

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL HAVALİMANI YAPIM VE İŞLETME SÜRECİNDE
YAPI BİLGİ YÖNETİMİ**



EVREN ÖZSOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FBE MİMARLIK ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARLIK PROGRAMI

DANIŞMAN
DR. ÖĞRETİM ÜYESİ TOĞAN TONG

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL HAVALİMANI YAPIM VE İŞLETME SÜRECİNDE
YAPI BİLGİ YÖNETİMİ**

Evren ÖZSOY tarafından hazırlanan tez çalışması 27.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğretim Üyesi Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Meral ERDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Birgül ÇOLAKOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Lisans eğitiminden itibaren ilgisi ve desteğini esirgemeyen, bilgisayar destekli tasarım ile beni tanıştıran ve bu tezin hazırlanmasında bana olan güvenini sürdüren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Togan Tong’a teşekkür ederim.

İstanbul Havalimanı projesinde birlikte çalışma şansına sahip olduğum ve havacılık konusunu kendisinden öğrenmeye devam ettiğim Sayın İsmail Hakkı Polat’a bu tezin gerçekleşmesine imkân verdiği için teşekkür ederim.

Ayrıca tüm konularda olduğu üzere yüksek lisans eğitimimi tamamlama konusunda benim yanımda olan eşim Nilda Özsoy’a ve gösterdiği sabır için kızım Ayşe Mafe’ye teşekkür ederim.

Mayıs, 2019

Evren ÖZSOY

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2.....	4
HAVALİMANI YAPI BİLGİ MODELİ UYGULAMALARI	4
2.1 Yapı Bilgi Modeli	5
2.2 Denver Havalimanı YBM Uygulamaları	5
2.3 Gatwick Havalimanı YBM Uygulamaları.....	10
2.4 Abu Dabi Havalimanı YBM Uygulamaları.....	15
2.6 Changi Havalimanı YBM Uygulamaları.....	19
2.7 Orlando Havalimanı YBM Uygulamaları	21
2.8 Atlanta Havalimanı YBM Uygulamaları.....	24
2.9 Meksiko Uluslararası Havalimanı YBM Uygulamaları	25
2.10 Santiago Comodoro Arturo Merino Benitez Uluslararası Havalimanı YBM Uygulamaları	27
2.11 Tokyo Haneda Havalimanı YBM Uygulamaları	30

2.12	Kempegowda Uluslararası Havalimanı YBM Uygulamaları	32
2.13	Havalimanı YBM Uygulamaları Tablosu	34
BÖLÜM 3		35
İSTANBUL HAVALİMANI YAPI BİLGİ MODELİ UYGULAMASI		35
3.1	Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı	35
3.2	YBM Uygulama Planı ve Sözleşmelere Etkisi	40
3.3	Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş Süreci	44
3.4	Disiplinler Arası Koordinasyonda YBM Kullanımı.....	47
3.5	YBY’nde Taşınabilir Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı.....	52
3.6	Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimine Geçişte YBM Kullanımı.....	60
BÖLÜM 4		66
HAVALİMANI YAPI BİLGİ YÖNETİMİNDE GÖRÜLEN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	66	
4.1	YBM Uygulamalarının Karşılaştırılması	66
4.1.1	YBM uygulamasına başlanan proje (tasarım) safhası.....	67
4.1.2	YBM uygulamasına başlanan proje safhası	68
4.1.3	YBM Uygulamasını Başlatan Taraf	69
4.1.4	YBM yönetim ekibinin bağlı olduğu taraf	70
4.1.5	YBM danışmanı kullanımı	71
4.1.6	YBM ile birlikte kullanılan teknolojiler.....	72
4.1.7	Proje safhalarında kullanılan yazılımlar	73
4.1.8	Proje sürecinde gerçekleştirilen YBM tabanlı analizler	75
4.2	Havalimanı Projelerinde YBM Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri	75
4.2.1	YBM Sözleşmeleri ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	78
4.2.2	YBM Uygulama Planı ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	82
4.2.3	Yapı Bilgi Yönetimine Geçişte Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	85
4.2.4	Koordinasyon Süreci ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri	90
4.2.5	Teknoloji Altyapısı ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri.....	100
4.2.6	YBM’nin Tesis Yönetiminde Kullanımı ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri	106
SONUÇ		116
KAYNAKLAR		120
EK-A		124
HAVALİMANI PROJE KAPSAM VE YBM UYGULAMALARI TABLOSU		124
ÖZGEÇMİŞ		126



KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
AIR	Asset Information Requirement - Varlık Bilgi İsterleri
API	Application Programming Interface – Yazılım Programlama Arayüzü
BACnet	Bina otomasyon ve kontrol ağı iletişim protokolü
BCF	BIM Collaboration Format – YBM İşbirliği Dosya Formatı
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım
BIM	Building Information Modeling – Yapı Bilgi Modeli
BMS	Building Management System – Bina Yönetim Sistemi
CAD	Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım
CAFM	Computer Aided Facility Management - Bilgisayar Destekli Tesis Yönetimi
COBie	Construction Operations Building Information Exchange – Yapımdan İşletmeye Yapı Bilgi Aktarım Formatı
Çi	Çalışma İzinleri
DK	Doküman Kontrol
ERP	Enterprise Resource Planning – Kurumsal Kaynak Planlama
GS (LOD)	Gelişim Seviyesi
IFC	Industry Foundation Classes – YBM Model Değişim Dosya Formatı
IOT	Internet of Things – Nesnelerin İnterneti
ISO	International Organization for Standardization – Uluslararası Standartlar Organizasyonu
İTYBYS	İnternet Tabanlı Yapı Bilgi Yönetim Sistemi
KNX	Nokta tabanlı bir bina otomasyon iletişim protokolü
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design – Enerji Sertifikası
LOD (GS)	Level Of Development
MODBUS	Nokta tabanlı bir endüstriyel iletişim protokolü
MVD	Model View Definition – IFC Model Görünüm Tanımları
NFI	Notification For Inspection – İş Muayene Talebi
OIR	Organization Information Requirements – Organizasyon Bilgi İsterleri
OPC	OLE Process Control/Open Platform Communications – Nokta tabanlı bir endüstriyel iletişim protokolü
ÖS	(Havalimanı) Özel Sistemleri (Bagaj taşıma, asansör, yürüyen merdiven, yürüyen bant v.b.)

PAS 55	BSI PAS 55:2008 Asset Management – İngiliz Varlık Yönetimi Standartı
PDM	Product Data Management – Ürün Veri Yönetimi
RDS	Room Data Sheet – Mahal Finiş Listesi
RFI	Request for Information – Bilgi Talebi
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
TCR	Test & Commissioning Request – Test ve Devreye Alma Talebi
TY	Tesis Yönetimi
YBM	Yapı Bilgi Modeli
YBY	Yapı Bilgi Yönetimi
YİD	Yap-İşlet-Devret

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Denver Uluslararası Havalimanı tasarım standartları dokümanları.....	6
Şekil 2. 2 İTYBYS'nden ekran görüntüleri	8
Şekil 2. 3 Denver Havalimanı eklentisi model görseli ve cihaz bilgileri.....	9
Şekil 2. 4 Tesis yönetimi ekranı ve karekod ile mahal entegrasyonu.....	9
Şekil 2. 5 Q5 yatırım programı kapsamı.....	10
Şekil 2. 6 Gatwick Havalimanında YBM uygulaması.....	11
Şekil 2. 7 Artırılmış gerçeklik ve taşınabilir cihaz ile yapı bilgi yönetimi denemeleri.....	12
Şekil 2. 8 Konvansiyonel proje tesliminde tesis yönetimi veri aktarım süreci.....	13
Şekil 2. 9 Yapı bilgi modeli tabanlı tesis yönetim veri aktarım metodu	13
Şekil 2. 10 Abu Dabi Midfield terminal binası bilgisayar görselleştirmesi.....	15
Şekil 2. 11 Çakışma koordinasyonu ve sorun raporlama formatı.....	17
Şekil 2. 12 Jewel yapısı bilgisayar görselleştirmesi.....	19
Şekil 2. 13 Jewel Yapısı Plan ve Kesit görünümü.....	19
Şekil 2. 14 Revize YBM uygulama planına göre tasarım girdileri ve YBM koordinasyon çıktıları.....	21
Şekil 2. 15 İç hat terminali yolcu indirme alanı tasarımı.....	23
Şekil 2. 16 Terminal binası mimari görseli.....	25
Şekil 2. 17 YBM uygulama planına göre koordinasyon iş akışı.....	27
Şekil 2. 18 YBM koordinasyon iş akışı ve sorumluluklar.....	28
Şekil 2. 19 Taşınabilir cihaz ve İTYBYS	29
Şekil 2. 20 Gelişim seviyesi 500 yapı bilgi modeli.....	31
Şekil 2. 21 Terminal 2 projesi 1. ve 2. Fazları.....	32
Şekil 3. 1 İstanbul Havalimanı YBM'ye entegre edilen disiplinler.....	37
Şekil 3. 2 YBY organizasyon şeması.....	40
Şekil 3. 3 YBM uygulama planı içeriği.....	41
Şekil 3. 4 İşverene teslim edilen 2B ve 3B tasarım dokümanları.....	42
Şekil 3.5 İGA YBM çalıştay programı.....	43
Şekil 3. 6 İGA YBM stratejisi	43
Şekil 3.7 Yapı bilgi modeli entegrasyonu.....	45
Şekil 3.8 Çakışma koordinasyonu.....	47
Şekil 3. 9 YBM koordinasyon ve elektro-mekanik uygulama çizim üretim süreci.....	49
Şekil 3. 10 Uygulama çizimi oluşturma iş akışı.....	50
Şekil 3. 11 YBM saha paftaları.....	52

Şekil 3. 12 YBM saha paftaları.....	53
Şekil 3. 13 Taşınabilir cihaz ve İTYBYS kullanıcı rehberi.....	55
Şekil 3. 14 İnşaat sahasında İTYBYS kullanımı.....	56
Şekil 3. 15 İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi örnek kalite kontrol listesi.....	57
Şekil 3. 16 İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi örnek uygunsuzluk formu.....	58
Şekil 3. 17 İTYBYS ve robotik total station ile saha çalışmaları.....	59
Şekil 3. 18 İTYBYS’de cihaz teknik bilgileri.....	60
Şekil 3. 19 Test, devreye alma, kabul ve teslim işlemleri.....	61
Şekil 3. 20 Mekanik sistemler yapı bilgi modeli cihaz ana kırılımları.....	63
Şekil 3. 21 Mekanik, Elektrik, BT, Havalimanı Özel Sistemleri yapı bilgi modeli cihazları ana kırılımları.....	63
Şekil 3. 22 Mekanik, Elektrik, BT, Havalimanı Özel Sistemleri yapı bilgi modeli cihazları kırılımları detayı.....	63
Şekil 4.1 Havalimanı YBY’inde karşılaşılan sorunların sayısal dağılımı.....	75
Şekil 4.2 Havalimanı YBY’inde karşılaşılan sorunların yüzdelik dağılımı.....	75
Şekil 4.3 Proje sürecinde yaşanan YBY sorunlarının diğer süreçlere etkisi.....	76
Şekil 4.4 Tasarım aşamasında başlatılan yapı bilgi modeli.....	77
Şekil 4.5 Tasarım sonrasında başlatılan yapı bilgi modeli.....	77
Şekil 4.6 Geleneksel tasarım ve yapım sürecinde bilgi ve zaman kaybı.....	80
Şekil 4.7 Önerilen tasarım ve yapım sürecinde kesintisiz bilgi akışı.....	80
Şekil 4.8 Modüler tasarım ve modelinden analiz modelleri türetilmesi.....	82
Şekil 4.9 YBM’de ortak koordinat sistemi kullanımı.....	90
Şekil 4.10 YBM koordinasyonunda örnek arayüzler.....	95
Şekil 4.11 Sorunlu revize tasarım süreci.....	97
Şekil 4.12 Önerilen revize tasarım süreci.....	98
Şekil 4.13 Örnek YBM işbirliği ve dosya formatları.....	100
Şekil 4.14 Önerilen modüler model yapısı örneği.....	104
Şekil 4. 15 Mevcut yapıda tesis yönetimi amaçlı YBM oluşturma akışı.....	106
Şekil 4.16 YBM ile tasarlanan yapıda tesis yönetimine bilgi akışı.....	107
Şekil 4.17 Tesis yönetimi ihtiyacının geç tariflenmesi.....	108
Şekil 4.18 Tesis yönetimi ihtiyacının erken tariflenmesi	108
Şekil 4.19 BSI PAS 1192-4’e göre bilgi yönetimi ilişkisi.....	109
Şekil 4.20 Örnek ÖS, yönetim arayüzleri, TY arayüzü ve YBM ilişkisi	111
Şekil 4.21 Örnek tasarım ve yapım dönemi YBM kırılımı.....	112
Şekil 4.22 Örnek işletme dönemi işlevsel YBM kırılımı.....	112
Şekil 4.23 Tesis yönetimi yazılımı üzerinden önerilen CBS ve YBM kullanımı.....	113

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2. 1 Havalimanı YBM uygulamaları tablosu	33
Tablo 3. 1 İstanbul Havalimanı YBM kullanımları	38
Tablo 3. 2 Proje tasarım dokümanlarının türlerine göre ayrımı	46
Tablo 4.1 YBM uygulamasına başlanan proje (tasarım) safhası	66
Tablo 4. 2 YBM uygulamasına başlanan proje safhası.....	67
Tablo 4.3 YBM uygulamasını başlatan taraf.....	68
Tablo 4.4 YBM yönetim ekibinin bağlı olduğu taraf	69
Tablo 4.5 YBM danışmanı kullanımı.....	70
Tablo 4.6 YBM ile birlikte kullanılan teknolojiler.....	71
Tablo 4.7 Proje safhalarında kullanılan yazılımlar.....	72
Tablo 4.8 Proje sürecinde gerçekleştirilen YBM tabanlı analizler	74
Tablo 4.9 OVO seçim kriterleri.....	102

İSTANBUL HAVALİMANI YAPIM VE İŞLETME SÜRECİNDE YAPI BİLGİ YÖNETİMİ

Evren ÖZSOY

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Görevlisi Togan TONG

Havalimanı yapıları tasarımı masterplan seviyesinden başlayan planlama, tasarım kısıtları, içerdiği sistem sayısı, büyüklük sebebiyle karmaşık bir yapıdır. Havalimanı yapımında yukarıda sayılanlara ek olarak paydaş sayısı, kısıtlı kaynak ve süre, yüksek maliyet, yeni metot ve teknoloji gereksinimi sebebiyle belirsizlik ve riskler fazladır. Yapı Bilgi Modelleme (YBM) teknolojisi yukarıda sıralanan karmaşık tasarım ve yapım süreçlerinin bütünleşik yönetimini sağlama potansiyeline sahiptir. Bununla beraber teknolojinin nispeten yeni ve gelişmekte olması, sektör profesyonellerinin bu teknoloji ile çalışma deneyimine sahip olmaması, tasarım ve yapım süreçlerinde getirdiği yeni iş akışları YBM'ne geçişte zorluklar yaratmaktadır.

Bu çalışmada yurtdışı ve yurtiçi çeşitli havalimanlarında YBM çalışmaları proje ve YBM kapsamı, YBM uygulama planı ve sözleşmelere etkisi, yapı bilgi yönetimine (YBY) geçiş, disiplinler arası koordinasyonda YBM, taşınabilir cihazlar ve bulut teknolojisinin etkisi ve tesis yönetimi çalışmaları bakımından incelenmiştir. Yerel bir örnek olan İstanbul

Havalimanı YBM uygulaması deneyimi üzerinden YBM uygulamalarında karşılaşılan yerel ve küresel kapsamda ortak sorunlara çözüm önerileri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modeli, İstanbul Havalimanı, Tesis Yönetimi, İTYBYS, OVO, CAFM, İnternet Tabanlı İşbirliği, Kalite Yönetimi, Mobil Bilişim, Bulut Bilişim



**BUILDING INFORMATION MANAGEMENT IN ISTANBUL AIRPORT
CONSTRUCTION AND OPERATION PHASE**

Evren ÖZSOY

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Togan TONG, PhD.

Airports are complex structures regarding the design phase starting as masterplan, firm design rules, number of systems included and the project size. Uncertainties and risks are high in airport construction due to high number of stakeholders, limited resources and time, high construction costs, requirement of new methodologies and technologies. Building Information Modeling (BIM) technology has the potential to integrate management of complex design and construction process. Nevertheless being a new and developing technology, low experience level among the AEC professionals in this technology and new design and construction workflows are the difficulties adapting to BIM.

This work surveys the international airport examples regarding the scope of project and BIM, BIM execution planning and its effect to the contracts, BIM adaption process, interdisciplinary coordination, mobile devices and cloud technology and facilities

management. Common issues airport BIM execution will be discussed and solutions will be proposed consulting the the local BIM execution experience in Istanbul Airport.

Keywords: BIM, Istanbul Airport, Facilities Management, web-based BIM, CDE, CAFM, Online Collaboration, Quality Management, Mobile Computing, Cloud Computing



1.1 Literatür Özeti

Literatür taraması kapsamında öncelikle yapı bilgi modellemesi konusunda temel kaynaklardan biri olan Eastman v.d. tarafından yazılan “BIM Handbook” kitabı incelenmiştir. Yapı bilgi modelinin (YBM) yapı sektöründe çeşitli taraflar tarafından farklı motivasyonlar ile kullanımını kapsamlı olarak inceleyen kaynak, planlama aşamasından tesis yönetimine kadar yapı yaşam döngüsü boyunca YBM kullanımı hakkında bilgi vermektedir. Dünya çapında havalimanı projelerinde YBM uygulaması incelemelerinde havalimanı profesyonelleri tarafından Autodesk University etkinliğinde yayınlanan bildiriler, sunumlar, web kaynakları, firma dokümanları incelenmiştir. İstanbul Havalimanı projesiyle ilgili olarak YBM çalışmaları öncesinde oluşturulan YBM uygulama planı, yapım süreci boyunca üretilen YBM dokümanları, sunumlar ve projenin ilk fazı sonucunda güncellenen YBM uygulama planı incelenmiştir. Köseoğlu v.d. tarafından yayınlanan “Exploring The BIM And Lean Synergies in The Istanbul Grand Airport Construction Project” makalesinde YBM koordinasyonunun sağladığı avantajlar incelenmiştir.

Yapı sektöründe işbirliğini kapsamlı olarak ele alan Bouchlagem’in “Collaborative Working in Construction” kitabı İTYBYS kurgusu ve değişim yönetimi konularında faydalı olmuştur. Kreider ve Messner tarafından hazırlanan “The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses” yapı bilgi modeli kullanımlarının genel bir dökümünü oluşturmaktadır. Avrupa’da ve dünyada YBM kullanımında referans olarak

kabul edilen İngiliz BSI PAS 1192 standardı yapı yaşam döngüsü boyunca YBM kullanımı, ortak veri ortamı, bilgi istekleri tanımlamaları açısından önemlidir.

Literatür taraması sonucunda farklı havalimanlarındaki uygulamalar kıyaslanabilmesi hedeflenmiş ayrıca havalimanı YBM projesi sürecinde uygulamada, iş akışlarında, yazılım altyapısı ve teknolojiye ortaya çıkan farklılıklar belirlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Yapı bilgi modeli yapı sektöründe kullanıma girdiği tarihten itibaren kompleks projelerin tasarım ve yapım sorunlarının çözülmesinde kullanılmıştır. YBM kullanımının yaygınlaşması, YBM uygulanan yapım projelerinin tamamlanarak işletmeye alınması, yazılımlar arası bilgi transferindeki gelişmeler ve yeni yazılımların ortaya çıkması sonucunda 2000'li yılların başında potansiyel olarak görülen YBM uygulama alanları günümüzde aktif YBM uygulamalarına dönüşmüş ve YBM yapı yaşam döngüsü boyunca kullanılır duruma gelmiştir.

Dünya genelinde her yıl artan yolcu ve kargo trafiği etkisi ile mevcut havalimanlarında kapasite artırımı projeleri ve yeni havalimanı yapım projeleri sonucu havalimanı tesis büyüklükleri giderek artmaktadır. Büyüyen tesislerde tasarım, yapım ve işletme döneminde YBM kullanım ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Çalışma kapsamında öncelikle yurtdışı havalimanlarında YBM kullanımı incelenmiştir. Yerel bir örnek olan İstanbul Havalimanı projesinde yüklenici tarafından YBM kullanımı detaylı olarak ele alınmıştır. İstanbul Havalimanı YBM uygulaması ile diğer havalimanı YBM uygulamalarını karşılaştırarak ölçek, kapsam, karşılaşılan zorluklar, çözüm yolları açısından benzerlik ve farklılıkları belirlenmiştir. Havalimanlarındaki örnek uygulamalar ve İstanbul Havalimanı YBM uygulama deneyimi üzerine eleştirel bir bakış ile yapım organizasyonlarında YBM kullanımına geçişte sıklıkla karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri sunulmaktadır.

1.3 Hipotez

Tüm dünyada inşaat sektörü genelinde YBM teknolojisi kullanımı yaygınlaşmaya devam etmekle beraber, 2019 yılı itibarıyla yaygın değildir.

Mega proje olarak tabir edilen çok büyük ölçekli, fazla sayıda paydaşı ve altyüklenicisi bulunan projelerde karşılaşılan zorluklar yeni metotların ve yeni teknolojilerin kullanımını gerektirmektedir. Yeni metot ve teknolojilerin kullanımı riskler yaratmaktadır. Bunların başlıcaları iletişim sorunları, sözleşmesel yükümlülükler, eğitim ihtiyacı, bilinmezlikler olarak sıralanabilir. Havalimanı YBM uygulamaları proje büyüklüğü, teknoloji ve metodoloji yönünden buna örnek oluşturmaktadır. Bu çalışmada belirtilen riskler nedeniyle havalimanı YBM uygulamalarında dünya genelinde benzer sorunlar yaşandığı ve bunların çözümünde ortak bir yöntem izlenebileceği hipotezi savunulmaktadır.

Tez kapsamında çeşitli havalimanı YBM uygulamaları ölçek, kapsam, karşılaşılan zorluklar ve çözüm yöntemleri incelenecek, İstanbul Havalimanı deneyimi üzerinden belirlenen ortak sorunlara çözüm önerileri oluşturulacaktır.

HAVALİMANI YAPI BİLGİ MODELİ UYGULAMALARI

Küresel olarak artış eğiliminde olan havayolu kullanımı nedeniyle dünya genelinde yeni havalimanı yapım projelerinin ve mevcut havalimanlarının kapasitesinin artırılmasına yönelik geliştirme projelerinin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Ulaştırma ve altyapı projesi olarak havalimanı; proje büyüklüğü, çok sayıda tasarım disiplini ve özel sistemler içermesi, çevresel etkileri, yatırım bedeli, işletme sürecinde karlılık ve sürdürülebilirlik gibi proje girdilerinin etkisi ile şekillenirken çok sayıda karar ve kontrol noktası ortaya çıkmaktadır. Havalimanı yatırımının planlama aşamasından başlayarak verilen kararlar yatırımın başarılı veya başarısız olmasında etkili olmaktadır. Yatırım maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle gerek yapım, gerekse işletme sürecinde havalimanı projelerinin dikkatli yönetilmesi gereklidir. Kamu ya da özel sektör tarafından yapılması farketmeksizin havalimanı yatırımlarında, yatırımın geri dönüşünü hızlandırmak amacıyla; yapım aşamasının hızlı, kaliteli ve zamanında tamamlanması, işletme döneminde ise verimliliğin sağlanması hedeflenmektedir.

Yapı bilgi modeli teknolojisi havalimanı projelerinde, yapım aşamasında çok sayıda tasarım disiplini ve özel sistemlerin koordinasyonunun sağlanarak sahada karşılaşılabilecek riskleri azaltma potansiyeli ve yapım sırasında biriken tesis yönetimi için önemli bilginin kayıpsız olarak işletmeye teslim edilebilir olması nedenleriyle tercih edilmektedir. Yapı bilgi modeli kullanımı yeni havalimanı projelerinde işveren tarafından genellikle sözleşme ile zorunlu kılınmakta iken, mevcut havalimanları yapı bilgi modeli uygulamalarından tesis yönetiminde faydalanmak üzere çalışmalar yapmaktadır.

2.1 Yapı Bilgi Modeli

Yapı bilgi modeli; Amerikan Ulusal Yapı Bilgi Modelleme Standartı komitesi tarafından, “Yeni ve eski tüm tesisler için tesis ile ilgili oluşturulan ve toplanan tüm bilgiyi yapı yaşam döngüsü boyunca kullanılabilecek bir formatta içeren makine tarafından okunabilir standartlaştırılmış bilgi modelini kullanan, planlama, tasarım, yapım, işletme ve bakım süreci” olarak tanımlanmıştır.[1]

Yapı bilgi modelini 2B BDT ve diğer 3B modellerden ayıran temel özellikleri modelin 3 boyutlu, nesne tabanlı ve parametrik yapıda olmasıdır. Modelin 3 boyutlu olması tasarımcı ve tasarımcı olmayan paydaşlar arasında projenin görsel iletişimini kuvvetlendirir. Nesne tabanlı model elemanları adreslenebilir ve gerçek yapı malzemeleri ile eşleştirilebilir. Nesnelerin parametrik yapıda olması tasarımın parametrelerle şekillendirilebilmesini ve model nesnelere veri girişi yapılabilmesini sağlar. Yapı bilgi modelleri farklı yazılım ve sistemlerle birlikte kullanılarak iş programı entegrasyonu, maliyet analizleri, tesis yönetimi faaliyetleri ve sürdürülebilirlik başta olmak üzere pek çok analiz için kullanılabilir.

Yapı bilgi modeli kullanımı yapı sektöründe bilgisayarlı bilgi işleme yeteneğini, ağ iletişimini, verinin bilgi olarak toplanmasını ve bilgi birikiminin kayıt altına alınmasını en üst düzeye taşıyan koordine ve işbirliğine dayalı süreçlerin oluşmasını sağlamaktadır.[1] Havalimanları tasarım ve yapım projelerinde boyut ve karmaşıklık kaynaklı sorunları yapı bilgi modeli tabanlı işbirliği yoluyla koordine etmenin yanısıra yapım sonrası dönemde tesis ile ilgili bilgi birikiminin de işletme amaçlı olarak kullanılmasını hedeflemektedir. Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda, BIM teknolojisinin ortaya çıkışından günümüze kadar YBM uygulaması yapılmış olan havalimanları incelenmiştir. İncelenen havalimanı YBM uygulamaları, ilerleyen bölümlerde kronolojik olarak sıralanmıştır.



2.2 Denver Havalimanı YBM Uygulamaları

Denver Uluslararası Havalimanı güney terminal yeniden geliştirme programı kapsamında yapı bilgi modeli kullanılmıştır.

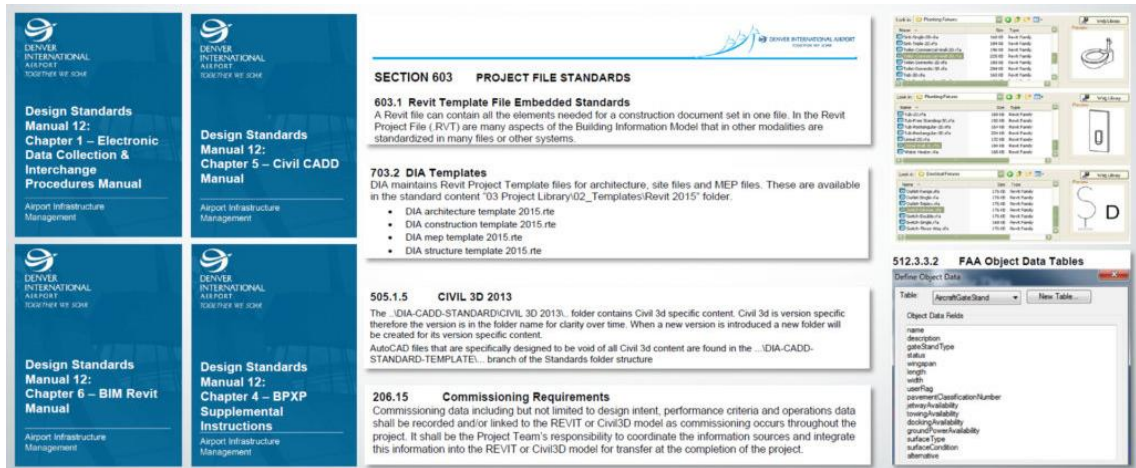
Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

1995 yılında açılan 137 km² alan üzerine kurulu Denver Uluslararası Havalimanı 180 varış noktasına ve yıllık 58,3 milyon yolcuya hizmet vermektedir. Beş yıllık güney terminal yeniden geliştirme programı kapsamında, 519 odalı bir otel, konferans merkezi, yeni bir demiryolu toplu taşıma merkezi ile bunları mevcut terminale ve birbirine bağlayan bir meydan yapımını tamamlamıştır. Proje teslim kalite ve performansını artırmak ve nihai olarak tüm verileri tesis yönetiminde kullanabilmek için havalimanı işletmecisi, alt yükleniciler tarafından tasarım ve yapımın tüm aşamalarında yapı bilgi modeli kullanılmasını talep etmiştir.

Yapı bilgi modeli kapsamında mevcut ve yeni yapılar modellenmiştir. Yapı bilgi modeli tasarım ve yapım sürecinde uzamsal koordinasyon, çakışmaların çözülmesi, yapısal tasarım analizleri, tasarım kritikleri, görselleştirme, model tabanlı işbirliği, maliyet analizi ve yapım iş programı konularında kullanılmıştır.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Havalimanı tarafından yayınlanan yapı bilgi modelleme uygulama planı sözleşmelere eklenerek kanuni olarak bağlayıcı olması sağlanmıştır. Uygulama planında tasarımcı ve altyüklenici sorumlulukları ve model mülkiyeti belirlenmiş, proje hedefleri, paydaşların iletişim bilgileri paylaşılmıştır. Yapım aşamasında yapı bilgi yönetimi süreçleri kurgulanarak, proje teslim ve tesis yönetimi gereksinimleri listelenmiştir.



Şekil 2. 1 Denver Uluslararası Havalimanı tasarım standartları dokümanları [1]

Proje sürecinde havalimanı için oluşturulan 3'üncü kuşak yapı bilgi modeli uygulama planı kullanılmıştır. Havalimanı işletmecisi tüm planlama, tasarım, imalat ve işletme

faaliyetlerinde kullanmak üzere kendine ait proje şablonu, akıllı model, veri ve havacılık şartname kütüphanesini oluşturmuştur.

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

Havalimanı işletmesi tarafından yapı bilgi modeli uygulaması zorunlu tutulmakla beraber yine işveren tarafından hazırlanmış olan yapı bilgi model kütüphaneleri tasarımcı ve altyüklenicilerin kullanımına sunularak projenin başarılı olması için gerekli altyapı sağlanmıştır.

Proje yönetimi tarafından projeler altyüklenicilerden başlangıç aşamasında ve sırasıyla yüzde 30, yüzde 60, yüzde 90 ve nihai proje teslimi olan yüzde 100 ilerleme aşamalarında teslim alınmıştır. Yapı bilgi yönetimi ekibi tarafından ana proje teslimleri dışında ara kontroller gerçekleştirilmiştir.

Koordinasyon

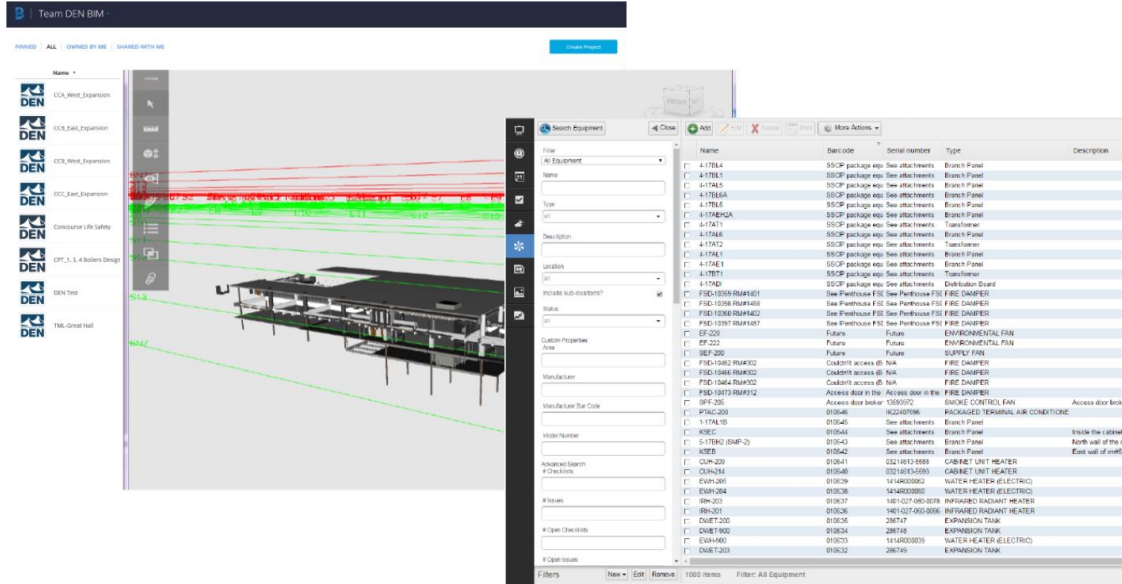
Güney terminal yeniden geliştirme programı işleyen bir havalimanı içerisinde yürütülecek yapım faaliyetleri içermektedir. Aynı zamanda proje kapsamında üretilecek yapıların mevcut yapılar ile arayüzü bulunmaktadır. Bu sebeple tasarım aşamasında mevcut tesislerin durumunu kayıt altına almak üzere yapı bilgi modeli terminal binası ve asma-germe çatı sisteminin yeni yapı ile arayüz oluşturan kısmının LİDAR taraması ile başlamıştır. Nokta bulutu kullanılarak oluşturulan model ile uzamsal koordinasyon sağlanmış, yeni yapının toleranslar dâhilinde tasarlanması mümkün olmuştur.

Farklı tasarımcılardan gelen tasarımlar koordinasyon toplantılarında uzamsal koordinasyon sağlanmak üzere koordinasyon toplantılarında süperpoze edilir. Koordinasyon toplantıları mimar tarafından yürütülür, işveren temsilcisi olarak yapı bilgi yöneticisi ve proje yöneticisi katkıda bulunur. İmalat başlamadan tamamlanması gereken koordinasyon sonucunda nihai tasarımın işveren temsilcisi tarafından onaylanması gereklidir.

Mobil Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı

Proje kapsamında internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi (İTYBYS) tasarım, yapım, test, devreye alma ve tesis yönetimi safhalarında kullanılmıştır. Tasarım aşamasından itibaren internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi kullanılarak tasarımcıların

modelleme yazılımı içerisinde doğrudan dosya paylaşımı sağlaması, paydaşlar tarafından konumdan bağımsız olarak güncel tasarıma erişim imkânı, işveren tarafından tasarım kritiklerinin internet ortamında verilebilmesi sağlanmıştır.



Şekil 2. 2 İTYBYS'nden ekran görüntüleri [1]

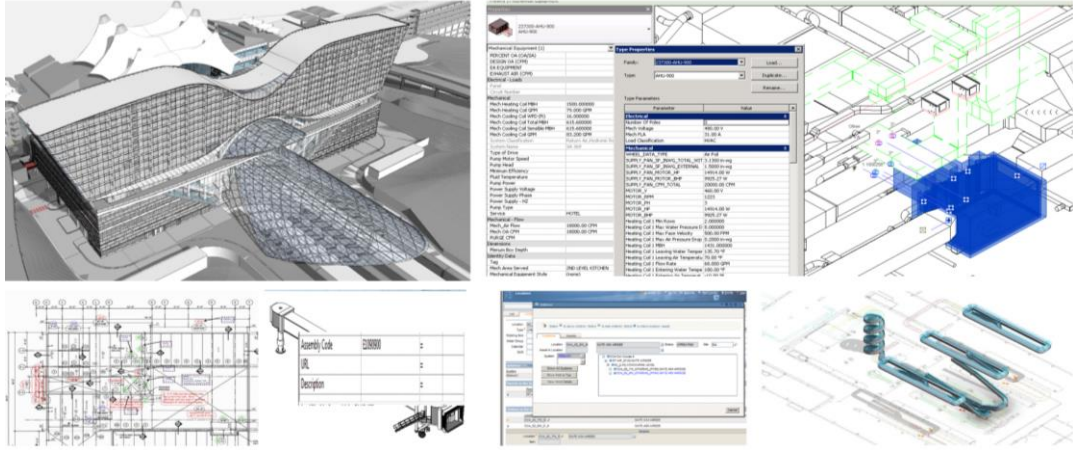
Değişik kaynaklardan gelen tasarımlar arasındaki uzamsal koordinasyon proje mimarının yönetiminde paydaşların katılımıyla gerçekleştirilen toplantılarda yapı bilgi modellerinin İTYBYS üzerinde süperpoze edilmesi yöntemi ile sağlanmıştır. Sistem yapım sırasında demirbaş ve cihazların kayıt altına alınması, imalat kontrolü, saha testleri ve devreye alma, işletme ve bakım talimatlarının kayıt altına alınması ve yapının tamamlanması ile birlikte tüm bilginin tesis yönetimi yazılımına aktarılması çalışmalarında da kullanılmıştır. [2]

Tesis yönetiminde ise internet bağlantısı ile birbiri arasında haberleşen mobil cihazlar, el terminalleri ve masaüstü sistemlerden oluşan bir yazılım altyapısı kullanılmıştır. El terminali ile demirbaş üzerindeki karekod okutularak nesne ile ilgili tasarım ve yapım sayfalarında oluşturulan bilgiye erişim sağlanmıştır.

Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi

Havalimanı işletmecisi proje başlangıcında yapı bilgi modellemesini talep ederken teslim aşamasında tesis yönetimine hazır modellere sahip olarak işletme aşamasında verimlilik ve enerji tasarrufu sağlamayı amaçlamıştır. Projenin erken aşamalarında oluşturulan modeller ile işletme açısından yüksek öneme haiz biletleme, güvenlik

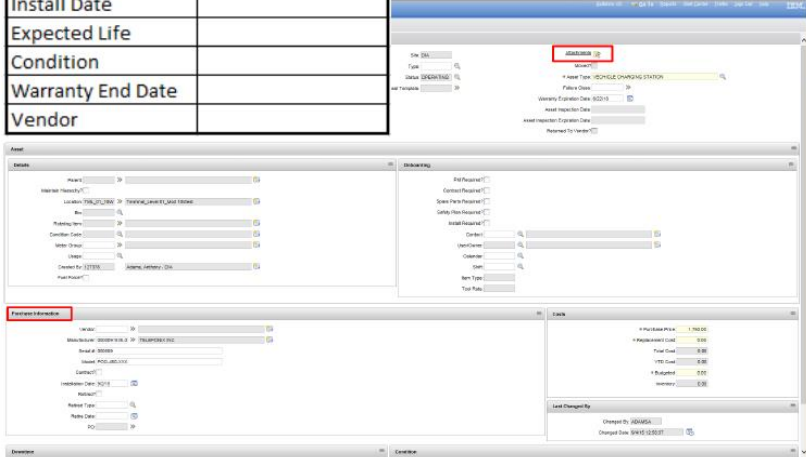
kontrol alanları ve kaçış güzergâhlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Model tabanlı enerji analizleri ve aydınlatma simülasyonları daha çevreci bir proje tasarımına yol göstererek LEED Silver sertifikası hedefine katkı sağlamıştır.



