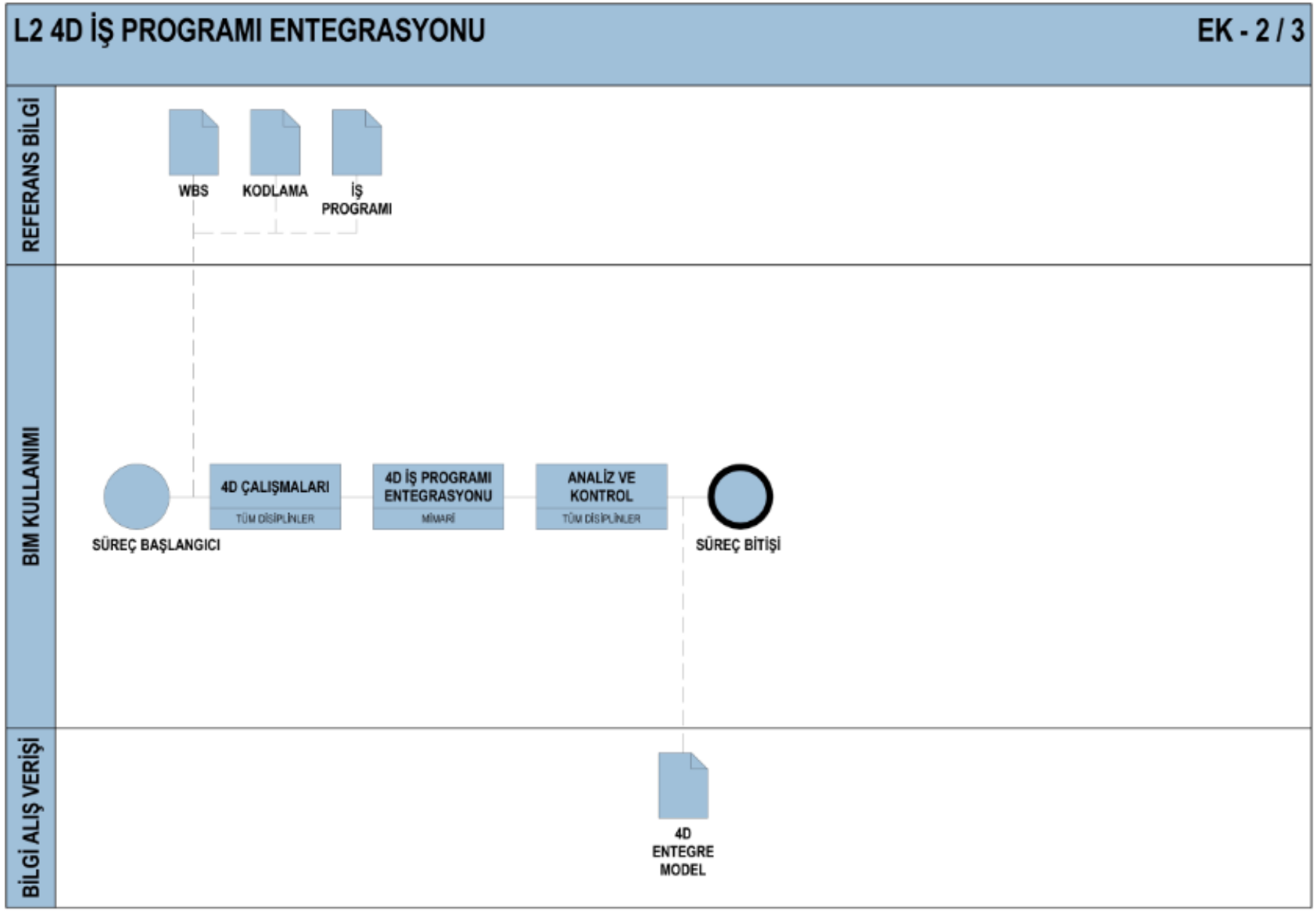
1. BIM projesi süreç planlama haritası
2. Mevcut durum modellemesi
3. Maliyet çalışmaları
4. 4D iş programı entegrasyonu
5. Proje Değerlendirme
6. Mahal bilgi paftaları
7. 3D koordinasyon
8. İnşaa alanları kullanım planlaması
9. Kayıt Modellemesi
10. Virtual Mucop

