

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE ROBOTİK TOTAL
STATIONLARIN APLİKASYON VE İMALAT KONTROLÜNDE
KULLANIMI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga YÜCEL

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

ARALIK 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE ROBOTİK TOTAL
STATIONLARIN APLİKASYON VE İMALAT KONTROLÜNDE
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga YÜCEL

501151664

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cengizhan İPBÜKER

ARALIK 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501151664 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Tolga YÜCEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE ROBOTİK TOTAL STATIONLARIN APLİKASYON VE İMALAT KONTROLÜNDE KULLANIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Cengizhan İPBÜKER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Hande DEMİREL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bahadır ERGÜN
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Kasım 2019**

Savunma Tarihi : **10 Aralık 2019**



ÖNSÖZ

Lisans eğitimimden itibaren ilgisini ve desteğini esirgemeyen ve bu tezin hazırlanmasında bana olan güvenini sürdüren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Cengizhan İPBÜKER'e teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimlerimde her konuda destek olan ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen hocam Hande DEMİREL'e teşekkür ederim.

İstanbul Havalimanı projesinde birlikte çalışma şansına sahip olduğum ve bu tezin gerçekleşmesine imkan verdiği için Evren Özsoy'a ve İGA BIM ekibine teşekkür ederim.

Birlikte çok şey öğrendiğim ve bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan Sırma BOZOĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca tüm konularda olduğu gibi yüksek lisans eğitimimde de bana her zaman destek olan annem Ayşe AYDOĞDU'ya teşekkür ederim.

Kasım 2019

Tolga YÜCEL
Geomatik Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Araştırması	2
1.2 Hipotez	2
2. HAVALİMANLARI YAPI BİLGİ MODELİ KULLANIMLARI.....	5
2.1 Yapı Bilgi Modeli.....	6
2.2 Yapı Bilgi Modeli Kullanım Alanları	8
2.2.1 Tasarım aşamasında YBM kullanımı.....	8
2.2.2 Çevresel analizlerde YBM kullanımı.....	8
2.2.3 Yapım sürecinde YBM kullanımı	9
2.2.4 Tesis yönetiminde YBM kullanımı.....	9
2.3 Denver Havalimanı YBM Uygulamaları	9
2.3.1 Denver havaalanı ve projenin detayları	10
2.3.2 Denver havaalanı otelinin ve transit merkezinin modellenmesi	10
2.3.3 Havaalanı yapı bilgi modeli standartları ve uygulama planı.....	11
2.3.4 İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi kullanımı	12
2.4 Salt Lake City Uluslararası Havaalanı Yapı Bilgi Modeli Uygulamaları.....	14
2.4.1 Salt Lake City Uluslararası Havaalanı ve projenin detayları	14
2.4.2 Tasarım ekibi ve Yapı Bilgi Modeli uygulama planının oluşturulması.....	15
2.4.3 Bulut teknolojisi kullanımı.....	16
2.4.4 Projede karşılaşılan zorluklar	17
2.4.5 Modelleme ve koordinasyon	18
3. HAVALİMANI YBM KULLANIMI: İSTANBUL HAVALİMANI ÖRNEĞİ	19
3.1 İstanbul Havalimanı Proje Kapsamı ve Yapı Bilgi Modeli.....	19
3.2 Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı.....	24
3.3 Yapı Bilgi Modeli Entegrasyonu.....	27
3.4 Koordinasyon ve Modelleme	28
3.5 Yapı Bilgi Modeli Mobil Kullanımı.....	37
3.5.1 Olumsuzluklar	40
3.5.2 Kontrol Listeleri	41
3.5.3 Günlük Güncellemeler	42
3.5.4 Ekipmanlar	43
3.5.5 Görevler.....	44
3.5.6 Kütüphane	45

3.5.7	Modeller	46
3.5.8	Fotoğraflar	48
3.6	Test ve Devreye Alma Süreci	55
4.	MEKANİK SİSTEMLERİN ROBOTİK TOTAL STATION İLE	
APLİKASYONU		59
4.1	Çalışmanın Gerçekleştirildiği Bölge	60
4.2	İş Yapım Metodunun Belirlenmesi	62
4.3	Gereksinimlerin Belirlenmesi.....	63
4.4	Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi.....	65
4.5	Üretilen Ölçüm Noktalarının Dijital Ortamda Tanımlanması.....	68
4.6	Kurulum Adımları	70
4.7	Ölçüm İşlemi ve Saha Raporlarının Oluşturulması.....	72
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR.....		87
EKLER.....		89
ÖZGEÇMİŞ.....		95

KISALTMALAR

2B	:İki Boyutlu
3B	:Üç Boyutlu
API	:Application Programming Interface – Yazılım Programlama Arayüzü
APL	:Autodesk Point Layout
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
DK	:Doküman Kontrol
IFC	:Industry Foundation Classes – YBM Model Değişim Dosya Formatı
ISO	:International Organization for Standardization – Uluslararası Standartlar Organizasyonu
İTYBYS	:İnternet Tabanlı Yapı Bilgi Yönetim Sistemi
LEED	:Leadership in Energy and Environmental Design – Enerji Sertifikası
LOD	:Level Of Development – Gelişim Seviyesi
NFI	:Notification For Inspection – İş Muayene Talebi
RDS	:Room Data Sheet – Mahal Finitş Listesi
RFI	:Request for Information – Bilgi Talebi
TCR	:Test & Commissioning Request – Test ve Devreye Alma Talebi
TY	:Tesis Yönetimi
YBM	:Yapı Bilgi Modeli
YBY	:Yapı Bilgi Yönetimi



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: İstanbul Havalimanı YBM Kullanım Alanları	23
Çizelge 3.2: Teslim alınan dosyaların yüzdelerik dağılımı	29
Çizelge 3.3: İstanbul Havalimanı Proje Koordinatları	30
Çizelge 4.1: Terminal binası yükseklik seviyeleri.....	59
Çizelge 4.2: Çatı katı çakışma analizi.....	60
Çizelge 4.3: Model üzerinden üretilen kontrol noktaları.....	65
Çizelge 4.4: Mekanik sistemlerin imalatının tamamlanma süreleri	79



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Denver Uluslararası Havalimanı YBM	10
Şekil 2.2: Denver Uluslararası Havalimanı tasarım standartları dokümanları	11
Şekil 2.3: İTYBYS'den ekran görüntüsü.....	12
Şekil 2.4: İTYBYS'den ekran görüntüsü.....	13
Şekil 2.5: Tesis yönetimi ekranı ve karekod ile mahal entegrasyonu.....	14
Şekil 2.6: Salt Lake City Havaalanı Modernizasyon Çalışmaları Öncesi	15
Şekil 2.7: Salt Lake City Havaalanı Proje Ofisleri	16
Şekil 2.8: Salt Lake City Havaalanı Zaman Dilimleri	17
Şekil 2.9: 3B Modelleme Çakışma Analizi	18
Şekil 3.1: İstanbul Havalimanı	19
Şekil 3.2: İstanbul Havalimanı YBM'ye entegre edilen disiplinler	22
Şekil 3.3: İGA YBM Organizasyon Şeması	24
Şekil 3.4: İGA YBM Uygulama Planı Koordinasyon Takvimi.....	25
Şekil 3.5: İGA YBM Uygulama Planı YBM Stratejisi.....	26
Şekil 3.6: Vault ile Dosya Paylaşımı	26
Şekil 3.7: Bulut Teknolojisi ile Dosya Paylaşımı	27
Şekil 3.8: Bulut Teknolojisi ile Dosya Paylaşımı	28
Şekil 3.9: 2B mekanik projelerin mimari ile süperpozesi.....	30
Şekil 3.10: Farklı disiplinlerin YBM'e entegrasyonu.....	31
Şekil 3.11: Bilgi talep dökümanı-RFI.....	32
Şekil 3.12: Disiplinler arası koordinasyonda alınan ekran görüntüleri	33
Şekil 3.13: Disiplinler arası koordinasyonda izlenen yol	35
Şekil 3.14: Örnek çakışma raporu	36
Şekil 3.15: Çakışma analizi ile zaman ve maliyet hesabı	37
Şekil 3.16: 3B YBM Paftaları.....	38
Şekil 3.17: İTYBS kullanıcı rehberi	39
Şekil 3.18: Taşınabilir cihaz kullanıcı arayüzü.....	40
Şekil 3.19: İTYBYS olumsuzluk raporu	41
Şekil 3.20: İTYBYS kontrol listeleri	42