Şekil 2. 3 Denver Havalimanı eklentisi model görseli ve cihaz bilgileri [1]

Model nesnelerine ait teknik veriler yapım süreci, test ve devreye alma aşamalarında oluşturularak, yapının işletmeciye teslimi sırasında tüm iki boyutlu (2B) çizimler, nesneler, tasarım geçmişi ve işletme parametrelerini içeren yapı bilgi modeli teslim edilmiştir. İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminde (İTYBYS), ekipman listeleri oluşturulmuş, saha kontrolleri gerçekleştirilmiş, işletme ve bakım dokümanları toplanmış ve işletmeye yönelik tüm bilgi tesis yönetim yazılımına aktarılmıştır.

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

Şekil 2. 4 Tesis yönetimi ekranı ve karekod ile mahal entegrasyonu [2]

Projede kullanılan cihazlar ve demirbaş malzeme proje yüzde 60 ilerleme seviyesindeyken model üzerinde tanımlanmıştır. Yapı bilgi modelinde tanımlanmış olan nesnelere ait bilgiler ise proje yüzde 90 seviyesinde iken modele işlenerek tesis yönetimine hazır hale getirilmiştir. Tesis yönetimi yazılımına aktarılan bilginin güncel tutulması için yapı bilgi modeli ile tesis yönetimi yazılımı arasında düzenli aralıklarla karşılıklı veri aktarımı yapılmaktadır. Sistemler arasında tam olarak entegrasyon sağlandığında havalimanı personelinin bir satınalma gerçekleştiği anda maliyet, mahal bilgisi, bakım takvimi ve teknik dokümantasyona erişmesi edeflenmektedir. [2]

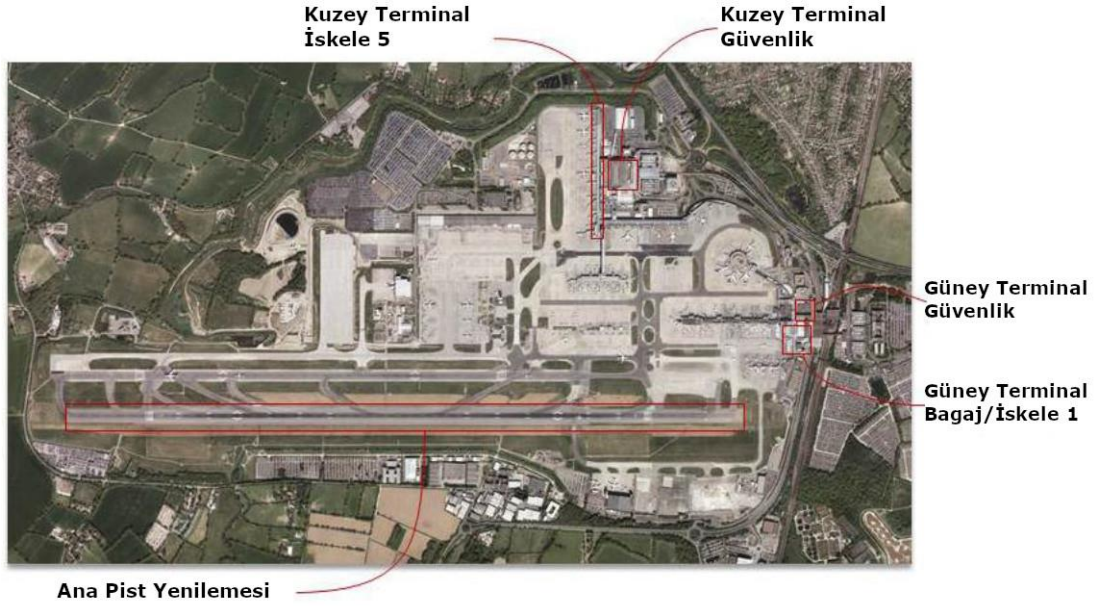
2.3 Gatwick Havalimanı YBM Uygulamaları

Gatwick Havalimanı 10,3 km² alan üzerine kurulu 227 yapıdan oluşmaktadır. Yetmiş havayolu firmasının 240 varış noktasına yaptığı uçuşlara hizmet vermektedir.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Q5 olarak adlandırılan yatırım programı kapsamında 2008-2014 yılları arasında 1,9 milyar ABD doları büyüklüğünde 250 adet proje planlanmıştır. 2012 yılında projenin

tamamlanma oranı yüzde 63'tür. 2014-2018 yılları arasında planlanan geliştirme projelerinin toplam büyüklüğü ise 1,5 milyar ABD dolarıdır.



Şekil 2. 5 Q5 yatırım programı kapsamı [3]

Gatwick Havalimanı'nda yapı bilgi modeli uygulaması varlık yönetiminde kullanılacak bilgi kalitesinin artırılması, geliştirme projelerinde kapsamın net olarak ortaya konması, proje maliyetinin öngörülebilir olması, proje risklerinin azaltılması ve süreçlerin şeffaflaşması hedefleriyle başlatılmıştır.

2011 yılından itibaren yatırım programları yapı bilgi modeli ile yürütülmeye başlanmıştır. 2011 yılında yayınlanan ilk yapı bilgi modeli uygulama planı daha sonra dokümantasyon, varlık yönetimi, iş programı ve metraj alımı ile ilgili düzenlemelerin eklenmesi ile güncellenmiştir. 2013 yılından itibaren yapı bilgi modelinin iş planı ve maliyet analizleri için kullanılması ve taşınabilir cihaz kullanımına geçilmesi planlanmıştır.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

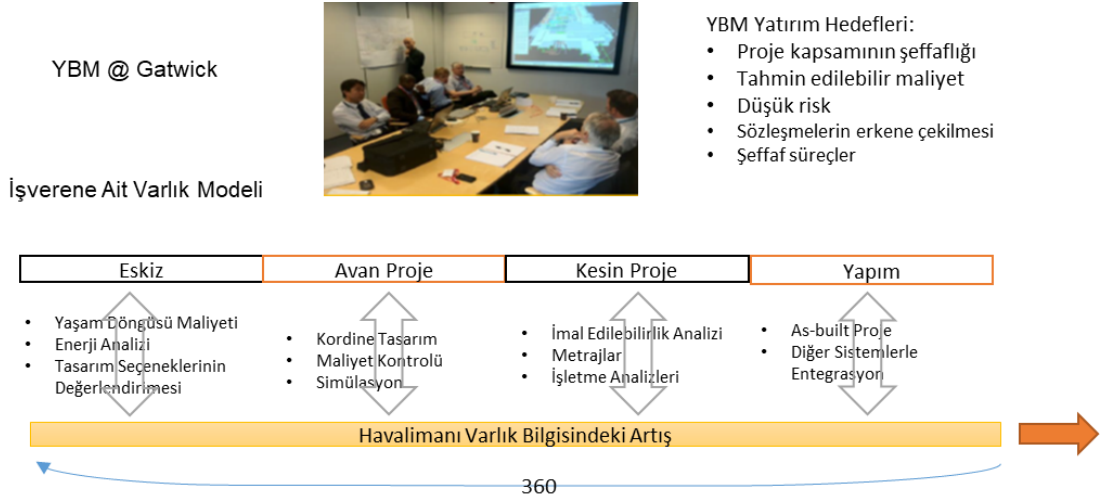
Havalimanı yatırım programları kapsamında 1 milyon İngiliz sterlini ve üzeri büyüklüğe sahip tüm projelerin yapı bilgi modeli ile yürütülmesi zorunlu tutulmuştur.

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

2013 yılı itibariyle 13 adet proje yapı bilgi modeli ile yürütölmeye başlamıştır. Proje kapsamında oluşturulan 190 yapı bilgi modeli dışında tüm tesislere ait 170 adet mimari yapı bilgi modeli oluşturulmuştur.

Koordinasyon

Gatwick Havalimanı'nda yapı bilgi modeli kullanımı ile tesis yönetimine tasarım ve yapım süreçlerinde biriktirilen bilginin kayıpsız olarak aktarımı amaçlanmıştır.

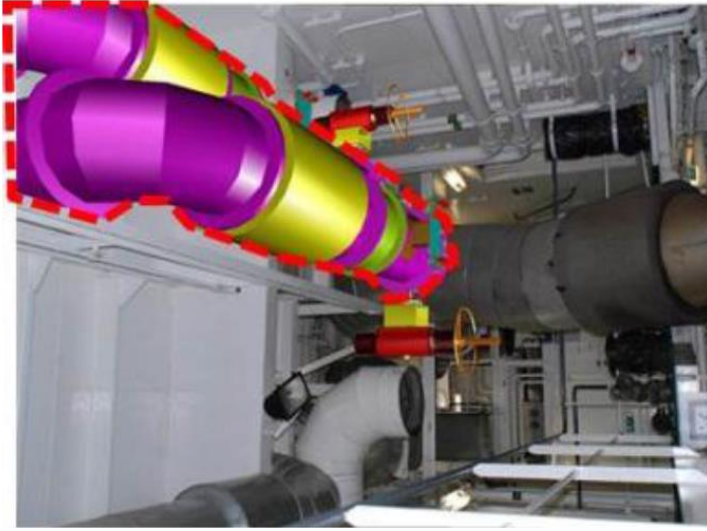


Şekil 2. 6 Gatwick Havalimanında YBM uygulaması [3]

Mobil Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı

Tesislerin büyük bölümünün mevcut olarak kullanımda olması nedeniyle, mevcut yapı içerisine eklenecek sistemlerin taşınabilir cihazlar ve artırılmış gerçeklik (AG) uygulamaları yardımı ile süperpoze edilmesi imkânları test edilmektedir.

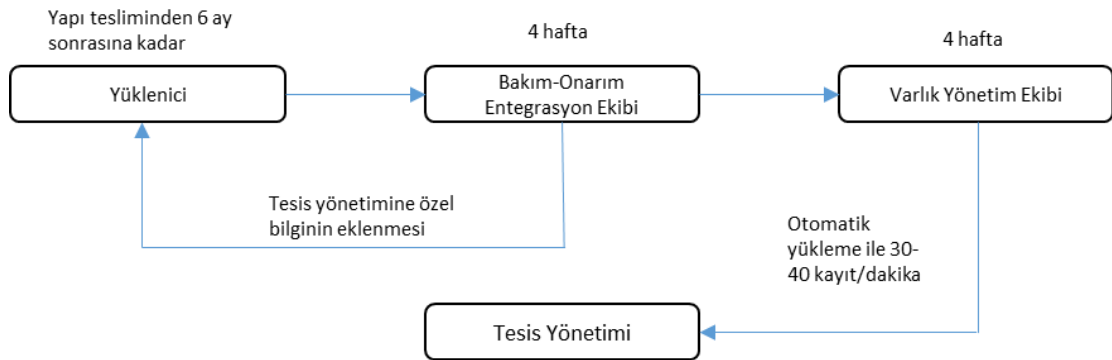
Bulut üzerinde internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi kurularak, tüm paydaşların ortak model platformu ile yapı bilgisine erişiminin sağlanması gelecek hedefleri olarak ortaya konmuştur.[3]



Şekil 2. 7 Artırılmış gerçeklik ve taşınabilir cihaz ile yapı bilgi yönetimi denemeleri [3]

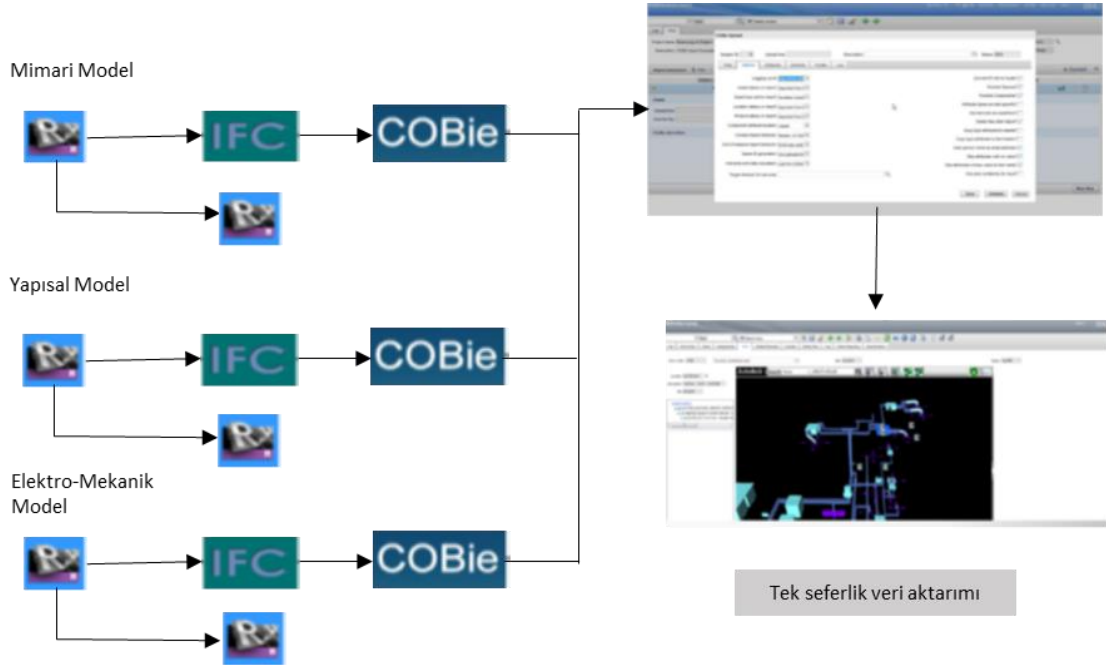
Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi

Gatwick Havalimanı İngiliz PAS 55 varlık yönetimi sertifikası sahibidir. Tesis yönetimi yazılımı ile yapı bilgi modeli arasında COBie formatında bilgi alışverişi çalışmaları yapılmaktadır. Konvansiyonel proje teslim sürecinde yükleniciden havalimanı işletmecisine tesis yönetiminde kullanılan varlık bilgilerinin aktarılması 6 aya kadar gecikmektedir. Teslim edilen bilginin kontrol, yeniden düzenleme ve verinin sisteme entegrasyon süreçleri ile beraber kullanılabilir bilginin tesis yönetimine aktarımı 8 ayı bulmaktadır.



Şekil 2. 8 Konvansiyonel proje tesliminde tesis yönetimi veri aktarım süreci [4]

Tesis yönetimi hedefiyle hazırlanan yapı bilgi modelleri ile yapının tesis yönetimine devri ile birlikte tesis yönetimine esas varlık verilerinin yapım sürecinde tamamlanarak sisteme aktarımının yapının işletmeye teslimi ile eş zamanlı olması beklenmektedir.



Şekil 2. 9 Yapı bilgi modeli tabanlı tesis yönetim veri aktarım metodu [4]

Gatwick Havalimanı'nda denemeleri yapılan yapı bilgi modelinden tesis yönetim yazılımına veri aktarımı Şekil 2.9' da gösterilmiştir. Bu yöntemde yapım süreçlerinde varlık veri girdileri tamamlanmış mimari, yapısal, elektro-mekanik ve diğer sistemlerden gelen tasarımlar modelleme yazılımından IFC dosya formatında dışarı aktarılır. Varlık verileri IFC formatındaki modelden 3'üncü taraf yazılımlar kullanılarak COBie formatında MS Excel tablosu dışarı aktarılır. Sonraki aşamada COBie formatını destekleyen tesis yönetimi yazılımı ile veriler sistem içerisine alınarak eşleştirilir. Son olarak tesis yönetimi yazılımındaki varlıklar NWD dosya uzantılı yapı bilgi modeli ile eşleştirilerek sistem üzerinde seçilen nesnenin model ortamında görüntülenmesi sağlanır.[4]

Uzun vadede yapı bilgi modeli, tesis yönetimi ve kurumsal kaynak planlama (ERP) yazılımlarının birbiri ile entegre çalışması hedeflenmektedir.

2.4 Abu Dabi Havalimanı YBM Uygulamaları

Abu Dabi Havalimanı projesinde tasarım aşamasından itibaren yapım aşamasının tamamında işveren talebi ile yapı bilgi modeli kullanılmaktadır. Yapının işletmeye teslimi ile birlikte yapı bilgi modeli ile tesis yönetimi yazılımı arasında entegrasyon sağlanması planlanmaktadır. Bu çalışmanın hazırlanma tarihi itibarıyla Midfield Terminali yapım faaliyetleri devam etmektedir.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Abu Dabi Havalimanı 50 ülkede 100 varış noktasına ve yılda 24,5 milyon yolcuya hizmet vermektedir. TAV, CCC, Arabtec ortaklığı (TCA JV) tarafından yapımı üstlenilen 742.000 m² büyüklüğünde ve yıllık 30 milyon yolcu kapasiteli Abu Dabi Uluslararası Havalimanı Midfield Terminal Binası yapım sözleşmesi 2012 yılının Nisan ayında 3 milyar ABD doları proje bedeli ile imzalanmıştır. [5, 6]

Sözleşme gereği yüklenici tarafından oluşturulacak yapı bilgi modeli ile aşağıdaki çalışmaların yapılması şart koşulmuştur.[7]

- Mühendislik ve tasarım: Çakışmaların çözümlenmesi, tasarım koordinasyonu, bilgi talepleri (RFI) sisteminin oluşturulması, imalat çizimlerinin oluşturulması
- Proje kontrol ve planlaması: kazanılmış değer analizleri ve 4 boyutlu iş programı çalışması
- Metraj hesaplamaları
- İmalat ve sayısal fabrikasyon kullanımları
- Saha lojistiği, geçici yapılar, iskele ve kalıp planlaması



Şekil 2. 20 Abu Dabi Midfield terminal binası bilgisayar görselleştirmesi [8]

Bu kapsam gereği yüklenici ortaklık tarafından kesin proje iki boyutlu (2B) tasarım dokümanları temel alınarak yapı bilgi modeli oluşturulmaya LOD300 detay seviyesinden başlanmıştır.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Proje paydaşları arasında veri transferinin sağlanması için EDI adı verilen elektronik veri alışverişi prosedürü oluşturulmuştur. Yapı bilgi modelleme şartnameleriyle uyumlu olarak hazırlanan elektronik veri alışverişi prosedüründe aşağıdaki konular ele alınmıştır.

- Proje iş kırılım yapısı
- CAD ve YBM dosyalarının adlandırılması ve alışveriş prosedürü
- Nesne etiketleme ve varlık yönetimi
- Nesne özellikleri ve veritabanı gereksinimleri
- İşbirliği ve entegrasyon iş akışları

Elektronik veri alışveriş prosedürü ile elektronik işbirliği konusunda yaşanabilecek sorunları engellerken, model nesnelerinin kendine has etiketler ile etiketlenmesi değişik yazılım ortamları ve süreçlerde bilginin doğrulanabilmesini sağlamıştır.

Etiketleme prosedürü sayesinde yapının yaşam döngüsü yönetimi gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.[9]

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

Yüklenici ortaklık henüz yapım ihalesini kazanmadan YBM süreçlerini başlatmıştır. Proje için ihtiyaç duyulan insan kaynağı için gerekli eğitimler yüklenici firmalar tarafından Atina’da CCC YBM Akademisi’nde ve Ankara’da ODTÜ’de açılan sınıfta ortaklığın kendisi tarafından Bentley Systems, ODTÜ ve Infotron A.Ş. desteği ile sağlanmıştır. Eğitim içeriğinde 3B modelleme, tasarım ve proje kontrol kavramları, gerçek orta ölçekli ve büyük ölçekli projeler üzerinde çalışma bulunmaktadır.

Eğitimin son aşamasında proje kapsamında işe alınan personel tarafından LOD300 gelişim seviyesinde yapı bilgi modeli oluşturulmuştur. LOD 300 model temel alınarak iş programı entegrasyonu ile 4 boyutlu model oluşturulmuştur. Bu sayede ihale öncesinde proje kapsamının daha iyi anlaşılması sağlanmış, model üzerinden hesaplanan malzeme metrajı ihale dokümanında işveren tarafından verilen metraj ile karşılaştırılarak ihale aşamasında verilecek fiyat teklifinin kontrolü sağlanmıştır. İhale öncesinde yapılan çalışmalar neticesinde ihale kazanıldığında, proje kapsamına hâkimiyet, tasarım kaynaklı sorunların bilinmesi, yüklenicinin bilgi talep dokümanlarının (RFI) hazır olması, saha lojistiği ve yapım yöntemi çalışmalarının yapılabilmesi sağlanmıştır.

Midfield Terminali projesinde yapı bilgi yönetimi sürecinde karşılaşılan temel sorunlardan biri bilgi paylaşımı için şeffaf ve verimli bir yapının kurulmasıdır. Bunu sağlamak için altyapı olarak internet tabanlı bir yapı bilgi yönetimi işbirliği platformu kullanılmıştır. Kullanılan platform modelleme, veri toplama, yönetim ve sentezleme yazılımlarını içerirken aynı zamanda kalite kontrol, denetim ve onay iş akışlarını da desteklemektedir. Yapı bilgi yönetimine geçişte yaşanan ana sorunlar aşağıda sıralanmıştır.[10]

- Değişimin yönetimi: Geleneksel yöntemlerle çalışma alışkanlığına sahip paydaşların yeni teknolojiler ile çalışmaya geçişinde yaşanan zorluklar
- Tamamlanmış imalat ile ilgili uygulama çizimlerinin ve uygulama farklılıklarının yapı bilgi yönetim ekibine aktarılmaması

- Pazarda yeterli düzeyde yapı bilgi modelleme eğitimi olmaması
- Konusunda uzman altyüklenicilerin 5 boyutlu yapı bilgi modelleme tekniğine hakim olmaması
- Yazılımlar arası ortak çalışma, veri yönetimi, sistem entegrasyonu.

Koordinasyon

Yapı bilgi modeli yüklenici tarafından tasarım dokümanları dikkate alınarak LOD300 detay seviyesinde oluşturulmuştur. Modelleme sürecinde görülen sorunlar bilgi istek formları (RFI) ile talep edilmiştir. Model aynı zamanda saha lojistiğinin planlanmasında kullanılmıştır.

DESIGN COORDINATION WORKSHOP (PROGRESS)			LB2 2nd FIX Coordination	MOM 03		7-Feb-13
A/A	Description	AXES / 2D	Description/Screen shots	Action Taken By	Date	Comments
1	clash between BHS & HVAC Examine if BHS can move as of the yellow indication, so HVAC ducts can fit	VG' / PF' & P11 		Crisplant & EFECO	4-Feb-13 6-Feb-13	Crisplant agreed to change. EFECO to determine accurate position & exact dimensions from Grid Lines (Axes) EFECO provided by PDF the proposed position. (parallel movement so 8m distance is between old and new position) Attachment No 3 Crisplant to finalize new position

Şekil 2. 11 Çakışma koordinasyonu ve sorun raporlama formatı [8]

Mobil Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı

Proje kapsamında ortak veri ortamı (OVO) olarak internet tabanlı bir sistem kullanılmıştır. Sistem 2 boyutlu çizimler, 3 boyutlu modeller, yapı bilgi modeli ve ofis yazılımları gibi diğer proje dokümanlasyonunun konumdan bağımsız olarak tüm paydaşlar arasında iletilmesini sağlar. Kullanıcı adı ve şifresi ile giriş yapılan sistemde tüm paydaşlar kendi yetkileri doğrultusunda proje dosyalarına erişim hakkında sahiptir.

2.5 Heathrow Havalimanı YBM Uygulamaları

Heathrow Havalimanı 5 terminal binası ve 2 pisti ile 180 varış noktasına ve yılda 66 milyon yolcuya hizmet vermektedir.

Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi

Heathrow Havalimanı'nda farklı birimler tarafından kullanılan farklı yazılım araçlarının birlikte çalıştırılarak iş verimliliğinin yükseltilmesi ve yeni değerler ortaya çıkarılması planlanmaktadır. Tesis yönetimi yazılımı (TY), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), demirbaş listesi (DL), doküman kontrol (DK), elektro-mekanik sistemler (SCADA) ve çalışma izinleri (Çİ) için örnek entegrasyon olanakları ve beklenen sonuç aşağıda listelenmiştir.

- TY + CBS = Varlık ve iş emirlerinin harita üzerinde görülerek kaynak atama ve planlama veriminin yükseltilmesi
- TY + DL = Demirbaş liste güncellemelerinin zamanında yapılabilmesi
- TY + DK = Bakım ekiplerinin cihazlarla ilgili geçerli teknik ve iş güvenliği bilgilerine erişimi
- TY + SCADA = Cihazın güncel durumunun takibi ve arıza tahminlerinin yapılması
- Çİ + CBS = Herhangi bir anda geçerli çalışma izinlerinin harita üzerinde takibi

Havalimanı işletmecisi için varlık verileri ile zenginleştirilmiş yapı bilgi modelinin yapı ve varlık yaşam döngüsü açısından odaklanması gereken bir nokta olduğu görülmüştür. [11, 12]

2.6 Changi Havalimanı YBM Uygulamaları

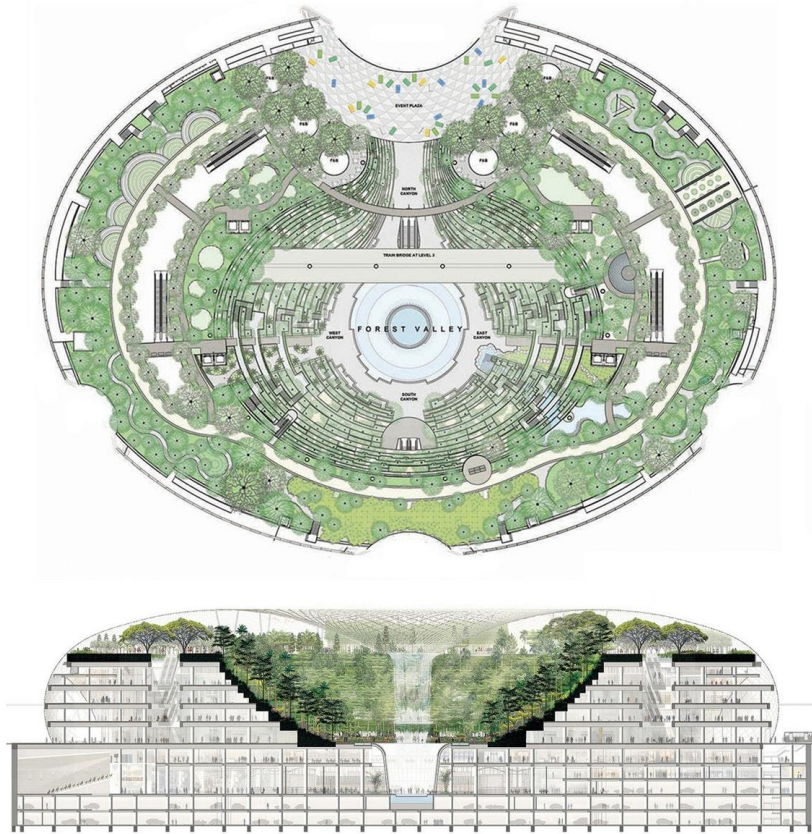
Singapur Changi Havalimanı Jewel projesi ve Terminal 1'in yenilenmesi kapsamında yapı bilgi modeli kullanılmıştır. Jewel proje alanı Terminal 1 ile hava trafik kontrol kulesi arasında otopark olarak kullanılan bir alanda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 12 Jewel yapısı bilgisayar görselleştirmesi [13]

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Jewel projesi 35 bin m² alan üzerinde toplam 134 bin m² kapalı alana sahiptir. 40 metre yükseklikte cam bir kubbe şeklindeki yapının çatısında bulunan dairesel boşluk ile yapay bir şelale oluşturularak dakikada 38 bin litre su yapının ortasında bulunan havuza akıtılmaktadır.



Şekil 2. 13 Jewel yapısı plan ve kesit görünümü [14]

Projenin karmaşık tasarımı ve çalışmakta olan bir havalimanında yapılması nedeniyle proje eskiz aşamasından itibaren yapı bilgi modeli ile tasarlanmıştır. Cephe mühendisleri tarafından mimardan model ortamında alınan eskizler, imalata uygun şekilde rasyonalize edilerek yapı kabuğunun ihale çizimleri yapı bilgi modeli yardımıyla oluşturulmuştur. Canlı bir havalimanında yapım çalışmalarının operasyonu etkilememesi için öncelikle mevcut saha koşulları 3B lazer tarayıcılar ile taranarak güncel durum nokta bulutu olarak kayıt altına alınmıştır. Nokta bulutu verisi yüklenici tarafından ilk aşamada oluşturulan 300 gelişim seviyesindeki model için altlık oluşturmuştur. Yapı Bilgi modeli yapım aşamasında kule vinçlerin hava trafik kontrol kulesinin görüş açısını kesmesini engellemek için yapılan lojistik simülasyonda kullanılmıştır. İşletme döneminde Jewel binasının geniş cam yüzeylerinin bakım ve temizlik senaryolarını yine yapı bilgi modeli ile etüt edilmiştir.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Proje başlangıcında yapı bilgi modeli uygulama planı oluşturularak yapı bilgi modeli kullanımı için yol haritası yapım şartnamelerine dâhil edilmiştir. Altyüklenicilerin yapı bilgi modeli uygulama planına uyumluluğu üçüncü taraf uzmanlar tarafından kontrol edilerek işverene belirli aralıklarla raporlanmıştır.

2.7 Orlando Havalimanı YBM Uygulamaları

Orlando havalimanında 2018 yılına kadar yapımı tamamlanması planlanan geliştirme projelerinde yapı bilgi modelini temel alan tasarım ve yapım süreçleri uygulanmıştır.

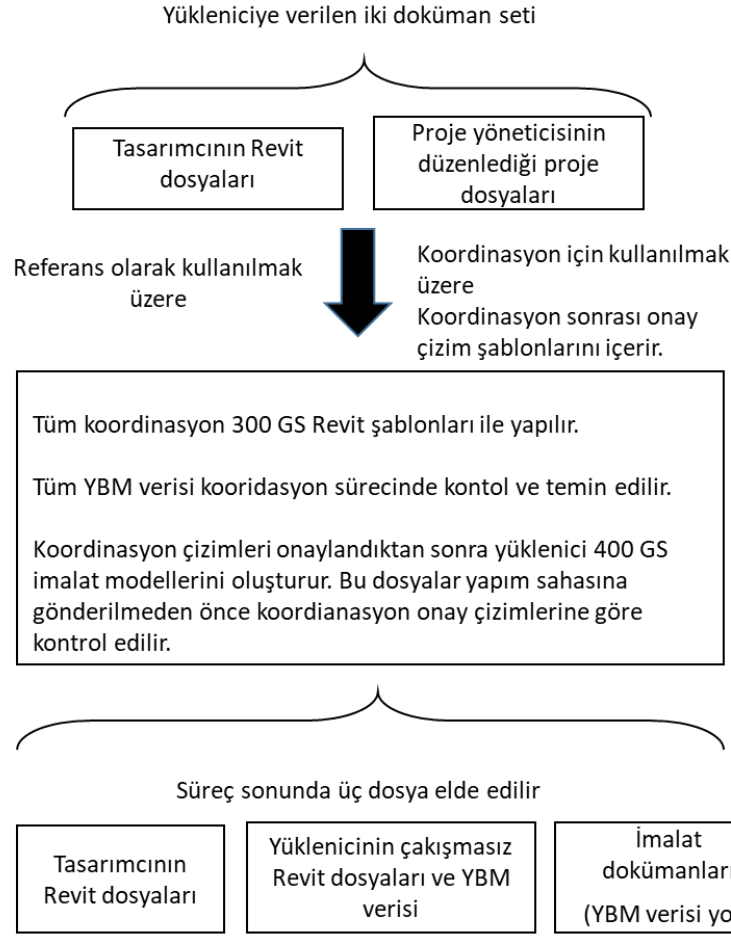
Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Geliştirme projesi kapsamında 1,8 milyar ABD doları yatırım bedeli ve 250 bin m² kapalı alana sahip yeni güney terminal binası, 120 bin m² kapalı alana sahip yeni ulaşım merkezi ve kuzey-güney terminaller arasında yolcu ulaşımını sağlayacak sürücüsüz raylı sistem (APM) için 18 bin m² istasyon yapısı ve 2,3 km çift yönlü hat inşaatı yapılacaktır.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Projenin başında YBM uygulama planı oluşturulmuş ve sözleşmelere eklenmiştir. Bununla beraber projenin ikinci safhası olan terminal binası yapımına geçilirken ilk

safhada edinilen tecrübeler değerlendirilerek yeni bir YBM uygulama planı ve yöntem oluşturulmuştur.



Şekil 2. 14 Revize YBM uygulama planına göre tasarım girdileri ve YBM koordinasyon çıktıları [15]

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

Yapı bilgi modeli ile çalışmaya geçiş aşamasında imalat ile tutarlı tasarım dokümanları teslim alıyor olmanın işletme sürecinde tesis yönetimine yapacağı olumlu katkı temel motivasyonu oluşturmaktadır. Bununla beraber proje başlangıcında proje yönetim firması, tasarım ekibi ve yüklenici firma açısından temel endişe kaynağı yapı bilgi modeli ile çalışmanın ek iş yükü getireceği düşüncesidir. Proje yapı bilgi yönetiminin yönlendirmesi ile tüm taraflar tarafından yapı bilgi modeli ile çalışmanın faydaları görülmüştür.

Saha ekiplerinin yapı bilgi modeli kullanımı ile ilgili olarak yapı bilgi yönetim ekibi tarafından gönüllülük esasına bağlı bir yöntem izlenmiştir. Saha ekiplerinin yoğun iş yükü dikkate alınarak yapılması gereken ek bir görev oluşturulmamasına özen gösterilmiştir. Yapı bilgi modeli saha ekiplerinin konvansiyonel çalışma metodunda kullandıkları 2 boyutlu paftalar ve PDF dosyaları oluşturan bir sistem olarak kullanılmış, başlangıç aşamasında çalışma yönteminde bir değişiklik yaratılmamıştır. Buna paralel olarak isteyen saha personelinin katılabileceği yapı bilgi modelleme eğitimleri sağlanarak saha ekibinin modelden faydalanması sağlanmıştır.[15]

Ulaşım merkezi projesinde karşılaşılan sorunlar değerlendirilerek; ikinci aşama olan terminal projesinde yüklenicilere, YBM uygulama planı ve tasarım dokümanlarının yanında, yapı bilgi yönetimi tarafından düzenlenmiş ve çakışma sayıları en düşük seviyeye indirgenmiş modeller ve 2 boyutlu pafta şablonlarını içeren bir YBM başlangıç seti paylaşılması kararlaştırılmıştır.[16] Bu yeni yaklaşım ile yüklenicilerin yükünün azaltılarak yapı bilgi modellemesine kolay bir başlangıç yapılabileceği öngörülmüştür.

Koordinasyon

Sıkışık proje takvimi nedeniyle proje yönetim firması elektro-mekanik yüklenici firmalarla sözleşme imzalanmadan önce tasarlanan elektro-mekanik sistemlerin koordinasyonunu sağlamak zorunda kalmıştır. Koordinasyon sağlandıktan sonra isteyen yüklenicilerle LOD 300 seviyesinde elektro-mekanik çakışmaları giderilmiş yapı bilgi modeli paylaşılarak imalatın hızla tamamlanması sağlanmıştır.

Projede görevli insan kaynağındaki yoğun değişikliklerin koordinasyona olumsuz etkileri olmuştur. Koordinasyon sağlanarak onaylandıktan sonra imalat çizimleri oluşturulması aşamasında projeye yeni katılan personelin oluşturulmuş prosedürleri bilmemesi nedeniyle yeni çakışmalar ortaya çıktığı görülmüştür. Koordine yapı bilgi modeli onaylanmasından sonra oluşturulan 2 boyutlu imalat çizimlerinin koordinasyon açısından kontrol edilmemesi nedeniyle çakışmalar sahada gerçekleşmiştir.

Orlando Havalimanı ulaşım merkezi yapım sürecine olumsuz etkisi olan aşağıdaki sorunların yapı bilgi yönetimi ile kontrol altına alınabileceği değerlendirilmiştir;

- Koordine alanlarda çakışmalara sebep olan imalat çizimleri
- Yapı bilgi yönetimine aktarılmayan sahada alınan revizyon kararları

- Proje doküman iletişiminin iyileştirilmesi
- Koordinasyon toplantıları
- YBM Koordinasyonun doğru zamanlanması
- Model hassasiyeti

2.8 Atlanta Havalimanı YBM Uygulamaları

Atlanta Hartsfield-Jackson Havalimanı 1998 yılından beri dünyanın en işlek havalimanıdır. Atlanta'dan 50 ülkede 225 varış noktasına uçuş yapılmaktadır. Yılda 100 milyondan fazla yolcuya hizmet veren havalimanında günde ortalama 2500 uçuş ile 275 bin yolcu taşınmaktadır.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Atlanta Havalimanı iç hat terminalinde iki otopark katının yıkılarak kuzey T konkors'unun genişletilmesi, buna bağlı olarak batı yaya yolu yolcu alım alanı, çatı saçağı ve yol bağlantılarının yeniden tasarımı projesinde yapı bilgi modelinden faydalanılmıştır.



Şekil 2. 15 İç hat terminali yolcu indirme alanı tasarımı [16]

Proje kapsamında yıkımı gerçekleştirilecek mevcut tesisler ve çevresinin kayıt altına alınması için karadan lazer tarama ve insansız hava aracı (İHA) ile havadan fotogrametri

yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen nokta bulutu verileri yapı bilgi modelinde kullanılmıştır.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Proje kapsamında, İHA uçuşuna yasak alan olan havalimanında uçuş yapılması gerekmiştir. Uçuşlar Amerikan Federal Havacılık Otoritesi'nden (FAA) izin alındıktan sonra, uçuş planının FAA, Ulaşım Güvenliği Otoritesi (TSA) ve havalimanı güvenliği onayından sonra gerçekleştirilmiştir.

Koordinasyon

Karadan yapılan lazer tarama sonucunda yetersiz görülen alanlar İHA kullanılarak havadan yapılan fotogrametri çalışması ile tamamlanmıştır. Her iki çalışma sonucu elde edilen nokta bulutu verisi yapı bilgi modeline aktarılmıştır. Oluşturulan model CAD çizimleri ve ortofotolar ile süperpoze edilerek kontrolü sağlanmıştır.