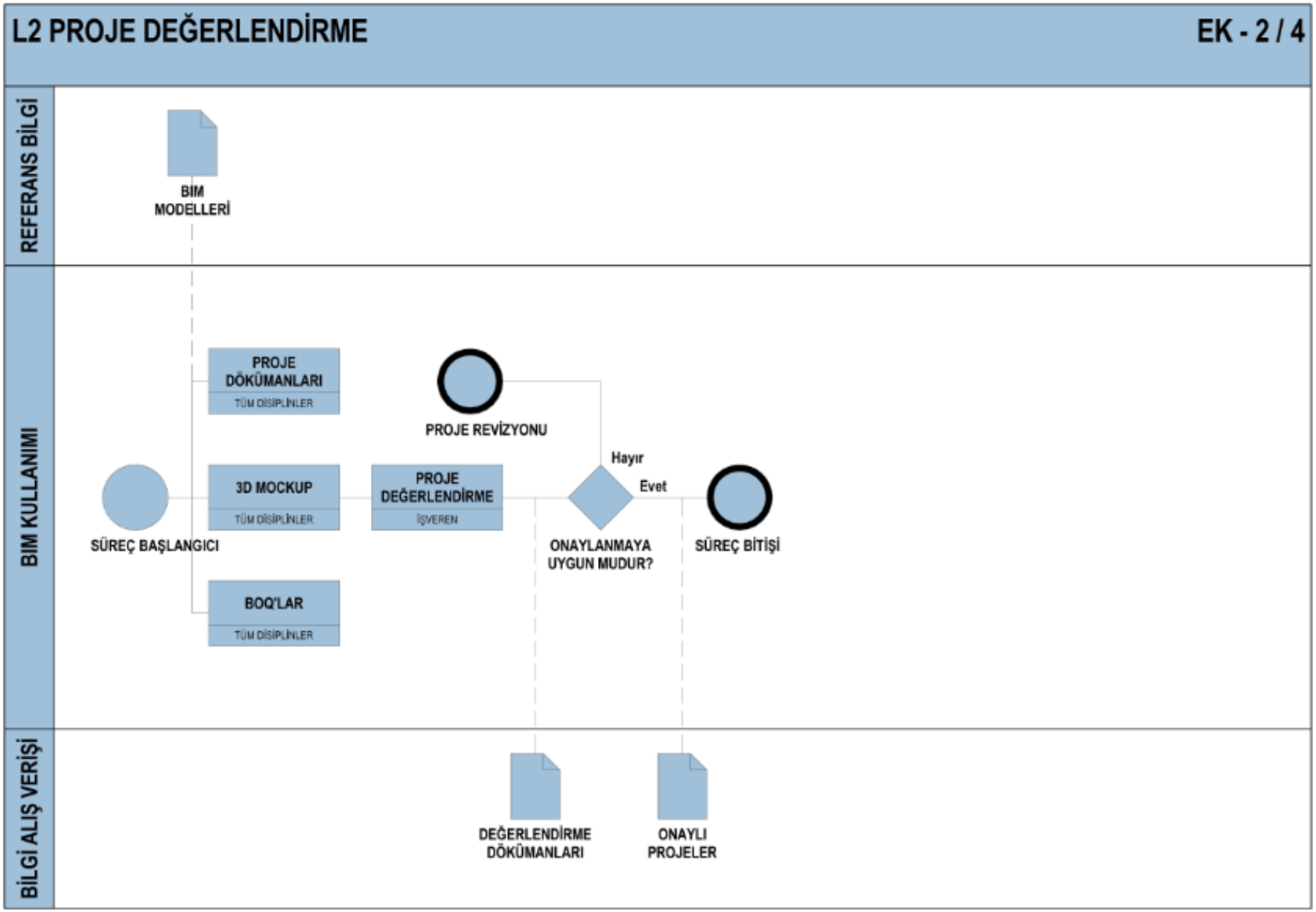
Kaynak: (Öktem, 2016)