Şekil 3.21: İTYBYS günlük aktivite takibi	43
Şekil 3.22: İTYBYS ekipman bilgileri	44
Şekil 3.23: İTYBYS olumsuzluk raporu.....	45
Şekil 3.24: İTYBYS onaylı proje klasörü.....	46
Şekil 3.25: Model bölge ayrımı	47
Şekil 3.26: İTYBYS model arayüzü	48
Şekil 3.27: İTYBYS'e eklenen fotoğraflar	49
Şekil 3.28: İTYBYS ile imalat kontrolü	50
Şekil 3.29: Yoğun olmayan bölgede imalat kontrolü	52
Şekil 3.30: Modelden yapılan ölçüm	53
Şekil 3.31: Yüksek tavan imalat kontrolü.....	54
Şekil 3.32: Robotik total station ile imalat kontrolü.....	55
Şekil 3.33: Test-devreye alma ve teslim işlemleri.....	55
Şekil 3.34: İTYBYS'de ekipman teknik bilgileri	56
Şekil 4.1: Mekanik sistemler için örnek çalışma bölgesi.....	61
Şekil 4.2: Mekanik sistemlerin yapımı için belirlenen iş yapım metodu.....	62
Şekil 4.3: Leica iCON robot 60 teknik özellikleri	64
Şekil 4.4: Poligon noktalarının işaretlenmesi	66
Şekil 4.5: YBM poligonlarının oluşturulması.....	67
Şekil 4.6: APL ile poligon noktalarının dijital ortama aktarılması.....	68
Şekil 4.7: Zemin işleri yüzünden aksayan ölçme işlemi.....	69
Şekil 4.8: Yeni poligon noktalarının dijitalleştirilmesi.....	70
Şekil 4.9: Robotik total station kurulumu	71
Şekil 4.10: İTYBYS ile mekanik sistemlerin kontrolü.....	72
Şekil 4.11: Model kontrol noktaları listesi.....	73
Şekil 4.12: Dijital noktaların sahaya aplikasyonu	74
Şekil 4.13: Yağmur suyu taşıma hatlarının ölçümü.....	75
Şekil 4.14: Hatalı saha imalatının raporlanması	76
Şekil 4.15: Ölçüm sonuçlarının ataşmana eklenmesi	77
Şekil 4.16: Yangın söndürme sistemlerinin ölçümü.....	78

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE ROBOTİK TOTAL STATIONLARIN APLİKASYON VE İMALAT KONTROLÜNDE KULLANIMI

ÖZET

Her geçen gün değişen ve gelişen teknoloji ile birlikte bir çok sektörde yeni ve uygulaması daha kazançlı yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi yaklaşımı da bunlardan biridir. Özellikle inşaat sektöründe, dizayn aşamasından işletmeye kadar olan bütün süreçlerin yönetiminde kolaylık sağlayan Yapı Bilgi Modellemesi yaklaşımı sıkça tercih edilir hale gelmiştir. Tasarım aşamasında 2 boyutta yapılan dizaynların aksine 3 boyutta gerçekleştirilen modelleme ile tasarım hataları daha kolay tespit edilmekle birlikte sunduğu görsellik ile projenin daha iyi anlaşılması sağlanmaktadır. Farklı disiplinlerin bir arada değerlendirilip süperpoze projelerin üretilmesi yapı büyüdükçe zorlaşmaktadır. Bina ne kadar karmaşık olursa inşa etmek ve yönetmek de o oranda zorlaşır, belirlenen inşaat süresinin aşılması ya da yapımı tamamlanan karmaşık binanın yönetilememesi ciddi maddi kayıplara yol açar. Bu sebeple yapı bilgi modellemesi, inşaat sektörünün vazgeçilmezi haline gelmiştir. Yapı Bilgi Modeli uygulamaları ile tasarım aşamasında gerçekleştirilen koordinasyon toplantıları ile birlikte disiplinler arası koordinasyon gerçekleştirilir, bu sayede tasarım hataları belirlenerek hatalar 3 boyutlu ortamda giderilir. Oluşturulan süperpoze projeler ile saha imalatı devam ederken internet tabanlı yapı bilgi yönetimi sistemi uygulamaları ile saha imalatı kontrol altında tutulur ve insan kaynaklı hatalar büyük oranda azaltılır. İnternet tabanlı yapı bilgi modellemesi sayesinde dijital ortamda oluşturulan raporlar ile kullanıcılara anlık olarak bildirimler gönderilir, bu sayede belirlenen hatalar diğer ekiplerce de bilinir hale gelir, ekipler arası iletişim kuvvetlenir.

Projenin yaşam döngüsü düşünüldüğünde tasarım aşamasından yapım aşamasına, yapım aşamasından tesis yönetimi sürecine kadar olan bütün geçiş süreçlerinde bilgi kayıpları gerçekleşir. Projenin büyüklüğü arttıkça oluşan veri büyür, veri kayıpları çoğalır. Sonuç olarak büyük veriyi yönetmek oldukça zorlaşır. Yapı Bilgi Modellemesi'nin sunduğu dijital çözümler ile birlikte tüm geçiş süreçlerinde veri kayıpları en alt seviyede tutulur, sistematik ve parametrik temellere dayanan modeller sayesinde büyük verinin saklanması ve yönetilmesi kolaylaşır. Bu sebeple Yapı Bilgi Modellemesi tasarım aşamasının yanı sıra tesis yönetiminde de sıkça tercih edilir hale gelmiştir.

İlk etabı 29 Ekim 2018 tarihinde açılan, tamamı ise 2028 yılında tamamlanacak olan İstanbul Havalimanı, içinde bulunan sistemlerden dolayı dünyanın en karmaşık yapılarından birisidir. 1.4 milyon metrekarelik terminal binası içinde bulunan elektrik, mekanik, IT, mimari, strüktür ve bagaj sistemlerinin koordinasyonunun en hızlı şekilde yapılıp bu sistemlerin devreye alınabilmesi için Yapı Bilgi Modellemesi

kullanılmıştır. Bu kapsamda YBM uygulama planı hazırlanmış, önce kavramsal model oluşturulmuş, devamında ise ayrıntılı koordine modeller oluşturulmuştur.