2.9 Meksiko Uluslararası Havalimanı YBM Uygulamaları

Foster+Partners ve FR-EE mimarlık firmaları tarafından tarafından dünyanın en büyük ve çevreci havalimanlarından biri olma hedefiyle tasarlanan projenin yapım faaliyeti Ekim 2018'de yapılan halk oylaması sonucunda durdurulmuştur.[17] Belirtilen tarihe kadar yapılan YBM uygulamaları aşağıda özetlenmiştir.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

770 bin m2 büyüklüğü ile yıllık 50 milyon yolcu kapasiteli terminale sahip havalimanı ilk sıfır enerji tüketen havalimanı olarak, terminal yapısı için LEED Platin, ulaşım merkezi ve hava trafik kontrol kulesi için LEED Altın sertifikasyonu hedefiyle tasarlanmıştır. Kafes sistem olarak tasarlanan ve tüm terminali kaplayan kabuk 160 metreye varan açıklıkları ile mühendislik ve yapım açısından zor bir strüktüre sahiptir.

Tümüyle yapı bilgi modeli kullanılarak tasarlanan havalimanı modeli için 50 bin model nesnesi oluşturulmuştur. Terminal yapısı için 10 binin üzerinde çizim ve doküman ile 5 bin mahal finiş listesi (room data sheet/RDS) doğrudan yapı bilgi modelinden üretilmiştir. [18]



Şekil 2. 16 Terminal binası mimari görseli [18]

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

Proje tasarımı, tasarımın ilk aşamalarından itibaren yapı bilgi modeli ile yürütülmüştür. İki boyutlu paftalar ve diğer tasarım dokümanları yapı bilgi modelinden doğrudan üretilerek teknik ofis insan gücünde yüzde 33 tasarruf sağlanmıştır. [19]

Koordinasyon

Haftalık olarak gerçekleştirilen yapı bilgi modeli koordinasyon toplantıları işbirliği, koordinasyon ve üretim süreçlerinde iş akışlarının hızlanmasını sağlamıştır. Tasarımcıların güncel tasarımları paylaşması ile başlayarak, modellerin diğer tasarımcılar tarafından teslim alınması, işlenmesi, model ortamında gezinti, analiz, sorunların raporlanması, sorunlu noktada model görüntülerinin kaydedilmesi, görüntülerle birlikte ilgili tasarımcıya sorunların iletilmesi ve sorunların çözülmesi faaliyetlerinin tamamı döngüsel olarak her hafta tekrarlanmıştır. Haftalık koordinasyon döngüsünün sürekliliği sayesinde koordine ve daha kaliteli bir model elde edilmiştir. [18]

2.10 Santiago Comodoro Arturo Merino Benitez Uluslararası Havalimanı YBM

Uygulamaları

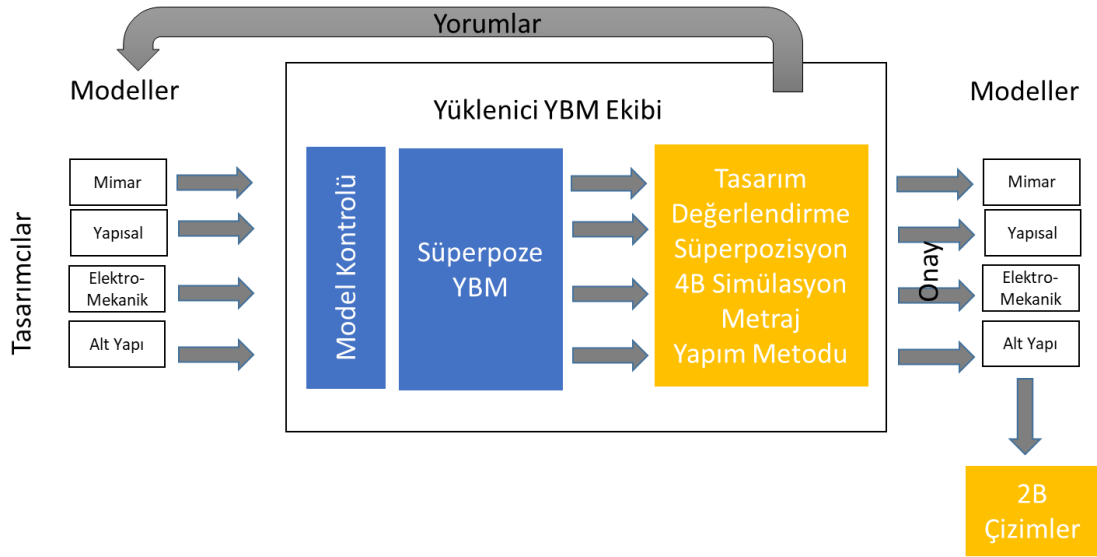
Şili Santiago Havalimanı'nda işveren tarafından talep edilerek tasarımdan başlayarak yapı yaşam döngüsünün tamamında kullanılması amaçlanan yapı bilgi modeli çalışmaları yürütülmektedir.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Proje kapsamında mevcut durumda 15 milyon yolcu/yıl olan havalimanı kapasitesinin 30 milyon yolcu/yıla yükseltilmesi için 354 bin m2 kapalı alana sahip yapılar ile 880 bin m2 altyapı hatlarının tasarımı 2015 yılında yapı bilgi modeli kullanılarak başlatılmıştır. 930 milyon ABD doları bedelli yap-işlet-devret (YİD) sözleşmesi kapsamında 2016-2020 yılları arasında yapımının tamamlanması planlanan havalimanı, yatırımcı ortaklık tarafından 2035'e kadar 20 yıl işletilecektir.

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Yapı bilgi modeli uygulama planı oluşturulurken proje kapsamında tasarım ve yapım aşamasından başlayarak işletme dönemi dâhil yapı bilgi modeli kullanımı öngörüsü dikkate alınmıştır. Uygulama planı oluşturulurken öncelikle işveren YBM talepleri dikkate alınmıştır. İkinci aşamada Şili'nin ulusal YBM standartları ve yönetmelikleri olmaması nedeniyle; uluslararası örnekler incelenerek İngiliz BS 1192 standardı ve Amerikan mimarlar birliği (AIA) model gelişim seviyelerinin (LOD) ve Omniclass adlandırma formatının kullanımına karar verilmiştir. YBM uygulama planının belirli standartlarla uyum içinde olması işveren tarafından sözleşme ile dikte edilen iş programı entegrasyonu (4B YBM), nihai projelerin teslimi (LOD 500 YBM) ve tesis yönetim yazılımına uyumluluk gibi YBM kullanım süreçlerinin kolay yönetimini sağlamıştır. [20]



Şekil 2. 17 YBM uygulama planına göre koordinasyon iş akışı [20]

Sözleşme kapsamında olanlar dışında yüklenici ihtiyaçlarından kaynaklanan YBM kullanımları ise; tasarım değerlendirmeleri, koordinasyon, iki boyutlu paftaların oluşturulması, metraj hesaplamaları, yapım metodu etütleri, kalite kontrol ve muhtemel imalat sorunlarının erken tespiti.

YBM uygulama planı oluşturulurken modelden türetilen iki boyutlu çizim paftaları saha mühendislik ekipleri ile standartlaştırılarak modelleme şablonları içerisinde altyüklenicilerin kullanımına sunulmuştur.

Projede YBM uygulaması ile ilgili karşılaşılan sorunlardan biri, sözleşmede işverene teslim edilmesi zorunlu tutulan dosya formatının sürümünün belirtilmemiş olmasıdır. İşveren tarafından yüklenicinin proje süreçlerinde kullandığından daha güncel bir sayısal dosya sürümünün talep edilmesi anlaşmazlıklara sebep olmuştur. [20]

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

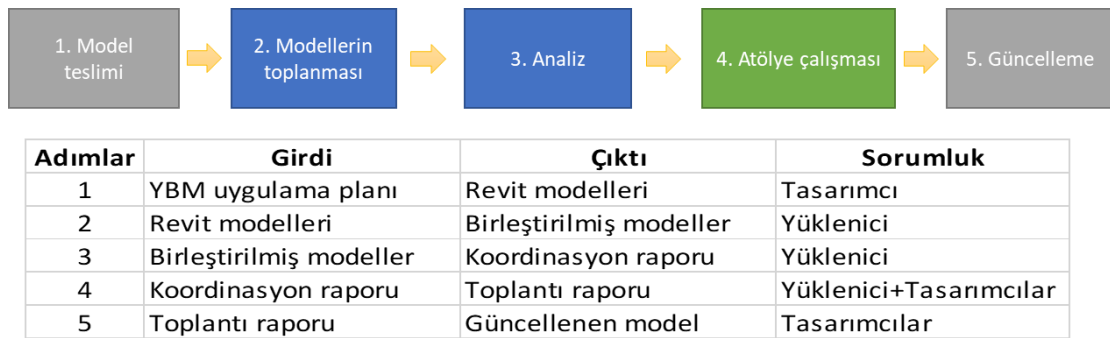
Santiago Havalimanı projesinde yapı bilgi yönetim ekibi yüklenici firma bünyesinde oluşturulmuştur. Yapı bilgi yönetim ekibi 1 yönetici ve 5 koordinatörden oluşmaktadır. Model kontrollerini ve yapı bilgi modelinin kullanım alanlarını belirleyen ekip içerisindeki iş bölümüne göre; yapı bilgi yöneticisi modelleme standartını ve modelin farklı kullanımları için süreçleri belirlerken, yapı bilgi modelleme koordinatörleri

modellerin standarta uygunluğunu ve tasarım içeriğinin gelişimini takip ve kontrol eder.

Yüklenici firma yapı bilgi yönetim ekibinin oluşumunda yerel insan kaynağından faydalanmaya önem vermiş, gerekli yeteneklere sahip personeli bulabilmek için yerel üniversiteler ile bağlantıya geçmiştir.

Koordinasyon

Koordinasyon aşamasında tüm tasarımların süperpoze edilebilmesi ve hataların önlenmesi için değişik kaynaklardan paylaşılan modellerin eş koordinatlarda çalışılmış olması gereklidir. Santiago Havalimanı projesinde proje koordinat sisteminde oluşturulmuş, aks ve kat düzlemlerini gösterir referans model, tasarım iş paylaşımı platformunda paylaşılarak tüm modelleme çalışmalarında referans alınması sağlanmıştır.

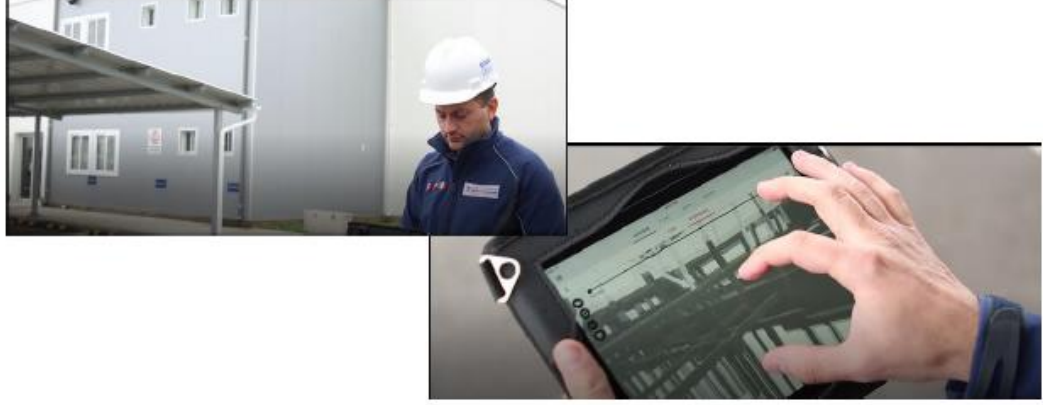


Şekil 2. 18 YBM koordinasyon iş akışı ve sorumluluklar [20]

Mobil Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı

Yapı bilgi modeli tabanlı işbirliğinin sağlanmasında İTYBYS kullanılarak modellerin paydaşlarla bulut ortamında paylaşılması, modelleme iş akışlarının ve tasarım revizyonlarının kontrol altında tutulmasını kolaylaştırmıştır. Yapı bilgi yönetimi ekibinin kontrolünde olan sistemin klasör hiyerarşisi ve dosya adlandırma düzeni YBM uygulama planı esaslarına dayanmaktadır.

Yüklenici tarafından altyüklenici imalatlarının sahada kontrolü amacıyla taşınabilir cihazlar üzerinde İTYBYS kullanılmıştır.



Şekil 2. 19 Taşınabilir cihaz ve İTYBYS [20]

Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi

Sözleşme gereği yüklenici tarafından oluşturulan modelin işveren tesis yönetimi yazılımı ile uyumlu ve birlikte çalışabilir olması gereklidir. Santiago Havalimanı yüklenicisi yapı bilgi modeline veri girdisini standartlaştırmak ve tesis yönetimi yazılımına veri aktarımını gerçekleştirmek üzere COBie formatını kullanmıştır.

COBie standart olarak düzenlenmiş tablolardan oluşan bir format olup, tesis yönetimi sürecinde gerekli cihaz ve varlık bilgilerinin yapı bilgi modelinden formata uygun listelenmesini ve farklı yazılımlara aktarılmasını sağlar.

2.11 Tokyo Haneda Havalimanı YBM Uygulamaları

Tokyo Haneda Havalimanı 1955 yılında hizmete açılmıştır. Tesis yönetimi faaliyetlerinde iyileştirme için yapı bilgi modeli uygulanması kararlaştırılmıştır.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Proje kapsamında havalimanının gelişim seviyesi 500 modelinin oluşturularak tesis yönetiminde kullanımı hedeflenmiştir.

Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş

Yapı bilgi modeli uygulaması için danışman firmadan hizmet alınarak yapının mevcut durumunu gösteren LOD 500 gelişim seviyesinde model oluşturulmuştur.

Modelin hazırlanmasında iki kaynaktan gelen veri kullanılmıştır:

- 3B sayısal nokta bulutu
- Mimari çizimler

İlk kaynak olarak yapı 3 boyutlu lazer tarayıcı ile taranarak nokta bulutu modeli oluşturulmuştur.[21] Nokta bulutu modeli daha sonra danışman modelleme ekiplerince düzenlenerek yapı bilgi modeline dönüştürülmüştür. Lazer tarama yöntemi optik cihazlar ile yapıldığından gözle görülebilen varlıkların koordinatlarıyla beraber kayıt altına alınmasını sağlamaktadır. Asmatavan içi gibi gözle görülemeyen noktalar kayıt altına alınamamaktadır.

İkinci kaynak olarak yapıya ait mimari planlar kullanılarak mimari yapı bilgi modeli oluşturulmuştur.

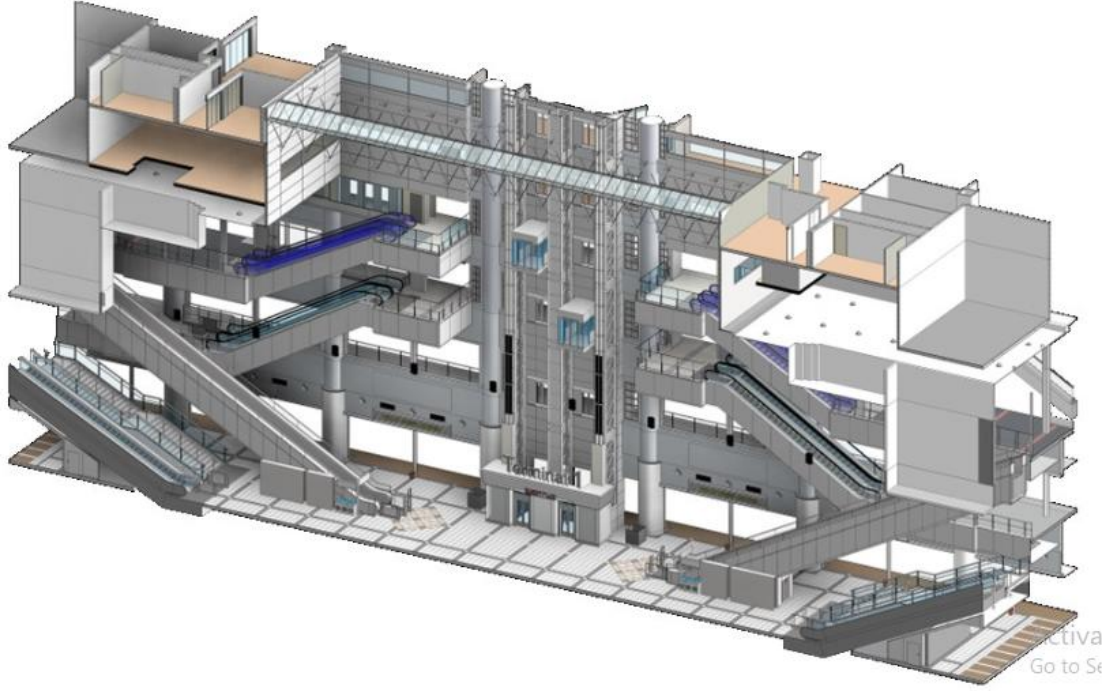
Koordinasyon

Proje kapsamında gerçekleştirilen 3 boyutlu lazer taramalar sonucunda nokta bulutu modelleri elde edilmiştir. Birden fazla tarama noktasından elde edilen nokta bulutu verisinin birleştirilebilmesi için tarama alanlarında referans noktalar reflektörler ile işaretlenerek nihai modelin hassasiyeti sağlanır.

Nokta bulutu ve mimari çizimler ile oluşturulan modeller süperpoze edilerek modellerin tutarlılığı kontrol edilir ve gerekli düzenlemeler yapılır.

Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi

Oluşturulan 500 gelişim seviyesindeki YBM modeli mevcut yapının tamamını kapsamıyor olmakla beraber tesis yönetimi faaliyetleri için kullanılabilir ve geliştirilebilir bir modeldir.



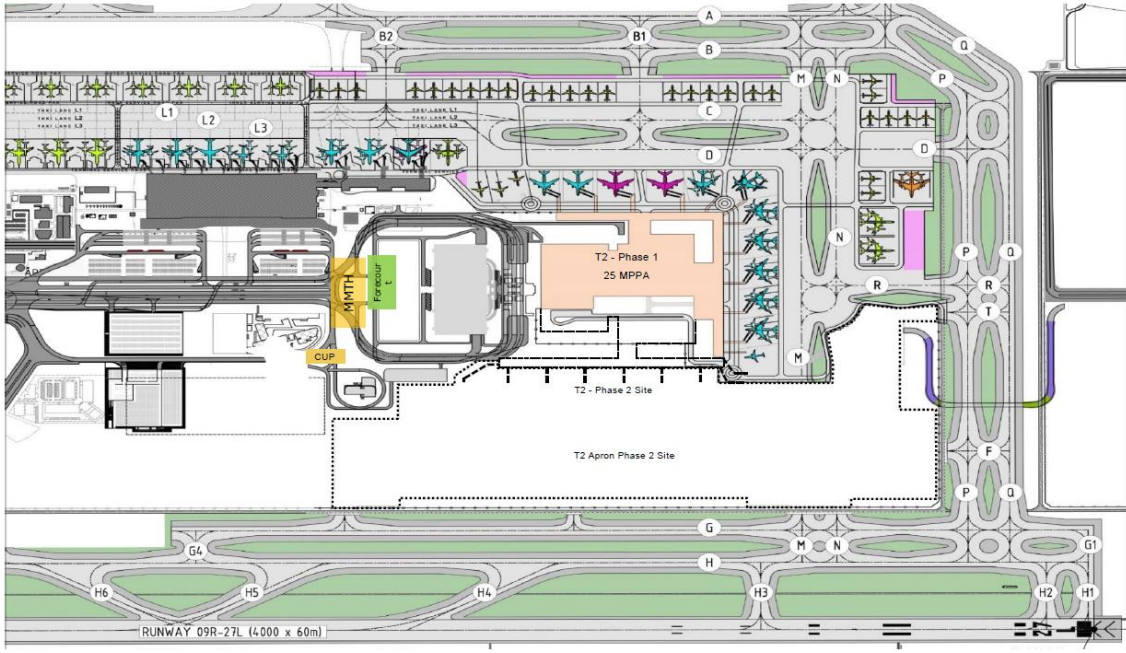
Şekil 2. 20 Gelişim seviyesi 500 yapı bilgi modeli [21]

2.12 Kempegowda Uluslararası Havalimanı YBM Uygulamaları

Proje Hindistan’da tüm süreçlerde yapı bilgi modeli kullanımı hedeflenen ilk havalimanı projesi olma özelliğini taşımaktadır.

Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Proje kapsamında 2’nci Terminal yapısının yıllık 25 milyon yolcu kapasiteli 255 bin m² kapalı alan yapımını içeren birinci faz çalışmaları 2021 yılında tamamlanacaktır. Henüz planlama aşamasında olan Terminal 2 ikinci faz geliştirme projesi tamamlandığında yıllık yolcu kapasitesi 20 milyon artış ile toplam 70 milyona ulaşacaktır. Projenin tüm safhalarının yapı bilgi modeli ile yürütülmesi planlanmıştır. [22]



Şekil 2. 21 Terminal 2 projesi 1. ve 2. fazları [23]

Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı ve Sözleşmeler

Yapı bilgi modeli uygulaması işveren Bangalore Uluslararası Havalimanı İşletmesi tarafından yüklenicilere proje süreçlerinin tamamında zorunlu tutulmuştur. Tüm yapım ve işletme süreçlerinde yapı bilgi modeli kullanılması planlanmaktadır.

Mobil Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı

Proje kapsamında internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi (İTYBYS) kullanılmaktadır. Yayınlanan varlık yönetimi şartnamesinde talep edilen yazılımın internet tabanlı olarak taşınabilir cihazlar üzerinde çalışabilir olması istenmiştir. [24]

Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi

Varlık yönetimi yazılım şartnamesinde tesis yönetimi yazılımının yapı bilgi modeli ile entegre çalışarak varlık mahal ve konumlarının 2 boyutlu ve 3 boyutlu görüntüleme yeteneğine haiz olması talep edilmiştir. Şartnamede ayrıca varlık yönetimi yazılımının coğrafi bilgi sistemi, kurumsal kaynak planlama yazılımı ve kullanılmakta olan bakım-onarım çözümü ile birlikte çalışabilir olması talep edilmiştir.

2.13 Havalimanı YBM Uygulamaları Tablosu

Bölüm 2’de incelenen havalimanlarında YBM uygulamaları aşağıdaki tabloda toplu olarak gösterilmiştir. Uygulama yapılması durumu artı (+) veya evet (E) ile uygulama yapılmaması durumu eksi (-) veya (H) ile gösterilmiştir. Boş hücreler ilgili konuda bilgi bulunamadığını göstermektedir.

Tablo 2.1 Havalimanı YBM uygulamaları tablosu

	YBM Kapsamı					YBM Uygulama Planı ve Sözleşmeler			YBY Geçiş Süreci				Proje Koordinasyonu		Taşınabilir Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı		Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi		
Havalimanı	Tasarım	İş Programı (4B)	Metraj-Maliyet Hesabı (5B)	Lojistik	Tesis Yönetimi	YBM Uygulama Şartı Var mı? (E/H)	Ulusal Standart Var mı? (E/H)	YBM Uygulama Planı (E/H)	Personel Eğitim Sağlandı mı? (E/H)	Modeli Oluşturan Taraf	Paydaşlara Hazır Şablonlar Sağlandı mı? (E/H)	Paydaşlara Model Kütüphanesi Sağlandı mı? (E/H)	Çıkarma Raporlaması Yapıldı mı? (E/H)	Ortak Veri Ortamı (OVO) Kullanımı (E/H)	IT/YBYs Kullanımı (E/H)	Taşınabilir Cihaz Kullanımı (E/H)	Saha Testleri (E/H)	Devreye Alma (E/H)	Tesis Yönetimi (E/H)
Denver	+	+	+	+	+		E	E		Tasarımcı, Altyüklenici	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Gatwick	+	-	-	-	+	E	E	E		Tasarımcı, İşletme			E	E	H	H	H	H	E
Abu Dabi	+	+	+	+		E	H	E	E	Tasarımcı, Yüklenici			E	E	E	H			
Heathrow					+		E												E
Changi	+			+		+	H			Tasarımcı, Yüklenici									
Orlando	+					E	E	E	E	Tasarımcı	E		E	E					
Atlanta																			
Meksiko	+	+	+	-	-	E				Tasarımcı			E						H
Santiago	+	+	+	+	+	E	H	E	E	Yüklenici, Altyüklenici	E		E		E	E	E	E	E
Tokyo	-	-	-	-	+	H	H			Danışman			H						E
Kempegowda	+	+	+	+	+	E	H			Tasarımcı									

İSTANBUL HAVALİMANI YAPI BİLGİ MODELİ UYGULAMASI

3.1 Proje ve Yapı Bilgi Modeli Kapsamı

Tez kapsamında incelenen İstanbul Havalimanı YBM uygulaması; tasarım, yapım, test-devreye alma ve işletme aşamalarını kapsayan 45 aylık bir süre boyunca deneyimlenmiştir. Belirtilen süreçlerde uygulanan YBM kapsam ve detayı ile karşılaşılan sorunlar ve çözüm yollarının detaylı olarak incelenmesi mümkün olmuştur.



İstanbul Havalimanı projesi toplam 76 milyon metrekare alan üzerine inşa edilen dünyanın en büyük havalimanlarından birisidir. Yap-işlet-devret sistemine göre 25 yıl içerisinde tamamlanacak 4 fazdan oluşacak projenin ilk aşaması olan Faz 1A çalışmaları, ihale şartnamesi gereği 42 ay içerisinde bitirilerek havalimanı 2018 yılında hizmete açılmıştır. Bu araştırmada incelenen Faz 1A yaklaşık 2.500.000 m² kapalı alan ve 14.000.000 m² açık alanın tasarım ve yapım faaliyetlerini içermektedir. Projenin büyüklüğü, zaman kısıtı ve barındırdığı çok sayıda sistemin oluşturduğu karmaşık yapının çözülmesi ve proje sürecinde yaşanabilecek aksaklıkların öngörülerek en düşük seviyeye indirilmesi için sözleşmesel bir zorunluluk olmamasına rağmen ana yüklenici İGA şirketi tarafından YBM teknolojisinin kullanılması kararlaştırılmıştır.

İstanbul Havalimanı yapı bilgi modeli kullanılmasının temel amacı sıkışık yapım takviminin aksamasına sebep olabilecek tasarım ve imalat hatalarının önüne geçilerek yapım işinin sözleşmede belirtilen tarihte bitirilmesini sağlamaktır. Bu doğrultuda çeşitli kaynaklardan gelen tasarımların süperpoze edilerek tasarımı bütün olarak ortaya çıkarmak esas alınmıştır.

Yapı bilgi modelinde bütünleştirilen yedi ana sistem ile bunlara ait kırk alt sistem aşağıda sıralanmıştır.

- Mimari

- Plan
- Asmatavan
- Cephe
- Çatı
- Reklam
- Yönlendirme

- Taşıyıcı sistem

- Betonarme
- Yapısal çelik

- Mekanik

- Havalandırma
- Duman egzoz
- Yangın Koruma
- Isıtma-Soğutma
- Temiz su
- Pis su

- Elektrik

- Orta gerilim
- Alçak gerilim
- Zayıf akım

- Bilgi teknolojileri

- Yerel ağ
- Kablosuz ağ
- GSM
- Geçiş kontrol
- Kapalı devre kamera
- Merkezi saat
- Havalimanı özel sistemleri
 - Bagaj Taşıma Sistemi
 - Asansör – Yürüyen Merdiven – Yürüyen Bant
 - Yolcu Köprüleri
 - Uçak park alanı görsel yönlendirme sistemi
- Altyapı
 - Havameydanı aydınlatma
 - Pist
 - Taksiyolu
 - Apron
 - Kaplamasız banket
 - Yüzey drenajı
 - Sulama
 - Yakıt hidrant
 - Yangın hidrant
 - Ductbank
 - Temiz su
 - Atık su
 - Doğal gaz



Şekil 3. 1 İstanbul Havalimanı YBM'ye entegre edilen disiplinler (Kaynak: İGA)

Yapı bilgi modeli ile tüm tasarım disiplinlerinden sistemlere ait üç boyutlu modeller bir araya getirilerek yapının sayısal ikizini oluşturulmuştur. Bunun sonucunda yapının bütüncül olarak kavranması, tasarım kararlarının veriye dayalı olarak ele alınmasını sağlamıştır.

Birbirine paralel ve çok kısıtlı bir faz farkıyla ilerleyen tasarım ve yapım süreçlerinin arasında koordinasyonu sağlama görevi YBM direktörlüğüne verilmiştir. İGA tarafından belirlenen hedefler doğrultusunda ana performans göstergesi saha imalatı başlamadan önce belirlenen süre içerisinde yapı bilgi modeli vasıtasıyla koordinasyonun sağlanmasıdır. Sırasıyla, işletme sürecinde tesis yönetimi altyapısını oluşturacak girdilerin yapı bilgi modeline entegrasyonu ve saha imalatının ilerleme ve kalite takibi

ikincil ve üçüncül hedefler olarak ortaya konmuştur. Bununla beraber yapım ve işletme ihtiyaçlarına uygun olarak farklı alanlarda da yapı bilgi modeli kullanılmıştır. Penn State Üniversitesi [25] tarafından belirlenen yapı bilgi modeli kullanım alanları dikkate alınarak hazırlanan aşağıdaki tablo İstanbul Havalimanı'nda kullanım alanlarını göstermektedir.

İGA YBM Hedefleri:

1. Saha imalatı öncesinde sistemler arası koordinasyonun sağlanması
2. Tesis yönetim model altyapısının oluşturulması
3. Model tabanlı imalat ilerleme ve kalite kontrolü

Tablo 3. 1 İstanbul Havalimanı YBM kullanımları

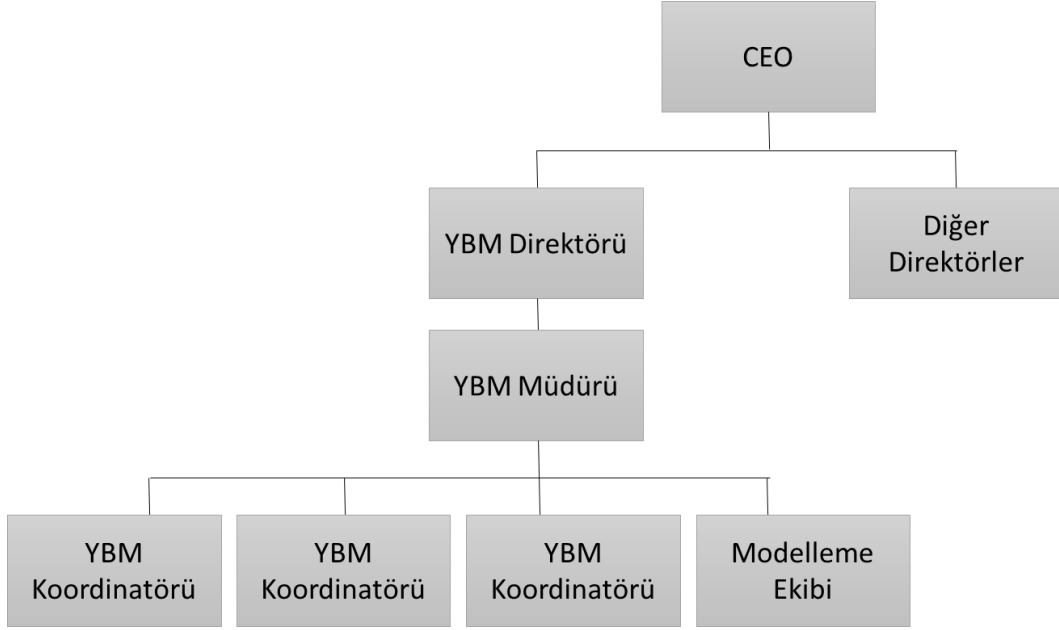
İstanbul Havalimanı Yapı Bilgi Modeli Kullanımları		
Kullanım Amacı	Uygulandı	Sonraki Fazlarda Planlanıyor
Tasarım		
Tasarım Kontrolü		
3B Koordinasyon		
Yapım Sistemi Tasarımı		
Rölöve Modellemesi		
3B Kontrol ve Planlama		
İş Programı		
4B İş Planı		
Dokümantasyon Modeli (Record Model)		
Mobilizasyon Planlama		
Saha Analizi		
Yapısal Analiz		
Enerji Analizi		

Maliyet Hesaplama		
Sürdürülebilirlik Değerlendirmeleri (LEED)		
Yapı Sistemleri Analizi		
Mahal Yönetimi		
Mekanik Sistem Analizi		
Uyumluluk Yönetimi (Yönetmelik v.b.)		
Aydınlatma Analizi		
Diğer Mühendisik Analizleri		
Sayısal Fabrikasyon		
Varlık Yönetimi		
Yapı Bakım Planlaması		
Afet Planlaması		

3.2 YBM Uygulama Planı ve Sözleşmelere Etkisi

İstanbul Havalimanı yatırımcı-anayüklenici ve işletmeci İGA firması bünyesinde 2015 yılı Ekim ayında YBM direktörlüğü kurulmuştur. İGA organizasyon şemasına göre YBM direktörü doğrudan genel müdüre (CEO) bağlıdır. YBM direktörlüğü İGA ve altyüklenici firmaların tasarım koordinasyonunu sağlamak, imalat öncesinde tasarımların gözden geçirilmesi, düzeltici faaliyetleri takip etmek ve saha imalatının koordine YBM'e göre yapımını takip etmek ile sorumludur.

İlk olarak YBM Uygulama planı oluşturularak proje standartları belirlenmiş, kullanılacak doküman yönetim platformu, sayısal dosya formatları ve alışverişi, model detay seviyeleri, iş akışları düzenlenmiştir.



Şekil 3. 2 YBY organizasyon şeması

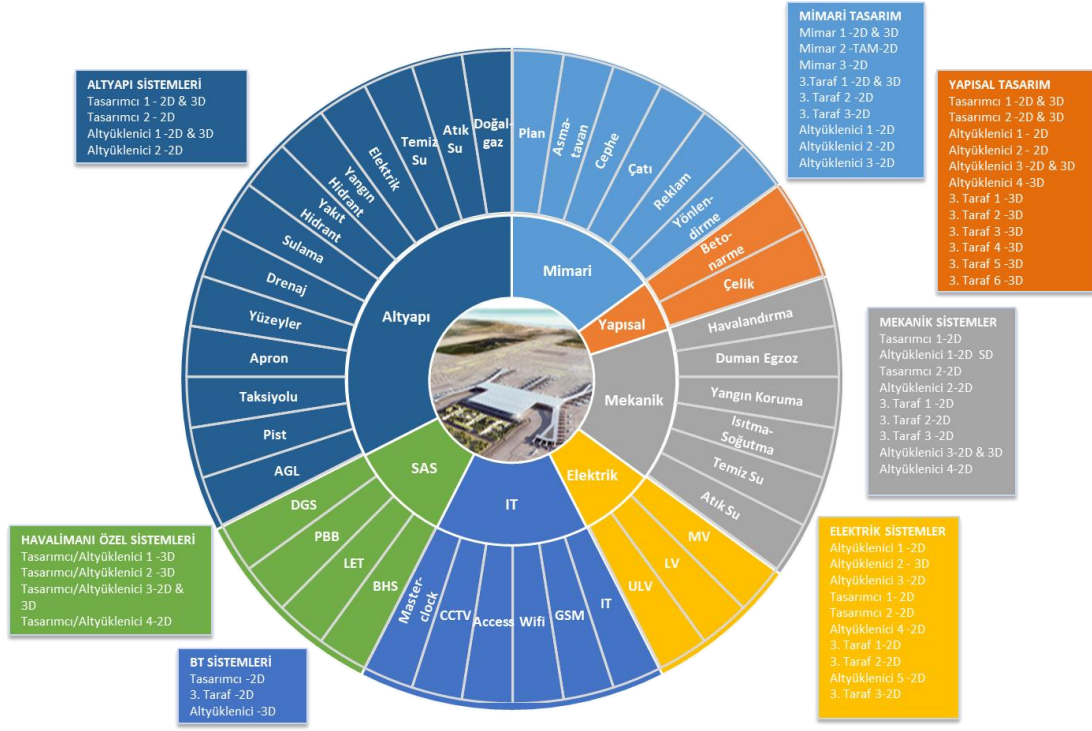
Sözleşmeleri YBM direktörlüğü kuruluşundan önce imzalanarak çalışmaya başlayan tasarım ve yapım firmalarının YBM ile çalışma zorunluluğu bulunmamasına rağmen YBM direktörlüğü kuruluşundan sonra imzalanan altyüklenici sözleşmelerinde YBM kullanımı zorunlu tutulmuştur. YBM uygulama planında esas alınarak oluşturulan sözleşme eki ile sözleşmede zorunlu tutulmasına rağmen, altyüklenici firmaların YBM uygulama yetkinliği olmadığı durumlarda YBM hizmeti ana yüklenici İGA firması tarafından sağlanmıştır. Bu yaklaşım proje süreçlerinde kendi kaynakları ile YBM yapabilen, bir alt yüklenici vasıtası ile YBM uygulaması yapabilen ve İGA tarafından sağlanan kaynaklar ile YBM uygulamasına dâhil olan firmalardan gelen verilerin ortak bir platformda toplanabilmesini sağlamıştır.



Contents

1. BIM STRATEGY
2. PROJECT INFORMATION
 - 2.1. INTRODUCTION
3. TEAM
 - 3.1. IGA
4. ORGANIZATION & WORKFLOW
 - 4.1. IGA BIM WORKFLOW
 - 4.2. ROLES AND RESPONSIBILITIES
5. COMMUNICATION
 - 5.1. INFORMATION EXCHANGE PROTOCOL
6. MODEL MANAGEMENT
 - 6.1. NAMING CONVENTION
 - 6.2. ZONE DEFINITION / DIVISION
 - 6.3. MODEL SET UP PROCESS
 - 6.4. MODEL LINKING PROCESS
 - 6.5. SHARED PARAMETERS
7. COLLABORATION PROCESS
 - 7.1. MEETINGS & WORKSHOPS
 - 7.2. WORKFLOW
 - 7.3. MODEL INTEGRATION & CLASH ANALYSIS
 - 7.4. MODEL QA & QC PROCESS
8. 4D DESIGN & CONSTRUCTION MANAGEMENT
9. QUANTITIES MANAGEMENT
10. BIM DELIVERABLES
 - 10.1. SUBCONTRACTOR- BIM REQUIREMENTS:
 - 10.1.1. Scope of Services
 - 10.1.1.1. LoD 400: BIM Development & Production:
 - 10.1.1.2. LoD 500: BIM for as-built and FM:
 - 10.1.2. Technology Infrastructure
 - 10.1.3. BIM Model Maintenance
 - 10.1.4. Subcontractor Technical Requirements:
 - 10.1.5. Subcontractor BIM Reporting Deliverables
11. APPENDICES
 - 11.1. LOD DEFINITION
 - 11.2. LOD MATRIX
 - 11.3. GSA COLOR CODES
 - 11.4. GLOSSARY

Şekil 3. 3 YBM uygulama planı içeriği [26]

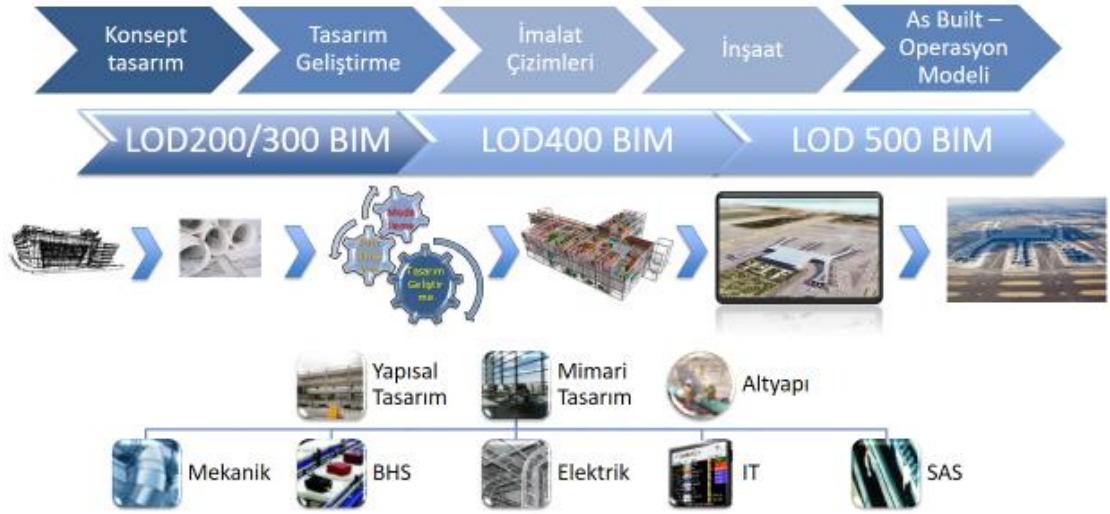


Şekil 3. 4 İşverene teslim edilen 2B ve 3B tasarım dokümanları

Yapı bilgi modeli uygulama planında roller ve irtibat bilgileri, bilgi paylaşım yöntemi, modelin hiyerarşik yapısı, dosya ve nesne adlandırma, alt yüklenici yükümlülükleri ve koordinasyon toplantı takvimi belirlenmiştir. Tasarım süreci boyunca düzenli toplantılar yapılarak tasarım ve yapım tarafları arasında iletişim sağlanmıştır. Tasarım takvimi imalat takvimi dikkate alınarak gözden geçirilmiştir.