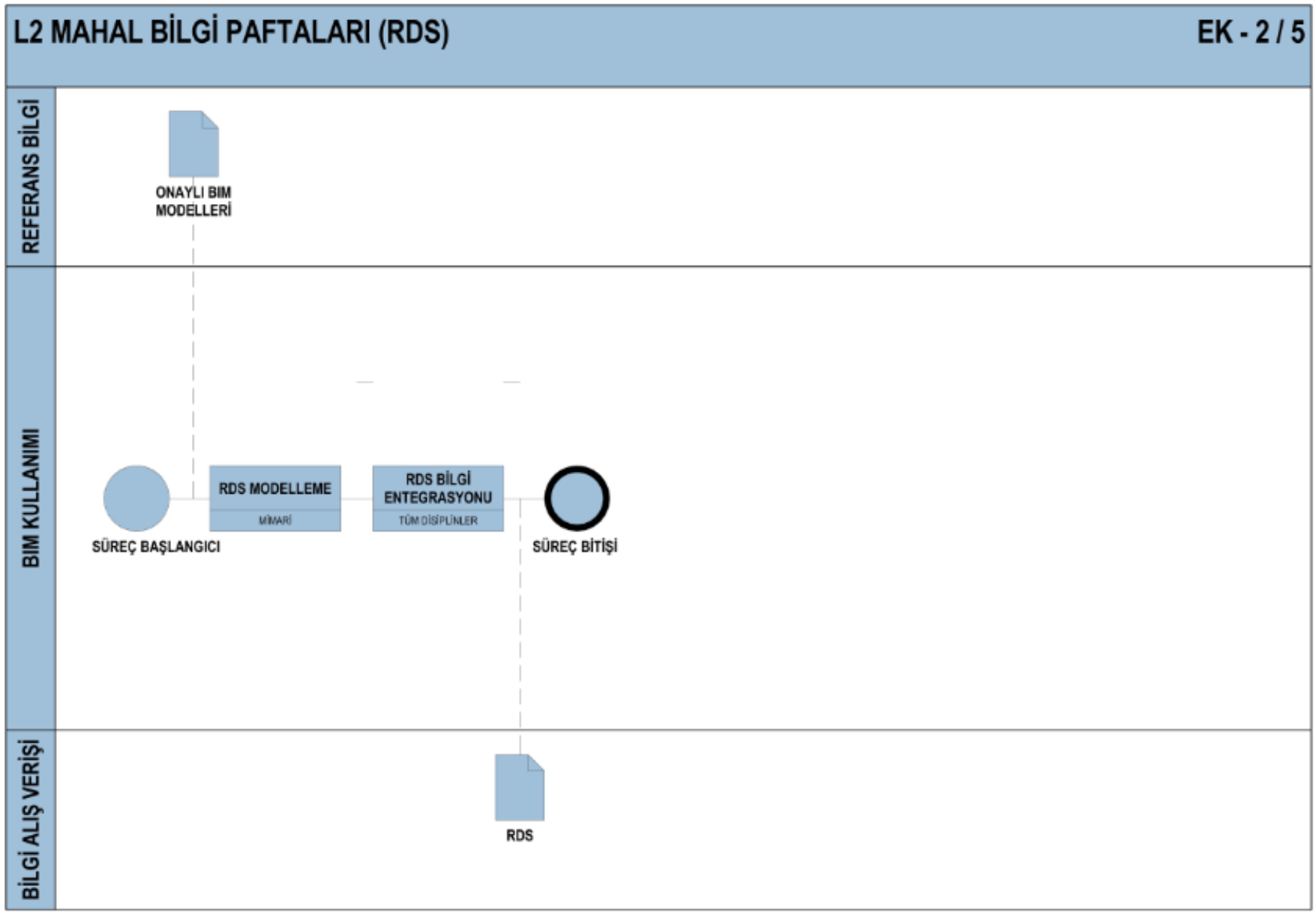

BIM PROJESİ SÜREÇ PLANLAMA HARİTASI
BIM KULLANIMI
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
SÜREÇ BAŞLANGICI
PROJE ÜRETİMİ
TÜM DİS.
PROJE
ÇAKIŞMA KONTROLÜ
TÜM DİS.
KOORD.
MALİYET ÇALIŞMALARI
TÜM DİS.
MALİYET
PROJE DEĞERLENDİRME
TÜM DİS.
DEĞER.
3D KOORDİNASYON
MİMARİ
KOORD.
4D ÇALIŞMALARI
TÜM DİS.
4D
İNŞA ALANLARI KUL. PLANLAMASI
MİMARİ
4D
4D İŞ PROGRAMI ENTEGRASYONU
MİMARİ
4D
MEVCUT DURUM MODELLEMESİ
STATİK
MEVCUT D.
KAYIT MODELLEMESİ
TÜM DİS.
KAYIT MOD.
SÜREÇ BİTİŞİ
ROOM DATA SHEET
TÜM DİS.
RDS
VIRTUAL MOCKUP
TÜM DİS.
MOCKUP
MİMARİ MODELLER
STATİK MODELLER
MEP MODELLERİ
MİMARİ PAFTALAR
STATİK PAFTALAR
MEP PAFTALARI
BOQ (MTO+QTO)
3D KOORD. MODELLERİ
RDS MODELLERİ
VIRTUAL MOCKUP'LAR
4D İŞ PROGRAMI MODELİ
KAYIT MODELLERİ

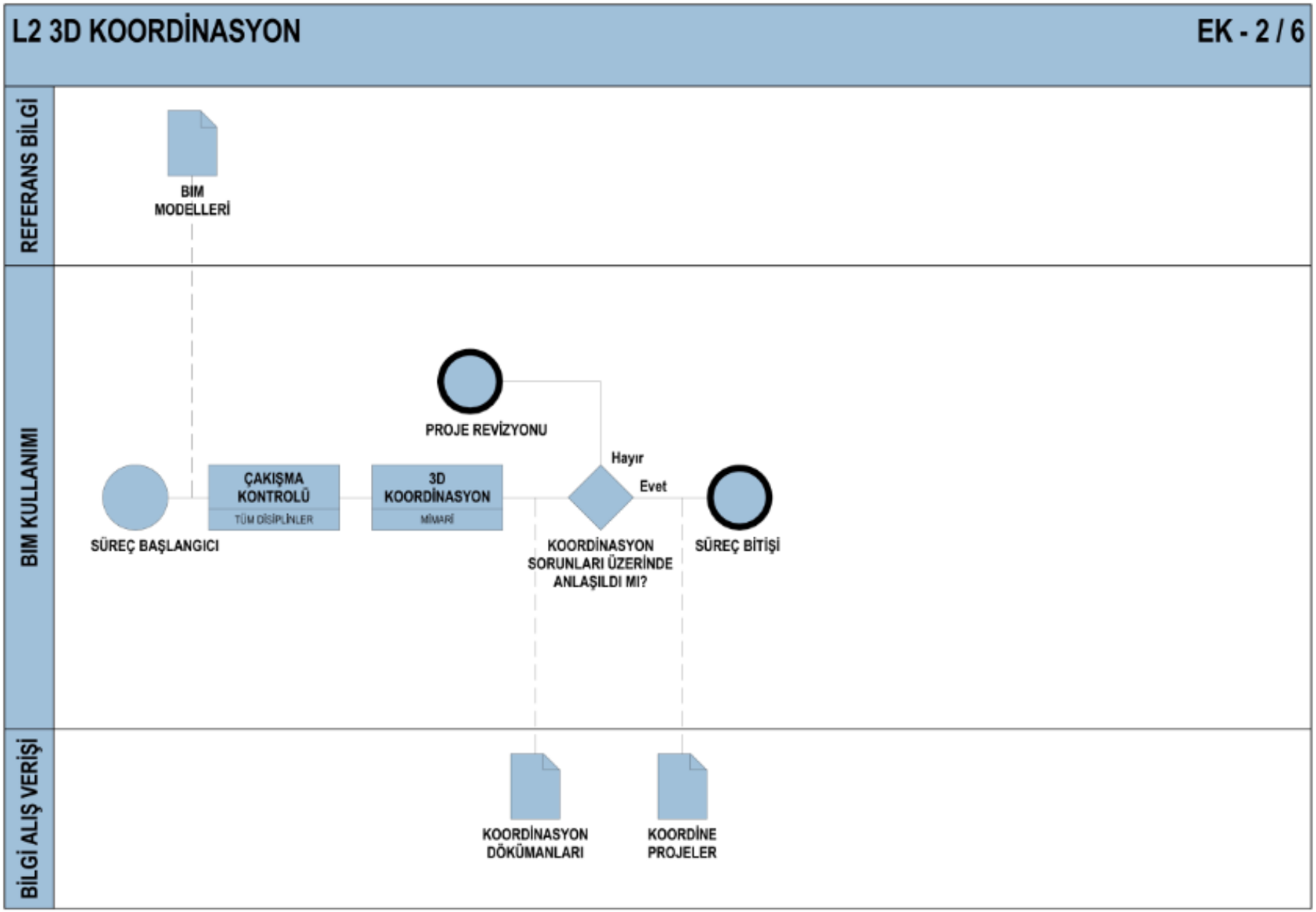

L2 MEVCUT DURUM MODELLEMESİ
EK - 2 / 1
REFERANS BİLGİ
BIM KULLANIMI
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
ONAYLI UYGULAMA PROJELERİ
SÜREÇ BAŞLANGICI
MEVCUT DURUM BİLGİ TOPLAMA
YÜKLENİCİ
GELENEKSEL RÖLEVE TEK.
YÜKLENİCİ
FOTOĞRAFLARDAN BİLGİ TOPLAMA
YÜKLENİCİ
LAZER TARAMA
YÜKLENİCİ
MEVCUT DURUM MODELLEMESİ
STATİK
SÜREÇ BİTİŞİ
MEVCUT DURUM STATİK MODELLERİ