İstanbul Havalimanı projesinde Yapı Bilgi Modeli yaklaşımı paydaşlara uygulaması zorunlu kılınmıştır, gerekli destek ise İGA YBM direktörlüğü tarafından sağlanmıştır. Organizasyon şemasında YBM direktörlüğü doğrudan genel müdüre bağlanmış, böylece oluşturulan yapının daha etkin olması amaçlanmıştır. Tasarım aşamasında disiplinler arası koordinasyonun sağlanabilmesi için uygulama planında haftalık ve günlük toplantı günleri belirtilmiş, paydaşlar bilgilendirilmiştir. İstanbul Havalimanı YBM uygulaması ile ekipler arası iletişim kuvvetlendirilerek projedeki farkındalık arttırılmıştır. Alışılmışın dışında gerçekleştirilen yeni çalışma yöntemleri ile saha ekiplerinin projeyi daha iyi anlaması sağlanmış, insan kaynaklı hatalar büyük oranda azaltılmıştır.

Projenin büyüklüğü düşünüldüğünde inşaat sürecini azaltmak, sistemlerin imalatını belirlenen sürelerde tamamlayıp YBM sistemi ile birlikte devreye almak için YBM saha ekibi oluşturulmuş, bu kapsamda mobile uygulamalar geliştirilmiştir. Modellerin diğer ekiplerce de kullanılması, böylece tespiti yapılan bir problemde anında haberdar olunması için internet tabanlı yapı bilgi yönetimi sisteminden yararlanılmıştır. Kontrollerin mevcut ekipmanlarla yapılamaması ve sistemlerin hassasiyet gerektirdiği konularda da robotik total station ile YBM entegre kullanılarak hassas ve başarılı bir yöntem elde edilmiştir.

USAGE OF ROBOTIC TOTAL STATIONS WITH APPLICATION AND MANUFACTURING CONTROL WITH BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

SUMMARY

With the developing and using technology, new and more profitable approaches are emerging in many sectors. The Building Information Modelling approach goes through them. Although there are many definitions about Building Information Modelling, basically that is a methodology of project management. Building Information Modelling is also a BIG data management approach where it uses multi-dimensional models from planning and concept design to the facility operations. In recent years, Building Information Modelling approach has become frequently preferred. The state of the designs made in 2 dimensions during the design phase If the design errors are not more easily understood with the modeling in 3-D computer, it is on a better understanding of the project with the discussions in the open spaces. It can be evaluated and produced in different projections. The more complex the building, the more difficult it becomes, how the construction of the building or the construction of the complex cannot be managed, leading to serious financial losses. For this reason, Building Information Modelling has become an indispensable part of the construction sector. In the Building Information Model, a team work and an interdisciplinary coordination are carried out and design plans are determined. With the superposed projects created, field control is kept under control with the internet based building information management system system and human oriented errors are greatly reduced. Internet-based building information modeling allows users to recieve instant reports via digitally available reports, whereby erros become known to other teams, strenghtening communication between teams.

Considering the life cycle of the a project, loss of information occurs in all transition processes from design to construction, from construction to facility management. As the size of the project increases, the resulting data grows and data losses increase. As a result, it becomes very difficult to manage big data. Data loses in transition processes adversely affect project processes. The resulting data losses increase the backward production and increase the cost of project. With the digital solutions offered by Building Information Modelling, data losses are kept to a minimum in all transition processes, and it is easier to store and manage big data thanks to models based on systematic and parametric foundations. For this reason, Building Information Modelling has become frequently preferred in facility management as well as in design phase. Another and the most important benefits of using Building Information Modelling in the facility management process is that is enables the building to be used in high efficiency. When the Building Information Modelling approach is applied strategically in all the processes of the building, it takes the planning and design phases one step furter and increases the usage time of the building. BIM minimizes potential risks by maximizing efficiency in building management, plant operation, asset management, project management and cost management process. In addition, the

BIM system can be used efficiently against documentation and data storage problems frequently encountered in complex and large-scale projects, problems in managing data correctly, and project-based progress monitoring and control challenges.

Having been the world's largest airport project, Istanbul Airport scope encompasses 4 phases. Istanbul Airport, the first stage of which was opened on October 29, 2018, and will be completed in 2028, is one of the most complex structures in the world due to the systems in it. With the completion of the first phase of the Istanbul Airport, it started operations with 2 north-south runways and a terminal building with a total usage area of 1.4 million square meters. First phase also includes carpark with area of 700 000 meter square and other site wide facilities. With the completion of the project in 2028, Istanbul Airport will continue its operations with 6 runways and 2 terminal buildings. There are 170 supporting facilities other than the terminal and Carpark. They have been tracked according to the 4D BIM models. Building Information Modelling has been used for the quickest coordination and commissioning of electrical, mechanical, IT, architectural, structural and baggage systems within the 1.4 million meter square terminal building. In this context, a BIM execution plan has been prepared, a conceptual model has been developed first, followed by detailed coordinated models. Istanbul Atatürk Airport was the old airport before Istanbul Airport fully transferred all passenger operations and it had the capacity of 64 million passengers per year. In terms of operational readiness and airport transfer, Building Information Modelling is fully used for enhanced reporting and execution of the operational readiness and airport transfer plan in Istanbul Airport. The preparations of airport transfer was started 18 month earlier including the commissioning phase. Transfer from the Atatürk Airport was planned to be done in 45 hours and completed in only 36 hours without any major issue. And full operation was started on day one. It was 7th of April 2019

Building Information Modelling approach was mandatory for every stakeholder in the Istanbul International Airport Project. The necessary assistance provided by IGA Building Information Modelling Department. IGA BIM department was directly connected and reported to the CEO to make this system work efficiently. To fully integrate Building Information Modelling for Istanbul Airport, the strategy was collaborating and coordinating all parties and all disciplines including mechanical, electrical, information technologies, structural, architectural, special airport systems and also infrastructural systems. During the project lifecycle, IGA BIM department have created modelling strategy in a developing manner to match with the very tight construction schedules. In the beginning of 2016, BIM management building was utilized and execution plan was ready before the construction starts. Weekly and daily coordination meetings had made during the design phase. All the stakeholders had notified by email. In addition, the meeting times and locations were added to the BIM Execution Plan. The collaboration between the departments had increased due to the Coordination meetings. Departments' awareness had increased due to BIM. New management methodologies allowed to manage the site and office crews more efficiently and, reduced the human errors. In Istanbul Airport project, all design and engineering processes are handled with BIM based approach in virtual environment including digital engineering, clash free coordination and digital fabrication. At the core, aim of BIM in this project was having the correct design and after achieving that, it was the correct time to deliver clash free coordinated models to site. IGA BIM site engineering team was established after utilizing BIM site team who handles site engineering, quality assurance and quality control and test commissioning on site.