BIM WORKSHOPS SCHEDULE					
Time	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
	11.1.2016	12.1.2016	13.1.2016	14.1.2016	15.1.2016
07:30					
08:00					
08:30		BIM Production Meeting Attendees: BIM Management, BIM	BIM Production Meeting Attendees: BIM Management, BIM	BIM Production Meeting Attendees: BIM Management, BIM	BIM Production Meeting Attendees: BIM Management, BIM
09:00	Weekly BIM Production Meeting Attendees: BIM Management, BIM Production			General BIM Coordination Meeting Attendees: BIM Management, Design Managers From All Disciplines, Design Consultants From All Disciplines	
09:30					
10:00					
10:30					
11:00				Airside-Sitewide BIM Coord. Workshop Attendees: BIM Management, Design Managers From Relevant Parties, Design Consultants From Relevant Parties	
11:30					
12:00					
12:30					
13:00					
13:30					
14:00					
14:30	Terminal BIM Coord. Workshop Attendees: BIM Management, Design Managers From Relevant Parties, Design Consultants From Relevant Parties	Carpark BIM Coord. Workshop Attendees: BIM Management, Design Managers From Relevant Parties, Design Consultants From Relevant Parties	Piers BIM Workshop Attendees: BIM Management, Design Managers From Relevant Parties, Design Consultants From Relevant Parties	Terminal BIM Coord. Workshop Attendees: BIM Management, Design Managers From Relevant Parties, Design Consultants From Relevant Parties	Piers BIM Workshop Attendees: BIM Management, Design Managers From Relevant Parties, Design Consultants From Relevant Parties
15:00					
15:30					
16:00					
16:30					

Şekil 3.5 İGA YBM çalıştay programı [26]



Şekil 3. 6 İGA YBM stratejisi [26]

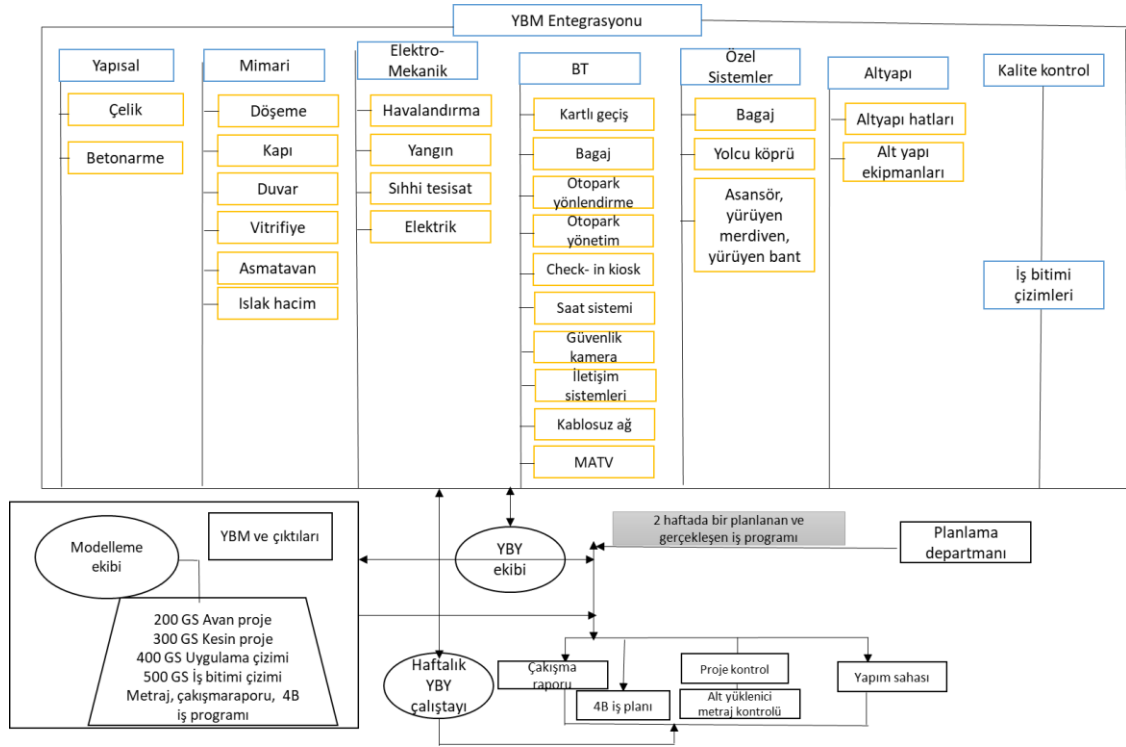
3.3 Yapı Bilgi Yönetimine Geçiş Süreci

Yapı bilgi yönetim ekibi tarafından ilk olarak doküman kontrol prosedürleri, dosya yönetim sistem altyapısı ve başlamış olan tasarım çalışmalarında yapı bilgi modeli oluşturulmasında uygulanan kurallar incelenmiştir. İlk inceleme ardından yapı bilgi modeli uygulama plan taslağı oluşturulmuş ilgili tarafların yorumları dikkate alınarak ilk

YBM uygulama planı yayınlanmıştır. Bu tarihten sonra yapılan altyüklenici sözleşmelerinde uygulama planına atıfta bulunarak YBM kullanımı zorunlu tutulmuştur.

Daha önce YBM ve birbiri ile çalışma deneyimi olmayan yüklenici, tasarımcı ve altyüklenici ekiplerinden çok sayıda paydaş YBM koordinasyon sürecine dâhil olduğunda YBM ve kullanımları konusunda bilgi sahibi değildi. Haftalık YBM koordinasyon toplantıları takvimi oluşturularak düzenli yapılan toplantılar sonucunda paydaşlar YBM konusunda fikir sahibi olmuştur. Toplantılarda gündem proje güncellemeleri, katılımcı taraflar tarafından belirlenen sorunlar, çözüm bekleyen konulardan oluşmaktadır. Yapı bilgi yönetimi tarafından sağlanan YBM eğitimleri sonucunda tasarım ekipleri ile yüklenici ve altyüklenici teknik ofis ve saha personeli YBM uygulamalarını kullanmaya başlamıştır.

Koordinasyon toplantılarının başlaması ile birlikte görülen temel sorunlardan biri tasarımcıların silsile halinde diğer tasarımcıdan gelecek revizyonu beklemesidir. Örnek olarak koordinasyon toplantıları başladığında; mekanik tasarımlar 4 ay önce yayınlanmış mimari revizyona göre güncellenmişti ve yeni mimari revizyon beklendiğinden mekanik tasarımcı çalışamamakta, sahada ise mekanik tasarım güncelliğini yitirdiğinden imalat yapılamamakta idi. Yapı bilgi yönetiminin yönlendirmesi ve koordinasyon toplantılarında sağlanan iletişim sonucunda bu konuda önemli iyileştirmeler gözlenmiştir.



Şekil 3.7 Yapı bilgi modeli entegrasyonu [26]

İlerleyen süreçte yapım kalitesinin yönetilmesi için koordine yapı bilgi modelinin sahada kullanımı gereksinimi ortaya çıkmıştır. Tüm disiplinlerde çalışan yüklenici saha ekipleri için 150 adet taşınabilir cihaz temin edilerek internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi devreye alınmıştır. Yapı bilgi yönetim ekibi bulut tabanlı İTYBYS altyapısı ve kurallarını oluşturduktan sonra YBM mobil erişim rehberini yayınlamıştır. Saha personeline taşınabilir cihaz teslimi öncesinde yapı bilgi yönetim ekibi tarafından eğitim verilmiştir.

Proje sürecinin başından itibaren yapı bilgi yönetimi tarafından yüklenici, altyüklenici ve tasarım ekiplerinde görevli 1000'den fazla çalışana YBM ve taşınabilir cihazlarla İTYBYS eğitimi verilmiştir. YBM ile çalışma tecrübesi olmayan personelin projenin ilerleyen safhasında model tabanlı koordinasyon çalışmalarına aktif katılımı sağlanmıştır.

Altyükleniciler başta YBM süreçlerini sıkışık proje takviminde hedeflere ulaşmaya engel olacak büyük bir risk olarak algılamakla beraber, yüklenici YBY ve tasarım yönetiminin

kararlı ve tutarlı uygulamaları sonucunda kendi bünyesinde veya altyüklenici vasıtasıyla model tabanlı çalışmaya başlamıştır.

3.4 Disiplinler Arası Koordinasyonda YBM Kullanımı

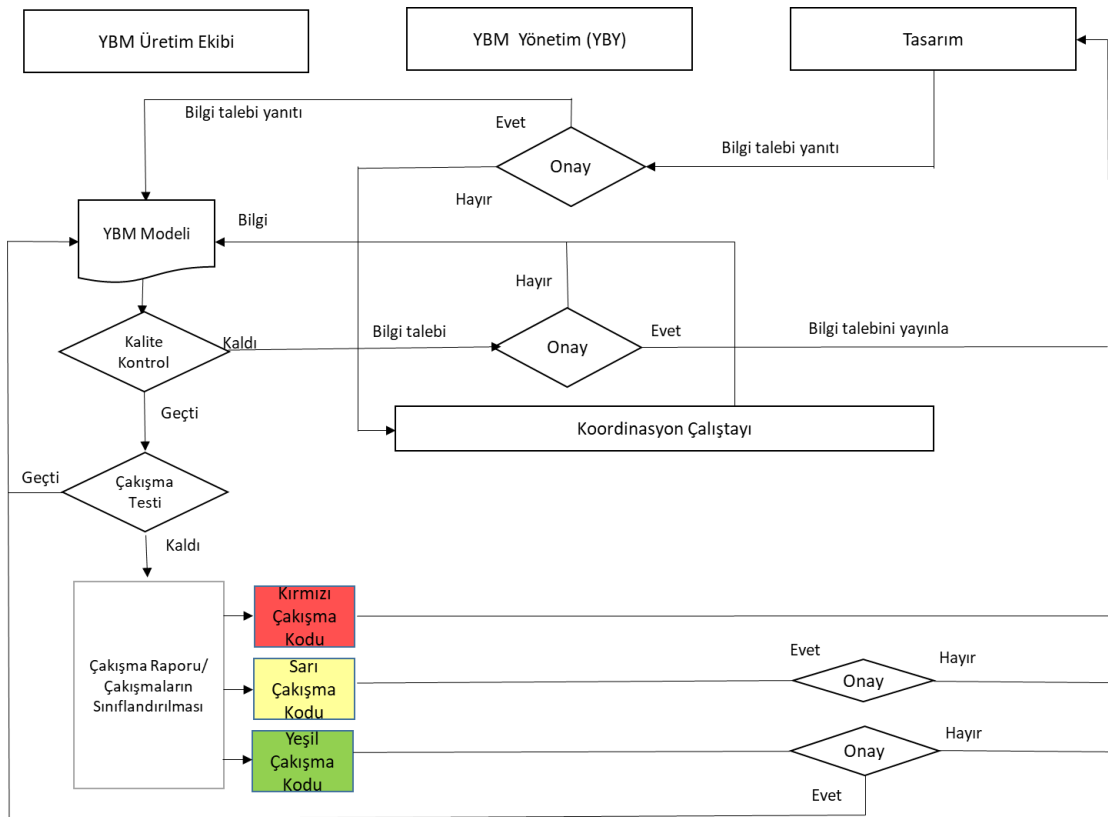
Çok sayıda tasarımcının bir arada çalıştığı projede tasarımın bütününe hâkim olmak koordinasyonun sağlanması açısından kritik derecede önemlidir. Önceki bölümlerde belirtildiği üzere İstanbul Havalimanı projesinde çalışan tasarımcı ve altyüklenicilerin bir kısmı tasarımlarını 2 boyutlu çizimler ile yürütmekte iken, yapı bilgi modeli veya diğer (yapı bilgi modeli harici) 3 boyutlu model kullanan paydaşlar da bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda işverene teslim edilen tasarım dokümanlarının 2 boyut, 3 boyut ve YBM olarak dağılımı görülmektedir.

Tablo 3. 2 Proje tasarım dokümanlarının türlere göre ayrımı

Tasarım Dokümanlarının Dağılımı	2B	3B	3B YBM
Mimari	82%	0%	18%
Yapısal	33%	0%	67%
Mekanik	90%	10%	0%
Elektrik	90%	10%	0%
Bilgi Teknolojileri	67%	0%	33%
Havalimanı Özel Sistemleri	40%	40%	20%
Altyapı	67%	33%	0%

Tablo 3. 2’de görüldüğü gibi tasarım dokümanlarının oransal olarak büyük bölümünün 2 boyutlu çizimlerden oluşması sistemlerin koordinasyonunu zorlaştırarak bir etken olmuştur. Tasarım kaynaklarından gelen verinin aynı standarta yükseltilmesi ve 3 boyutlu süperpozisyonun sağlanması amacıyla 2 boyutlu tasarımlar yüklenici

modelleme ekibi tarafından yapı bilgi modeline dönüştürülmüştür. Oluşturulan yapı bilgi modeli tüm sistemlere ait modelleri bir araya getirerek tasarımın bütün olarak ele alınmasını sağlamıştır. Modelleme sonrasında ilk aşamada sistemlerin kendi içerisindeki sorunlar belirlenmiş; ikinci aşamada sistemlerin üç boyutlu süperpozisyonu sonrasında sistemler arası sorunlar belirlenmiştir. Sistemlerin tasarımında görülen tutarsızlıklar ve eksik bilgiler modelleme ekibinden tasarım ekiplerine gönderilen bilgi talep dokümanları (RFI-request for information) ile kayıt altına alınmıştır. Aşağıda 3. 8 numaralı şemada yapı bilgi modeli ile biraraya getirilen 2B ve 3B tasarımların kontrol, süperpozisyon, bilgi talep doküman döngüsü ve koordinasyon süreci özetlenmiştir.



Şekil 3.8 Çakışma koordinasyonu [26]

Yapı bilgi modeline eklenecek olan 2B ve 3B tasarımlarda anlaşılmayan noktalar, belirlenen tasarım hataları ve eksik bilgiler modelleme ekibi tarafından bilgi talep dokümanları ile tasarımcıdan talep edilir. Bilgi talep dokümanı öncelikle yapı bilgi yönetim ekibi tarafından gözden geçirilir, dokümanda belirtilen eksiklik ve/veya hata teyit edilirse doküman tasarımcıya gönderilerek cevaplanması istenir. Tasarımcı tarafından cevaplanan bilgi talep dokümanı modelleme ekibine iletilmeden önce yapı

bilgi yönetim ekibi tarafından gözden geçirilerek cevabın uygunluğu teyit edilir. Uygun cevaplanan bilgi talep dokümanları modelleme ekibine iletilir. Değişik kaynaklardan gelen tasarımların yapı bilgi modeline eklenmesi ardından süperpoze model öncelikle gözle kontrol edilir. İkinci aşamada yazılımda oluşturulan nesne grupları çapraz karşılaştırılarak uzamsal koordinasyon kontrolü sağlanır. Uzamsal koordinasyon tasarımının bütüncül olarak imal edilebilirliğini değerlendirmektedir ve imalat hızını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Model nesne gruplarının karşılaştırılması sonucunda listelenen çakışmalar çözümleme zorluğu açısından üç sınıfa ayrılır;

- Kırmızı sınıf: Çözümlemesi mevcut tasarım ile mümkün olmayan çakışmalar
- Sarı sınıf: Tasarımda önemli değişikliğe neden olmadan çözümlenebilecek ancak teknik bilgi gerektiren çakışmalar
- Yeşil sınıf: Tasarımda değişikliğe sebep olmayan ve teknik bilgi gerektirmeyen çakışmalar

Kırmızı sınıf olarak belirlenen çakışmalar bilgi talep dokümanı ile çakışmaya taraf olan disiplinlerin tasarım ekipleriyle paylaşılır ve çözümlenmesi talep edilir. Çözümlememesi durumunda yapı bilgi yönetimi tarafından çalışma grubu oluşturularak tasarım koordinasyon toplantısı düzenlenir. Üretilen çözüm bilgi talep dokümanı ile modelleme ekibine iletilir.

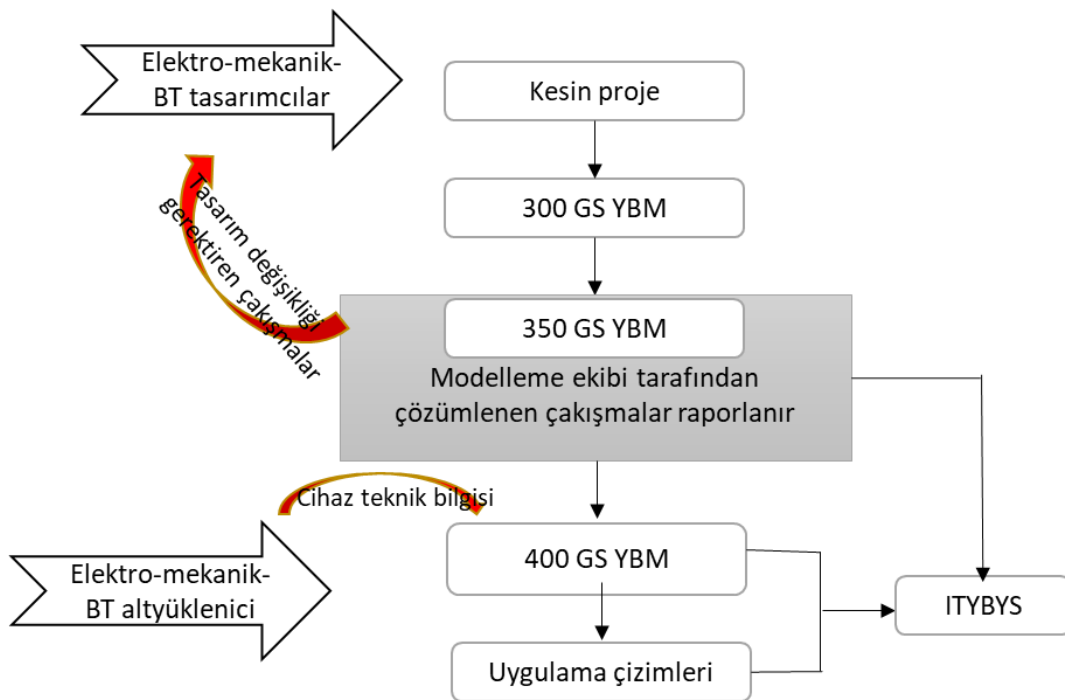
Sarı renk ile sınıflandırılan çakışmalara yapı bilgi modelleme ekibi kadrosundaki uzmanlar tarafından çözüm önerileri sunulur. Çözüm önerisi yapı bilgi yönetim ve tasarım ekibi tarafından uygun görülmesi halinde modele uygulanır, tasarım koordinasyon toplantısında tüm paydaşlar bilgilendirilir. Uygun görülmemesi durumunda çözüm tasarım ekibi tarafından oluşturularak bilgi talep dokümanı ile modelleme ekibine iletilir.

Yeşil olarak sınıflandırılan çakışmalar yapı bilgi modelleme ekibi kadrosundaki uzmanlar tarafından çözümlenir. Çözümler yapı bilgi yönetim ve ilgili disiplin tasarım ekibi tarafından gözden geçirilir.

Belirlenen toleranslar dâhilinde çakışmaları çözümlenmiş olan modeller koordine yapı bilgi modeli olarak adlandırılır ve tüm paydaşlar ile ortak veri paylaşım platformu

kullanılarak paylaşılır. Altyükleniciler koordine yapı bilgi modelini imalat çizimleri oluşturmak üzere kullanırlar.

Şekil 3. 9’da yapı bilgi modeli detay seviyelerinin kesin proje (IFC), imalat çizimleri, revize projeler, malzeme-ekipman bilgileri ve mobil cihaz kullanımı ile etkileşimi gösterilmiştir. Buna göre 2B kesin projeler dikkate alınarak gelişim seviyesi 300 (LOD 300) olarak belirlenen yapı bilgi modeli üretilmektedir. 300 gelişim seviyesindeki modelde görülen hata, çakışma ve koordinasyon problemleri giderilerek 350 gelişim seviyesindeki koordine yapı bilgi modeli elde edilir. 350 gelişim seviyesindeki modelde çözümlenemeyen çakışmalar mevcut ise bunlar ilgili tasarımcılara iletilerek revize kesin projeler talep edilir ve model revize projeye uygun olarak güncellenir. 350 gelişim seviyesindeki modele malzeme-ekipman bilgilerinin girilmesi ile model gelişim seviyesi 400’e yükseltilmiş olur. İmalat çizimleri oluşturulması için 400 gelişim seviyesindeki modele imalat detaylarının eklenmesi yeterlidir. Yüklenici tarafından koordine yapı bilgi modeli, 350 gelişim seviyesinden itibaren mobil cihazlar vasıtası ile saha ekiplerinin kullanımına açılmıştır.



Şekil 3. 9 YBM koordinasyon ve elektro-mekanik uygulama çizim üretim süreci [26]

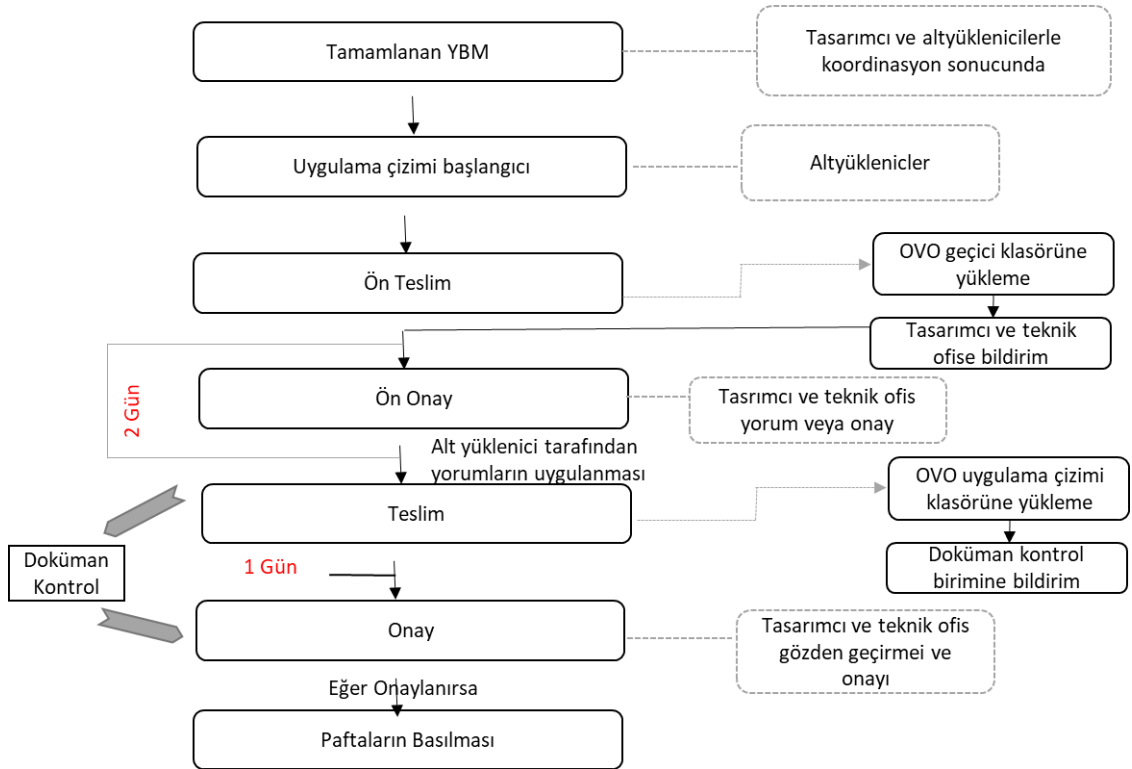
Şekilde görülen yapı bilgi modelleri tasarımcı ve altyükleniciden gelen bilgiler doğrultusunda İGA ekipleri tarafından 400 gelişim seviyesinde tamamlanırken, imalat çizimlerinin üretimi altyüklenici teknik ofisi tarafından yapılmaktadır. İmalat çizimlerinin kalite kontrolü ise işveren tasarım ekipleri ve yapı bilgi yönetim ekibi tarafından paralel olarak gerçekleştirilmiştir.

İGA tasarım ekipleri tarafından yapılan kontroller:

- Kesin proje tasarımına uygunluk,
- Mühendislik hesaplarına uygunluk
- Şartnamelere uygunluk

İGA yapı bilgi yönetim ekibi tarafından yapılan kontroller:

- Koordine yapı bilgi modeline uygunluk



Şekil 3. 10 Uygulama çizimi oluşturma iş akışı [26]

Yapılan kontroller sonucu tasarım ve yapı bilgi yönetim ekipleri tarafından uygun görülen çizimler işveren doküman kontrol merkezi tarafından onaylanarak tüm ilgililere yayınlanır. Yapı bilgi yönetiminin tasarım kontrol ve onay süreçlerinde etkin olarak

yeralması sonucunda yapı bilgi modeli ile uyumlu olmayan çizimlerin onaylanması engellenmiştir.

Onaylı imalat çizimlerinin yapı bilgi modeli ile koordinasyonunun sağlanması saha imalatları sırasında karşılaşılması muhtemel koordinasyon sorunlarının henüz imalat başlamadan çözümlenmiş olmasını sağlamıştır. Koordinasyon sorunlarının imalat öncesinde çözümlenmiş olması inşaat sektöründe yapım sürecinde sıklıkla karşılaşılan aşağıdaki problemleri engellemeye yardımcı olmuştur;

- Sahada imalatı durduracak, koordinasyon süreci gerektiren ve tamamlanan imalatın sökülmesini gerektirecek sorunlar
- Sahada imalatı durduracak, koordinasyon süreci gerektiren sorunlar
- İmalatların yanlış sırada yapılması sonucu tasarım ile uyumsuzluk
- Bilgi eksikliği nedeniyle disiplinlerin birbirini beklemesi sonucu oluşan zaman kayıpları
- Tasarım ekiplerinin bilgisi ve onayı dışında saha ekipleri tarafından gerçekleştirilen tasarım değişiklikleri
- Tasarım dokümanlarının yetersizliği (eksik bilgi) sonucu oluşan hatalar

Yukarıda sıralanan faydaların değerlendirildiği Köseoğlu vd. [27] tarafından 2018 yılında yapılan çalışmada, İstanbul Havalimanı'nda yapı bilgi modeli ile sağlanan tasarım disiplinleri arası koordinasyon sonucunda engel olunan potansiyel imalat hataları kaynaklı işgücü kaybı 16 milyon 442 bin 36 adam gün olarak hesaplanmıştır. Yapı bilgi modeli tabanlı koordinasyon ile sağlanan işgücü tasarrufunun parasal karşılığı 835 milyon Avro'dur.

3.5 YBY'nde Taşınabilir Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı

Sözleşmesel olarak geçerli tasarım dokümanı olan imalat çizimlerinin oluşturulmasında koordine yapı bilgi modelinin kullanılması saha imalatının doğruluğu açısından önemli olmasına rağmen; paftalar halinde yayınlanan 2 boyutlu çizimler yapı bilgi modeli kullanımı ile sağlanabilecek tüm faydayı sunamamaktadır. Bilgiye imalat sırasında gerektiği anda ulaşmak saha ekipleri açısından kritik derecede önemlidir. Yüklenici

tarafından saha ekiplerinin 3 boyutlu yapı bilgi modeline ve bilgi içeriğine erişmesi gerekliliği ortaya konmuştur. Bu gereklilik sonucunda ilk olarak modelden alınan izometrik görüntülerin paftalanarak sahada imalatın devam ettiği noktalarda oluşturulan panolara asılması yoluyla saha ekipleri bilgilendirilmiştir. Nispeten ilkel olan bu uygulama neticesinde aşağıdaki faydalar sağlanmıştır.

- Yapım ekiplerinin nihai imalatı bütünsel olarak algılaması sağlanmıştır.
- Sistemler arası ilişkilerin yapım ekipleri tarafından anlaşılması sağlanmış, paftalarda görülen kot değişikliği, güzergah değişikliği gibi konuların nedeninin görsel olarak anlaşılması sağlanmıştır.
- İmalatın toleranslar dahilinde yapılması konusunda farkındalık oluşturulmuştur.
- Kritik noktalardan ölçüler verilerek paftalarda görülemeyen bilgiler yapım ekiplerine aktarılmıştır.
- Yapı bilgi yönetim ekibinin, yapım ekipleri ile koordinasyonu artmıştır.



Şekil 3. 11 YBM saha paftaları (Kaynak: İGA)



Şekil 3. 12 YBM saha paftaları (Kaynak: İGA)

Yapı bilgi modeli saha paftalarının kullanımında aşağıdaki zorluklar ve eksikliklerle karşılaşmıştır.

- Oluşturulan pafta sayısının sınırlı olması nedeniyle bilgiye bütüncül erişim sağlanamaması
- Paftaların ölçülendirilmesi ve notasyonunun sınırlı olması nedeniyle bilgiye bütüncül erişim sağlanamaması
- Saha ekiplerinin izometrik ve 3 boyutlu perspektif görüntüleri algılama zorlukları
- Baskı kalitesinde (yüksek çözünürlüklü) görsellerin oluşturulması için harcanan zaman nedeniyle işgücü kaybı
- Basılı paftaların hava koşullarından etkilenmesi
- Baskı maliyetlerinin yüksekliği

Yukarıda sayılan fayda ve görülen eksiklerin değerlendirilmesi sonucunda yapı bilgi modelinin yapım sahasında kullanımı için gereksinimler belirlenmiş ve gerekli teknolojik altyapı araştırılmıştır. Yapı bilgi modelinin yapım sahasında kullanımı için belirlenen ana gereksinimler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapım ekiplerinin yapı bilgi modeline ortamdan bağımsız şekilde ulaşılması
- Yapı bilgi modelindeki tüm değişikliklerin eş zamanlı olarak yapım ekiplerine ulaştırılması
- Yapı bilgi modelinin tasarım bilgisine ulaşma yanında raporlama ve kalite kontrollerinde kullanılabilmesi

Belirlenen ana gereksinimler çerçevesinde donanım ve yazılım gereksinimleri detaylandırılmıştır. Buna göre şekillenen yazılım ve donanım ihtiyaçları aşağı sıralanmıştır.

- Donanımın yapım ekipleri tarafından şantiye şartlarında taşınabilir nitelikte olması
- Donanımın yapı bilgi model dosyalarını açabilecek yeterlilikte işlemci ve sabit disk ve hafızaya sahip olması
- Donanımın internet erişiminin olması
- Donanımın iş saatleri içerisinde şarj gerektirmemesi
- Yazılımın yapı bilgi modelini 3 boyutlu olarak görüntülemesi
- Yazılımın yapım ekiplerinin ihtiyacı olan 2 boyutlu çizimleri görüntülemesi
- Yazılımın ofis yazılımdan gelen doküman formatları desteklemesi
- Yazılımın (masaüstü/dizüstü) bilgisayar ve taşınabilir cihazlarda çalışması
- Yazılımın yapı bilgi modeli ve ilgili tüm veriyi tek ortamda saklaması
- Yazılımın güncel veriye konumdan bağımsız erişim sağlaması
- Yazılımın kullanıcılara organizasyondaki konumlarına uygun olarak farklı erişim yetkileri verilmesini sağlaması



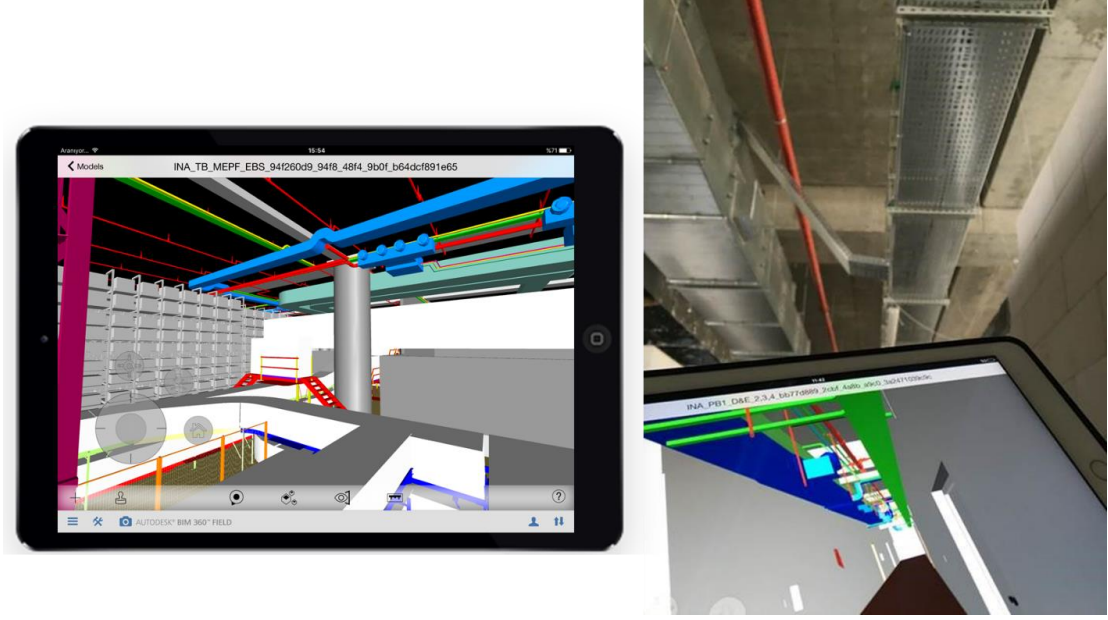
BIM MOBILE ACCESS GUIDE

- Mobile Access Strategy and Process
- iPad Application - Autodesk BIM 360 Field
- Web Interface

Şekil 3. 13 Taşınabilir cihaz ve İTYBYS kullanıcı rehberi (Kaynak:İGA)

İhtiyaçlara uygun yazılım ve donanım tedarik ve kurulumu ardından ilk olarak taşınabilir cihazlarda yapı bilgi yönetimi kullanıcı rehberi oluşturulmuş ve çalışanlara eğitim verilmiştir. Yüklenici bünyesinde altyapı, üstyapı, elektro-mekanik, bilgi teknolojileri, havalimanı özel sistemleri ve kalite bölümlerinde çalışan mimar ve mühendisler 150 adet yapı bilgi yönetim sistemi yüklenmiş tablet bilgisayar sağlanmıştır. Projeye dahil tüm altyüklenici ve 3. taraf firmalar donanımı kendileri sağlamak koşuluyla aynı yazılım altyapısını kullanmış ve yapı bilgi modeline ulaşmışlardır. Yapım esnasında yapı bilgi modeline, kesin projeye, onaylı imalat çizimlerine, kalite dokümanlarına taşınabilir

cihaz vasıtasıyla erişilmesi sağlanmıştır. Yapım faaliyetlerinin sonu itibarıyla internet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminde tanımlı toplam kullanıcı sayısı 560'dır.

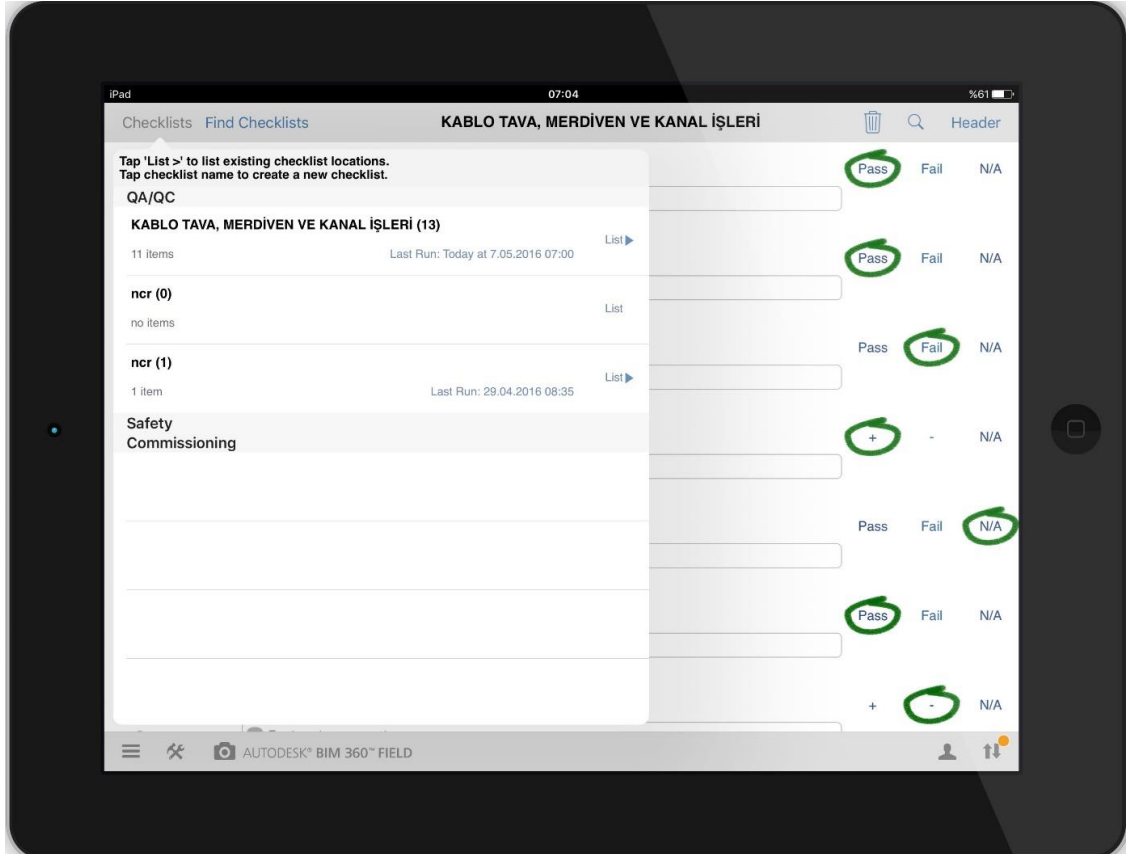


Şekil 3. 14 İnşaat sahasında İTYBYS kullanımı (Kaynak:İGA)

İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi (İTYBYS), model bilgisine ulaşma avantajının yanında raporlama ve kalite kontrol uygulamalarıyla ön plana çıkmaktadır. Sahada görülen uygunsuzluklar (issue / observations), kontrol listeleri (checklist), mahal kontrol listeleri (punch list), iş muayene talepleri (NFI), test ve devreye alma (TCR) formlarının tümü sistem üzerinden tanımlanmış ve kayıt altına alınmıştır. Formların sahada çalışma sırasında internet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminde oluşturulması aşağıdaki faydaları sağlamıştır.