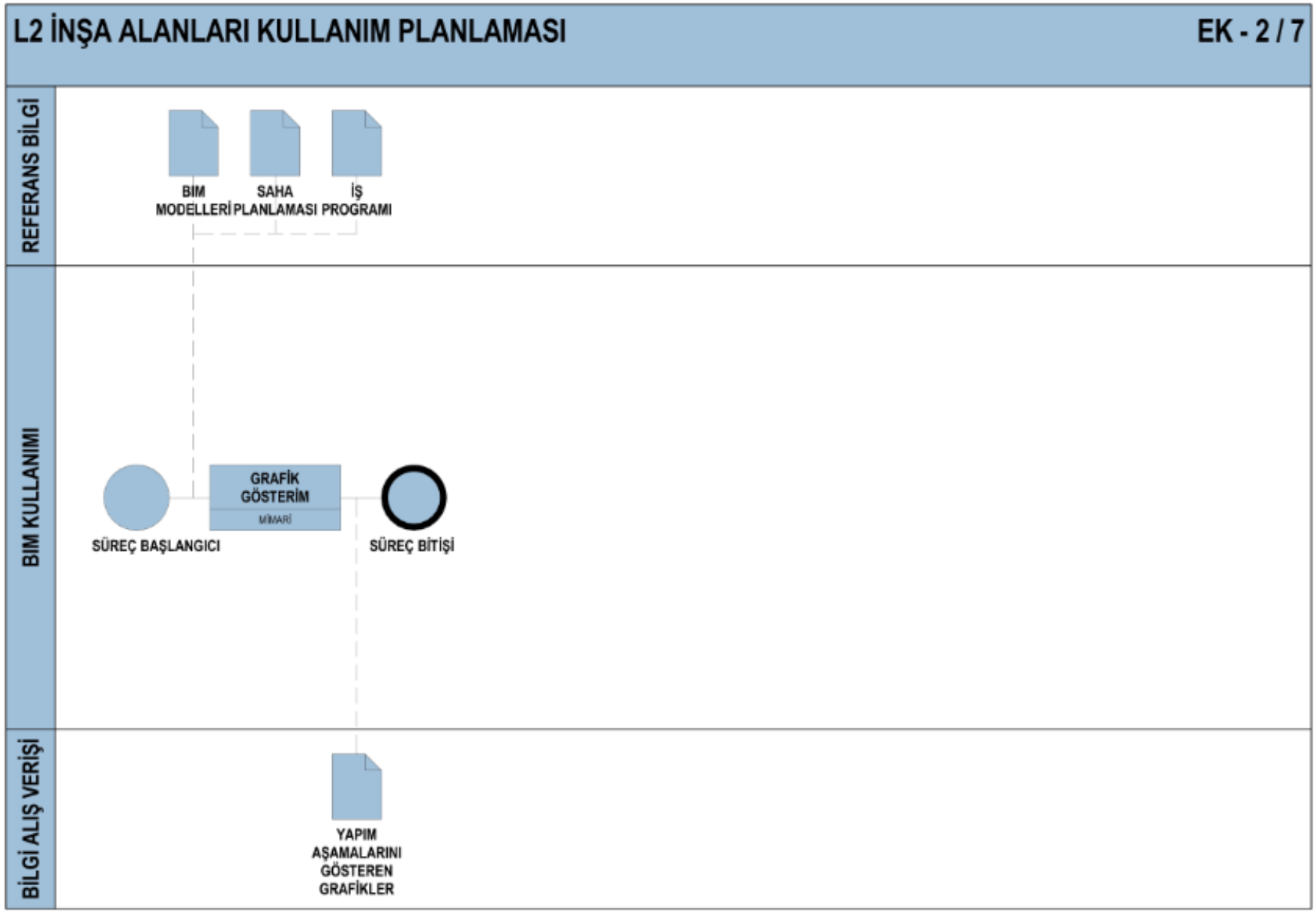

L2 MALİYET ÇALIŞMALARI
EK - 2 / 2
REFERANS BİLGİ
BIM MODELLERİ
KODLAMA
İŞ PROGRAMI
BIM KULLANIMI
MTO'LARIN HAZIRLANMASI
TÜM DİSİPLİNLER
SÜREÇ BAŞLANGICI
QTO'LARIN HAZIRLANMASI
TÜM DİSİPLİNLER
BOQ'LARIN HAZIRLANMASI
MİMARİ
ANALİZ VE KONTROL
MİMARİ
SÜREÇ BİTİŞİ
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
BOQ