Building Information Modelling Site Team was established to control the construction site works and, reduce the time of the construction. In addition, every person should had the ability to use tablets or any mobile device to see the BIM model and data to increase the collaboration between the office and the site. Consequently, the mobile BIM system was created to cover this problem. The cloud system gave everyone the ability to reach the most recently revised file. İGA BIM team have facilitated 150 ipads for site engineers to make design products including BIM models, shop drawings, quality control/quality assurance documents easily accessible right on the field. In terms of BIM execution, more than 45000 digital checklists and tasks assigned, 792 critical coordination issues resolved on site. BIM site team had controlled the construction site daily to reduce the mistakes due to any project plan was out of date and was not matching with the BIM model. Robotic Total Station was used to control the construction when work was impossible to control with usual measuring devices. For instance, BIM site team used the Robotic Total Station to control the work on the Departure area ceiling because the height of the ceiling was 27.5 meters from the ground, which made high precision controlling with conventional methods impossible. In departure level, there are more than 34 kilometer fire protection pipes and 17 kilometer strom water pipes which located with roof steels. Another reason why robotic total station medhod necessary to control this systems is project errors. In the beginning of the coordination between roof steels and mechanical systems, there was more than 70000 digital clashes. Digital clashes were evaluated in 3D with BIM and largely eliminated in digital enviroment. After the optimization in interdisciplinary coordination, field works were started. For this purpose, both site control points and digital control points on model generated and used to control and evaluate field manufacture. Additionally, this integration allowed the quality assurance and quality control teams to work more flexible and efficient because, Quality Control teams were able to control the plans and checklist digitally through mobile devices instead of dealing with bunch of papers and printed plans on site.

1. GİRİŞ

2000’li yıllara kadar tasarımda sıklıkla tercih edilen 2 boyutlu bilgisayar destekli tasarımlar yapıların gün geçtikçe büyük alanlarda planlanması ve karmaşık bir hal alması ile yerini 3 boyutlu modeller ile tasarımlara bırakmışlardır. Yapı bilgi modeli inşaat sektöründe özellikle karmaşık yapıların tasarım ve yapım sorunlarının çözüme kavuşturulması amacı ile kullanılmıştır. 2000’li yılların başlarında karmaşık yapıların dizayn ve yapımı için bir potansiyel olarak görülen YBM, yazılımların gelişmesi ve diğer yazılımlar ile bilgi alış verişlerinin kolaylaşması, YBM uygulanan yapıların tamamlanarak işletmeye alınması ile günümüzde popüler hale gelmiş ve bir çok projenin yaşam döngüsü boyunca tercih edilir hale gelmiştir.

İçinde barındırdığı sistemler bakımından en karmaşık yapılardan bir tanesi olan havalimanları, tasarım ve yapım açısından oldukça zor yapılardandır. Dünya genelinde her geçen yıl artan yolcu ve kargo trafiğinin etkisi ile halihazırdaki havalimanları kapasite arttırımına gitmekte, alternatif olarak yeni ve daha büyük havalimanı projeleri üretilmektedir. Büyüyen tesislerde yapım, tasarım, işletme ve bakım-onarım dönemlerinde veri kaybını minimum seviyede tutarak verimi mümkün olan en üst seviyede tutabilmek için YBM kullanımı ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Çalışma kapsamında öncelikle diğer havalimanlarında kullanılan yapı bilgi modelleri incelenmiştir. Yapılan en büyük havalimanlarından bir tanesi olan İstanbul Havalimanı projesinde kullanılan YBM ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. İstanbul Havalimanında uygulanan YBM saha çalışmaları ve saha uygulamaları açısından değerlendirilmiş, kalite kontrol süreçlerinin ve proje ilerlemesinin takibinin yapılabilmesi açısından detaylı olarak incelenmiştir. Model içinde yer alan mekanik ve elektrik sistemlerinin hatasız bir şekilde yapılabilmesi için uygulanan robotik total station ve YBM entegrasyonu konusu incelenmiş ve gerçekleştirilen saha uygulaması detaylı olarak değerlendirilmiştir.

1.1 Literatür Araştırması

Literatür taraması kapsamında ilk önce yapı bilgi modellemesi konusunda önemli kaynaklardan bir tanesi olan Eastman v.d. tarafından yazılan “BIM Handbook” adlı kitap incelenmiştir. Yapı bilgi modelinin (YBM) inşaat sektöründe bir çok alanda farklı amaçlar ile kullanımını ayrıntılı bir şekilde inceleyen bu kaynak, kavramsal planlama aşamasından yapılacak tesisin yönetimine kadar YBM’nin kullanımı hakkında detaylı bilgi vermektedir. Dünya genelinde havalimanı projelerinde YBM uygulaması incelemelerinde Autodesk University etkinliğinde yapılan bildiriler, sunumlar, web kaynakları ve firmalara ait dökümanlar incelenmiştir.

Yapı sektöründe işbirliğini kapsamlı olarak ele alan Bouchlagem’in “Collaborative Working in Construction” kitabı İTYBYS kurgusu ve değişim yöntemi konularında faydalı olmuştur. Yapı bilgi modeli kullanımlarının genel dökümanı olarak Kreider ve Messner tarafından hazırlanan “The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses” faydalı olmuştur.

İstanbul Havalimanı projesiyle ilgili olarak YBM çalışmalarından önce oluşturulan YBM uygulama planları, yapım sürecinde üretilmiş YBM dökümanları, sunumlar ve projenin ilk fazından sonra yeniden güncellenen YBM uygulama planı incelenmiştir. Köseoğlu v.d. tarafından yayınlanan “Exploring The BIM And Lean Synergies in The İstanbul Grand Airport Construction Project” makalesinde YBM ve YBM koordinasyonu ile sağlanan avantajlar ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Literatür taramalarının sonucu olarak dünya genelindeki YBM ile İstanbul Havalimanında kullanılan YBM değerlendirilmiş, özellikle MEP sistemlerinin imalatını kusursuz bir şekilde tamamlayabilmek için robotic total station uygulaması gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.2 Hipotez

YBM teknolojisi inşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte yapılan çalışmalar 2019 itibari ile yeterli değildir. Gelişen ve değişen teknoloji ile birlikte ihtiyaçlar değişmekte olup inşaat sektörü kullanıcı deneyimini arttırmak üzere gelişim göstermektedir. Bu sebeple özellikle büyük ölçekli ve çok sayıda paydaşa sahip projelerde sorunların hızlı bir şekilde çözülmesi ve yolcu deneyimini arttırabilmek için yeni teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Bununla birlikte kullanılacak yeni

teknolojilerin de bazı zorlukları olabilmektedir. Bunların en bilindikleri iletişim sorunları, eğitim sorunları, ortak dosya formatlarında çalışma zorluğu ve diğer bilinmeyenler olarak sıralanabilir. Havalimanlarının boyutları ve kapsamaları düşünüldüğünde yeni teknolojilerin geliştirilip yapımda ve tesis yönetiminde kullanımı, tüm paydaşlar ve kullanıcıların deneyimi açısından önemli olduğu görülmektedir. Bu çalışmada belirtilen sebepler göz önünde bulundurulduğunda, orta ve özellikle büyük çaplı projelerde sorunların çözümü konusunda YBM teknolojisinin ve uygulamalarının alternatif bir çözüm olabileceği savunulmaktadır.

Tez kapsamında farklı havalimanlarında gerçekleştirilen YBM uygulamaları, projenin boyutu, YBM kapsamı, karşılaşılan zorluklar ve YBM uygulama alanları incelenmiş, İstanbul Havalimanında karşılaşılan zorluklar üzerine internet tabanlı uygulamalar ile birlikte Geomatik Mühendisliğine dayanan ve yersel ölçüm tekniklerinden olan total station yöntemi ile sorunlara çözüm önerileri oluşturulmuştur.