- Formların geleneksel metoda göre hızlı doldurulması
- Doldurulan form bilgilerinin aynı anda sistemde kayıt altına alınması
- İstendiğinde daha önce doldurulmuş formlara hızlı erişim
- Sistemde kayıtlı form bilgilerinin istenen anda raporlanabilmesi

- Yönetim ekranında formlardan gelen bilginin güncel ve şeffaf olarak takip edilebilir olması
- Formlardan gelen bilginin ilgili tüm taraflar tarafından görülebilir olması (yüklenici, altyüklenici, 3.taraf v.b.)
- İşlemlerin tamamen sayısal ortamda yürütülmesi sonucunda kağıt, enerji ve para tasarrufu



Şekil 3. 15 İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi örnek kalite kontrol listesi
(Kaynak:İGA)

Istanbul Grand Airport		Issue Report ID rk-00002	
Company	[REDACTED]	Status	Open
Type	Observation (Cx)	Due Date	
Author	[REDACTED]	Author's Company	IGA
Date Created	20 Sep 2017 11:59 AM	Root Cause	
Description Different text between HMI And scada for the same message is spotted			
Location SAS > 01-BHS > Mech/Elec > Mid East > SAP 1808 > D > PLC1460-BF-MAKE-UP			
Location Detail			

Attached Images for ID rk-00002

2017-09-23 12:27:23

Şekil 3. 16 İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi örnek uygunsuzluk formu
(Kaynak:İGA)

Yukarıda sayılan faydaların yanında İstanbul Havalimanı projesi için seçilen internet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminde görülen eksikler aşağıda sıralanmıştır.

- Türkçe dil seçeneğinin olmaması
- Form oluşturma şablonlarının kısıtlı olması
- Kullanıcı tanımlaması ile ilgili aksaklıklar
- Android işletim sistemi desteğinin olmaması

Yapı bilgi yönetiminin taşınabilir cihazlar ile yapılması sayesinde yapı bilgi modelinin sahada yapım ve kalite kontrol iş akışlarına doğrudan katkı sağlamaktadır. İstanbul Havalimanı projesinde model üzerinde belirlenen kontrol noktaları internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemine aktarılmıştır. Saha mühendisi tarafından tablet bilgisayarda görüntülenen noktalar robotik totalstation adı verilen otomatik ölçüm ve işaretleme cihazına aktarılmıştır. Bu yöntem ile yapı bilgi modeli ortamında ölçümü yapılan nesnenin imalatının tasarıma uygun olup olmadığı anlık olarak ve yüksek doğruluk ile kontrol edilebilmektedir. Yüksek hassasiyet gerektiren imalatlar için aplikasyon noktalarının belirlenmesi ve yapılan imalatın kontrolünü hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan bu uygulama aşağıdaki imalatlarda kullanılmıştır.

- Terminal binası çatı yapısal çeliklerinin sehim kontrolü
- Terminal binası çatısı sifonik yağmursuyu drenaj sistemi eğimsizlik kontrolü

- Terminal binası check-in kontuarları DV havalandırma kanal rezervasyonları işaretlenmesi



Şekil 3. 17 İTYBYS ve robotik total station ile saha çalışmaları (Kaynak:İGA)

Yukarıda belirtilen günümüz yazılım ve donanım altyapısının yapı bilgi modeli merkezli olarak çalışması alışlagelmiş kağıt üzerine basılan 2 boyutlu tasarım altyapısı ile mümkün olmayan yeni çalışma yöntemlerini mümkün kılmaktadır. Yapı bilgi modeli merkezli çalışma tasarımın 3 boyutlu gösteriminden öte, yeni yöntemler geliştirilerek paydaşlar arasında işbirliği içerisinde çalışmayı gerektirmektedir. Yapı bilgi modelinin tasarım ofisinden şantiye sahasına aktarılması ile imalat hızında ve kalitesinde önemli derecede artış sağlanmaktadır.

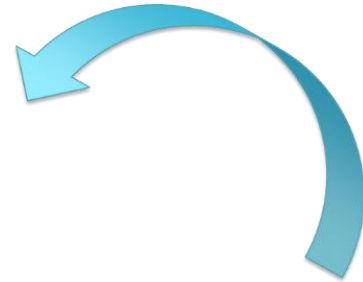
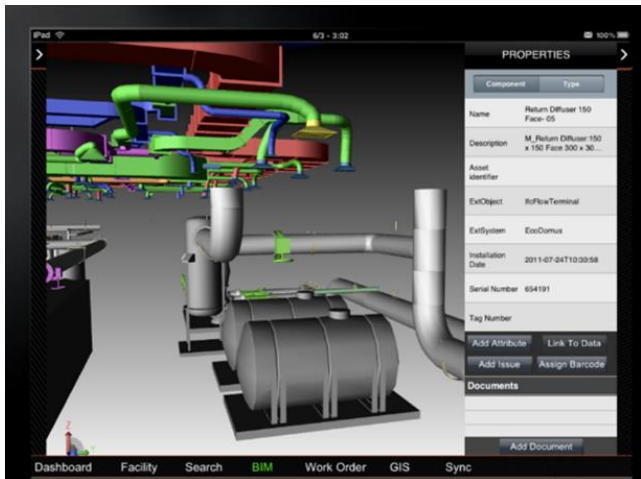
3.6 Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimine Geçişte YBM Kullanımı

İstanbul Havalimanı projesinde yapı bilgi yönetimi tasarım, yapım ve işletme safhaları dikkate alınarak kurgulanmıştır. Tasarımın koordine edilerek yapım sahasına aktarılması ile birlikte kullanılmaya başlanan internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi; imalat kontrollerinin güncel ve doğru bilgiye dayalı olarak yapılabilmesini sağlamıştır. Sahada oluşturulan uygunsuzluk formları, altyüklenici tarafından talep edilen imalat sonrası kontroller, test ve devreye alma formları sistem üzerinde oluşturulmuş ve internet üzerindeki merkezi veritabanında tutularak tüm paydaşların eş zamanlı, şeffaf

bir şekilde erişimi sağlanmıştır. Tesis yönetimi için gerekli bilgiler bu safhalarda inşai faaliyetlerle paralel şekilde toplanmıştır.

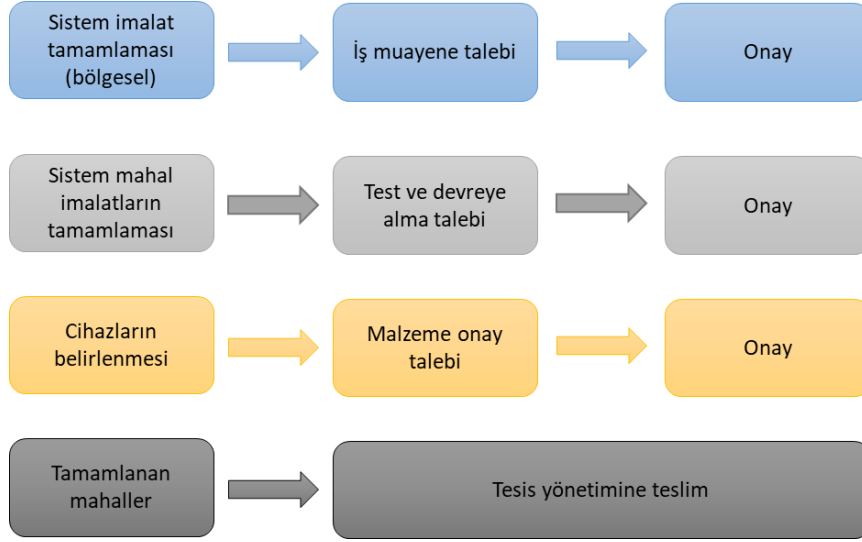
Yüklenici firma tarafından tesis yönetimi kapsamında yapılacak faaliyetler aşağıda sıralanmıştır.

- Stratejik Planlama – Emlak, Operasyon, Sayım, Alan Kullanım Öngörülleri
- Mahallerin Planlama ve Yönetimi – Atama, Kaynaklar, Özellikler
- Kullanıcı Yönetimi – Kullanıcılar, Kiracılar, Personel
- Bakım Yönetimi – Bakım talepleri, Planlanmış/Önleyici bakımlar, Alarmlar
- Acil Durum Yönetimi – Afet planı, Güvenlik bilgileri
- Portföy Yönetimi – İnşaat, Renovasyon
- Kira Yönetimi – Taşınmazların Finansal Bilgileri
- Varlık Yönetimi – Ekipman, Tefrişat, IT sistemleri, Altyapılar
- Enerji Yönetimi – Sertifikalar, Maliyet, Renovasyon
- Kısa/Orta/Uzun Vadeli Tesis Planı ve Finansmanı



Şekil 3. 18 ITBYBS’de cihaz teknik bilgileri

Yapım ekipleri tarafından tesis yöneticisine teslimi yapılan tesislerle beraber nihai tasarım ve teknik dokümantasyon da teslim edilmelidir. Tamamlanan imalatlarla ilgili test, devreye alma, geçici kabul ve tesis yönetimine teslim işlemleri şekil 3.19’da gösterilmiştir.



Şekil 3. 19 Test, devreye alma, kabul ve teslim işlemleri

Bölgesel olarak imalatı tamamlanan sistemler için altyüklenici tarafından yüklenici firmaya iş muayene talebi (NFI) açılır. Talep açılırken tamamlanan kısım için yüklenici doküman kontrol birimi tarafından onaylı imalat çizimleri talep ekine eklenir. Bu sayede yüklenici mimarlık, mühendislik ve kalite kontrol ekipleri tarafından imalat kontrolü yapılması ve iş muayene talebi formunun sisteme girilmesi ile imalatın onaylı çizimlere ve yapı bilgi modeli koordinasyonuna uygunluğu kayıt altına alınmış olur.

Belirli bir mahalın ve/veya sistemin belirli bir bölümünün tamamlanması ardından altyüklenici tarafından yüklenici firmaya test ve devreye alma talebi iletilir. Yapım sahasında altyüklenici eşliğinde yüklenici mimarlık, mühendislik ve kalite kontrol ekipleri tarafından yapılan test ve gözlem ile ilgili mahal ve/veya sistem bölümünün geçici kabulü yapılır. Kabul yahut red işlemine dair tutanak test sonuçlarıyla birlikte internet tabanlı yapı bilgi sisteminde oluşturulur. Tutanaklar sayısal ortamda imzalanır.

Yapı imalatında kullanılan tüm malzeme ve cihazlar altyükleniciler tarafından önerilir ve şartnamelere uygunluğu kontrol edildikten sonra yüklenici tarafından onaylanır. Malzeme onay formu adı verilen doküman ile malzeme ve cihazlara ait teknik bilgiler, geçerli standartlar, garanti ve servis bilgileri kayıt altına alınır. İstanbul Havalimanı projesindeki uygulamada, malzeme onay formları internet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminde kayıt altına alınmıştır. Malzeme onay formlarında bulunan bilgiler yapı bilgi modeline işlenirler.

Yapım sürecinin bitimi ile birlikte yüklenici tarafından tesis yöneticisine yapı ile birlikte teslim edilmesi gereken dokümantasyon içerisinde yapının nihai durumunu gösteren as-built çizimler, metrajlar, yapıda kullanılan malzeme ve cihazlara ait garanti bilgileri ile bakım talimatları bulunur. İmalat öncesi onayları alınan malzeme ve cihaz bilgileri, imalat sonrası kalite kontrol talep sonuçları, inşaat safhasında mahal veya sistemlere ait geçici kabul tutanaklarından gelen bilgi tesis yönetimine devredilecek nihai dokümantasyonun oluşturulmasını sağlar.

Yapı bilgi modellemesinde 500 model gelişim seviyesi, imalatı tamamlanmış yapının tasarım ve dokümantasyon olarak kayıt altına alınmasını belirtir. İTYBYS’nde yapım sürecinde kayıt altına alınan form ve tutanaklar gerektiğinde tesis yöneticisine sayısal ortamda devredilebilmektedir. Yapı bilgi modeli ile tesis yöneticisine aktarılması gereken malzeme onay formlarında bulunan malzeme ve cihaz teknik verileri model içerisinde elemanlar ile eşleştirilebilirler. Malzeme onay formundaki bilginin model elemanları ile eşleştirilmesi her ikisinin detay seviyelerinin denk olması ile mümkündür. Şekil 3. 20’ de İstanbul Havalimanı yapı bilgi modeli mekanik sistemler ana başlığı altındaki alt sistemler ve cihaz kırılımları gösterilmiştir. Tabloda gösterilen model elemanları malzeme onay formlarındaki malzeme ve cihaz bilgileri ile zenginleştirilerek yapı bilgi modeli tabanlı tesis yönetim altyapısı hazırlanır.

işletilmesinde gerekli bilgilerin yapı bilgi modeli üzerinden erişilebilir olması planlı bakım ve arıza onarım iř akışlarında bilgiye hızla ulaşılabilmesini sağlayacaktır.

Alışılagelmiş tesis yönetiminde sistemlerin tekil olarak yönetimi yapılmaktadır. Örneğın elektrik sistemi SCADA adı verilen arayüz ile yönetilirken; mekanik sistemler BMS adı verilen arayüz ile yönetilebilir. Havalimanı tesisinde ise mekanik, elektrik ve IT sistemlerin yanısıra havacılık özel sistemleri altındaki çeşitli alt sistemler kendine has yönetim arayüzlerine sahiptir. Diğier taraftan temizlik, demirbaş yönetimi, planlı bakım-onarım faaliyetleri, iř emirlerinin açılması, kiralama ve faturalama gibi faaliyetler için CAFM adı verilen bilgisayar destekli tesis yönetim yazılımları kullanılmaktadır. Çok sayıda sistem ve alt sistemin bir arada barındıran yapılarda tüm sistemlerden gelen bilgiyi toplayarak, yönetimini yapabilen ve sistemler arası entegrasyonu sağlayabilen disiplinlerarası bir çözüm bulunmamaktadır.

İstanbul Havalimanı projesinde internet tabanlı yapı bilgi sisteminde mevcut model ve veriyi kullanarak diğier sistem ve altsistemlere ait yönetim arayüzlerine entegre olacak üst düzey tesis yönetim arayüzü çalışmaları devam etmektedir. Tasarlanan sistem internet tabanlı olarak yapı bilgi sistemi veritabanına bağlanacaktır. Diğier sistem arayüzleri ile standartlaşmış iletişim protokolleri kullanılarak haberleşme sağlanacaktır. Yapı bilgi modeli tabanlı tesis yönetimi için yapılması gerekenler işler aşağıda belirlenmiştir.

1. As-built yapı bilgi modelinin oluşturulması
2. Yapım sürecinde YBM kapsamı dışında bırakılan yapıların modellenmesi
3. Ekipman bilgilerinin tamamlanması
4. İşletme taleplerinin modele uygulanması
5. Modelin tesis yönetim yazılımıyla entegrasyonu
6. Havalimanı sistemleri ile model entegrasyonu
7. Tadilat ve ek işlerin işlenerek modelin güncel tutulması ve bakımı

HAVALİMANI YAPI BİLGİ YÖNETİMİNDE GÖRÜLEN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İncelenen havalimanı tesis yatırım projeleri ve yapı bilgi modeli uygulamalarının her biri kendine özgü şartlar içerisinde birbirinden farklı kapsam ve hedeflerle yola çıkmasına rağmen YBM uygulamalarında benzerlikler görülmektedir. Proje süreçlerinde karşılaşılan zorluklar ve sorunlarda ortak noktalar bulunmaktadır. Bu bölümde öncelikle havalimanı YBM uygulamaları tablolar ile karşılaştırılarak sonuçlar tartışılacaktır. Ayrıca 2'nci ve 3'üncü bölümlerde havalimanı YBM uygulamalarında belirlenen 67 adet ortak sorun incelenerek çözüm önerileri getirilecektir.

4.1 YBM Uygulamalarının Karşılaştırılması

Havalimanı YBM uygulamalarındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koyabilmek için aşağıdaki başlıklarda karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur.

- 1.YBM uygulamasına başlanan proje (tasarım) safhası
- 2.YBM uygulamasına başlanan proje safhası
- 3.YBM modelini başlatan taraf
- 4.YBM yönetim ekibinin bağlı olduğu taraf
- 5.YBM danışmanı kullanımı
- 6.YBM ile birlikte kullanılan teknolojiler
- 7.Proje safhalarında kullanılan yazılımlar

4.1.1 YBM uygulamasına başlanan proje (tasarım) safhası

Tablo 4.1 YBM uygulamasına başlanan proje (tasarım) safhası

	Eskiz	Avan Proje	Kesin Proje	Uygulama Projesi	As-built İş-Sonu	Tesis Yönetimi
Denver-2009						
Gatwick-2011						
Abu Dabi-2012						
Heathrow-2013						
Changi-2014						
Orlando-2014						
Atlanta-2015						
İstanbul-2015						
Meksiko-2015						
Santiago-2015						
Tokyo-2015						
Kempegowda-2018						

İncelenen havalimanı projelerinde YBM uygulamasının çoğunlukla tasarım aşamasından itibaren başladığı görülmektedir. Avan projesinden itibaren YBM uygulanmasına karşın Abu Dabi havalimanında yüklenici firma ihale öncesinde teklif hazırlık aşamasında kendi YBM modelini oluşturarak projeyi doğru kavramak ve doğru fiyat teklifini vermeyi hedeflemiştir. Yine Abu Dabi havalimanı örneğinde tasarım YBM’de yapılmasına karşın proje teslimlerinin 2B BDT formatında yapılması sonucu bilgi ve zaman kaybı yaşandığı görülmektedir. Bunun yanında tasarım aşamasında YBM

kullanılmamasına rağmen İstanbul Havalimanı'nda yüklenici firma tarafından kesin proje aşamasında YBM uygulamasına geçildiği de görülmektedir. Yüklenici tarafından yapılan YBM uygulamalarında hedeflenen proje belirsizliklerinin erken aşamada ortaya çıkarılarak çözümlenmesi, beklenmeyen maliyet ve gecikme risklerinin azaltılmasıdır. Gatwick, Heathrow, Atlanta ve Tokyo gibi mevcut olarak kullanımda bulunan havalimanlarında tasarım ve yapımı sürecinde YBM kullanılmamış olan eski tesisler için de YBM uygulamasının tercih edildiği görülmektedir. Mevcut tesislerde YBM oluşturmak maliyetli bir süreç olmasına karşın tesis yönetiminde sağlayacağı fayda dikkate alınarak yapının sayısal kopyası oluşturulmaktadır.

4.1.2 YBM uygulamasına başlanan proje safhası

Tablo 4. 2 YBM uygulamasına başlanan proje safhası

Havalimanı	İhale Öncesi	Yapım Dönemi	İşletme Aşaması
Denver			
Gatwick			
Abu Dabi			
Heathrow			
Changi			
Orlando			
Atlanta			
İstanbul			
Meksiko			
Santiago			
Tokyo			
Kempegowda			

ihale öncesinde YBM uygulamasına başlanan havalimanlarında tasarım YBM araçları ile başlatılmıştır. Erken aşamada YBM kullanımının başlaması bu havalimanlarına sürecin tamamında YBM’den faydalanma imkanı vermektedir.

İstanbul havalimanı projesinde yüklenici firma YBM uygulama zorunluluğu olmadığı halde, proje üst yönetiminin yurtdışı projelerdeki tecrübesi sonucu verdiği kararla, çok büyük ölçekli projenin termin süresi içerisinde tamamlanabilmesi için YBM teknolojisinden faydalanma kararı almıştır.

Gatwick ve Atlanta havalimanlarında yeni projeler YBM ile başlatılmaktayken mevcut tesisler de YBM ile kayıt altına alınmaktadır.

4.1.3 YBM Uygulamasını Başlatan Taraf

Tablo 4.3 YBM uygulamasını başlatan taraf

	Tasarımcı	Yüklenici	Altyüklenici	3. Taraf	İşveren
Denver					
Gatwick					
Abu Dabi					
Heathrow					
Changi					
Orlando					
Atlanta					
İstanbul					
Meksiko					
Santiago					
Tokyo					
Kempegowda					

Denver Havalimanı projesinde yeni yapının mevcut yapı ile oluşacak arayüzünü görmek ve tasarımı başlatmak üzere havalimanı işletmecisi tarafından lazer tarama ile mevcut yapının yeni yapıyla arayüz oluşturan kısmının modeli yaptırılmış ve tasarım oluşturulan YBM üzerine kurgulanmıştır.

Benzer şekilde Atlanta Havalimanı'nda işletmeci tarafından yeni yapılar için kullanılacak olan otopark alanları ve kara tarafı yolu lazer tarama ve fotogrametri yöntemi ile kayıt altına alınmıştır.

İstanbul Havalimanı kesin proje aşamasında terminal yapısının mimarı tasarımını tamamen YBM ortamında oluşturmuştur. Diğer yandan yüklenici tarafından diğer tüm binalar ve sistemlerin YBM'ne aktarımı sağlanmıştır.

4.1.4 YBM yönetim ekibinin bağlı olduğu taraf

Tablo 4.4 YBM yönetim ekibinin bağlı olduğu taraf

	Tasarımcı	Yüklenici	Altyüklenici	3. Taraf	İşveren
Denver					
Gatwick					
Abu Dabi					
Heathrow					
Changi					
Orlando					
Atlanta					
İstanbul					
Meksiko					
Santiago					
Tokyo					
Kempegowda					

Tokyo Havalimanı'nda mevcut yapıya ait YBM oluşturulması kapsamında altyüklenici bir firmadan lazer tarama ve modelleme hizmeti alınmıştır. Diğer havalimanlarında YBM yönetiminin işveren veya yüklenici firma tarafından yapıldığı görülmektedir.

4.1.5 YBM danışmanı kullanımı

Tablo 4.5 YBM danışmanı kullanımı

	Danışman Mevcut	Danışman Mevcut Değil
Denver		
Gatwick		
Abu Dabi		
Heathrow		
Changi		
Orlando		
Atlanta		
İstanbul		
Meksiko		
Santiago		
Tokyo		
Kempegowda		

İngiltere havalimanları olan ve mevcut durumda hizmet vermekte olan Heathrow ve Gatwick'te İngiliz hükümeti tarafından oluşturulan YBM'ye geçiş programına uyumlu olarak adım adım YBM kullanımı artırılmaktadır.

Yeni başlayan projelerin bir kısmında 3'üncü taraf YBM danışmanlık firmalarından hizmet alınırken Abu Dabi, İstanbul ve Santiago havalimanlarında danışmanlık hizmeti alınmamış, YBM yönetimi yüklenici firma ekibi tarafından yapılmıştır.

4.1.6 YBM ile birlikte kullanılan teknolojiler

Tablo 4.6 YBM ile birlikte kullanılan teknolojiler

	Artırılmış Gerçeklik	Bulut Bilişim	CBS	Dijital Fabrikasyon	Fotogrametri	Hesaplamalı Tasarım	iHA	Lazer Tarama	Robotik Totalstation
Denver									
Gatwick									
Abu Dabi									
Heathrow									
Changi									
Orlando									
Atlanta									
İstanbul									
Meksiko									
Santiago									
Tokyo									
Kempegowda									

YBM ile kullanılan teknolojiler incelendiğinde bulut bilişim teknolojisinin ön plana çıktığı görülmektedir. YBM tasarım, koordinasyon ve yapım süreçlerinde ekiplerin işbirliği altyapısını güçlendiren internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi (İTYBYS) kullanımı projelerde yoğunluk kazanmaktadır.

Atlanta Havalimanı'nda mevcut yapıların kayıt altına alınması ve yeni tasarım için altyapı oluşturulması için lazer tarama ve fotogrametri yöntemine başvurulmuştur. Özgün bir uygulama olarak fotogrametri ölçümü insansız hava aracı (İHA) platformu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İHA kullanımı ile yersel lazer tarama veya fotogrametri ölçümleriyle ölçülmesi zaman kaybına sebep olacak noktalar hızlı bir şekilde kayıt altına alınmıştır.

İstanbul ve Gatwick havalimanlarında artırılmış gerçeklik (AG/AR) denemeleri yapılmış olmakla beraber sistem YBM süreçlerinde kullanılamamıştır. İstanbul Havalimanı projesinde robotik totalstation ölçüm ve işaretleme cihazıyla bulut tabanlı YBM (İTYBYS) entegre edilerek sahada kritik imalat kontrollerinin milimetre hassasiyetinde yapılması sağlanmıştır.

4.1.7 Proje safhalarında kullanılan yazılımlar

Tablo 4.7 Proje safhalarında kullanılan yazılımlar

YAZILIMLAR	OVO	İTYBYS	Eskiz	Avan Proje	Kesin Proje	Koordinasyon	Uygulama Projesi	As-built İş-Sonuç	Test-Devreye Alma	Tesis Yönetimi	Masterplan
Aconex											
Allplan											
ArcGIS											
Archicad											
Archibus											
Autocad											
BIM 360											
Buzzsaw											
Digital Project											
Ecodomus											

Invicara												
Maximo												
Navisworks												
Projectwise												
Projectwise Connect												
Revit												
Rhinoceros												
SketchUp												
Solibri IFC Checker												
Tekla												
Trimble Connect												
Trimble Projectsight												
Vault												
YouBIM												
Zutec												

Tablo 4.7’ de yaygın olarak bilinen YBM projelerinde kullanılabilecek yazılımlar gösterilmiştir. Yazılımlar ana kullanım alanları dikkate alınarak sınıflandırılmışlardır. Tablodaki yazılımlar genel hatlarıyla tasarım yazılımları, ortak veri ortamı (OVO) yazılımları, internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi (İTYBYS) platformları, test ve devreye alma yazılımları, tesis yönetimi yazılımları ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) olarak ayrıştırılabilirler. İngiltere YBM standardı gereği OVO kullanımının mecbur tutulması sonucunda Ecodomus ve Invicara gibi test-devreye alma ve tesis yönetimi odaklı yazılımlar OVO modüllerini geliştirmişlerdir. Diğer yandan OVO yazılımlarının pek çoğunun internet tabanlı ve taşınabilir cihazlarla uyumlu olduğu ve İTYBYS olarak da

sınıflandırılabilirdiği görülmektedir. İnşaat sektöründeki bulut bilişim kullanımındaki artışın bu noktada etkili olduğu düşünülmektedir.

4.1.8 Proje sürecinde gerçekleştirilen YBM tabanlı analizler

Tablo 4.8 Proje sürecinde gerçekleştirilen YBM tabanlı analizler

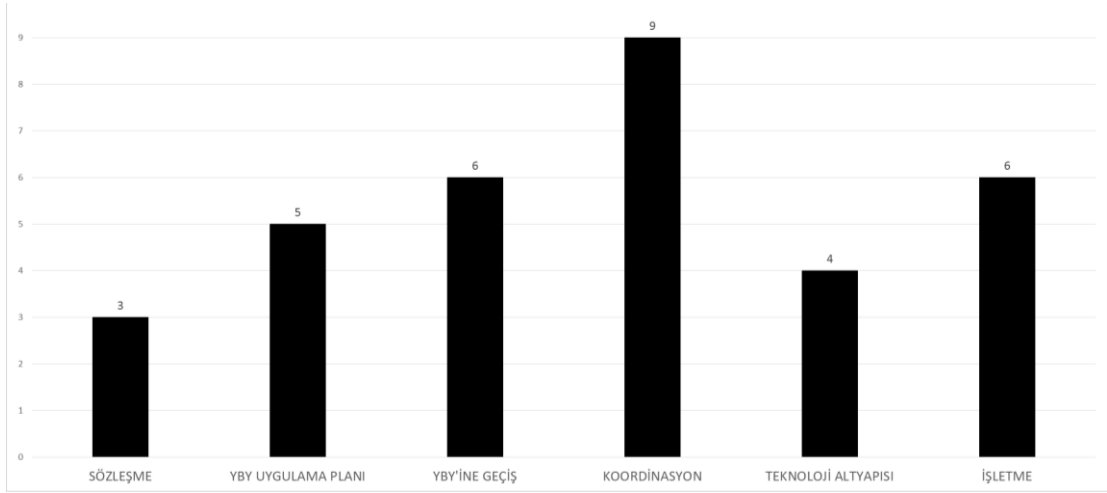
HAVALİMANI	Çakışma Analizi	4B İş Programı	5B Maliyet Analizi	Saha Lojistiği	Enerji Analizi	Aydınlatma Analizi	Trafik/Yaya Analizi
Denver							
Gatwick							
Abu Dabi							
Heathrow							
Changi							
Orlando							
Atlanta							
İstanbul							
Meksiko							
Santiago							
Tokyo							
Kempegowda							

İncelenen havalimanı projelerinin tamamına yakınında YBM'nin uzamsal koordinasyon için kullanıldığı görülmektedir. YBM kullanılarak gerçekleştirilen analizler arasında çakışma analizleri ilk sırada gelmektedir. Sırasıyla enerji analizleri, aydınlatma analizleri nisbeten sık kullanılan analizlerdir.

4.2 Havalimanı Projelerinde YBM Uygulamasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm

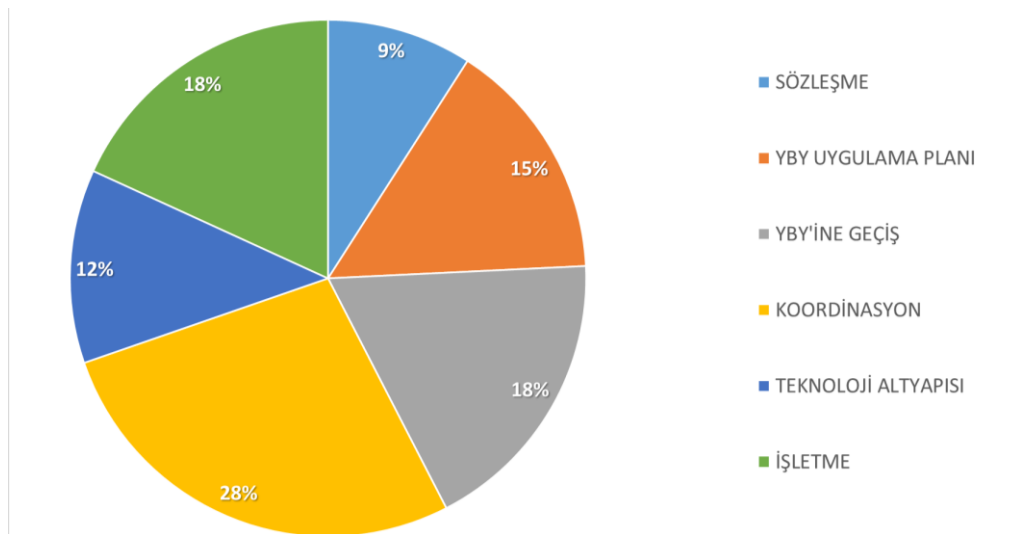
Önerileri

Çalışma kapsamında bölüm 2’de değişik proje büyüklüğü ve yapı bilgi yönetimi kapsamına sahip 11 adet uluslararası havalimanı örneği incelenmiştir. Bölüm 3’te ulusal bir örnek olarak İstanbul Havalimanı yapı bilgi yönetimi incelenmiştir. Bölüm 2 ve bölüm 3 içerisinden YBY uygulamasında karşılaşılan sorunlar 33 ana başlık altında derlenmiştir.



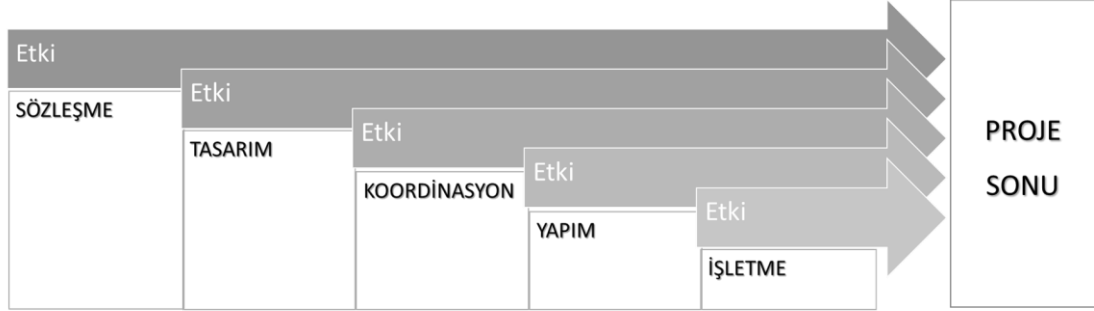
Şekil 4.1 Havalimanı YBY’inde karşılaşılan sorunların sayısal dağılımı

Sorunlar gruplara ayrılarak; sözleşmeden başlayarak sırasıyla, yapı bilgi yönetimi uygulama planı, yapı bilgi yönetimine geçiş, koordinasyon, teknoloji altyapısında karşılaşılan sorunlar ve işletme olarak altı ana başlık ortaya konmuştur.



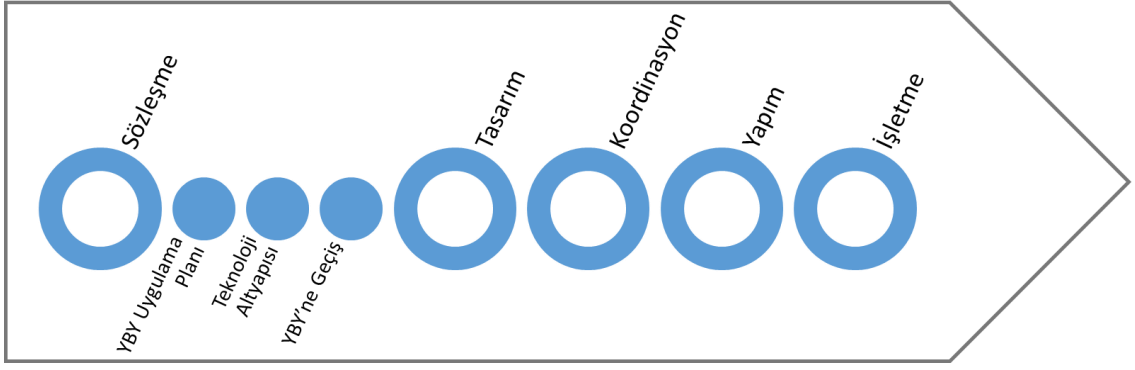
Şekil 4.2 Havalimanı YBY’inde karşılaşılan sorunların yüzdelik dağılımı

Proje aşamalarında yaşanan sorunlar kendisinden sonra gelen aşamaları olumsuz etkileyebilmektedir. Örneğin sözleşme aşamasında yaşanan bir sorun tasarım, koordinasyon, yapım ve işletme aşamalarının tamamını olumsuz etkileyebilir. Koordinasyon aşamasında yaşanan bir sorun ise kendisinden sonra gelen yapım ve işletme aşamalarını olumsuz etkileyebilir.



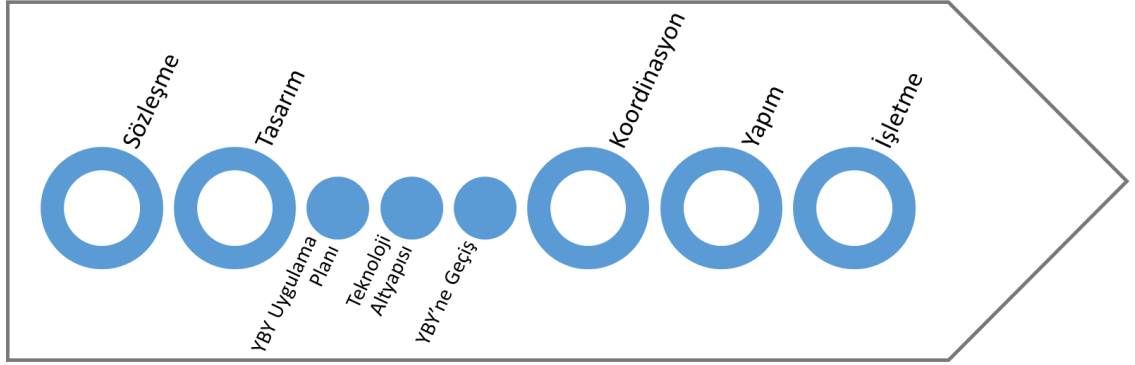
Şekil 4.3 Proje sürecinde yaşanan YBY sorunlarının diğer süreçlere etkisi

İncelenen havalimanlarının bir kısmında tasarım aşamasından itibaren yapı bilgi modeli kullanılmışken, Tokyo Havalimanı örneğinde olduğu gibi işleyen bir havalimanının tesis yönetimini iyileştirmek amacıyla da YBM'den faydalanılabilir. Proje sürecinden bağımsız olarak sınıflandırılan yapı bilgi yönetimi uygulama planına bağlı sorunlar, YBY'ine geçişte yaşanan sorunlar ve teknoloji altyapısı ile ilgili sorunların proje sürecine etkisi ise; yapı bilgi modeli tabanlı çalışmanın projenin hangi safhasında başlatıldığına göre değişiklik gösterir. Şekil 4.4'te tasarımcı tarafından yapı bilgi modelinin oluşturulması örnek durumu gösterilmiştir. Bu durumda tasarım modeli oluşturulmadan önce YBY uygulama planı oluşturulur, teknoloji altyapısı belirlenir ve YBY'ne geçiş yapılarak tasarım başlatılır. Uygulama Planı, teknoloji altyapısı ve YBY'ne geçişte yaşanan sorunlar tasarımdan itibaren sonraki safhaları etkiler.



Şekil 4.4 Tasarım aşamasında başlatılan yapı bilgi modeli

Şekil 4.5'te yapı bilgi modelinin tasarım tamamlandıktan sonra kullanılmaya başlaması örnek durumu gösterilmiştir. Bu durumda YBY uygulama planı, teknoloji altyapısı ve YBY'ne geçiş ile ilgili sorunlar yapı bilgi modeli kullanılmamış olan tasarım aşamasını etkilemez, koordinasyon ve sonraki süreçlere etkisi olur.