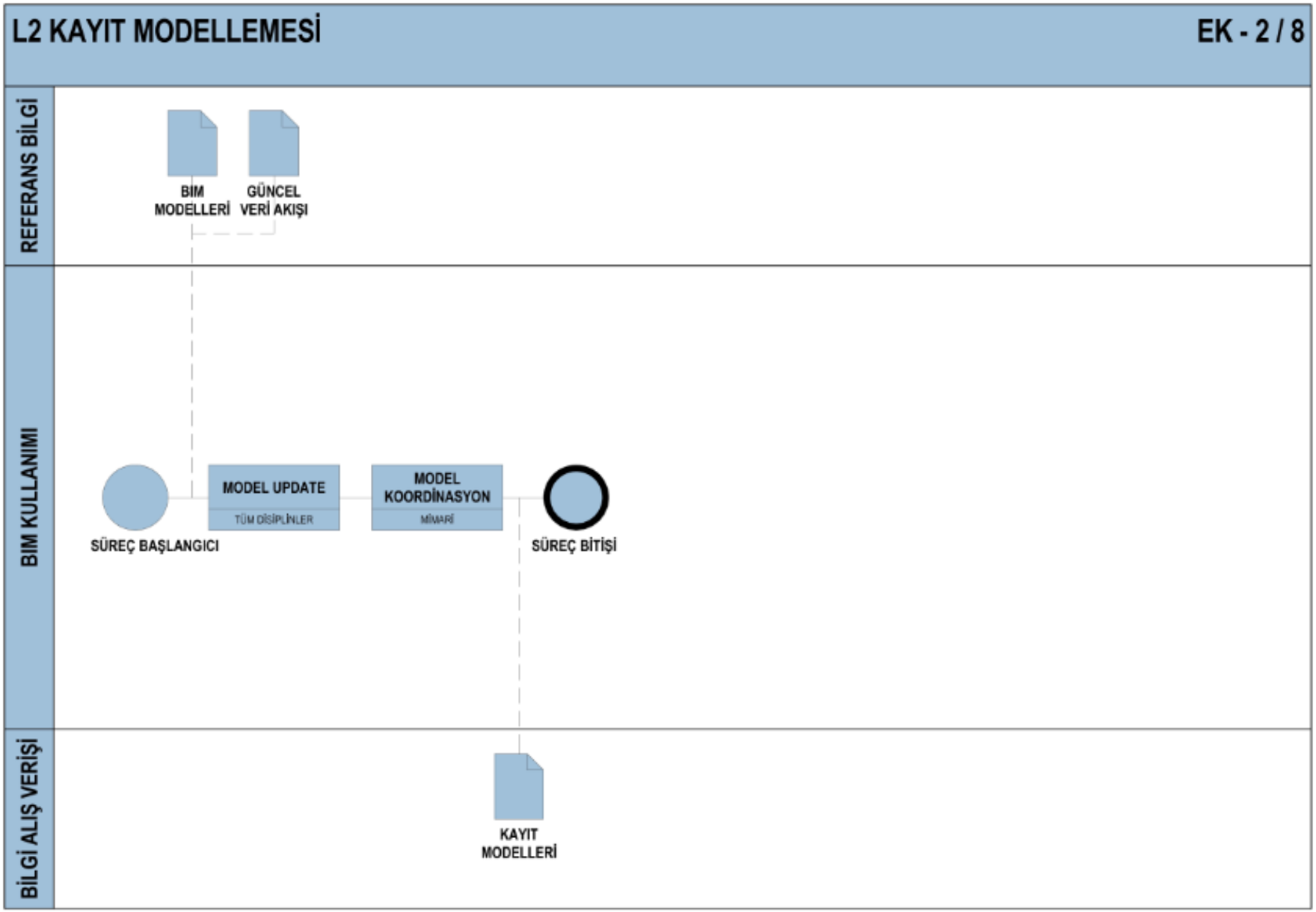

L2 4D İŞ PROGRAMI ENTEGRASYONU
EK - 2 / 3
REFERANS BİLGİ
WBS
KODLAMA
İŞ PROGRAMI
BIM KULLANIMI
SÜREÇ BAŞLANGICI
4D ÇALIŞMALARI
TÜM DİSİPLİNLER
4D İŞ PROGRAMI ENTEGRASYONU
MİMARİ
ANALİZ VE KONTROL
TÜM DİSİPLİNLER
SÜREÇ BİTİŞİ
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
4D ENTEGRE MODEL