2. HAVALİMANLARI YAPI BİLGİ MODELİ KULLANIMLARI

Gerek üstyapı gerekse altyapı tasarımı olarak havalimanları; projenin büyüklüğü, bir çok farklı disiplinin bir arada koordinasyonu, proje yatırım maliyetleri, çevresel faktörler gibi etkenler ile şekillenir ve planlama aşamasından yapım aşamasına çok sayıda karar ve kontrol mekanizması ortaya çıkmaktadır. Dünya genelinde artış eğiliminde olan havayolu kullanımından dolayı yeni havalimanı projelerinin yapımı hızlanmakta, mevcut havalimanlarında ise kapasite arttırılmasına yönelik çalışmalar hız kazanmaktadır. Havalimanı projelerinin gerek işletme gerekse yapım maliyetleri düşünüldüğünde bu süreçlerde alınacak kararların dikkatle alınması ve yönetilmesi gerekmektedir. İhale sırasında belirlenen teslim tarihleri ve yapıyı devreye alma süreleri göz önünde bulundurulduğunda, bu sürelerin aşılması proje maliyetini olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple havalimanı projelerinin yapım aşamasında hızlı ve kaliteli yapılması, projenin planlanan zamanda tamamlanması hedeflenmelidir.

Yapı bilgi modeli teknolojisinin özellikle havalimanı projelerinde tercih edilmesinin en büyük sebeplerinden bir tanesi, tasarım aşamasında tüm paydaşlara ortak bir çalışma alanı sunması ve alınan kararları ortak bir şekilde alıp dizayn sürecinde bir çok problemi ortadan kaldırmasıdır. Dizayn aşamasında çok sayıda disiplin ve özel sistemlerin koordinasyonunun sağlanması, yapım aşamasında sahada karşılaşılabilecek riskleri büyük oranda ortadan kaldırdığından projelerin daha kısa zamanda ve daha düşük maliyetlere tamamlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca YBM ve internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi sayesinde oluşturulan modellerin saha imalatından tesis yönetimine kadar bütün süreçlerde kullanılması sayesinde işçilik hataları büyük oranda azaltılır; böylece hem tasarımda hem imalatla proje kontrol altına alınıp yapıdan en yüksek şekilde verim sağlanmış olur. Sağladığı bu faydalardan dolayı YBM, yeni havalimanı projelerinde işveren tarafından genellikle sözleşme ile zorunlu kılınmakta iken, mevcut havalimanları da YBM teknolojisinden tesis yönetimi konusunda 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 kullanabilecek bir formatta içeren makine tarafından okunabilir standartlaştırılmış bilgi modelini kullanan, planlama, tasarım, yapım, işletme ve bakım süreci” olarak tanımlanmıştır (Eastman vd., 2011). Geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), projenin tasarım öncesi, tasarım ve yapım sonrası süreçlerinin tamamını kapsayan yeni bir teknoloji ve süreçler bütünü olarak tanımlanabilir (Kymmell 2008; Clayton ve diğ. 2009). YBM geleneksel 2 boyutlu çizimlerden ve tasarımlardan farklı olarak oluşturulan her bir eleman için 3 boyutlu gösterimin yanı sıra, bu elemanların parametrelerini ve özelliklerini içeren verileri de depolamayı sağlamaya imkan sunmaktadır (İlhan ve Yaman, 2015). Yapılan literatür taramasında bazı kaynaklardan alın YBM ile ilgili diğer tanımlar aşağıdaki gibidir.

- Uluslararası YBM Standartları – US, yapı bilgi modellemesini; bir tesisin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal bir temsili, kavramsal tasarımdan yıkıma kadar olan yapı yaşam döngüsü boyunca kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ve bir tesis hakkında bilgi elde etmek için paylaşılan bir bilgi kaynağı olarak tanımlamıştır (<http-1>).
- YBM, teknoloji platformları arasındaki birlikte çalışabilirlik sayesinde tüm paydaşların aynı bilgilere aynı anda ulaşmalarını sağlayarak, binanın kullanım ömrü boyunca tasarım, yapım ve işletme süreçlerinde bina verilerini oluşturmak ve tüm aşamalarda kullanmak için bir iş süreci olarak tanımlanmıştır (<http-2>).
- Endüstriyel kullanıma yönelik profesyonel yazılımlar geliştiren Autodesk firması YBM’yi; mimari, mühendislik ve inşaat profesyonellerine binaları ve altyapıyı daha verimli bir şekilde planlamak, tasarlamak, inşa etmek ve yönetmek için fikir ve araçlar sağlayan akıllı bir 3B model tabanlı süreç olarak tanımlamıştır (<http-3>).

2 boyutlu CAD yazılımlarının piyasaya çıkması ile kalem ve silgi ile yapılan çizimler geride kalmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte değişiklik gösteren talepler sonucu sektörlerin 2 boyutlu CAD çizimlerinden 3 boyutlu modellere geçişi hızlanmıştır. Yapı

bilgi modeli parametrik yapıda ve nesne tabanlı olmasından dolayı diğer 2B bilgisayar destekli tasarım (BDT) ve 3B modellerden ayrılır. Modelin 3B olması proje içinde yer alan bütün paydaşlar arasında görsel iletişimi kuvvetlendirirken model içinde yer alan elemanlar modelin nesne tabanlı olmasından dolayı adreslenebilir böylece yapıda kullanılan gerçek malzemeler ile eşleştirilebilir. BIM ile 2B çizim arasındaki en temel farklardan birisi, 2 boyutta çizilen her görünüşün birbirinden bağımsız olmasıdır. Plan, kesit ve dikey kesit gibi 2 boyutlu çizimlerin, herhangi birinde bir düzenleme yapıldıktan sonra, diğer tüm çizimlerin de kontrol edilmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir. YBM ile bu düzenlemeler otomatik olarak yapılmakta ve model güncellenmektedir. (Azhar vd., 2008).

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

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 (Eastman vd., 2011). Havalimanı projelerinde YBM, projenin dizayn ve yapım aşamasında bir çok sistemin koordinasyonu ve daha düşük maliyetlerle yapımı amacı ile kullanılmasının yanısıra yapım sonrasında tesis yönetimi ve işletme amacı ile de kullanılmak istenmektedir. Tez çalışması kapsamında havalimanlarında uygulanan YBM uygulamaları incelenmiş, mekanik sistemlerin imalatı için kullanılan robotik total station ve BIM entegrasyonu değerlendirilmiştir.

2.2 Yapı Bilgi Modeli Kullanım Alanları

Yapı bilgi modeli kavramsal tasarım aşamasından binanın işletme sürecine kadar çok geniş bir alanda kullanılabilir. YBM kullanım alanları aşağıda dört başlık altında gösterilmiştir.

- Tasarım aşamasında YBM kullanımı
- Çevresel analizlerde YBM kullanımı
- Yapım sürecinde YBM kullanımı
- Tesis yönetiminde YBM kullanımı

2.2.1 Tasarım aşamasında YBM kullanımı

Model; bütçe, inşaat takvimi, mevcut kaynaklar gibi parametrelerle uyumlu olmalıdır. Bu model, bina ile ilgili tüm ana bileşenleri içerir. Plan düzleminde doğru girilmiş boyutlar, temel yapısal elemanlar (duvar, kolon, kiriş, vb.)i doğru tanımlanmış kat yükseklikleri ve zorunlu mekanik sistemler gibi bileşenlerin bu modelde olması beklenir. Proje dökümanları modelden elde edilir (Ofluoğlu, S., 2009). Tasarım aşamasında kullanılan yapı bilgi modeli sayesinde 2 boyutlu tasarımlarda tespit edilemeyen çakışmalar belirgin hale gelir ve disiplinler arası koordinasyon alınan çakışma raporları ile birlikte minimum çakışma ile tamamlanır.