Şekil 4.5 Tasarım sonrasında başlatılan yapı bilgi modeli

4.2.1 YBM Sözleşmeleri ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Yapım projelerinde YBM kullanımı talebi genellikle sözleşme madde ve ekleriyle zorunlu tutulmaktadır. Ancak YBM kullanımının sözleşmede talep edilmesi YBM'den faydalanmak için tek başına yeterli olmamaktadır. İncelenen havalimanı YBY uygulamalarında sözleşme kaynaklı sorunlar aşağıda listelenmiştir.

Tasarım ve yapım sözleşmelerinde YBM uygulanması ilgili talep olmaması

İstanbul Havalimanı projesinde yapı bilgi yönetim ekibi kurulmadan önce imzalanan tasarım ve yapım sözleşmelerinde bu sorun görülmüştür. Sözleşmesinde YBM uygulama zorunluluğu bulunmayan tasarımcı ve altyüklenicilerden proje sürecinde YBM tabanlı çalışmalar talep etmek mümkün olmamıştır. Yüklenici bünyesinde yapı bilgi yönetiminin kuruluşu sonrasında sözleşme eki olarak YBM şartları getirilmiştir.

Bu sorun, proje bazlı bir kuruluş olan yüklenici firmanın ihale sonrasında kuruluş ile ilgili faaliyetleri devam ederken, bir taraftan da kuruluşu tamamlanmış bölümlerin kendi sorumluluklarındaki tasarım ve yapım sözleşmelerini imza altına alarak işi başlatma isteklerinden kaynaklanmaktadır. Yüklenici bünyesinde yapı bilgi yönetim ekibinin kuruluşu yetkili otorite olan DHMİ ile yüklenici firma arasında yap-işlet-devret (YİD) sözleşmesi imzalanmasından 2 yıl, temel atılmasından ise 17 ay sonra gerçekleşmiştir.

Sorunun etmenleri olarak aşağıdakiler sayılabilir.

- YİD sözleşmesinde YBM zorunluluğu olmaması
- Yüklenici ortaklığı oluşturan firmaların YBM deneyimi olmaması
- YBM tabanlı çalışmanın geç gündeme gelmesi
- Kısıtlı yapım süresi nedeniyle işin acele başlatılmak istenmesi

Benzer durumlarda sorun yaşanmaması için sözleşme öncesi YBM şartlarının firma YBY ekibi tarafından oluşturulması ve sözleşmeye eklenmesi gereklidir. YBM ekibinin henüz oluşmadığı durumlarda 3'ncü taraf firmalardan YBY danışmanlığı hizmeti alınarak tasarım ve altyüklenici sözleşme şartları oluşturulabilir.

YBM hedef ve kullanımları ile şartname taleplerinin uyumu

Yapı bilgi modeli şartnameleri oluşturulurken YBM hedef ve kullanımları, proje gereksinimleri ve sektör durumu dikkate alınmadığı takdirde başarısız YBM uygulamaları ile karşılaşmaktadır.

Yapı bilgi modeli kullanımı projenin genel başarısına katkı sağlamayı amaçlar. Bu bakımdan proje kapsamı ve süreçleri ile Yapı bilgi yönetimi süreçlerinin birbirine paralel

olması gereklidir. İşveren tarafından YBM şartnamesi oluşturulurken yapım projesinin gereksinimleri dikkate alınmalıdır. YBM kullanımları ve hedefleri tutarlı olmalıdır.

İncelenen örneklerde;

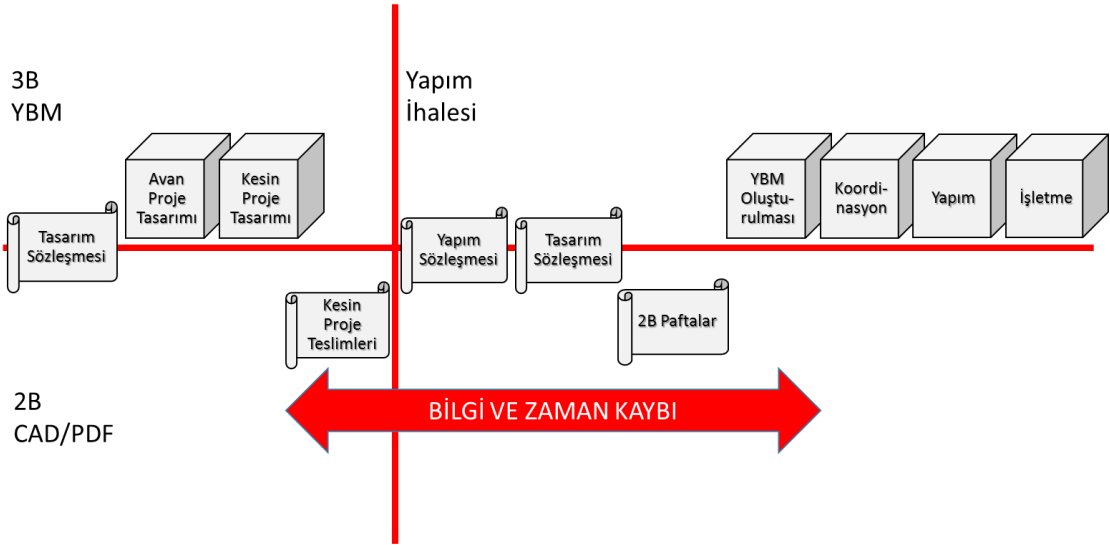
- Denver Havalimanı'nda YBM şart koşulmakla beraber, kapsamlı yapı bilgi model kütüphanesi ve şablonları altyüklenicilerin kullanımına sunulurken, altyüklenicinin YBM uygulamasına geçişi kolaylaştırılmıştır.
- Orlando Havalimanı'nda projenin ilk safhasından alınan dersler sonucunda ikinci safhada altyüklenicilerle proje yönetim YBY ekibi tarafından büyük oranda koordine edilmiş modeller paylaşılarak proje hedeflerine ulaşılmıştır.
- İstanbul Havalimanı YBM uygulamasında öncelikli hedef olarak şantiye iş programının önünde YBM koordinasyonunun sağlanarak sahada karşılaşılabilecek sorunların en düşük seviyeye indirilmesi, tesis yönetimine hazırlık ve kalite süreçlerinin hızlandırılması belirlenmiştir. Altyüklenicilerin YBY konusunda istenen yeterlilikte olmaması ve ülkemizde yetişmiş insan kaynağı kısıtı nedeniyle modelleme ve koordinasyon yüklenici tarafından üstlenilmiştir.

Bu örneklerde görüldüğü şekilde kapsam ve hedeflerin doğru belirlenmesi ve tüm paydaşların YBM uygulamasına geçişini kolaylaştıracak adımlar atılması proje başarısında etkili olmaktadır.

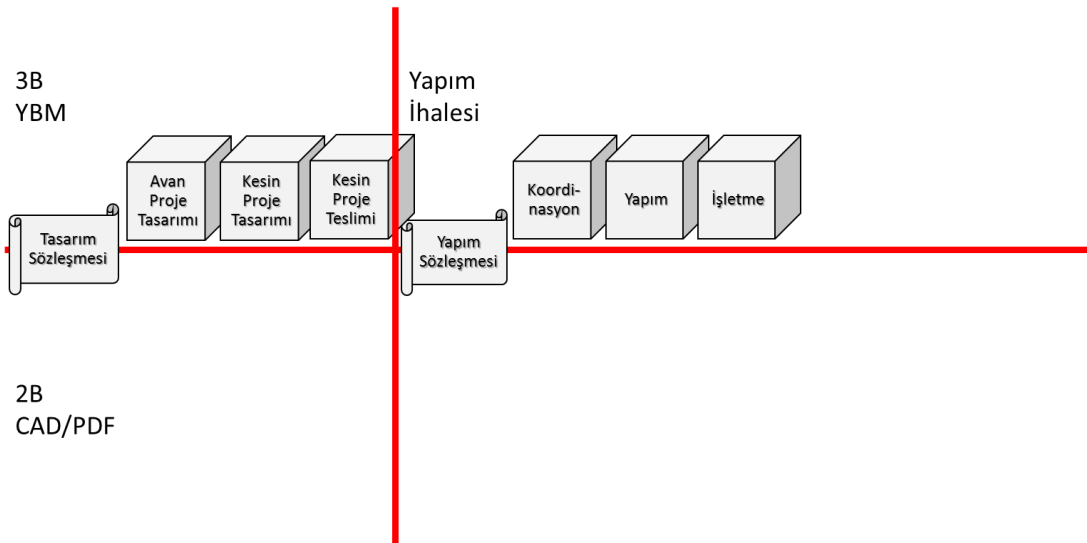
Yapı bilgi modeli iyeliği

Model iyeliği yapı bilgi modeli iş akışlarında tartışma yaratan önemli konulardan bir tanesidir. Sözleşmede YBM teslimi zorunlu tutulmadığı sürece tasarımcı ve altyükleniciler proje teslimlerini geleneksel metotta olduğu gibi 2B paftalar, sayısal CAD veya PDF formatında yapmaktadır. YBM teslimi yapıldığı durumda ise dosya formatı genellikle IFC olmaktadır. IFC olarak yapılan YBM paylaşımı diğer paydaşlar tarafından referans model olarak kullanılabilmeyle beraber sonraki kullanımları kısıtlamaktadır. Sorunun temelinde tasarımcının fikri mülkiyetini koruma isteği sonucu modellerin orijinal dosya formatında (Archicad, Revit, Tekla v.b.) teslim edilmemesi yatmaktadır. Örneğin Abu Dabi Havalimanı projesinde Midfield Terminal yapısı mimar tarafından

yapı bilgi modeli kullanılarak tasarlanmasına rağmen yüklenici kendi modelini üretmek zorunda kalmıştır.



Şekil 4.6 Geleneksel tasarım ve yapım sürecinde bilgi ve zaman kaybı



Şekil 4.7 Önerilen tasarım ve yapım sürecinde kesintisiz bilgi akışı

Sorunun çözümü için aşağıdakiler önerilmektedir.

- Tasarım sözleşmelerini kesin proje tasarımı yapan tasarımcılarla uygulama projelerini de içerecek şekilde yaparak, yapım sürecinin sonuna kadar modelden kesintisiz olarak faydalanmak.
- YBM'nin orijinal dosya formatı tesliminin sözleşme şartı olarak konulması

4.2.2 YBM Uygulama Planı ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

YBM uygulama planı proje başında hazırlanarak projeye dâhil tüm taraflara yayınlanır. Proje sözleşmesinde ek olarak da paylaşılan uygulama planı YBM süreçlerinin sorunsuz işlemesi için tutarlı ve kapsayıcı olmalıdır. Bu başlık altında havalimanı projelerinde YBM uygulama planı ile ilgili sorunlar gruplanarak çözüm önerileri getirilmiştir.

Ulusal YBM standartlarının olmaması

İncelenen örneklerden İstanbul ve Santiago Havalimanları'nda karşılaşılan YBY ile ilgili ulusal standartların olmaması YBM uygulama planı oluşturulurken önemli bir eksiklik olarak ortaya çıkmaktadır. Her iki projede de çözüm olarak diğer ülkelerde mevcut standartlar incelenmiş ve İngiliz BS-1192 standardı uygulanmasına karar verilmiştir.

- Ülkemiz yapı sektörü çalışma yöntemleri dikkate alınarak ulusal YBY standardı oluşturulması önerilmektedir.
- Havalimanı gibi çok sayıda uluslararası paydaşların bulunduğu projelerde ulusal standart olmaması durumunda Uluslararası Standartlar Organizasyonu ISO tarafından 2018 yılında yayınlanan yapı bilgi yönetimi standardı ISO 19650 kullanılması uygun olacaktır.

Model gelişim seviyeleri

İncelenen havalimanı projelerinde model gelişim seviyesi (LOD) olarak referans verilen modelleme detayları YBY uygulama planlarında Amerikan buildingSMART'a bağlı BIMForum tarafından yayınlanan dokümana atıfta bulunmaktadır. Net olmayan model gelişim seviyeleri aşağıdaki sorunlara yol açmaktadır:

- Proje tesliminde sözleşmesel anlaşmazlıklar

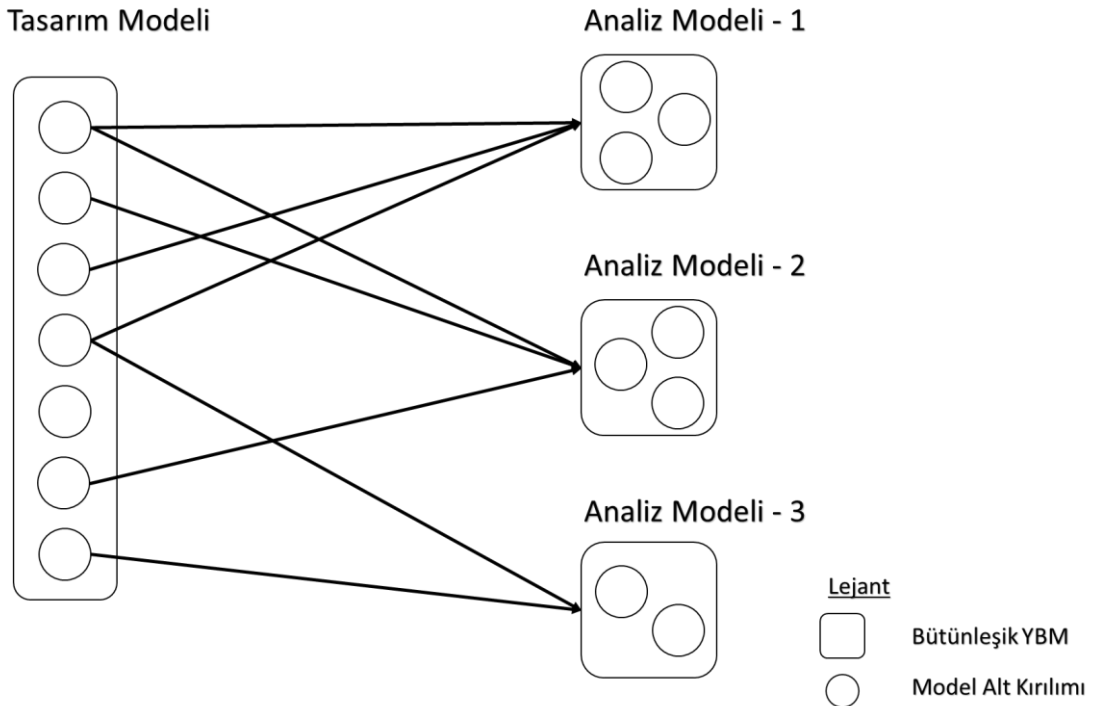
- Modelin gereksiz detaylarla ağırlaşması
- Modelin yeterli düzeyde detay içermemesi
- Havalimanı özel sistemler v.b. ekipman detaylarında anlaşmazlıklar

Çözüm olarak;

- Uzun vadede firmaların model gelişim seviyelerini kendi ihtiyaçlarını dikkate alarak oluşturması ve YBY uygulama planına eklemesi gereklidir.
- Proje bazlı çalışmalar için ise BIMForum tarafından yayınlanan doküman gözden geçirilerek, YBY kullanım ve hedeflerine göre uyarlanmalıdır.

Modelin analizler için kullanımı

Yapı bilgi modeli tasarım ve yapım sürecinde pek çok analizin yapılmasını sağlayan bir altyapı oluşturur ancak yapılacak analizlerin herbiri doğrudan tasarımda kullanılan model üzerinden yapılamaz. YBM tasarım yazılımı içerisinde ya da başka bir yazılım kullanılarak yapılan değişik türdeki analizlerin hemen hemen tamamı modelin değişik bir özelliğine odaklanır. Bunun dışında kısıtlı hesaplama kaynakları ve süresi nedeniyle analizlerin çalıştırılacağı modellerin gereksiz detaylardan arındırılması gerekir.



Şekil 4.8 Modüler tasarım modelinden analiz modelleri türetilmesi

Yapının yaşamdöngüsü boyunca yapılabilecek tüm analizleri belirlemek mümkün olmamakla beraber, sıklıkla yapılan analizler YBY uygulama planında YBM kullanımları altında listelenerek gerekli detay seviyesi ve özel gereksinimler ile proje başında ortaya koyulmalıdır. Bu sayede analizlerin planlanması, gerekli anda modelin analiz için hazır olması ve farklı analizlerde kullanılacak ortak model elemanlarının ortaya çıkarılması mümkün olur.

YBM şartnamesinde net olmayan konular

YBM şartnamesinde net olmayan konular proje sürecinde uygulamada ve taraflar arasında hukuki problemlere sebep olmaktadır.

Santiago Havalimanı örneğinde işveren tarafından şartnamede açık şekilde yazmamasına karşın modelleme yazılımının güncellenmesi talep edilmiştir. Bu talep proje içerisinde çalışan tüm tasarımcı ve altyüklenicilerin yazılım güncellemesi yapmasını gerektirir. Büyük projelerde böyle bir güncellenmenin yapılması uzun süren ve planlanması gereken bir iştir.

Örnekte yaşanan sorunun yaşanmaması için ihale ve/veya sözleşme aşamasında mutlaka YBM uyumluluk kontrol listesi hazırlanmalı, tasarımcı ve altyüklenicilerin cevaplaması ve varsa sorularını sorması istenmelidir. Altyüklenicilerden gelen sorular veya öngörülen sorunların dikkate alınması sonucunda daha doğru bir uygulama planı oluşturulur.

Şartname proje hedefleri ile uyumlu şekilde hazırlanmalıdır. Hedefler ışığında YBM kullanımları, model gelişim seviyeleri, dosya formatları belirlenir. YBM kullanımları ve model detay seviyeleri proje süreçleri ile de doğrudan alakalıdır. Modelde gereksiz detayların bulunması projeye katkı sağlamamaktadır. Proje süreçleri için önemli olmayan YBM kullanımlarından kaçınılmalıdır, zaman kaybı yaratacaktır.

YBM uygulama planında iletişim bilgilerinin güncel tutulması

YBM uygulama planında, yapı bilgi yöneticisi, tasarım yöneticileri, yapım grup yöneticileri başta olmak üzere sürece katkıda bulunacak tüm kişilerin isimleri bulunmalıdır. Bu liste proje sürecinde yaşanan görev değişikliği, personel değişimi gibi durumlarda güncellenerek tekrar yayınlanmalıdır.

Orlando Havalimanı projesinde YBM koordine edilmiş olmasına rağmen, modelden türetilen 2B uygulama paftaların koordinasyona uygun olmadığı görülmüştür. Bu sorunun kök nedeni olarak aşağıdakiler sayılabilir.

- Görev ve personel değişiklikleri sonucunda YBY süreçlerine hâkim olmayan kişilerin atanması
- YBY ekibi ile departmanlar arasında iletişimsizlik
- Yeni göreve başlayan kişilere YBM eğitimlerinin verilmemesi
- Uygulama çizimlerinin YBM koordinasyonu açısından değerlendirilmemesi

Yapı bilgi yönetimi süreci yapım ve işletme safhalarında tüm departmanların aktif katılımını gerektirmektedir. Departmanların YBY ekibi ile sürekli iletişim halinde olması güncel proje bilgilerinin çift taraflı takibi için gereklidir. YBM süreçlerine katılan personel kendi departmanı içerisindeki koordinasyon ve bilgi alışverişini sağlamalıdır. Sahaya gönderilecek 2B uygulama çizimlerinin mutlaka YBM koordinasyonu açısından değerlendirilmesi gereklidir.

4.2.3 Yapı Bilgi Yönetimine Geçişte Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Eğitim/İnsan kaynağı

YBM tabanlı yapı sektöründe 2B bilgisayar destekli tasarım (BDT) kadar yaygınlaşmış değildir. Bu sebeple YBM ile çalışma tecrübesine sahip personel insan kaynağı BDT tecrübesine sahip insan kaynağına göre oldukça dardır. Aynı zamanda büyük ölçekli projelerde YBM çalışma tecrübesine sahip eğitmen ve/veya danışman bulmak da oldukça zordur.

Önceki bölümlerde incelenen projelerin tamamı büyük ölçekli projeler olarak yüksek sayıda YBM tecrübeli insan kaynağına gerek duymuştur. Abu Dabi, Orlando ve İstanbul Havalimanı örneklerinde yüklenici firmalar kendi personeli ve altyüklenici personel için eğitimler düzenleyerek YBM uygulamasına geçiş sağlamışlardır.

Uzman altyüklenicilerin YBM kullanmaması

Belirli konularda uzmanlaşmış altyükleniciler kendi konularında uzmanlaşırken oluşturdukları en iyileştirilmiş iş akışlarını korumakta ve yeni teknolojilere uyum

sağlamakta gecikebilmektedirler. Uzman alt yükleniciler aynı zamanda uzmanlık alanına özel olarak geliştirilmiş yazılımları kullanmaktadırlar. Proje süreci içerisinde tasarım bilgisi genellikle birden çok yazılım kaynağından gelmektedir. Belirtilen iş akışları ve yazılımlar genellikle YBM ile doğrudan veri akışı sağlamamakta, verinin ortak bir formatta dışarı aktarılmasını gerektirmektedir.

YBM tecrübesi olmayan/ kullanmayan altyüklenicilerin YBM sürecine dahil edilmesinde YBM uygulama planı önem arz etmektedir. Uygulama planında uzman altyüklenicinin iş akışları ve YBM iş akışına katılımı belirlenmelidir. Taraflar arasında en uygun dosya alışveriş formatı belirlenmelidir. Uzman altyüklenicilerin sözleşme şartı ile belirli bir yazılımı kullanması verimli sonuçlar doğurmayacağından veri kaybını en aza indirecek model değişim formatları üzerinde durulmalıdır.

Teknik ofis ve saha ekiplerinin YBM teknoloji ve sürecine hâkim olmaması

YBM inşaat sektöründe kullanımının yaygınlaşmamış olması nedeniyle dünya genelinde teknik ofis ve saha personelinin YBM araç ve süreçlerine yabancı olduğu görülmektedir. YBM'nin projeye olumlu katkı yaparak başarılı sayılabilmesi için proje süreçlerini iyileştirmesi gerektiği kabulüne göre, YBY'nin proje organizasyonundaki diğer departmanlarla ilişkili olması gerektiğini söyleyebiliriz. Bu noktada teknik ofis ve saha personelinin yoğun iş yükü altında yeni bir teknoloji ve sürece uyum sağlaması temel zorluklardan biri olarak ortaya çıkmaktadır.

İncelenen havalimanı projelerinde de karşılaşılan bu sorunun çözümü için çeşitli çözümler üretilmiştir. Orlando Havalimanı projesinde YBY ekibi tarafından teknik ofis personeline koordinasyon toplantılarında yapılan bilgilendirmeler ve bunun etkisi ile isteğe bağlı eğitimler sağlanmıştır. Bu sayede herhangi bir zorlama olmadan YBM kullanımının proje organizasyonu içerisinde artırılması sağlanmıştır.

İstanbul Havalimanı projesinde benzer şekilde koordinasyon toplantılarında bir araya gelen teknik ofis ve saha personeli YBM süreci hakkında düzenli olarak bilgilendirilmiştir. Bilgilendirmeye ek olarak aşağıdaki üç faaliyet ile YBM'den teknik ofis ve saha personelinin yüksek oranda faydalanması sağlanmıştır.

- Talep eden 1000'den fazla yüklenici, altyüklenici ve 3'üncü taraf firma personeline YBM görüntüleme, koordinasyon ve İTYBYS eğitimleri verilmiştir.
- YBM'den üst düzeyde faydalanabilmek için YBY temsilcisi teknik ofiste görevlendirilmiştir.
- YBY saha ekipleri oluşturularak, saha ekiplerinin yapım, koordinasyon ve YBM soruları cevaplanmış ve sorunlara yerinde müdahale sağlanmıştır.

Çalışma kültürü/ değişim yönetimi

Proje YBM uygulamalarında başarı, alışlagelmiş yöntemlerle çalışan proje ekiplerinin YBM araçlarının sağladığı yeni imkânlar etkisi ile ortaya çıkan yeni iş akışları ve gereksinimlere uyum sağlaması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Çalışanların bir kısmı yıllar içinde oluşturdukları mesleki rutinin dışına çıkmanın verdiği rahatsızlık ve yeni araç ve süreçlerde öngördükleri riskler nedeniyle değişime karşı direnç gösterirken; diğerleri yeni araçların sağladığı imkânları daha erken farkederek hızlı bir şekilde benimser. YBM uygulanan projelerde sık olarak karşılaşılan çalışma kültürü kaynaklı direnci yenebilmek için değişim yönetimi gereklidir.

Firmanın projede YBM uygulamasına geçişi stratejik ve radikal bir değişikliktir. Stratejik değişiklikler organizasyonun çalışma yöntemini tamamen değiştiren ani değişikliklerdir. Radikal değişiklikler organizasyonun tüm yönleriyle yeniden değerlendirilmesini gerektirir. Proje başlangıcında YBM uygulama planı hazırlanması yönüyle değişiklik planlı bir değişikliktir.[28]

İstanbul Havalimanı projesinde değişimi destekleyen temel nokta yüklenici firmanın üst düzey yönetimi seviyesinde YBM uygulamasının yakından takip edilmesidir. Proje sürecinde yüklenici, altyüklenici ve 3'üncü taraf firmalar bünyesinde bireysel ya da departman olarak gösterilen değişime karşı direnç, üst düzey yönetimin kararlı tutumu sonucunda kırılmıştır.

Bireysel ya da grup halinde YBM'ye geçişte direnç gösterilmesi durumuna karşı;

- Tüm tarafların koordinasyon toplantısına katılımı sağlanmalıdır.
- İlgili kişilerle iletişime kesintisiz devam edilmelidir. Proje bilgi akışında aksaklık olmamalıdır.

- Talep eden tüm personele YBM eğitimleri verilmelidir.
- Direnç gösteren birey veya grupların tehdit olarak algıladığı konular varsa tespit edilmeli ve endişeleri giderilmelidir.
- Direnç gösteren birey veya grupların gündelik işlerinde zorlandıkları konular ve ihtiyaçları belirlenmelidir. YBM'den ne şekilde fayda sağlayacakları anlatılmalıdır.

İşveren, yüklenici, altyüklenici şirketler arasında YBM süreçlerinin aksatılmadan uygulanabilmesi için;

- YBM uygulama talepleri mutlaka sözleşme ile kayıt altına alınmalıdır.
- Tarafların YBM koordinasyonuna düzenli katılmaları sağlanmalıdır.
- Tarafların ilerlemeleri düzenli olarak takip edilmelidir, yalnızca proje tesliminde kontrol yeterli olmayacaktır.
- Sözleşmeyi imzalamış tarafların YBM olmadan çalışması kabul edilmemeli, gerekirse işveren tarafından YBM kullanımında problem yaşayan tarafa destek tedbirleri geliştirilmelidir.
- YBM uygulaması iş ilerlemesine bağlı yapılan hakedişlerin ödeme kontrol listesinde kabul şartı olmalıdır. YBM teslimi yok ise ödeme yapılmamalıdır.
- Sözleşmede YBM uygulamasına bağlı para cezası belirtilmelidir. Para cezası miktarı YBM'nin projeye beklenen etkisi ile uyumlu olmalıdır.

YBM kütüphane ve şablonlarının eksikliği

Daha önce YBM ile çalışma tecrübesi olmayan taraflar için YBM model ve çizim kütüphanelerinin olmaması, şablonların eksikliği proje sürecinde endişe yaratan konulardan biridir. Yeni kütüphane nesneleri ve şablonlar oluşturmak proje grubu için zaman alan bir faaliyet olmaktadır.

Denver Havalimanı projesinde işveren tarafından projede görevli taraflara projede kullanılmak üzere YBM nesne kütüphaneleri ve şablonları sağlanmıştır. Bu şekilde tarafların YBM geçiş süreci kolaylaştırılırken, modelleme ve çizimler istenen standartlarda oluşturulabilmiştir.

Kütüphane ve şablonların proje başlangıcında hazır olmaması durumunda;

- Altyüklenici tarafında YBY ekibi mevcut değilse kütüphane ve şablonların oluşturulması ve yönetimi ile ilgili bir personel görevlendirilmelidir.
- Proje şablonlarının oluşturulmasında YBM uygulama planındaki bilgiler dikkate alınmalıdır. Gerekli durumda YBY ekibi ile irtibata geçilerek bilgi istenmelidir.
- Uzamsal koordinasyon aşamasında detaylı modellere ihtiyaç duyulmamaktadır. Model nesneleri ilk aşamada düşük gelişim seviyelerinde modellenecek ve zaman içinde yüksek gelişim seviyelerine uygun olarak güncellenecektir.
- İki boyutlu çizim nesneleri için 2B BDT ortamında mevcut olan kütüphane nesneleri YBM ortamına aktararak kullanılabilir.
- İzometri, perspektif, plan, kesit ve cephe görünüşlerinin adlandırılmasında belirli standartlar oluşturulmalıdır. Kalıcı ve çalışma görünüşleri birbirinden ayrılmalıdır.

Doküman kontrol, kalite, proje kontrol, planlama, satınalma ekiplerinin YBY sürecine dâhil olması

Proje sürecinde etkin olarak YBM kullanımı için tasarım ve yapım ekiplerinin yanında doküman kontrol, proje kontrol, planlama, satınalma ekiplerinin YBY uygulama planı oluşturulması aşamasından itibaren katkısı son derece önemlidir. Proje bazlı YBM uygulamalarında belirtilen ekipler YBM konusunda bilgi sahibi olmayabilir. YBY uygulama planı oluşturulurken mevcut standart uygulamalar ve proje bilgilerini öğrenmek üzere YBY ekibinin belirtilen ekiplerle irtibata geçmesi gereklidir. Ekiplerin YBY sürecine dâhil olmaması durumunda yaşanabilecek sorunlara örnek olarak;

- Doküman teslim prosedüründe yaşanacak sorunlar
- 2B BDT standartları ile YBM standartları arasında uyumsuzluklar
- Tasarım yayınlarında yaşanacak aksaklıklar
- Kalite iş akışlarının YBM ile uyumlu olmaması
- Kalite ekipleri için fazla iş yükü

- Yetersiz kalite denetimleri
- Proje raporlamalarında zorluklar
- İş programında iş sıralaması ile ilgili hatalar
- İş programı sunumunda YBM'den faydalanamamak
- Metraj hesaplamasında zorluklar

Santiago Havalimanı projesinde İTYBYS proje saha kontrollerinde kullanılırken, İstanbul Havalimanı projesinde kalite, proje kontrol ekipleri tarafından yapılan raporlamalarda İTYBYS yoğun olarak kullanılmış, doküman kontrol birimi ile tasarım onay süreçlerinde işbirliği yapılmıştır. Planlama ve satınalma departmanları ile düzenli olarak metraj bilgileri paylaşılmıştır. Kalite ekiplerinin İTYBYS kullanımı ile A4 boyutunda 400 bin sayfa, A0 boyutunda 50 bin sayfa tasarruf edilmiştir.

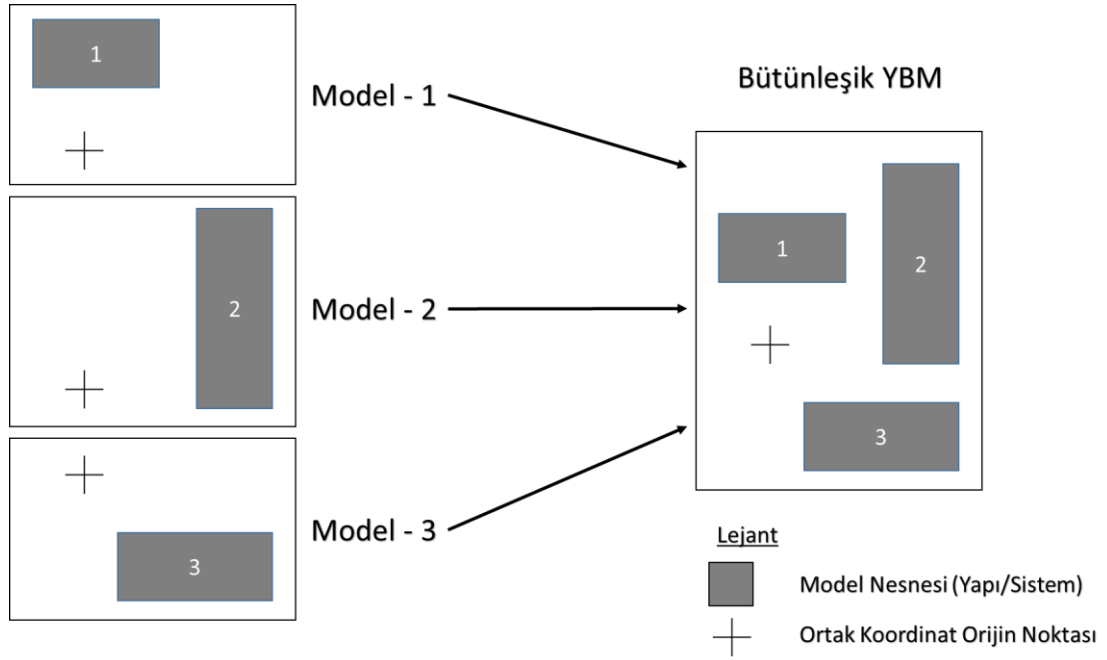
Belirtilen zorlukların yaşanmaması ve örneklerde belirtilen faydaların sağlanması için projeye dahil tüm ekiplerin projenin erken aşamalarından itibaren YBM sürecine dahil olarak katkı sunması gereklidir.

4.2.4 Koordinasyon Süreci ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Havalimanı projesi YBM koordinasyon sürecinde çok sayıda farklı tasarım disiplini birbiri ile etkileşim içerisinde. Tasarımcı, altyüklenici tarafların fazlalığı ve proje zaman kısıtları nedeniyle koordinasyon karmaşık bir süreçtir. Bu başlık altında koordinasyon sürecinde karşılaşılan zorluklar gruplar halinde incelenerek çözüm önerileri sunulmuştur.

Koordinat sistemi

Proje sürecinde tüm tarafların tasarım ve yapım çalışmalarının temelini oluşturması için koordinat sisteminin proje başında oluşturulması gereklidir. Harita grubu tarafından belirlenen koordinat sistemi ve proje referans koordinatı YBY uygulama planına ve model şablonlarına işlenir. Tüm taraflardan gelen 2 boyutlu çizimler, 3 boyutlu modeller, nokta bulutu verilerinin, ortofotoların ve YBM'lerin proje referans koordinatına uyumlu olması zorunludur.



Şekil 4.9 YBM’de ortak koordinat sistemi kullanımı

İstanbul Havalimanı projesinde YBY uygulama planında yayınlanmasına rağmen proje sürecinde çeşitli altyüklenici ve üçüncü taraf firma tasarımları yüklenici firmaya proje referans koordinatları ile uyumsuz olarak teslim edilmiştir. Proje referans koordinatları ile uyumsuz tasarımlar proje sürecine dâhil edilmeden önce ilgili firmadan koordinat bilgisinin düzeltilmesi talep edilmiştir.

Proje koordinatlarının tüm taraflar tarafından doğru kullanılabilmesi için aşağıdaki uygulamalar gereklidir.

- Proje referans koordinatının ve kabul edilen koordinat sisteminin YBY uygulama planında belirtilmesi
- Proje referans koordinatı, proje aksları ve proje kot düzlemlerini, ölçü birimini içeren YBM şablonunun projeye dâhil olan tüm taraflarla paylaşımı
- Proje referans koordinatı, proje akslarını gösteren ve ölçü birimini içeren 2B BDT çizim şablonunun sözleşme imzalamış tüm taraflarla paylaşımı
- Tasarım onay kontrol listesinde proje referans koordinatının kontrol edilmesi

Model doğruluğu/hassasiyeti

YBM modeli tüm kaynaklardan gelen tasarımların bir araya getirilerek, proje tasarım kararlarının alındığı, koordinasyonun sağlandığı altyapıyı oluşturmaktadır. 2B BDT'ye göre daha gelişmiş bir teknolojiye sahip olmakla beraber YBM oluşturulma aşaması insan kaynaklı hatalara açıktır. Modellemede yapılacak hatalar veya model hassasiyetine özen gösterilmemesi yapım aşamasında öngörülemeyen hatalara sebep olabilir.

Modelleme hatalarının önüne geçmek için aşağıdaki uygulamalar önerilmektedir.

- Proje referans koordinatının ve kabul edilen koordinat sisteminin YBY uygulama planında belirtilmesi
- Proje referans koordinatı, proje aksları ve proje kot düzlemlerini, ölçü birimini içeren YBM şablonunun projeye dâhil olan tüm taraflarla paylaşımı
- Modellerin YBY ekibi tarafından düzenli olarak kontrol edilmesi
- Modellerin eski ve yeni sürümlerinin karşılıklı kontrolünün sağlanması

YBM koordinasyonunun doğru zamanlanması

YBM üzerinde sağlanan proje koordinasyonu yapım süreci ve yapıma esas uygulama çizimlerinin hazırlanmasının öncül aktivitesidir. Bu sebeple proje koordinasyonunun iş programı ile uyumlu olarak tamamlanması gereklidir. YBM oluşturulması ve proje koordinasyonunun gecikmesi durumunda proje iş programında sapmalar olacaktır.

YBY ekibinin dikkate alması gereken konular aşağıda sıralanmıştır:

- Tasarım, modellerin toplanması ve koordinasyon iş programına uygun olarak yönetilmesi gereklidir.
- Modelleme detayı ve kapsamı, iş programındaki imalat önceliklerine göre ayarlanarak gecikmelerin önüne geçilmelidir.
- Sistemler arasındaki koordinasyonda sistemlerin imalat sıralaması dikkate alınmalıdır.

- Birinci, ikinci ve üçüncü aşama imalatların tamamının aynı anda koordine edilmesi gerekli değildir. Tasarımın anahatlarından detaya doğru gelişimi, sistemlerin hiyerarşisi koordinasyon sürecinde dikkate alınmalıdır.

Değişik gelişim seviyelerindeki projelerin koordinasyonu

Sayıda fazla tasarımcının bulunduğu havalimanı projelerinde iş takviminden, sözleşmeden veya tasarım firmasından kaynaklanabilecek nedenlerden dolayı tüm tasarımlar aynı gelişim seviyesinde (GS) olmamaktadır. Birbirinden farklı gelişim seviyesindeki tasarımların bir araya getirilerek koordine edilmesinde karşılaşılan zorluklar aşağıda listelenmiştir.

- Düşük GS'ndeki tasarımların sürekli değişiklik göstermesi
- Uzamsal koordinasyonda düşük GS'ndeki tasarımların sınırlarının tam olarak bilinmemesi
- Bilinmezlikler nedeniyle yüksek GS'deki tasarımların düşük GS'deki tasarımların olgunlaşmasını beklemesi
- Projede gecikmeler

Belirtilen sorunları gidermek için aşağıdaki adımların uygulanması önerilmektedir.