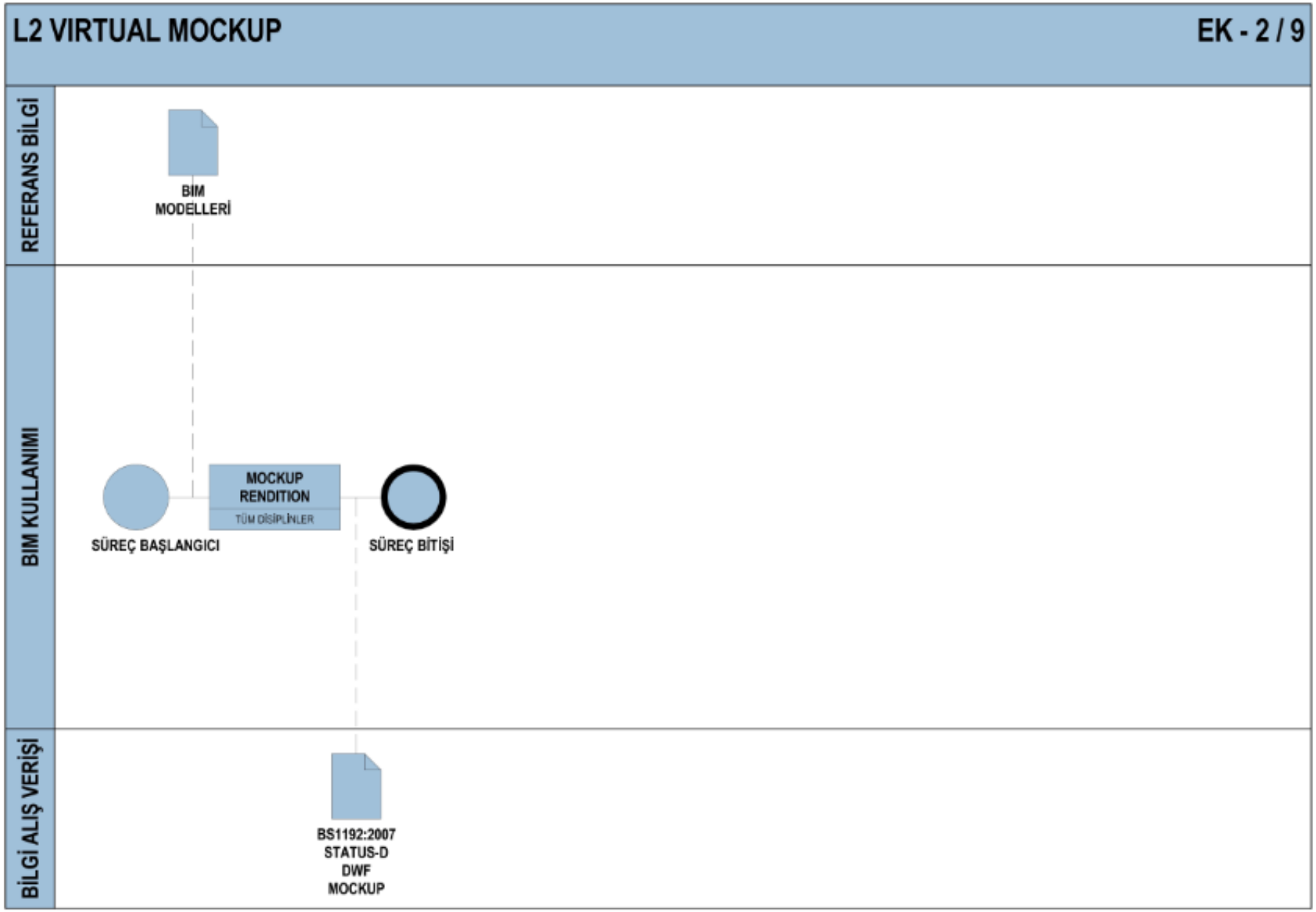

L2 PROJE DEĞERLENDİRME
EK - 2 / 4
REFERANS BİLGİ
BIM KULLANIMI
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
BIM MODELLERİ
PROJE DÖKÜMANLARI
TÜM DİSİPLİNLER
PROJE REVİZYONU
SÜREÇ BAŞLANGICI
3D MOCKUP
TÜM DİSİPLİNLER
PROJE DEĞERLENDİRME
İŞVEREN
Hayır
Evet
ONAYLANMAYA UYGUN MUDUR?
SÜREÇ BİTİŞİ
BOQ'LAR
TÜM DİSİPLİNLER
DEĞERLENDİRME DÖKÜMANLARI
ONAYLI PROJELER


L2 MAHAL BİLGİ PAFTALARI (RDS)
EK - 2 / 5
REFERANS BİLGİ
ONAYLI BIM MODELLERİ
BIM KULLANIMI
SÜREÇ BAŞLANGICI
RDS MODELLEME
MİMARİ
RDS BİLGİ ENTEGRASYONU
TÜM DİSİPLİNLER
SÜREÇ BİTİŞİ
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
RDS


L2 3D KOORDİNASYON
EK - 2 / 6
REFERANS BİLGİ
BIM KULLANIMI
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
BIM MODELLERİ
PROJE REVİZYONU
SÜREÇ BAŞLANGICI
ÇAKIŞMA KONTROLÜ
TÜM DİSİPLİNLER
3D KOORDİNASYON
MİMARİ
Hayır
Evet
KOORDİNASYON SORUNLARI ÜZERİNDE ANLAŞILDI MI?
SÜREÇ BİTİŞİ
KOORDİNASYON DÖKÜMANLARI
KOORDİNE PROJELER


L2 İNŞA ALANLARI KULLANIM PLANLAMASI
EK - 2 / 7
REFERANS BİLGİ
BIM MODELLERİ
SAHA PLANLAMASI
İŞ PROGRAMI
BIM KULLANIMI
SÜREÇ BAŞLANGICI
GRAFİK GÖSTERİM
MİMARİ
SÜREÇ BİTİŞİ
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
YAPIM AŞAMALARINI GÖSTEREN GRAFİKLER


L2 KAYIT MODELLEMESİ
EK - 2 / 8
REFERANS BİLGİ
BIM KULLANIMI
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
BIM MODELLERİ
GÜNCEL VERİ AKIŞI
SÜREÇ BAŞLANGICI
MODEL UPDATE
TÜM DİSİPLİNLER
MODEL KOORDİNASYON
MİMARİ
SÜREÇ BİTİŞİ
KAYIT MODELLERİ


L2 VIRTUAL MOCKUP
EK - 2 / 9
REFERANS BİLGİ
BIM KULLANIMI
BİLGİ ALIŞ VERİŞİ
BIM MODELLERİ
SÜREÇ BAŞLANGICI
MOCKUP RENDITION
TÜM DİSİPLİNLER
SÜREÇ BİTİŞİ
BS1192:2007 STATUS-D DWF MOCKUP

KAYNAKÇA

Africa, O. -A. (2016, Temmuz 25). *Sound simulation in Revit Enscape™ Tutorial*. Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=a6-62ZGPYwU adresinden alındı

Akkoyunlu, T. (2015, Ekim). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi.

Altuni, O. (2019). BIM Uygulama Planı. (F. UZUN, Röportaj Yapan)

Aris Theodorou, Alexandra Kapatsina, Margarita Gkougkoulia , Dimitris Dagklis . (2019, 07 01). *Implementıng Bım & Paperless Desıgn:Baku Olympıc Stadıum – A Case Study.* http://eeme.ntua.gr/: http://eeme.ntua.gr/proceedings/8th/Papers/P064_PAP_Theodorou.pdf adresinden alındı

Autodesk. (2008). *Parametrik Yapı Modelleme: BIM in Temeli*. docplayer: https://docplayer.biz.tr/16646585-Parametrik-yapi-modelleme-bim-in-temeli.html adresinden alındı

Autodesk. (2012). *Rising to new heights with BIM.* Autodesk: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/case-studies/shanghai-tower/shanghai-tower-customer-story.pdf adresinden alındı

Autodesk. (2014, December 18). *Buildin Performans Analysis*. Autodesk: https://autodesk.typepad.com/bpa/2014/12/revit-credit-manager-for-leed-updated-try-it-now.html adresinden alındı

Azhar, S. (2011). *Building Information Modeling (BIM) Trends, Benefits, Risks, and Challenge for the AEC Industry, Leadership and Management in Engineering, .* American .