2.2.2 Çevresel analizlerde YBM kullanımı

Yapı bilgi modeli diğer yazılımlar ile IFC gibi ortak dosya formatlarında çalışabildiği için model elemanlarından alınan değişik çıktılar ile farklı yazılımlarda birçok analiz gerçekleştirilebilmektedir. YBM ile gerçekleştirilen analizler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapısal analiz
- Enerji analizi
- Işık analizi
- Akustik analizi

2.2.3 Yapım sürecinde YBM kullanımı

Yapım sürecinde YBM kullanımı ile ekipler arasındaki etkileşim artırılır, bu sayede ekiplerin birlikte çalışabilme yetenekleri gelişir. Etkili iletişim sayesinde insan kaynaklı hatalar azalır, ekiplerin iletişiminin iyi olması ile projenin başarısı doğru orantılıdır. Birbiri ile sorunlu olabilecek elemanları önceden görme ve önlem alma ve yapılacakları tanımlamak önemlidir. Yapı Bilgi Modeli ne kadar detaylı oluşturulmuşsa bu tip çelişkili kısımları bütüncül olarak algılamak daha kolaylaşacaktır. Bu modelden hangi elemanın hangisinden sonra gelmesi anlaşılabilir. Proje ile ilgili iş takvimi kimi zaman modeldeki geometrik veri ile eşleştirililebilmekte ve bina yapım sürecine yönelik simülasyonlar hazırlanabilmektedir (Ofloğlu, S., 2009).

2.2.4 Tesis yönetiminde YBM kullanımı

Tasarım ve yapım aşamalarında elde edilen büyük veriyi en iyi şekilde kullanmak isteyen bina yöneticileri, üretilen büyük veriyi yönetmek ve işletmede bu veriden en iyi şekilde faydalanabilmek için yapı bilgi modelinden faydalanabilir. Oluşturulan 3 boyutlu model tesis yönetimi için bir veritabanı oluşturabilir, sistem elemanlarının yerleri modelden belirlenebilir olduğundan oluşacak teknik sorunlarda müdahale bölgeleri belirlenebilir.

2.3 Denver Havalimanı YBM Uygulamaları

Denver Uluslararası Havaalanında (DEN) havaalanının güney terminalini iyileştirmek adına terminalin yanındaki alanda 519 odalı bir otel ve konferans merkezi, bir demiryolu toplu taşıma merkezi ve bunları ana terminale bağlayan meydan yapılmış, bunların yapım aşamasında yapı bilgi modeli kullanılmıştır.

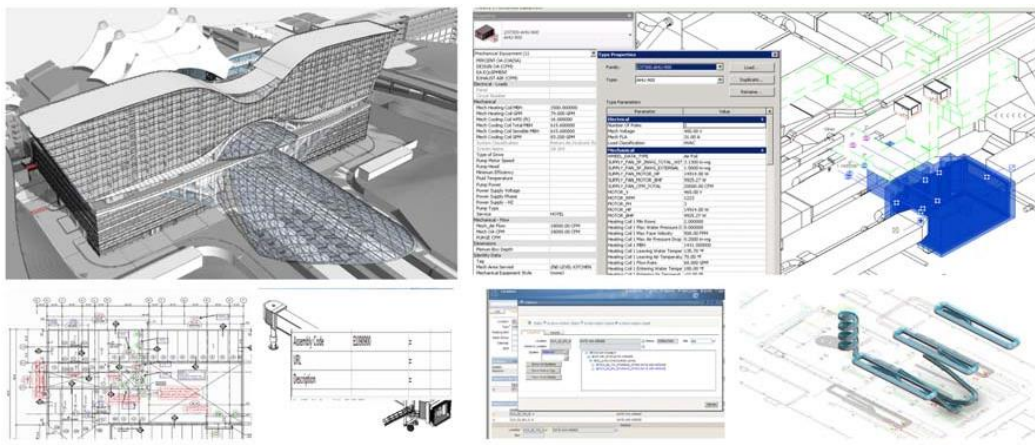
2.3.1 Denver havaalanı ve projenin detayları

Denver Havaalanı 1995 yılında açılmış olup 137 km²'lik bir alan üzerine inşa edilmiştir. 180 farklı destinasyona ve yıllık ortalama 59 milyonluk yolcu kapasitesine sahip havaalanı Amerika'nın en kalabalık 6.havaalanıdır. Denver Havaalanı işletmecileri, proje teslimini ve performansını iyileştirmek ve operasyona yapı bilgi modelini entegre edip işletmede de kullanabilmek için tasarım ve inşaatta yapı bilgi modelini zorunlu kılmışlardır.

Yapı bilgi modeli kapsamında mevcut ve yeni yapılar modellenmiştir. Yapı bilgi modeli tasarım ve yapım sürecinde uzamsal koordinasyon, çakışmaların çözülmesi, yapısal tasarım analizleri, tasarım kriterleri, görselleştirme, model tabanlı işbirliği, maliyet analizi ve yapım iş programı konularında kullanılmıştır (Özsoy, E., 2019).

2.3.2 Denver havaalanı otelinin ve transit merkezinin modellenmesi

Denver Havaalanının mevcut güney terminalinin çatısı çelik kablolar ile desteklenen özel bir kumaş ile kaplıdır. Yeni yapılacak binanın yapılabilmesi için ise bu çatının altı adet anraj noktasının yer değiştirmesi gerekiyordu. Bu aşamada tasarımcılar mevcut verileri analiz edebilmek için sanal modellerden yardım aldılar. Bu sayede mevcut çatının yapısını değiştirmeden destekleri geçici olarak kaldırmak ve yeni binanın çevresine kalıcı olarak yerleştirmek için stratejiler geliştirebildiler. Denver havaalanı YBM Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

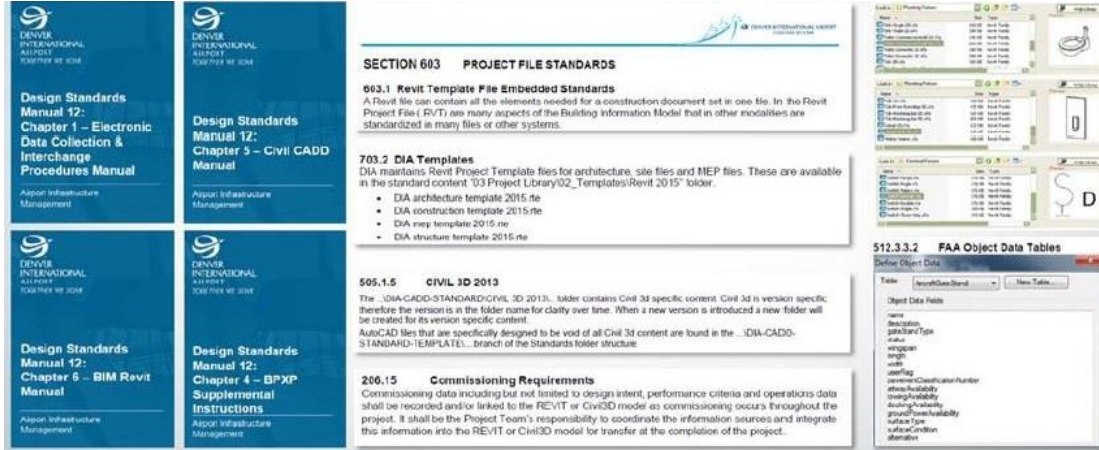


Şekil 2.1: Denver Uluslararası Havalimanı YBM (Elliot, T., 2019)

Binanın doğru konumlandırılabilmesi için ölçme verileri kullanıldı ve nokta bulutunun modele doğru bir şekilde entegrasyonu gerçekleştirildi. İç mekan modellemesi için LİDAR taraması gerçekleştirildi, yaklaşık altı hafta süren çalışmalar ile modelleme tamamlandı. Düzenli olarak gerçekleştirilen koordinasyon toplantı ile alt yüklenicilerden gelen modellerin süperpozisi sağlanmıştır. Projedeki bütün tarafların güncel projeye erişme imkanı kolaylaştığından ayrıntılı ve koordineli bir model oluşması sağlanmıştır.