- Tasarım disiplinleri ve sistemler arasında hiyerarşi belirlenerek YBY uygulama planında yayınlanması
- Tüm tasarımlarla beraber imalat, bakım ve onarım için gerekli boşlukların gösterimi
- Düşük GS'ndeki tasarımlar modele eklenirken nihai hacimsel sınırlarının şematik olarak gösterilmesi
- Düşük GS'deki tasarım için kritik/değiştirilemez gereksinimlerin belirlenerek yüksek GS'deki tasarımların koordinasyonunda bu gereksinimlerin karşılanması

İstanbul Havalimanı YBM koordinasyonunda yaşanan bir örnekte; belirli bir noktada bagaj taşıma sistemi (BHS) tasarımı henüz düşük gelişim seviyesindeyken aynı alanda mekanik kanal imalatlarının yapılması gerekmekteydi. Mekanik imalatın bagaj taşıma sistem tasarımının tamamlanmasını beklemesi sonucunda iş programında ciddi

miktarda sapma öngörülmekte idi. Belirtilen alandaki sorun YBY ekibi, yüklenici BHS ekibi, BHS tasarımcısı, BHS statik tasarım altyüklenicisi, yüklenici mekanik ekibi, altyüklenici mekanik ekibi katılımıyla düzenlenen YBM koordinasyon çalıştayında ele alınmıştır.

YBM koordinasyon çalıştayında;

- BHS tasarım kıstasları tüm taraflarca anlaşılmıştır
- Daha yüksek GS’de olan mekanik sistem tasarımı BHS ekibi ile paylaşarak, tasarımda mekanik sistemin dikkate alınması sağlanmıştır.
- Mekanik ekipleri tarafından problemleri görülen noktalar, alternatif çözüm önerileri ile beraber BHS tasarımcısı ile paylaşılmıştır.
- Tarafların mutabık kaldığı koordine yapı bilgi modeli tüm taraflarla paylaşılmıştır.

Çalıştay sonucunda;

- İş programında 8 aylık potansiyel gecikme engellenmiştir.
- İmalat iş sıralamasına uygun yapılmıştır.
- Mekanik imalat nedeniyle BHS sisteminin zarar görmesi engellenmiştir.

Yüksek revizyon sayısı ve koordinasyonu tamamlanmış alanda değişiklikler

Havalimanı projelerinde işveren, devlet kurumları, kiracılar, 3’üncü taraf firmalar gibi pek çok paydaşın bulunması ve bunların projenin değişik safhalarında müdahil olması nedeniyle projelerde revizyon sayıları oldukça yüksektir. Tasarım, koordinasyon ve yapım sürecinde karşılaşılan tasarım revizyonları tüm proje ekipleri açısından önemli bir zorluk oluşturmaktadır.

Havalimanı yapım ve işletme aşamasında alışlageldik bir durum olan revizyon taleplerinin fazlalığı İstanbul Havalimanı projesinde de yaşanan bir zorluktur. Bu projede her revizyon sonrası YBM koordinasyonu gözden geçirilmiştir. Talep edilen revizyonlar üçe ayrılabilir: Koordine edilmemiş alanda revizyon, koordine edilmiş alanda revizyon, yapımı devam eden veya tamamlanmış alanda revizyon

- Koordine edilmemiş alanlarda oluşan revizyonlar YBM proje koordinasyonunda ciddi bir probleme neden olmamaktadır.
- Koordine edilmiş alanlarda revizyonlar; revizyonun tamamlanmış koordinasyona etkisi dikkate alınarak, revize alan dışındaki alanlarda koordinasyona zarar verilmeden gerçekleştirilmiştir.
- Yapımı devam eden veya yapımı tamamlanmış alanlarda revizyonlar; revizyonun tamamlanmış koordinasyona ve bitirilmiş imalata etkisi dikkate alınarak, revize alan dışındaki alanlarda koordinasyona ve imalata zarar verilmeden gerçekleştirilmiştir.

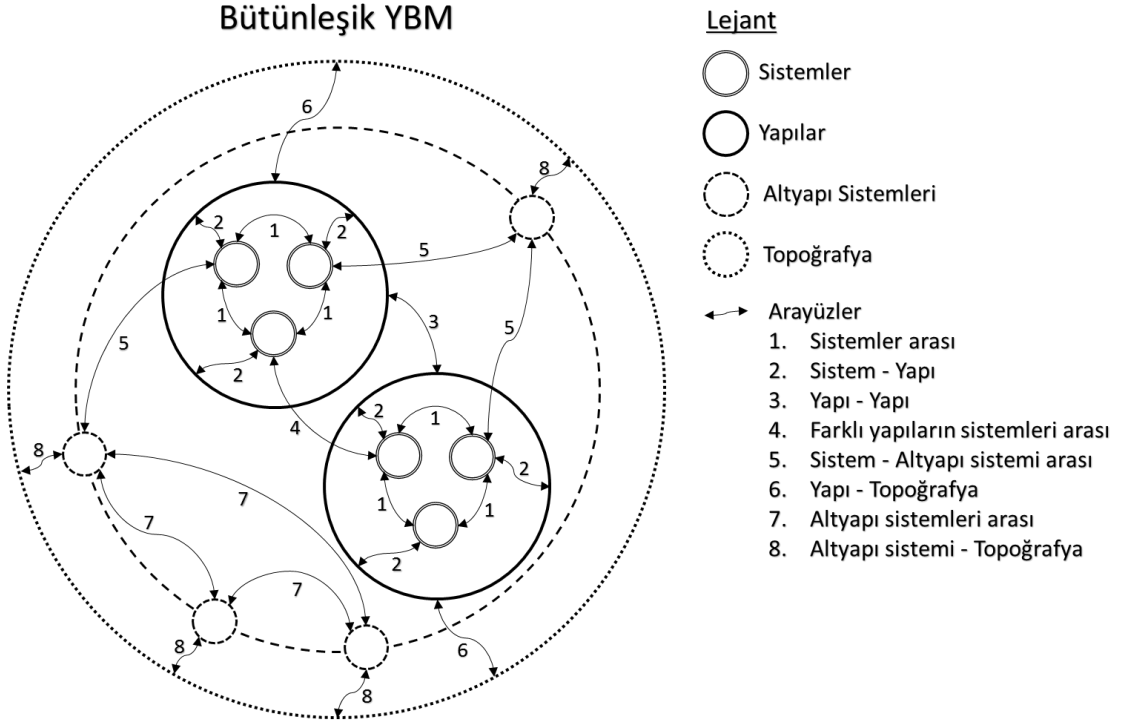
Projelerde revizyon sayılarını azaltmak için aşağıdaki uygulamalar önerilmektedir.

- Tüm paydaşların erken aşamada projeye dahil edilmesi gerekir.
- Tasarımın erken aşamadan itibaren İTYBYS veya uzaktan erişime açık bir ortak veri ortamında paylaşılarak tüm tarafların yorumlarını almak gerekir.
- Tasarımcılar dışındaki tarafların projeyi daha iyi anlamaları açısından sanal gerçeklik ortamında turlar düzenlenebilir.
- Analiz ve simülasyon çalışmalarının mümkün olan en erken aşamada YBM tabanlı olarak yapılması gerekir.

Yapı ve sistem arayüzünde çıkan sorunlar

Çok sayıda yapı ve sistemden oluşan projelerde önemli sorunlardan biri olarak arayüzlerde oluşan problemler gösterilebilir. Örnek olarak bitişik iki yapının arayüzünün mimari tasarımı, bitişik iki yapı arasında geçiş yapan sistemlerin arayüzü, yapı elektro-mekanik sistemlerinin altyapı bağlantıları gösterilebilir.

İncelenen havalimanlarından Orlando örneğinde, iki yapı arasında geçiş yapan havalandırma kanalları ile her iki yapının yapısal çelik sisteminin koordinasyonu sağlanamadığından imalatı aksatan bir durum yaşanmıştır. Sorun tüm tarafların tüm ekiplerinin sahada toplanarak kanalların geçiş güzergâhının ve yapılacak işlerin belirlenmesiyle çözülmüştür.



Şekil 4.10 YBM koordinasyonunda örnek arayüzler

İstanbul Havalimanı projesinde, terminal atık su hatlarının koordinasyonu tamamlandıktan sonra dış saha atık su sistem kotları ile uyumsuz olduğu tespit edilmiştir. Çözüm olarak terminal atık su hat koordinasyonu gözden geçirilerek kotları yükseltilmiştir. Aynı projede bir başka sorunlu nokta terminal ve otopark arasında kalan sistemlerin koordinasyonunun sağlanması olmuştur. İlgili bölgenin hangi tasarımcının iş kapsamında olduğu uzun tartışmalar sonucunda belirlenmiştir.

Örneklerde yaşanan sorunların kök nedeni incelendiğinde aşağıdaki sebepler görülmektedir.

- Sözleşmelerde açık ifade edilmemiş iş kapsamı
- Tarafların işi üstlenmek istememesi
- Diğer sistem gereksinimleri konusunda bilgi eksikliği

Arayüzlerin koordinasyon sorunlarını engellemek için aşağıdaki adımların uygulanması önerilmektedir.

- Arayüzlerin proje başında belirlenerek koordinasyon gruplarının oluşturulması

- Arayüz koordinasyonunun, proje koordinasyonunun erken safhalarında başlatılması
- Yapı tasarımı gelişimine paralel olarak düzenli atölye çalışmaları ile arayüz koordinasyonunun olgunlaştırılması
- Sözleşmelerin tarafların iş kapsamlarında açık nokta bırakmayacak şekilde yapılması

Toplantılar

Tasarım koordinasyon veya yapım ekibi toplantılarında tasarım dokümanları açık olmalıdır. Toplantıya katılan tüm tarafların tasarımı görebilmesi, algılayabilmesi toplantıdan sonuç alınabilmesi için gereklidir. Bu bakımdan toplantıların belirli konulara odaklanan atölye çalışması şeklinde yürütülmesi önerilmektedir. İkinci bölümde Orlando Havalimanı projesinde verilen bir örnekte, sorunlu olduğu belirlenen bir noktanın çözümü ile ilgili çok sayıda toplantı yapılmasına karşın aylar boyunca konu hakkında ilerleme sağlanamamış, sonuç olarak konu saha gezisinde ilgili tüm tarafların toplanması sayesinde karara bağlanmıştır. İstanbul Havalimanı projesinde tasarım ve koordinasyon konusunda gerek teknik ofislerde gerek yapım saha ofislerinde çok sayıda toplantı yapılmasına karşın, bu toplantıların etkinliğinin düşük olduğu görülmüştür. Proje sürecinde belirli bir konuya odaklanan atölye çalışmalarının kısa süreler içerisinde etkin sonuçlar verdiği görülmüştür. YBY ekibi tarafından uygulama planında yayınlanan haftalık düzenli toplantılarda konu sınırlı tutulmuş ve toplantı süresi ortalama 30-45 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Düzenli toplantılar dışında koordinasyon sorunları, RFI çözümleri gibi belirli konular kısıtlı sayıda çalışanın katıldığı atölye çalışmaları sonucunda çözümlenmiştir.

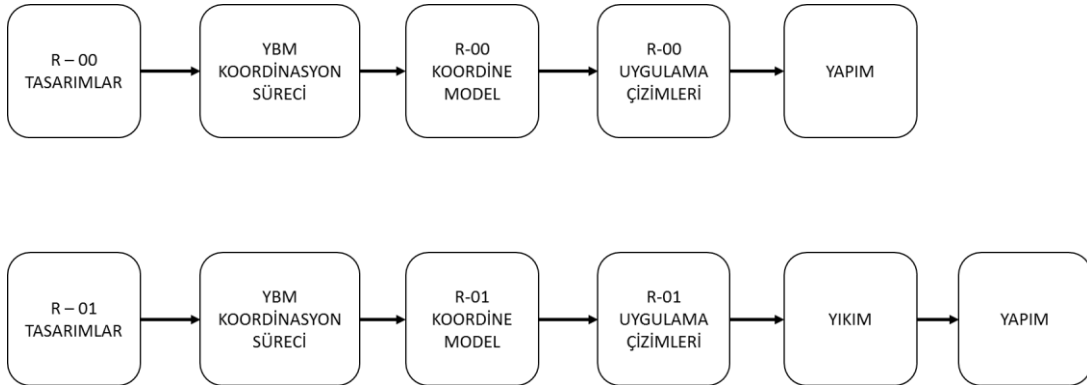
Toplantıların verimini artırmak için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır.

- Toplantı konu ve katılımcılarını sınırlı tutmak
- Toplantı öncesi dokümanları ilgililer ile paylaşmak
- İlgili tüm tarafların katılımını sağlamak
- Toplantı sırasında bahse konu proje alanını YBM üzerinden incelemek

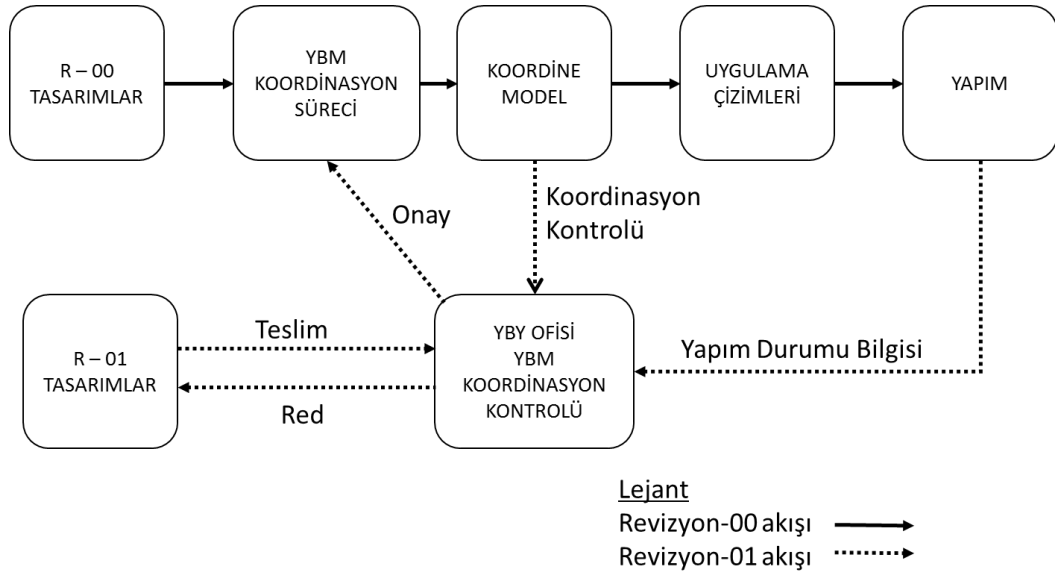
- Skype, webex benzeri uzak toplantı yazılımlarını kullanmak
- Kamera, mikrofon ve akıllı tahta kullanmak

Revize projeler ile saha imalatları arasındaki uyumsuzluklar

Koordinasyonu tamamlanmış ve saha imalatı başlamış olan alanlarda gerçekleşen revizyonlarda görülen önemli bir sorun tasarımcının revize projeyi saha imalatını dikkate almadan hazırlamasıdır. İstanbul Havalimanı projesinde tüm revize projeler YBY ekibi tarafından gözden geçirilmiştir. Bir örnekte karşılaştırmalar sonucunda kısmi revizyon gerektiği halde revize tasarımda tüm kat alanının değiştirildiği görülmüştür. Tasarımcının sahada yapılmış imalata en az zarar verecek çözüme ulaşmak için koordine YBM ve tasarımcı onayıyla sahada imalata başlanan uygulama çizimlerini dikkate alması gerekmektedir. Şekil 4.8’de sorunlu revize tasarım süreci ve şekil 4.9’da önerilen revize tasarım süreci gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Sorunlu revize tasarım süreci



Şekil 4.12 Önerilen revize tasarım süreci

Bir diğer sorunlu nokta, çeşitli sebeplerle sahada gerçekleşen değişikliklerin yapım ekipleri tarafından teknik ofise, tasarımcıya ve YBY'e bildirilmemesidir. Bölüm 2'de incelenen Orlando Havalimanı projesinde de karşılaşılan bu durum iki probleme sebep olmaktadır.

- Değişiklik kayıt altına alınmadığından projenin tamamlanması ile oluşturulacak iş bitimi (as-built) projelerin gerçekleşen saha imalatı ile uyumlu olmama ihtimali ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda tesis yönetimi sırasında bakım ve onarım faaliyetlerinde sorunlar yaşanacaktır.
- İlgili alanda revize proje yayınlanması durumunda; YBM tabanlı koordinasyon gözden geçirilirken saha durumu bilinemeyeceğinden alınan kararlar hatalı olacaktır. Bunun sonucunda saha imalatı mevcut durum kayıt altına alınarak yeniden koordine edilene kadar aksayacaktır.

İstanbul Havalimanı projesinde revize projeler, koordine YBM ve sahada yerinde yapılan imalat kontrolü sonucuna göre değerlendirilmiştir. Bunun yanında sorunun kökünü oluşturan saha imalatının proje ile uyumluluğu süreç boyunca uygulama çizimlerinin kontrolü ve YBY saha kontrolleri ile denetlenmiştir.

Belirtilen sorunun yaşanmaması için aşağıdaki adımların uygulanması önerilmektedir:

- Uygulama çizimlerinin koordine YBM ile karşılıklı kontrol edilmesi
- Onaysız çizimler ile imalat yapılmaması için saha denetimleri
- İTYBYS ile sahada gerekli görülen değişikliklerin kayıt altına alınması ve YBY ekibiyle paylaşılması
- Kalite ve ilgili disiplin ekiplerinin yapacağı saha kontrollerinde İTYBYS kullanılması
- İmalat durumunun proje tasarımcıları ile paylaşılması

Personel ve görev değişiklikleri

YBM koordinasyon sürecine dahil personelin görevinden ayrılması veya görev değişiklikleri süreçlerde aksamaya neden olabilmektedir. Orlando Havalimanı projesinde personel değişikliği ve yeni görevlendirilen personelin YBM koordinasyon süreci konusunda bilgi sahibi olmaması nedeniyle saha imalatlarında uygunsuzluklar oluşmuştur. Bu sorunu engellemek için aşağıdaki uygulamalar önerilmektedir.

- Tarafların YBM koordinasyon toplantılarına düzenli olarak katılımını sağlamak
- Katılımın aksatılması durumunda personelin takibinin sağlanması
- Yeni katılımcılara YBM eğitimlerinin verilmesi
- Proje ekipleri tarafından talep edilen eğitimlerin YBY tarafından sağlanması
- Proje ekiplerinin kendi içlerinde iş başı eğitimleri vermesi

4.2.5 Teknoloji Altyapısı ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Havalimanı projelerinde kullanılan YBM teknolojileri ile ilgili sorunlar 2'nci ve 3'üncü bölümde incelenen havalimanları ile örneklendirilerek, çözüm önerileri getirilmiştir.

Yazılımlararası ortak çalışma

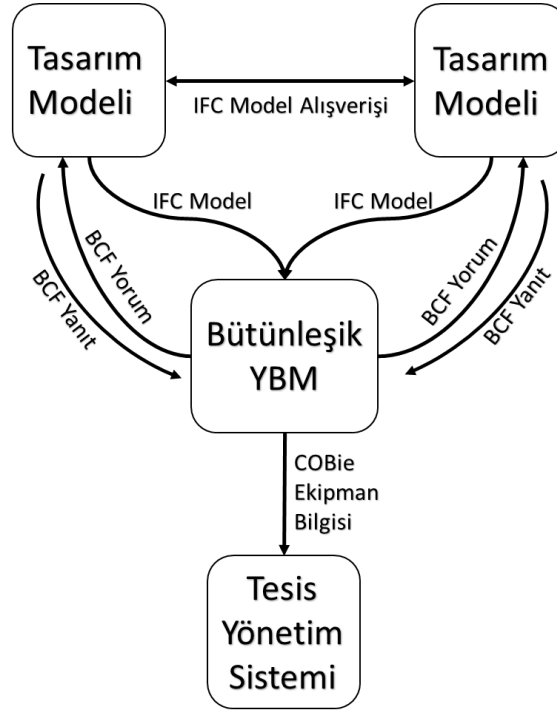
YBM projelerinde farklı tasarım gruplarının ve uzman altyüklenicilerin farklı yazılımlarla çalışması kaçınılmazdır. YBM yazılımlarını arasında bilgi aktarımında sorunlar devam etmektedir. Bu sorunlar aşağıda sıralanmıştır.

- Yazılımların farklı düzeylerde IFC dosya formatı desteği

- Kimi yazılımların BCF format desteği olmaması
- Koordinat sistemleri arasında farklılıklar
- Yazılımların geometrik gösterim farklılıkları
- Yazılımların model boyutu sınırları

Yazılımlararası çalışmalarda aşağıdaki kullanıcı kaynaklı sorunlar görülmektedir.

- Modelin tamamının dışarı aktarılmaması
- Yanlış proje fazında çalışılması
- Yanlış koordinatta çalışılması
- Yazılıma hâkim olunmaması



Şekil 4.13 Örnek YBM işbirliği ve dosya formatları

Belirtilen sorunlara engel olmak için aşağıdakiler uygulanabilir;

- Tüm tarafların YBY uygulama planına uygun çalışmasını sağlamak

- YBY uygulama planında tüm taraflar tarafından kullanılan yazılımların belirtilerek, yazılımlar arası dosya transfer formatlarını belirlemek
- Kullanıcı hatalarını azaltmak üzere düzenli model kontrolleri gerçekleştirmek
- Dosya transfer sorunlarını çözümlmek üzere yazılım firmasından destek almak

Ortak veri ortamı (OVO) sorunları

Yapım ve işletme aşamasında yürütülen çok sayıda süreç departmanlar tarafından farklı yazılımlar kullanılarak yürütülmektedir. Tasarım ve doküman yönetimini sağlamak üzere çok sayıda ortak veri ortamı (OVO) yazılım çözümü mevcuttur. İnşaat sektöründe kullanılan OVO'ların genellikle proje yönetim odaklı, ürün veri yönetimi (PDM) odaklı veya YBM süreci odaklı yazılımlar olduğu görülmektedir. Farklı özelliklere sahip OVO'ların kullanıldığı havalimanı projelerinde aşağıdaki sorunlar ile karşılaşılmaktadır.

- Proje bilgisinin farklı sistemlerde dağınık olması
- OVO yazılımlarında internet üzerinden erişim yetkisi
- Farklı OVO'larda iş akışı, onay ve form oluşturma yeteneklerinde farklılıklar
- OVO'ların YBM desteğinde farklılıklar
- Yalnızca belirli bir modelleme yazılımı ile çalışan OVO'lar

İstanbul Havalimanı projesinde şantiye yerel ağındaki kullanıcıların doküman ve tasarım yönetimi için bir yazılım kullanılırken, şantiye dışındaki kullanıcıların erişimi için bir başka yazılım kullanılmış, bunlara ek olarak İTYBYS kullanılmıştır. Kullanılan yazılım sayısının teke indirilerek İTYBYS'nin OVO olarak belirlenmesi ve tüm bilginin OVO'da toplanması hedeflenmektedir. YBM sürecini destekleyen OVO seçiminde tablo 4.9'daki kıstaslar dikkate alınabilir.

Tablo 4.9 OVO seçim kriterleri

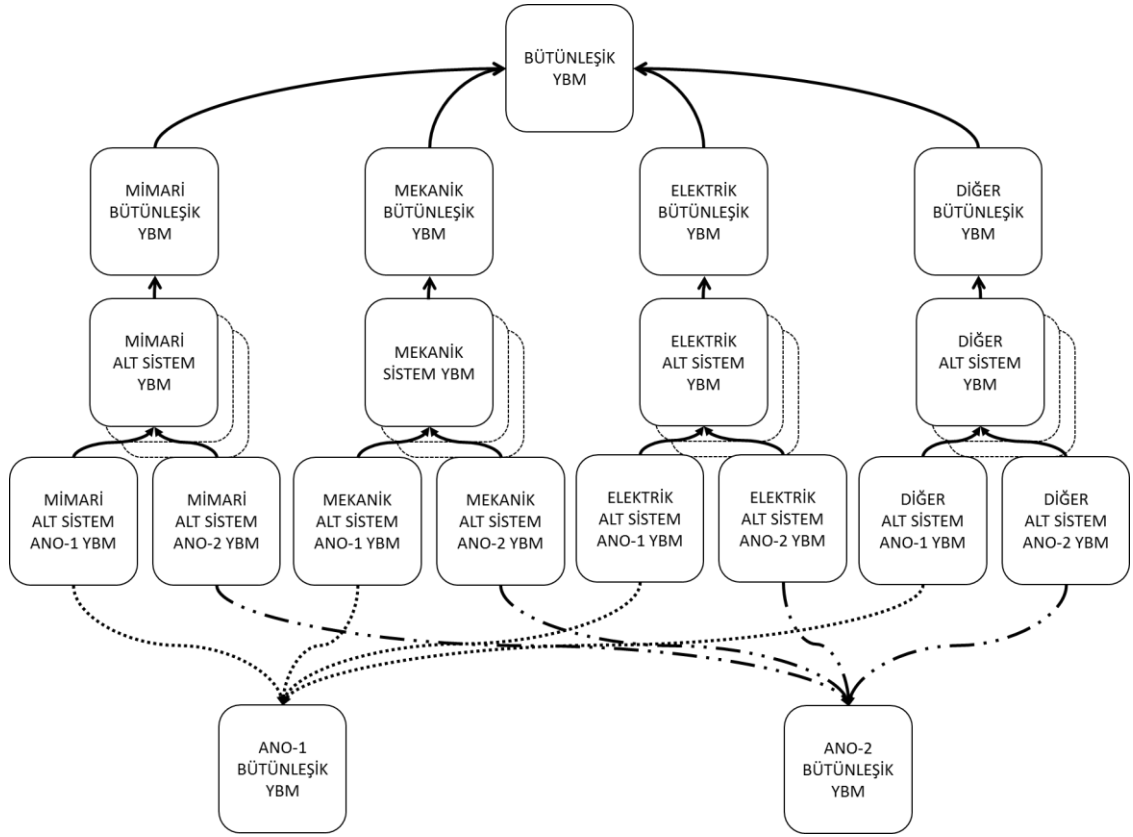
Özellik	Değerlendirme (Evet/Hayır)	Açıklama
Türkçe dil seçeneği		
Kullanılan işletim sistemleri ile uyumluluk		
Projede kullanılan tüm modelleme yazılımları ile uyumluluk		
iOS, Android ve Windows tabanlı taşınabilir cihazlarla uyumluluk		
Yerel ağ ve internet üzerinden erişilebilirlik		
3B YBM ve model verisini görüntüleme		
2B CAD ve PDF çizim görüntüleme		
Birden fazla proje desteği		
Birden fazla firma tanımlama seçeneği		
Kullanıcı yetkilendirme seçenekleri		
İş akışı oluşturma seçenekleri		
Doküman yönetimi özelliği		
Görev yönetimi özelliği		

Kalite yönetimi özelliği		
Raporlama özelliği		
Test ve devreye alma yönetimi		
İşletme aşamasında kullanılabilirlik		
Tesis yönetimi yazılımı ile entegrasyon imkanı		

Model boyutu

Havalimanı YBM uygulamalarında model boyutu gerek proje ölçeği gerekse YBM verisinin fazlalığı nedeniyle oldukça yüksektir. Yüksek boyutlu modellerle çalışma çeşitli zorluklar yaratmaktadır. Bilgisayar teknik özelliklerini dönemin yüksek seviyelerinde belirlemenin yanısıra, modelin bilgisayar kapasitesini zorlamayacak parçalar halinde bölünmesi gerekmektedir. Örneğin 2013 yılında Gatwick Havalimanı yapı bilgi modeli 360 ayrı modelden oluşmaktadır. Model boyutuyla ilgili sorunları engellemek mümkün olmamakla beraber, aşağıdaki uygulamalar model boyutunu yönetilebilir düzeyde tutmaya yardımcı olmaktadır.

- Model detay seviyesini YBM gelişim seviyesi ve kullanımlarına uygun belirlemek
- Modeli gereksiz model nesnelerinden arındırmak
- Tesis modelini yapılara bölerek kurgulamak
- Model kırılımını tasarım disiplin kırılımı ile eş düzeyde oluşturmak



Şekil 4.14 Önerilen modüler model yapısı örneği

İTYBYS kullanımında yaşanan sorunlar

İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi tasarımıdan başlayarak, koordinasyon, yapım, test ve devreye alma süreçlerinin tamamında YBM'den faydalanma imkânı sunan bir altyapıdır. Masaüstü ve dizüstü ve taşınabilir cihazlarda çalışma avantajı nedeniyle havalimanı projelerinde kullanımı yaygınlaşmakta olan İTYBYS henüz gelişme aşamasındadır.

İstanbul Havalimanı projesi yapım sürecinde yoğun olarak kullanılan İTYBYS'nin 150'si taşınabilir cihaz kullanıcısı olmak üzere 500'den fazla kullanıcısı vardır. Kullanımda karşılaşılan temel sorunlar aşağıda listelenmiştir.

- Türkçe dil seçeneğinin olmaması
- Model arayüzü ile ilgili kısıtlamalar
- Model boyutu ile ilgili kısıtlar
- Form oluşturma şablonlarının kısıtlı olması

- Kullanıcı tanımlaması ile ilgili aksaklıklar
- Android işletim sisteminde yeterli desteğinin olmaması
- Yerel sunucu ile otomatik yedekleme seçeneğinin olmaması
- Masaüstü ile senkronizasyonda sorunlar
- Resmi onaylı e-imza seçeneğinin olmaması

Zaman içerisinde teknik özellikleri geliştirileceği değerlendirilen İTYBYS yazılımlarının ülkemizde giderek artan kullanıcı kitlesine sahip olması nedeniyle yerelleştirilmesi oldukça önemlidir. Yapım sahasında kullanım yaygınlaştırılabilmesi için Türkçe dil seçeneği ve doküman imzaları için resmi onaylı e-imza seçeneği eklenmelidir.

4.2.6 YBM'nin Tesis Yönetiminde Kullanımı ile İlgili Sorunlar ve Çözüm Önerileri

YBM'nin tesis yönetiminde kullanımı ile ilgili sorunlar birkaç ana grupta toplanabilir. Bunlardan ilki mevcut tesislerin yönetimi için YBM oluşturulmasında karşılaşılan zorluklar iken, ikincisi tesis yönetimi için gerekli bilginin yapım sürecinde elde edilmesidir. Değişik sistem ve yazılımların birlikte çalışmasının sağlanması ise bir diğer sorunlu noktadır.

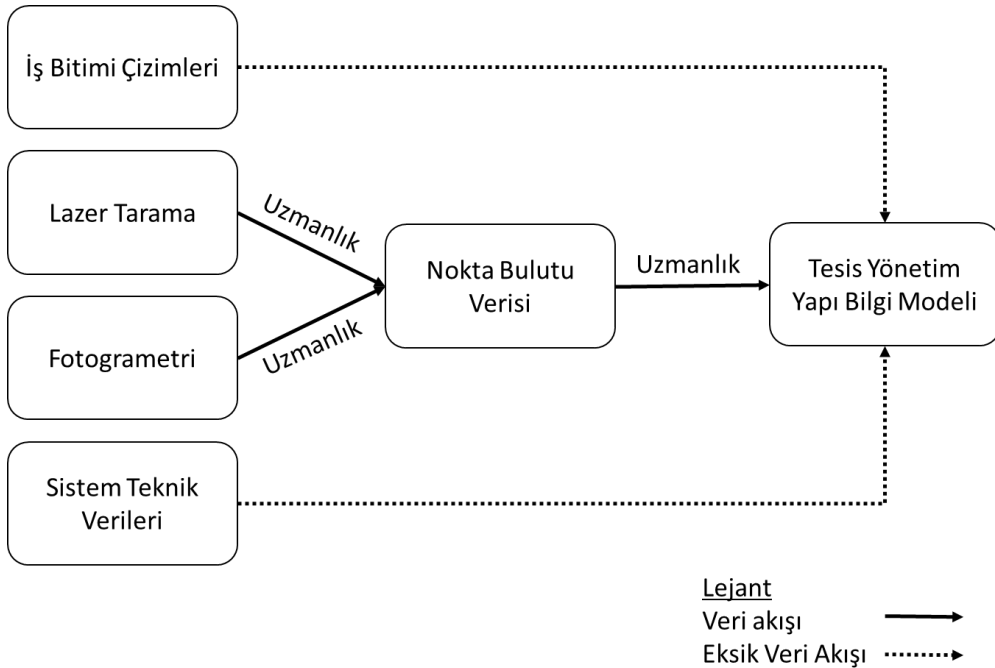
Mevcut tesislerin kayıt altına alınması

Mevcut olarak işlemekte olan havalimanlarında YBM kullanımı giderek artmaktadır. Mevcut tesislerde YBM'ye olan bu talebin sebebi yetersiz dokümanite edilmiş, eskimiş altyapı ve sistemlerdir. Yetersiz dokümantasyon nedeniyle mevcut tesislerde sistemlere önleyici bakım yapılması oldukça zordur, genellikle arıza olmadan müdahale etmekten kaçınılmaktadır. Arıza gerçekleştiğinde bakım-onarım ekibinin öncelikle arızaya sebep olan parça veya cihazın konumunu bulması gerekmektedir. Arıza noktası bulunduktan sonra parçanın teknik özelliklerini bulmak gerekir.

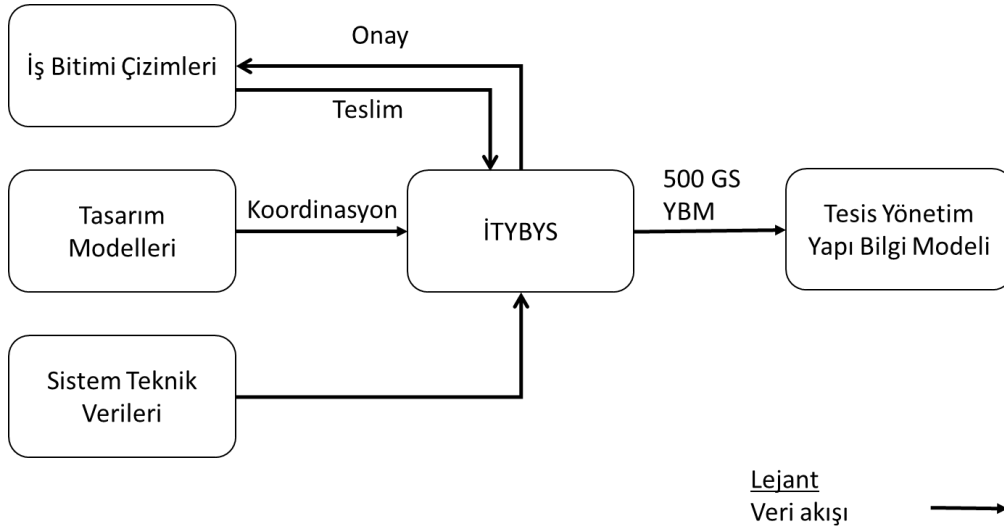
Mevcut tesislerde YBM kullanımı için öncelikle tesisin modelinin oluşturulması gerekmektedir. Tesis modelinin oluşturulması için kullanılan başlıca iki yöntem lazer tarama ve fotogrametridir. İncelenen havalimanı örneklerinden Atlanta'da lazer

tarama ve İHA ile fotogrametri yöntemi kullanılırken, Tokyo Haneda Havalimanı'nda lazer tarama yöntemi kullanılmıştır. Karşılaşılan zorluklar aşağıda listelenmiştir.

- İHA kullanımı için sertifikasyon ve havacılık izinlerinin alınması
- Çok sayıda lazer tarama baz noktası belirleme zorunluluğu
- Çok sayıda kiracı ve 3'üncü taraf alanların ölçüm gereksinimi
- Havalimanı işleyişini engellemeden çalışma zorunluluğu
- Her iki yöntemin de optik olması sonucu cihazın görüş açısı ile sınırlı olması - asmatavan içi gibi kritik noktaların kayıt altına alınamaması
- Nokta bulutu verisinin büyüklüğü
- Nokta bulutundan model oluşturma için gereken uzmanlık ve özel yazılımlar
- Yüksek maliyet



Şekil 4. 15 Mevcut yapıda tesis yönetimi amaçlı YBM oluşturma akışı



Şekil 4.16 YBM ile tasarlanan yapıda tesis yönetimine bilgi akışı

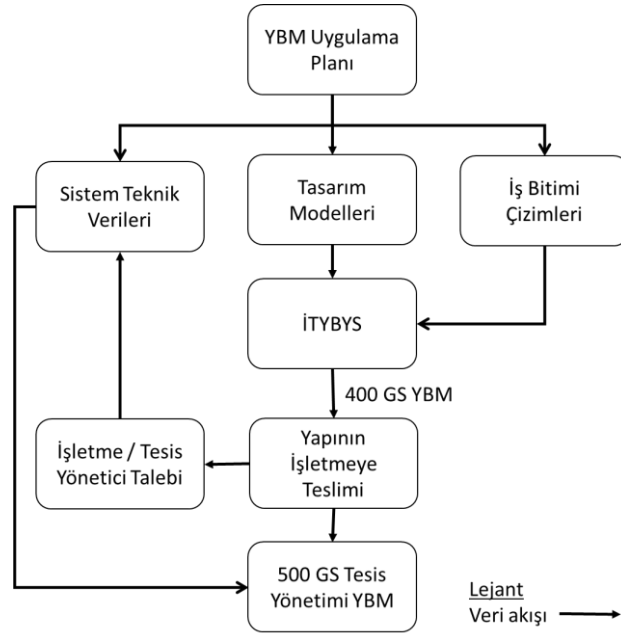
Yapı bilgi modelinin proje tasarım ve yapım aşamasında tamamlanması gerek işletme döneminde sağlayacağı fayda gerek maliyetinin düşük olması sebebiyle tercih edilmelidir. Günümüz teknolojisi ile mevcut tesislerin tamamını kapsayan YBM oluşturmanın kolay bir yolu bulunmamaktadır.

Tesis yönetimi için gerekli bilginin belirlenmesi ve toplanması

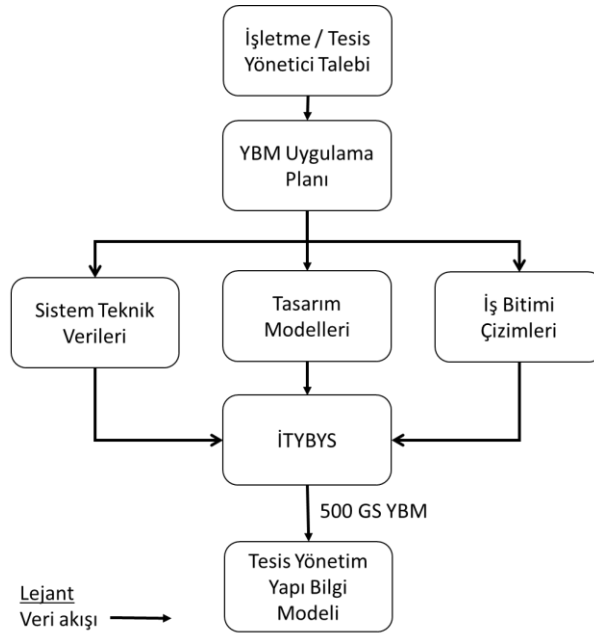
Yapım döneminde tesis yönetimi için gerekli bilginin toplanarak YBM modeline girilmesi gereklidir. Gerekli bilginin belirlenmesi ve toplanması noktasında aşağıdaki sorunlar yaşanmaktadır.