Baydar, M. (2018, Nisan 15). *Ms Project ile iş programi hazirlama video serileri*. Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=BWvPM3Po_y8&t=0s&list=PL0tdFOtqh6ZpsZvWBREGt4_9uEd36XF0T&index=35 adresinden alındı

Bayyari, M. (2015, Ağustos 18). *List of BIM Software & Providers*. theBIMhup: https://thebimhub.com/2015/08/17/list-of-bim-software-providers/#.XOr2jlIzaUk adresinden alındı

BCA. (2019, Temmuz 01). *Building informatın modelling e-submissions*. corenet-Building and Counstruction Authority: https://www.corenet.gov.sg/general/building-information-modeling-(bim)-e-submission.aspx adresinden alındı

Becerik-Gerber, B. v. (2010). The perceived value of Building Information Modeling in the US Building Industry. *tcon*, Vol. 15, pg 185.

BIMForum. (2016). *Level Of Development*. Bim Forum: https://bimforum.org/events/92/webinar-2016-level-of-development-specification-update/ adresinden alındı

BIMgenius. (2018, Aralık 24). Türkiye BIM Raporu Genel Eğilimler Ve Beklentiler Araştırma Raporu.

BIMOBJECT. (2019). *BIMOBJECT Door*. https://www.bimobject.com/tr/product?category=139 adresinden alındı

BoldMimarlık. (2018). *BIM Execution Plan.* İstanbul.

Cerosek, T. (2011). *A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development.*

Çiftçi, E. (2019). Bold Mimarlık BIM Uygulama Planı. (F. UZUN, Röportaj Yapan)

Çıtıpıtıoğlu, A. (2014, Aralık 29). *BIM'in İnşaat Süreçlerinde Yer Alabilmesi.* Youtube - Autodesk Türkiye: https://www.youtube.com/watch?v=eIS7olju4LU&list=PL0tdFOtqh6ZpsZvWBREGt4_9uEd36XF0T&index=16&t=55s adresinden alındı

Çubukçu, F. (2016, Ağustos 28). *Microsoft Project - Kaynaklar (Resources).* Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=WksL-WabSdw&t=0s&list=PL0tdFOtqh6ZpsZvWBREGt4_9uEd36XF0T&index=37 adresinden alındı

DomeMimarlık. (2018). *BIM Execution Plan.* İstanbul.

Duru, M. (2017, şubat 6). *Tasarımdan Uygulamaya BIM Süreci (Yapı Bilgi Modellemesi)*. İzmir Mimarlar Odası: https://www.youtube.com/watch?v=jq4ghXd1pDE&list=PL0tdFOtqh6ZpsZvWBREGt4_9uEd36XF0T&index=3&t=2423s adresinden alındı

Duru, M. (2017, Şubat 6). *Tasarımdan Uygulamaya BIM Süreci (Yapı Bilgi Modellemesi)*. youtube: https://www.youtube.com/watch?v=jq4ghXd1pDE&list=PL0tdFOtqh6ZpsZvWBREGt4_9uEd36XF0T&index=3&t=4534s adresinden alındı

Eastman, C. L. (2008). *BIM handbook.* paul teicholz Rafael Sack.

Gajhera, M. (2018, April 2). *BIM advantages for facilities management*. quora: https://www.quora.com/Why-is-a-BIM-for-facility-management-widely-used-in-the-construction-industry adresinden alındı

Ge, Q. (2012). *BIM Aplication in the Shanghai Tower Counstruction.* Global CTBUH: http://global.ctbuh.org/resources/papers/download/937-bim-applications-in-the-shanghai-tower-construction.pdf adresinden alındı

Hamil, S. (2018, October 29). *What is COBie?* Thenbs: https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-cobie adresinden alındı

İBB, B. M. (2019, Temmuz 13). *İstanbul Büyükşehir Belediyesi Basın Merkezi*. İBB Kurumsal: https://www.ibb.istanbul/News/Detail/34214 adresinden alındı

IGA. (2019, Temmuz 13). *IGA Havalimani İşletmesi*. Basın Merkezi: https://www.igairport.com/tr/basin-merkezi/multimedya?category=fotograf&page=7 adresinden alındı

Karataş, İ. (2018). Danışmanlık Hizmetlerinde Yapı Bilgi Modelleme (Building Informatıon Modelling) Sisteminin Uygulanabilirliğinin İncelenmesi.

Kazado, D. (2014, Aralık 29). *BIM'in İnşaat Süreçlerinde Yer Alabilmesi*. Youtube - Autodesk Türkiye: https://www.youtube.com/watch?v=eIS7olju4LU&list=PL0tdFOtqh6ZpsZvWBREGt4_9uEd36XF0T&index=16&t=55s adresinden alındı

Kazado, D. (2019, Temmuz 13). *BIM.* Mimarlar Odaı İzmir Şubesi: http://www.izmimod.org.tr/v2/uploads/files/Daniel%20Kazado.pdf adresinden alındı

Köseoğlu, O. (2017, Ekim 20). *IGA'da Dijital İnovasyon ve Dönüşüm İle İlgili Son Gelişmeler*. Youtube - Autodesk Türkiye: https://www.youtube.com/watch?v=V90uq-8SDBg adresinden alındı

Library, N. B. (2016, Ağustos 3). *Buildin information Modeling*. National Bim Library: https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim adresinden alındı

lightinganalysts. (2017, Kasım 17). *ElumTools Overview 2017-2018*. Youtube: https://www.youtube.com/watch?time_continue=10&v=M57D8oJ1nrU adresinden alındı

LnkedinLearningl. (2016, nisan 1). *Introducing building information modeling (BIM): Revit Architecture 2016 Essential Training*. lynda: https://www.youtube.com/watch?v=ErGFP-2p6K0 adresinden alındı

Megahed, N. A. (Kasım 2015). TOWARDS A THEORETICAL FRAMEWORK FOR HBIM APPROACH IN HISTORIC PRESERVATION AND MANAGEMENT. *International Journal of Architectural Research*, https://www.researchgate.net/publication/301731779_Towards_a_Theoretical_Framework_for_HBIM_Approach_in_Historic_Preservation_and_Management.