2.3.3 Havaalanı yapı bilgi modeli standartları ve uygulama planı

Yapı bilgi modelinin başarılı bir şekilde uygulanması için gerek şartlardan en önemlisi standartlar ve şartnamelerdir. Denver Havaalanında gerçekleştirilen YBM uygulamasında uygulama planı şartnameye eklenerek bağlayıcı olması sağlanmıştır. Bu sayede proje gereksinimleri ve proje hedefleri önceden belirlenmiş, alt yüklenicilerin sorumlulukları tespit edilmiş ve tüm paydaşlar ile paylaşılmıştır. Denver Havaalanı uygulama planı 3.kuşak YBM uygulama planı olarak adlandırılmıştır. Oluşturulan YBM uygulama planı ile tasarımı tamamlanan ya da henüz planlanmamış işler ile inşaatı tamamlanmış tüm işler için kendi YBM akıllı nesnelerini, meta verilerini Federal Havacılık Kurulu standartlarını oluşturmuşlardır (Şekil 2.2’de gösterildiği gibi).

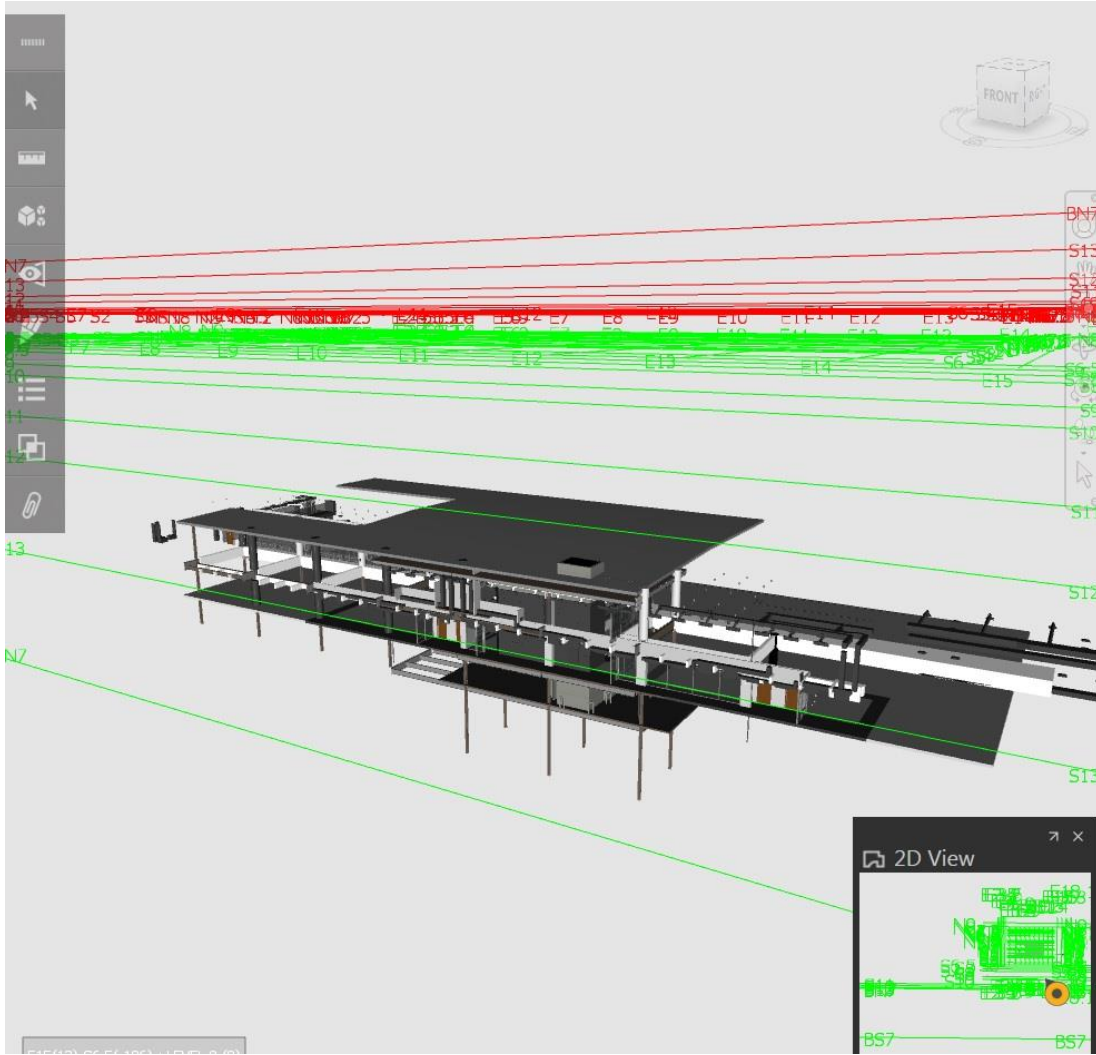


Şekil 2.2:Denver Uluslararası Havalimanı tasarım standartları dokümanları (Elliot, T., 2019)

Denver Havaalanının sözleşmede YBM kullanımını zorunlu kılması ile dizayn aşamasında bir çok problem çözüme kavuşturulmuş, projede istenilen başarı sağlanmıştır.

2.3.4 İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi kullanımı

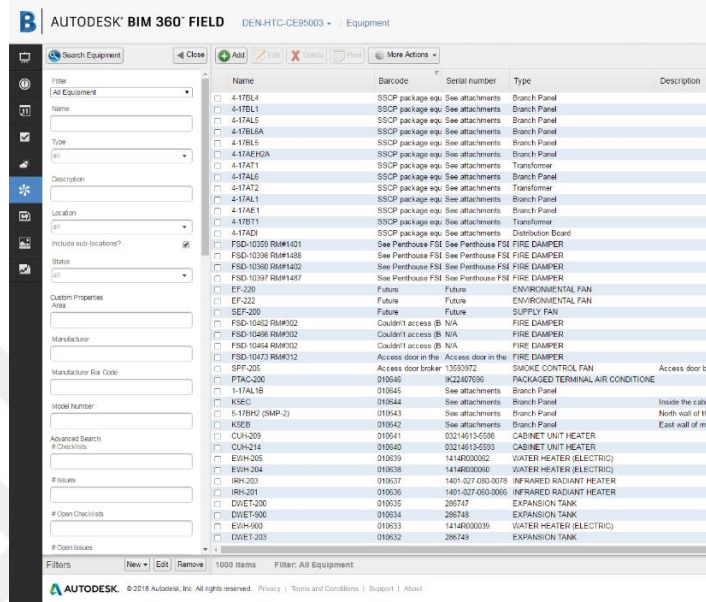
Güney terminali iyileştirme çalışmaları kapsamında başlatılan projenin tasarım safhasında BIM 360 Glue kullanılmış olup, düzenli koordinasyon toplantıları tasarımcı firma liderliğinde gerçekleştirilmiştir. Proje yöneticilerinden gelen geri bildirimler ile koordinasyon tamamen bitirilmiştir. Bulut teknoloji kullanılarak koordine edilen modellerin bulut sistemine yüklemeleri gerçekleştirilmiş, böylece paydaşların nerede olurlarsa olsun modellere ulaşabilmesi sağlanmıştır. Şekil 2.3'te İTYBYS üzerinden modele ait ekran görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 2.3: İTYBYS'den ekran görüntüsü (Voorhies vd., 2017)