- Tasarım ve yapım sırasında işletme teknik ekiplerinin varolmaması
- Yapım ekiplerinin tesis yönetimi için gerekli bilgilere hâkim olmaması
- Aynı sistem için farklı adlandırma kullanımı
- Yapım ve işletme ekipleri arasında iletişimsizlik
- Gerekli bilginin toplanmasının yapının işletmeye teslimi ile eş zamanlı olmaması

Bu noktada temel sorun yapım ekiplerinin bilgi ve tecrübeleri ile tesisi işletecek olan ekiplerin bilgi ve tecrübelerinin farklı olmasıdır. Tesis yönetiminde gerekli bilgi konusunda yapım ekiplerindeki teknik personel fikir yürütebilmekle beraber, bu gerekli bilginin belirlenmesi için yeterli değildir.



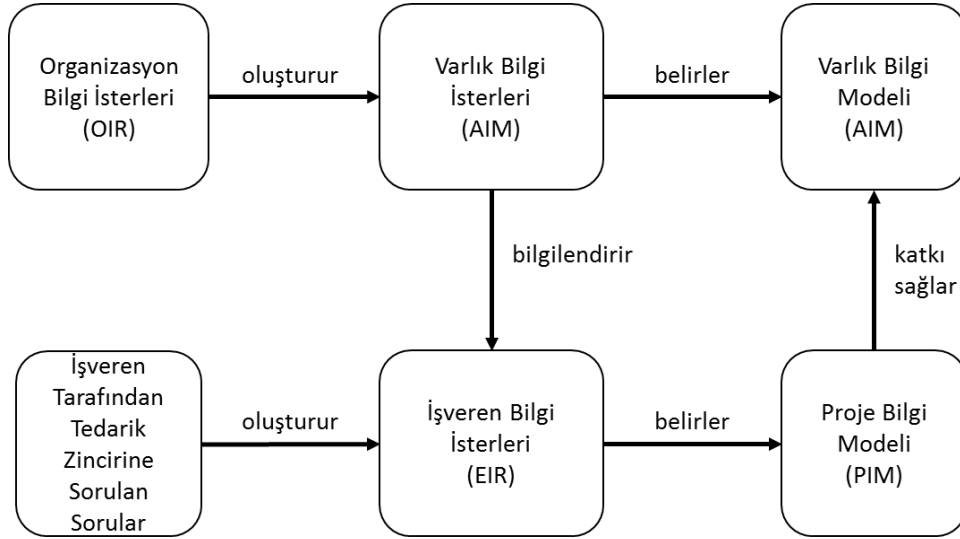
Şekil 4.17 Tesis yönetimi ihtiyacının geç tariflenmesi



Şekil 4.18 Tesis yönetimi ihtiyacının erken tariflenmesi

Gatwick Havalimanı örneğinde geleneksel yapım metodu ile proje bitiminden sonra tesis yönetimi için gerekli bilginin toplanmasının 8 aya kadar sürebildiği belirtilmiştir. İTYBYS kullanılan Denver Havalimanı projesinde tesis yönetimi için gerekli bilgiler yapım projesi %90 seviyesinde iken tamamlanmış ve proje teslimi ile birlikte

havalimanı işletmesine teslim edilmiştir. İstanbul Havalimanı projesinde ise yapım sırasında malzeme onay formlarında bulunan teknik veriler İTYBYS'ne işlenmiştir, YBM-tesis yönetimi yazılım entegrasyonu çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 4.19 BSI PAS 1192-4'e göre bilgi yönetimi ilişkisi [29]

Tesis yönetimi için doğru bilginin toplanması ve filtrelenmesi için aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır.

- İşletme personelinin YBM koordinasyonuna erken dâhil olması
- İşletmenin tasarım kararlarına aktif katılımı
- İşletme bilgi gereksinimlerinin dokümente edilerek yapım ekibi ile paylaşılması
- Yapım aşamasında İTYBYS kullanılarak onaylı malzeme bilgilerinin güncel tutulması

Tesis yönetimi hazırlıkları – YBM entegrasyonu sağlanması

YBM uygulanan havalimanı projelerinde tesis yönetimi iki açıdan ele alınabilir. Birincisi iş emirleri, arıza kayıtları, faturalama gibi konularda konvansiyonel tesis yönetimi sistemlerinin kullanımı, diğeri tesis yönetimi yazılımı ile YBM'ni entegre edilerek işletme döneminde zengin bilgiye erişim sağlanmasıdır. İdeal olarak yapının işletmeye teslimi ile beraber tesis yönetimi yazılımı ve YBM entegrasyonu tamamlanmış olmalıdır. Yapımdan işletmeye geçişte YBM'nin tesis yönetimine entegrasyonu konusunda görülen sorun yaratan noktalar aşağıda sıralanmıştır.

- İşletme ve yapım ekipleri arasında iletişimsizlik
- İşletme ekiplerinin YBM sistemi hakkında bilgi sahibi olmaması
- Sistem entegrasyonlarının yapı tesliminde hazır olmaması
- Tesis yönetimi için gerekli bilgide gecikmeler
- YBM-tesis yönetimi altyapısının hazır olmaması

Tesis yönetimi – YBM entegrasyonunda gecikmeleri engellemek için yapım sürecinde aşağıdaki adımlar uygulanmalıdır.

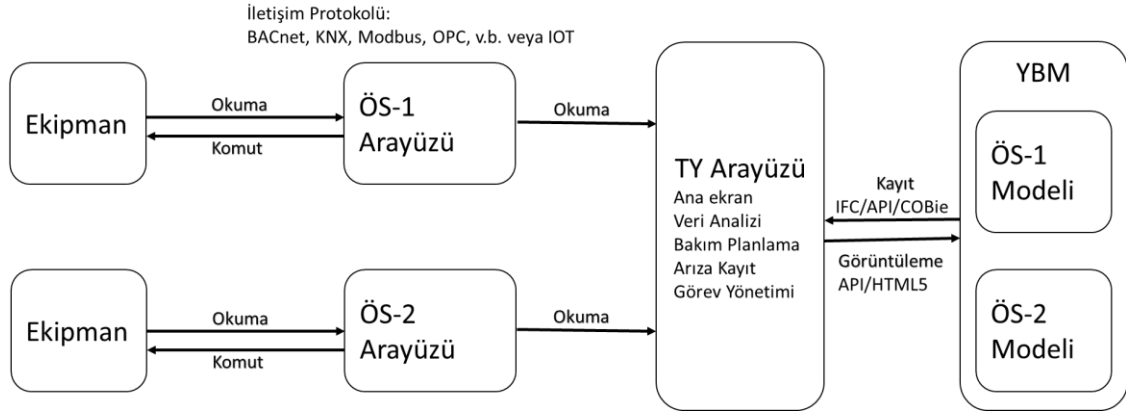
- İşletme için gerekli bilginin YBY uygulama planında 500 gelişim seviyesi model gereksinimlerinde belirtilmesi
- İşletme ve yapım teknik personelinin yapım sırasında YBM koordinasyonu kapsamında birlikte çalışması
- Tesis yönetimi yazılımının yapım sırasında belirlenerek aktif kullanıma alınması
- Yapım sırasında belirli bir alanda pilot proje çalışması yapılması
- YBM modelde mevcut bilginin tesis yönetimi yazılımına aktarımının yapının işletmeye teslimi öncesinde tamamlanması

Havalimanı özel sistemlerin tesis yönetimi entegrasyonu

Havalimanı tesis yönetimi yazılımının entegre edilmesi gereken çok sayıda havalimanı özel sistemleri mevcuttur. Bu sistemlerin herbirinin yönetimi kendine has bilgisayar arayüzü ile yapılmaktadır. Havalimanındaki tüm sistemleri bir arada yönetecek bir arayüz bulunmamakla beraber tesis yönetimi arayüzünde alt sistemlerden gelen verinin bir arada görülebilmesi arzu edilen bir özelliktir. Bu konuda zorluklar aşağıda sıralanmıştır;

- Çok sayıda özel sistem bulunması
- Sistemlerin iletişim protokollerinin birbirinden farklı olması
- Her bir sistem entegrasyonu için yazılım geliştirme ihtiyacı

- Tesis yönetim yazılımında görüntülenecek sistem için özelleştirilmiş arayüz geliştirme ihtiyacı



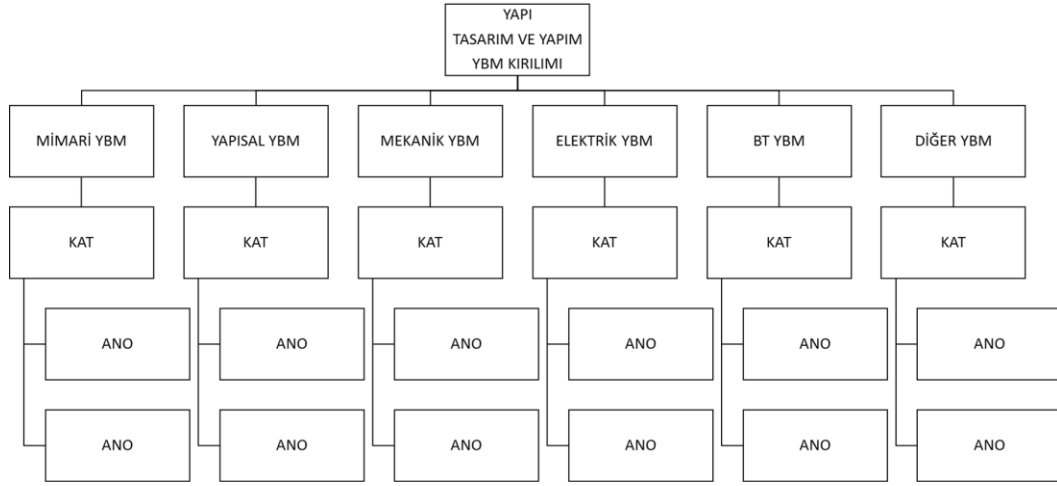
Şekil 4.20 Örnek ÖS, yönetim arayüzleri, TY arayüzü ve YBM ilişkisi

Yukarıda sıralanan zorluklar için kolay bir yöntem bulunmamakla beraber seçilecek tesis yönetimi yazılımında aşağıdaki özelliklerin olması özel sistemlerle entegrasyonu kolaylaştıracaktır.

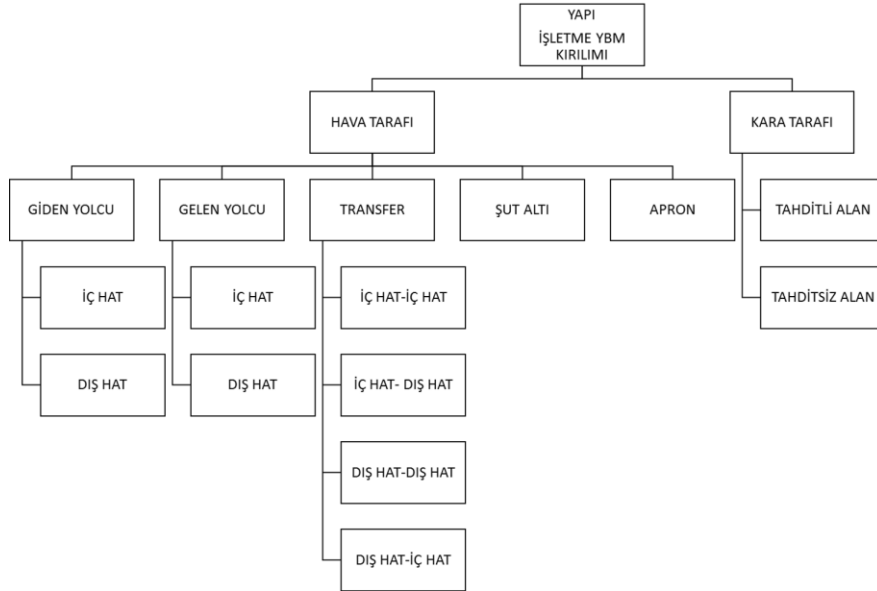
- Açık programlama arayüzüne (API) sahip olması
- Ağ tabanlı bir yazılım olması,
- Ağ servisleri üzerinde haberleşme sağlaması
- Arayüz ve raporlarının özelleştirilebilir olması
- Nokta tabanlı iletişim protokollerini desteklemesi (ör. BACnet, Modbus, KNX, OPC)

İşletme YBM modelinde mahal, alan, varlık adlandırma farklılıkları

Havalimanı yapımı sırasında işletme ekibinin talepleri, gereksinimleri, adlandırma ve terimleri öğrenilerek YBM'ne işlenmelidir. İnşaat ve işletmenin tesisi mahal ve cihaz adlandırmaları birbirinden farklı olabilmektedir. Örneğin İstanbul Havalimanı projesinde işletme aşamasında asansör numaralarında yapım döneminden farklı bir adlandırma tercih edilmiştir. İşletme asansör adlandırması YBM'ne eklenmiştir.



Şekil 4.21 Örnek tasarım ve yapım dönemi YBM kırılımı



Şekil 4.22 Örnek işletme dönemi işlevsel YBM kırılımı

Benzer durumlarda sorun yaşanmaması için aşağıdaki adımlar atılmalıdır.

- İşletme personeli erken aşamada YBM koordinasyonuna dahil olmalıdır.
- Model modüler şekilde oluşturulmalı ve gerektiğinde yeniden düzenlenebilmelidir.
- İşletme için kritik demirbaş modelde bulunmalıdır.
- Havalimanı güvenlik tahditli alanları modelde filtrelenebilmelidir.

- İşletmede kullanılan adlandırma ve terimler modelde tanımlanmalıdır.
- Kiracı ve 3.taraf kullanımında olan mahal ve tesisler modelde filtrelenebilmelidir.

YBM ve coğrafi bilgi sistemleri işbirliği

Havalimanı tesis yönetiminde sıklıkla kullanılan teknolojilerden biri coğrafi bilgi sistemleridir (CBS). CBS sistemlerinin bir kısmı YBM desteğine sahip olmakla beraber iki sistemin beraber çalışması ile ilgili aşağıdaki sorunlar sıralanabilir.

- CBS yazılımlarının YBM desteğinin farklılık göstermesi
- CBS yazılım altyapısının YBM modelinin tamamını işlemeye uygun olmaması
- CBS ölçeğinde gösterilecek detay seviyesi ile YBM gelişim seviyelerinin uyumlu olmaması
- YBM'nin CBS'e aktarılırken filtrelene gereksinimi



Şekil 4.23 Tesis yönetimi yazılımı üzerinden önerilen CBS ve YBM kullanımı

Genel olarak değişik detay seviyesindeki modellerin görüntülenmesi ile ilgili olduğu anlaşılan yukarıda sayılan sorunların giderilmesi için aşağıdaki adımlar uygulanabilir.

- Her iki sistemin tesis yönetimi yazılımı ile entegre edilmesi
- Küçük ölçekte yürütölen işlerde CBS kullanımı
- Büyük ölçekte yürütölen işlerde YBM kullanımı
- Küçük ölçekten büyük ölçeğe geçişlerin tesis yönetimi yazılımı üzerinden ağ bağlantısı üzerinden yapılması. Örnek olarak, CBS'te incelenen nokta tıklandığında açılan bağlantı ile tesis yönetimi yazılımı üzerinden İTYBYS'ne bağlantı sağlanabilir.

SONUÇ

İnşaat sektörü için geliştirilerek 2000’li yılların başında ortaya çıkan YBM teknolojisinin kullanımı henüz 2B BDT kadar yaygın olmamakla beraber her geçen yıl artmaktadır. YBM teknolojisi ile kullanıma giren nesne tabanlı 3 boyutlu modeller yapının tasarım, koordinasyon, yapım ve işletme süreci için yeni fırsatlar sunmaktadır. YBM teknolojisiyle eş zamanlı olarak bilişim teknolojilerinde gerçekleşen gelişmeler sonucunda; YBM modelleri proje süreçlerinin altyapısını oluşturan veri bankaları haline gelmiştir. Her ölçekte projelerde kullanılmakla beraber YBM tabanlı süreçlere proje büyüklüğü ve karmaşıklığı arttıkça özellikle ihtiyaç duyulmaktadır. YBM’nin tasarım koordinasyonu, iş planı oluşturulması ve maliyet analizi konularında kullanımı yaygın olmakla beraber kullanımlar bunlarla sınırlı değildir. Kapsamlı YBM uygulamalarında proje süreçlerinin tamamı etkilenmektedir. YBM teknolojisi sunduğu imkânlarla beraber çalışma yöntemlerinde değişiklikler oluşturmaktadır. Alışlageldik çalışma yöntemlerinde değişiklikler çalışanlar açısından uyum problemleri yaratabilmektedir. Başarılı YBM uygulamaları için teknolojinin kullanımının yanında insan odaklı düşünce ile değişimin yönetimini gerçekleştirmek gereklidir.

Havalimanı projeleri kentsel planlama ölçeğinden başlayarak kendi içerisinde altyapı ve üstyapı projeleri içeren; çok sayıda yapı ve sistemden oluşan projelerdir. Proje olarak, yapısal büyüklüğünün yanında proje sürecinde etkileşim içinde bulunan işveren, tasarımcı, yüklenici, çeşitli kamu kurumları, altyükleniciler, kiracılar, 3’üncü taraf firmaların sayıca fazla olması nedeniyle yönetimi zordur. Bunlara ek olarak havacılık sektöründeki rekabet nedeniyle uyulması gereken sıkı bir iş programı bu proje türü için

genellenebilecek bir özelliktir. Havalimanı işletmeye alındıktan sonraki dönemde ek kapasite ihtiyacı, kiralık alanlarda değişiklikler, kamu kurumlarının talepleri, 3. tarafların istekleri, güvenlik prosedürlerindeki değişiklikler v.b. nedenlerle sürekli yapım, tadilat ve bakım projeleri ile değişim ve gelişim gösteren bir tesistir.

Havalimanı projelerinde YBM kullanımı ihtiyacı temel olarak iki sebebe dayanmaktadır. Birinci sebep, tesis büyüklüğü ve sistemlerin fazlalığı nedeniyle ortaya çıkan karmaşık yapıyı yöneterek proje yapımını zamanında tamamlamaktır. İkinci sebep ise işletme döneminde verimliliği artıracak olan verileri yapım döneminden itibaren toplayarak kayıpsız olarak işletme dönemine aktarmaktır. Yapı yaşandöngüsü boyunca oluşan maliyetlerin yaklaşık yüzde 30'u tasarım ve yapım aşamasında, yüzde 70'i ise işletme aşamasında oluşmaktadır. Bu sebeple havalimanı tesis yönetimi ile sağlanacak verimlilik işletmecisi kurum açısından önem arz etmektedir. Bu bakış açısı ile havalimanı projelerinde YBM yapının yaşamdöngüsü boyunca kullanılmak üzere yapılandırılmalıdır.

İşveren veya yüklenici tarafından sözleşme yoluyla kullanımı zorunlu tutulan YBM uygulamasının başarılı olması için projenin kendi şartlarına özgü uygulama planı oluşturulması ve YBM kullanımlarının proje hedefleri ile uyumlu bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Havalimanı YBM uygulamaları incelemesi sonucunda; YBM kullanımının başladığı proje safhası, hangi proje tarafı tarafından başlatıldığı, yapı bilgi yönetiminin kim tarafından yapıldığı, YBM konusunda uzman danışmanların varlığı, kullanılan yazılım ve gerçekleştirilen analizler birbiri arasında farklılıklar göstermekle beraber, ihtiyaçların ve YBM uygulaması sürecinde karşılaşılan zorlukların benzer olduğu görülmüştür.

Detaylı olarak incelenen İstanbul Havalimanı projesi vaka çalışmasında, YBM uygulamalarının yaygın olmadığı ülkemizde projenin gerçekleşmesi için uygulanan yöntemler incelenmiştir. Projede YBM uygulamasının gerçekleşmesi için sözleşme şartlarının tek başına yeterli olmaması sebebiyle, altyüklenicileri YBM süreçlerine dâhil etmek üzere, yapı bilgi yönetim ekibi tarafından uygulama çizimi şartlarını ve ödeme onaylarını içeren iş akışları oluşturulması gerekmiştir. Altyüklenicilerin ikna edilmesinde yüklenici firma üst düzey yönetiminin desteği ve YBY ekibinin kararlı tutumu etkili

olmuştur. Proje dâhilinde insan kaynağı sorununu çözmek üzere tüm proje katılımcılarının toplam 1000'den fazla çalışanına YBM eğitimi verilmiştir. YBM uygulaması nedeniyle iş akışlarında oluşan değişikliklere karşı başta direnç gösteren personelin sistemin sağladığı faydaları anlamasıyla birlikte YBM sürecine katılım ve katkı sağladığı görülmüştür. Projenin tamamlanması sonrasında farklı projelerde çalışacak olan bu insan kaynağının ülkemizde YBM uygulamalarının artmasında katkısı olacağı düşünülmektedir. YBY ekibi tarafından yürütülen proje koordinasyon çalışmaları sonucunda imalat sırasında işi durdurma potansiyeline sahip sorunlar model ortamında çözümlenerek gecikmelerin önüne geçilmiştir. Proje kapsamında kullanıma alınan İTYBYS ile YBM modeli saha personelinin kullanımına açılarak YBM teknik ofis dışında yaygın kullanım sağlanmıştır. YBM'nin sahada kullanımı proje sahasında ortaya çıkan sorunların bilgiye dayalı olarak değerlendirilerek çözümlenmesini sağlamıştır.

Yapı bilgi yönetiminin başarılı olabilmesi için projenin tüm paydaşları ile iletişim kanallarının açık olması, gerekli YBM eğitimlerinin sağlanması, koordinasyon sürecinin düzenli olarak kontrolü, iş programında sapmaya izin verilmemesi, ekipler arası iletişimin kuvvetlendirilmesi, potansiyel sorunların erken tanımlanması, koordinasyon sonrası uygulama çizimlerinin kontrolü, tüm disiplinlerde revizyonların takip ve kontrolü, saha denetimleri, kalite süreçlerinin İTYBYS ile yürütülmesi, düzenli raporlama yapılması gereklidir.

Yapı bilgi yöneticisi olarak görev alacak mimarlar için dikkate alınması gereken nokta mesleki bilginin yanısıra bir bütün olarak yapıyı oluşturan tüm sistemlere karşı merak duymak ve kuvvetli insan ilişkileridir. YBY koordinasyon sürecinde elektro-mekanik ve bilgi teknolojileri başta olmak üzere çeşitli sistem tasarımcıları ile birlikte çalışacaklardır. Bu süreçte yapıya ait diğer sistemlerin tasarım kistasları hakkında genel bilgiyi edineceklerdir. Mimar diğer sistemler hakkında bilgi sahibi oldukça koordinasyon kararlarına etkisi artacaktır. Diğer taraftan mimarlık mesleğinin doğal sonucu olarak koordinasyon sürecinde orijinal mimari tasarımının bozulmamasına önem vereceklerdir. Koordinasyon sürecinde analitik düşünce ve çözüm odaklı yaklaşım önemlidir. Sistem tasarımcılarına sorulacak sorular, mimar tarafından bilinmeyen teknik detayların öğrenilmesini sağlayacağı gibi koordinasyon sürecine katkıda bulunur.

Yapı bilgi yönetim ekibi için dikkate alınması gereken noktaların başında gelen, YBM uygulamalarının temelini oluşturacak ulusal bir standart henüz mevcut değildir. Bu sebeple YBM uygulamasında tutarlılığın ve uluslararası denkliğin sağlanması için ISO 19650 standartının kullanılması gereklidir. YBM uygulama planı oluşturulması aşamasında projede görevli diğer departmanlarla iletişim içinde olunması proje süreçlerinde ilerleyen dönemde uyumsuzluklar çıkmasını engelleyeceği gibi bu ekiplerin sürece dâhil edilmesi için de önemlidir. YBM hedefleri ve kullanımları uygulama planında yayınlanmalıdır. Süreç içerisinde yapılacak simülasyon ve analiz çalışmaları için model altyapısı YBM kullanımları dikkate alınarak modüler şekilde hazırlanmalıdır. Model gelişim seviyesi tabloları mümkün olduğu kadar projeye özgü olarak hazırlanmalı ve gereksiz talepler içermemelidir. Projede kalite standartını oluşturmak için görevli firmalara YBM kütüphane nesneleri ve şablonlar paylaşılması fayda sağlamaktadır. Erken aşamadan başlayarak İTYBYS kullanımı süreç boyunca şeffaflık sağlarken farklı ekipler arasında iletişimi kuvvetlendirmektedir. Tesis yönetimi için gereksinimler projenin erken aşamasında ortaya konarak İTYBYS ile teknik verilerin kayıt altında tutulması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

-
- [1] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K., (2011). BIM Handbook, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Kanada.
 - [2] Elliot, T., Infrastructure-Reimagined, Denver's Airport Expansion primes a push toward BIM – Infrastructure Reimagined, <http://www.infrastructure-reimagined.com/denvers-airport-expansion-primes-a-push-toward-bim/>, 22 Şubat 2019.
 - [3] Voorhies, A. ve Dillon, B., 2017, Talk Data to Me: Project Success with BIM 360, Autodesk University 2017, 14-17 Kasım 2017, Las Vegas.
 - [4] Codd, A. ve Allen, J., 2012, Modeling London's Transport Future: Technology Drivers in a \$1.6 Billion Capital Investment Project, Autodesk University 2012, 27-29 Kasım 2012, Las Vegas.
 - [5] Jameson, J. ve Richardson, S., 2013, 1-2-3-6D: A Client's Most Influential Dimension to Make BIM Fly, Autodesk University 2013, 13 Aralık 2013, Las Vegas.
 - [6] Abu Dhabi Airports, 2017, Annual Report 2016. http://www.adac.ae/english/media/Annual%20Report%202016%20-%20English_tcm8-24798.pdf, 12 Mayıs 2019.
 - [7] El-Absi, I., 2017, Case study: Midfield Terminal Building (Abu Dhabi) – part 2, <https://www.e-zigurat.com/blog/en/midfield-terminal-building-part-2/>, 20 Kasım 2017.
 - [8] Busson, A., 2015, BIM-driven Approach Enhances ROI on Midfield Terminal at Abu Dhabi Airport, <https://informedinfrastructure.com/12971/bim-driven-approach-enhances-roi-on-midfield-terminal-at-abu-dhabi-airport/>, 25 Şubat 2015.
 - [9] The BIM Hub, Midfield Terminal Building - Abu Dhabi International Airport (MTB-ADIA) : Part One of Two, <https://thebimhub.com/2014/06/05/midfield-terminal-building-abu-dhabi-international/>, 22 Şubat 2019.

- [10] El-Absi, I., 2017, Case study: Midfield Terminal Building (Abu Dhabi) – part 3, <https://www.e-zigurat.com/blog/en/midfield-terminal-building-part-2/>, 20 Kasım 2017.
- [11] Abu Dhabi Airports, 2013, Press Releases: Passenger Traffic at Abu Dhabi International Airport Increased by 18.9% in 2012., <http://www.adac.ae/english/media-centre/press-releases/2013/2013-02-12-Passenger-Traffic-at-Abu-Dhabi-International-Airport-Increased-by-18-9--in-2012>, 18 Mayıs 2019.
- [12] Neal, S. ve Stroud N., 2014 GS7083: Heathrow Airport The A-Z of Airport Views, Autodesk University, <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Heathrow-Airport-Z-Airport-Views-2014>, 20 Mayıs 2019.
- [13] Verma S., 2013. GS2969 Airports: Onboard the Challenges & Solutions for a Mini-City, Autodesk University, <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Airports-Onboard-Challenges-and-Solutions-Mini-City-2013>, 20 Mayıs 2019.
- [14] Construction +, Jewel Changi Airport, <http://www.constructionplusasia.com/sg/jewel-changi-airport/>, 4.Nisan.2019.
- [15] Safdie Architects, Jewel Changi Airport, <https://www.safdiearchitects.com/projects/jewel-changi-airport>, 1 Nisan 2019.
- [16] Nower P., Riding the Giant – BIM Implementation at the Orlando International Airport Construction Project, <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Riding-Giant-BIM-Implementation-Orlando-International-Airport-Construction-Project-2017>, 4 Nisan 2019.
- [17] Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport, 2015, Request For Proposals Central Passenger Complex Modernization - Landside, Atlanta.
- [18] Gibson, E., 2018, Dezeen, Foster's \$13 billion Mexico City airport scrapped after public vote, <https://www.dezeen.com/2018/10/30/foster-partners-fernando-romero-mexico-city-airport-nixed-public-vote/>, 15 Mayıs 2019.
- [19] Tsigkari, M., 2017, AEC Excellence Awards 2017, Foster + Partners and FR-EE take off with BIM, <https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/aec-excellence-2017/infrastructure/first-place>, 13 Mayıs 2019.
- [20] RoyalHaskoningDHV, Mexico City International Airport wins prestigious AEC Excellence Award, 2017, <https://www.royalhaskoningdhv.com/en-gb/news-room/news/mexico-city-international-airport-wins-prestigious-aec-excellence-award/7661>, 22 Şubat 2019.
- [21] Desclaux, H., Commun, P., Coccoluto, R. ve Asis, L., BIM Implementation for Design Construction and Hand-Over on Airport Project, Autodesk University 2016, 15-17 Kasım 2016, Las Vegas.
- [22] RedstackBIM, BIM Improves Operations at Tokyo's Haneda Airport, 2017, <https://www.redstackbim.com/blog/bim-improves-operations-at-tokyo-s-haneda-airport>, 22 Şubat 2019.

- [23] Kotoky, M., 2018, ADSK News, Autodesk BIM 360 to enable design and construction of Terminal 2 at Kempegowda International Airport Bengaluru, <https://adsknews.autodesk.com/stories/autodesk-bim-360-enable-design-construction-terminal-2-kempegowda-international-airport-bengaluru>, 10 Mayis 2019.
- [24] Bangalore International Airport Limited, 2018, Response to AERA's Consultation Paper No. 05/ 2018-19 on Determination of tariffs for Aeronautical Services in respect of Kempegowda International Airport Bengaluru for the Second Control Period (01.04.2016 to 31.03.2021) dated 17.05.2018, Bengaluru.
- [25] Kempegowda International Airport Bengaluru, 2017, Request For Proposals for Supply Installation Commissioning Training and Support for a. Enterprise Asset Management (EAM) Mobility Solution b. IoT Devices for real time data and advanced analytics, Bengaluru.
- [26] Kreider R. G ve Messner J. I., (2013). The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses, Penn State Computer Integrated The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
- [27] İGA, 2016, İGA BIM Execution Plan Version 01, , İstanbul
- [28] Koseoglu O., Sakin M. ve Arayici Y., (2018). Exploring The BIM And Lean Synergies In The Istanbul Grand Airport Construction Project, Engineering Construction & Architectural Management 10.1108/ECAM-08-2017-0186.
- [29] Bouchlagem, D., (2012). Collaborative Working in Construction, Spoon Press, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, Newyork.
- [30] BSI PAS-1192-4, (2014). Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling, BSI, Londra.
- [31] Hardin, B., McCool, D., (2015). BIM and Construction Management Proven Tools, Methods and Workflows, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, Kanada.
- [32] Kirby, L., Krygiel E., Kim M., (2017). Mastering Autodesk Revit 2018, First Edition, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana and Canada.
- [33] Whitbread, S., (2015). Mastering Autodesk Revit MEP 2016, First Edition, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, Kanada.
- [34] Weygant, R. S., (2011). BIM Content Development Standards, Strategies and Best Practices, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Kanada
- [35] Sabol, L., (2008). Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling, Design and Construction Strategies LLC, New York.
- [36] Heery, G.T., (2011). A History of Construction Management, Program Managemet and Development Management, Brookwood Group, Atlanta, Los Angeles, San Francisco.
- [37] Steel, J., Drogemuller, R., Toth, B., (2012). "Model Interoperability in Building Information Modelling", Software & Systems Modelling, 11(1): 99-109.

- [38] Wang, M., (2011). Building Information Modeling (BIM): Site-Building Interoperability Methods, MSc. Thesis, Faculty of the Worcester Polytechnic Institute, Interdisciplinary Construction Project Management, Worcester, MA.
- [39] Arayici, Y., Egbu, C., and Coates, P., (2012). Building Information Modeling (BIM), Implementation and Remote Construction Project: Issues, Challenges, and Critiques, *Itcon-Journal of Information Technology in Construction*, Manchester, UK, 17(1): 78-83.
- [40] Liu, Z., Osmani, M., Demian, P. and Baldwin, A., (2015). "A BIM-Aided construction Waste Minimization Framework", *Automation in Construction*, 59: 1-23.
- [41] Heidari, M., Allameh, E., Vries, B., Timmermans, H., Jessurun, J. and Mozaffar. F., (2014). "Smart-BIM Virtual Prototype Implementation", *Automation in Construction*, Volume 39:134-144.
- [42] NBS, BIM Levels Explained, <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>, 5 Feb2016.
- [43] Salah, F., (2014). Investigation of Strengths and Weaknesses of 4D BIM Software Applications in Managing Construction Projects, MSc. Thesis, University of Gaziantep, Graduate School of Natural & Applied Sciences, Gaziantep.
- [44] <https://www.iso.org/standard/51622.html>
- [45] Lake Constance 5D Conference 2012 Proceedings
- [46] Lake Constance 5D Conference 2013 Proceedings
- [47] Lake Constance 5D Conference 2015 Proceedings
- [48] <https://www.thenbs.com/knowledge/top-10-bim-myths-debunked>
- [49] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K., (2011). BIM Handbook, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Kanada.
- [50] Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L, Kagioglu, M., Usher, C. ve O'Reilly, K., (2010), BIM Adoption and Implementation for Architectural Practices, Emerald Group Publishing Limited, *Structural Survey*, 29(1):7-25.
- [51] Sümerol M., Özsoy E., Özer M., Özçekiç A., (2013). "Akıllı Binalar ve BIM", Akıllı & Yeşil Binalar Konferans ve Sergisi, 23-24 Mayıs 2013, Ankara.
- [52] Çam, F., (2015). İnşaat Projelerinde Kalite Yönetimi ve Teknoloji Tabanlı Bir İyileştirme Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

HAVALİMANI PROJE KAPSAM VE YBM UYGULAMALARI TABLOSU

Ek-A: Havalimanı Proje Kapsamları ve YBM Uygulamaları Tablosu

	Proje Bilgileri ve Kapsamı												
Havalimanı	Yeni veya Mevcut Havalimanı (Y/M)	Proje Öncesi Kapasite (Milyon Yolcu-Yıl)	Proje Sonu Hedef Kapasite (Milyon Yolcu-Yıl)	Proje Maliyeti (ABD doları)	Terminal/İskele (m2)	Terminal	Pist	Apron	Taksi yolu	Ulaşım Transfer Merkezi	Otel	Otopark	Diğer
İstanbul	Y	0-2015	90-2018 180-2043	11,5 milyar	1.300.000	+	2	+	+	-	+	+	+
Denver	M	52,5-2013		2 milyar	159.000	+	-	-	-	+	+	-	+
Gatwick	M	10,3-2008		1,5 milyar		+	1	-	-	-	-	-	+
Abu Dabi	M	14,7-2012	45-2018	3 milyar	742.000	+	-	-	-	-	+	+	-
Heathrow	M	66-2013				-	-	-	-	-	-	-	+
Changi	M					-	-	-	-	+	-	-	+
Orlando	M			1,8 milyar	250.000	+	-	-	-	+	-	-	+
Atlanta	M	100-1998				-	-	-	-	+	-	-	+
Meksiko	Y	0	68-2020	13 milyar	770.000	+	+	+	+	+			+
Santiago	M	15-2015	30-2020	930 milyon	354.000	+	-	+	+	-	-	+	+
Tokyo	M	74,2-2014			-	+	-	-	-	-	-	-	-
Kempegowda	Y	0-2018	25-2021	156 milyon	255.000	+	+	+	+			+	+

Havalimanı	YBM Kapsamı					YBM Uygulama Planı ve Sözleşmeler			YBY Geçiş Süreci				Proje Koordinasyonu		Taşınabilir Cihaz ve Bulut Teknolojisi Kullanımı		Test, Devreye Alma ve Tesis Yönetimi		
	Tasarım	İş Programı (4B)	Metrage-Maliyet Hesabı (5B)	Lojistik	Tesis Yönetimi	YBM Uygulama Şartı Var mı? (E/H)	Ulusal Standart Var mı? (E/H)	YBM Uygulama Planı (E/H)	Personel Eğitim Sağlandı mı? (E/H)	Modeli Oluşturan Taraf	Paydaşlara Hazır Şablonlar Sağlandı mı? (E/H)	Paydaşlara Model Kütüphanesi Sağlandı mı? (E/H)	Çakışma Raporlaması Yapıldı mı? (E/H)	Ortak Veri Ortamı (OVO) Kullanımı (E/H)	IT/BYSS Kullanımı (E/H)	Taşınabilir Cihaz Kullanımı (E/H)	Saha Testleri (E/H)	Devreye Alma (E/H)	Tesis Yönetimi (E/H)
İstanbul	+	+	+	+	+	H	H	E	E	Tasarımcı, Yüklenici, Altyüklenici	H	H	E	E	E	E	E	E	E
Denver	+	+	+	+	+		E	E		Tasarımcı, Altyüklenici	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Gatwick	+	-	-	-	+	E	E	E		Tasarımcı, İşletme			E	E	H	H	H	H	E
Abu Dabi	+	+	+	+		E	H	E	E	Tasarımcı, Yüklenici			E	E	E	H			
Heathrow					+		E												E
Changi	+			+		+	H			Tasarımcı, Yüklenici									
Orlando	+					E	E	E	E	Tasarımcı	E		E	E					
Atlanta																			
Meksiko	+	+	+	-	-	E				Tasarımcı			E						H
Santiago	+	+	+	+	+	E	H	E	E	Yüklenici, Altyüklenici	E		E		E	E	E	E	E
Tokyo	-	-	-	-	+	H	H			Danışman			H						E
Kempegowda	+	+	+	+	+	E	H			Tasarımcı									

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Evren ÖZSOY
Doğum Tarihi ve Yeri : 1981 İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca
E-posta : evrenozsoy@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	T.C. Yeditepe Üniversitesi	2007
Lise	Fen	Işıklar Askeri Lisesi	2000

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015	İGA Havalimanları İnşaatı Adi Ort. Tic. İşl.	BIM Müdürü
2011	İnfotron A.Ş.	BIM Teknik Müdürü
2010	Emay Mühendislik Ltd. Şti.	Mimar
2007	Güdü Mimarlık	Mimar
2006	Simurg Mimarlık	Mimar

Bildiri

1. Sümerol M., Özsoy E., Özer M., Özçekiç A., (2013). “Akıllı Binalar ve BIM”, Akıllı & Yeşil Binalar Konferans ve Sergisi, 23-24 Mayıs 2013, Ankara.

Ödülleri

1. Yıldız Teknik Üniversitesi Erasmus öğrenci değişim programı bursu.
2. Yeditepe Üniversitesi lisans öğrenim bursu.