Mimarlık, D. (2016). *BIM Execution Plan.* İstanbul.

Molinos, R. (2016, 09 19). *Lighting Analysis*. Modelical: https://www.modelical.com/en/gdocs/electrical-systems-lighting-analysis/ adresinden alındı

Mullins, P. (2017, june 212). *Quantitative Lighting Analysis with Autodesk Insight 360 - Daylighting Analysis for Revit Plugin.* Graitec:

https://graitec.co.uk/blog/entry/quantitative-lighting-analysis-with-autodesk-insight-360-daylighting-analysis-for-revit-plugin adresinden alındı

NBS. (2019). *National BIM Report 2019.* Newcaste, UK: National BIM Specifications.

Newsroom. (2017, Mart). *IFC what's it for? What's its connection with BIM?* Biblus: http://biblus.accasoftware.com/en/ifc-whats-it-for-whats-its-connection-with-bim/ adresinden alındı

NIBS. (2012). *National BIM standart.*

Ofluoğlu, P. D. (2014, Ocak). *BIM:Gereksinim Ve Birlikte Çalışabilirlik.* sayisalmimar: http://sayisalmimar.com/2013/12/ybm-gereksinim-ve-birlikte-calisabilirlik/ adresinden alındı

Ofluoğlu, P. D. (2018). *Performansa Dayalı Mimari Tasarım.* Sayisal Mimar: http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/bpa_01_seminer.pdf adresinden alındı

Ofluoğlu, S. (2014, Ocak). *Bilgi Modelleme : Gereksinim ve Birlikte Çalışılabilirlik*. http://sayisalmimar.com/2013/12/ybm-gereksinim-ve-birlikte-calisabilirlik/%20eri%C5%9Fim%20%C5%9Fubat%202019 adresinden alındı

Ozan Köseoğlu, Mehmet Sakin, Yusuf Arayıcı. (2017, Ağustos). *Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project.* ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/326921992_Exploring_the_BIM_and_lean_synergies_in_the_Istanbul_Grand_Airport_construction_project adresinden alındı

Öktem, S. (2016). *Bım'e Geçiş Sürecinin Organizasyonel Ve Operasyonel Çerçevesi.* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özperçin, G. D. (2016). Bütünleşik Proje Teslim Metodunun, Yapı Bilgi Modellemesi ile Birlikte Sürdürülebilir Mimari Ve Uygulamalarına Katkısı. *Yıldız Teknik Üniversitesi*.

ProCS. (2019, Temmuz 13). *Istanbul Emaar Square, Turkey*. Procs: http://www.procs.com.tr/Emaar-Square-Istanbul-Turkey adresinden alındı

PSU. (2011). *BIM Project Execution Plan.* Penn State Architecture Engineering.

Service, A. B. (2018). *MEP Clash Detection Service*. AMS BIM : http://www.amsbim.com/clash-detection.html adresinden alındı

Software, S. (2017, haziran 2). *SYNCHRO PRO 4D BIM Construction Scheduling and Project Management Software*. Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=ka8Qr2InUGk adresinden alındı

SteenSunesen. (2014, Nisan 5). *OpenBIM: Why is it important?* buildingsmart: https://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/ adresinden alındı

TAV. (2019, Temmuz 13). *Emaar Square*. TAV Counstruction: http://tavconstruction.com/non-aviation-projects adresinden alındı

Tekfen. (2019, Temmuz 16). *AZERBAYCAN - BAKÜ OLİMPİYAT STADYUMU PROJESİ*. Tekfen İnşaat: http://www.tekfeninsaat.com.tr/TR/insaat_detay.asp?id=14 adresinden alındı

Thomassen, M. (2011). *BIM & Collaboration in the AEC Industry*. Aalborg Universty: https://projekter.aau.dk/projekter/files/55376698/BIM_Collaboration_in_the_AEC_Industry_by_Mats_Thomassen.pdf adresinden alındı

tre.digital. (2016, September 14). *Webinar x-clima sul BIM*. bim tre digital: https://bim.tre.digital/news/214-webinar-x-clima-sul-bim adresinden alındı

UKCO. (2011). *Government Construction Strategy.* UK: UK cabinet office.

uzun, t. (tarih yok).

Yaman, H. (2017). İnşaat projelerin yönetimine giriş dersi, Proje Teslim yöntemleri. *İstanbul teknik üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü*.

[URL] 1 : 6D sürdürülebilirlik için kullanılan analiz yazılımları listesi.

https://www.buildingenergysoftwaretools.com/

[URL] 2 : https://www.corenet.gov.sg/general/building-information-modeling-(bim)-e-submission.aspx adresinden alındı.

[URL] 3 : BIM uygulama planı (Penn state university).
https://www.bim.psu.edu/bim_pep_guide/

[URL] 4: BIM uygulama planı (Stanford Univeristy).

http://web.stanford.edu/group/lbre_apps_forms/maps/fdg/General_Design_docs/Stanford_BIM_Execution_Plan.pdf

[URL] 5 : British Standart Institution (BSI) ‘ın hazırladığı PAS 1192-2:2013 .

http://www.hfms.org.hu/web/images/stories/PAS/PAS1192-2-BIM.pdf

[URL] 6 : UK CIC (Counstruction Industry Council)’in Building Information Modeling (BIM) Protocol

http://cic.org.uk/admin/resources/bim-protocol-2nd-edition-2.pdf