İnternet tabanlı yapı bilgi sistemi projenin yapım ve test ve devreye alma süreçlerinde de oldukça sık kullanılmıştır. BIM 360 Field uygulaması ile saha imalat kontrolleri gerçekleştirilmiş, ekipman kontrolleri sağlanmış ve cihazlara ait veriler kayıt altına alınmıştır. Yapımı tamamlanan noktalarda ekipmanların test ve devreye alma işlemleri

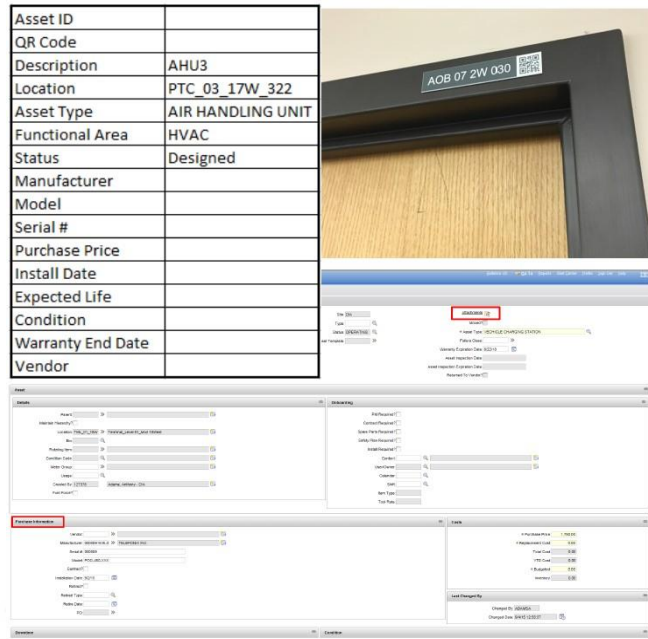
yine aynı platform üzerinden sağlanmıştır. Paydaşların mobil olarak projeye ulaşabilir olması hata payını azaltmış, yapılan kontrollerin daha düzgün ve sistematik yapılması sağlanmıştır. Oluşturulan kayıtlara tüm paydaşların erişimi sağlandığından tespit edilen olumsuzlukların çözümü konusunda hızlı çözümler sağlanmıştır (Şekil 2.4'te gösterilmiştir).



Name	Barcode	Serial number	Type	Description
4-17BL1	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17BL2	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17AL5	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17BL6A	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17BL5	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17AEHGA	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17AT1	SSCP package eq. See attachments		Transformer	
4-17AL6	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17AT2	SSCP package eq. See attachments		Transformer	
4-17AL1	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17AE1	SSCP package eq. See attachments		Branch Panel	
4-17BT1	SSCP package eq. See attachments		Transformer	
4-17AD1	SSCP package eq. See attachments		Distribution Board	
FSD-10359 RM#1401	See Penthouse FSI See Penthouse FSI		FIRE DAMPER	
FSD-10359 RM#1408	See Penthouse FSI See Penthouse FSI		FIRE DAMPER	
FSD-10360 RM#1402	See Penthouse FSI See Penthouse FSI		FIRE DAMPER	
FSD-10397 RM#1487	See Penthouse FSI See Penthouse FSI		FIRE DAMPER	
EF-220	Future	Future	ENVIRONMENTAL FAN	
EF-302	Future	Future	ENVIRONMENTAL FAN	
SEF-200	Future	Future	SUPPLY FAN	
FSD-10402 RM#302	Couldn't access (B) N/A		FIRE DAMPER	
FSD-10406 RM#302	Couldn't access (B) N/A		FIRE DAMPER	
FSD-10404 RM#302	Couldn't access (B) N/A		FIRE DAMPER	
FSD-10473 RM#302	Access door in the Access door in the		FIRE DAMPER	
SPT-205	Access door breaker 1053072		SHAKE CONTROL FAN	Access door breaker
PTAC-200	010645	IC22407696	PACKAGED TERMINAL AIR CONDITIONE	
1-17AL18	010645	See attachments	Branch Panel	
K5EC	010646	See attachments	Branch Panel	
5-17RH2 (SMP-2)	010643	See attachments	Branch Panel	Inside the cabinet North wall of the
K5EB	010642	See attachments	Branch Panel	East wall of the
CUA-209	010641	0314613-0388	CABINET UNIT HEATER	
CUA-214	010640	0314613-0393	CABINET UNIT HEATER	
EVH-205	010639	1414800002	WATER HEATER (ELECTRIC)	
EVH-204	010638	1414800006	WATER HEATER (ELECTRIC)	
IRH-203	010637	1401-027-000-0078	INFRARED RADIANT HEATER	
IRH-201	010636	1401-027-000-0066	INFRARED RADIANT HEATER	
DWET-200	010635	286747	EXPANSION TANK	
DWET-200	010634	286748	EXPANSION TANK	
EQU-400	010633	14148000039	WATER HEATER (ELECTRIC)	
DWET-203	010632	286749	EXPANSION TANK	

Şekil 2.4: İTYBYS'den ekran görüntüsü (Voorhies vd., 2017)

İhale sürecinde şartnamelerde zorunlu kılınan yapı bilgi modeli projenin tesis yönetimi aşamasında kullanılmak istenmiştir. İlk safhalarda oluşturulan modellere proje ilerlemesi yüzde 60'lara geldiğinde kullanılan cihaz ve ekipman bilgileri eklenmiştir. Proje yüzde 90 ilerleme seviyesine geldiğinde ise modellerde tanımlanan nesneler tesis yönetimine hazır hale getirilmiştir. El terminalleri ve mobil cihazlar ile hazırlanan sistemde ekipman üzerinde yer alan karekod okutularak modelede yer alan nesne ile ilgili bilgilere ulaşım sağlanabilmektedir. Tesis yönetimi ile ilgili Denver havaalanında gerçekleştirilen uygulama Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Tesis yönetimi ekranı ve karekod ile mahal entegrasyonu (Voorhies vd., 2017)

Havaalanı işletmecisinin tesis yönetiminde yapı bilgi modelinden istediği tasarımdan yapım aşamasına, test ve devreye almadan tesis yönetimine kadar gerçekleştirilen bütün süreçlerde veri kaybını mümkün olan en düşük seviyede tutabilmesidir. Denver Havaalanında İTYBS sayesinde tasarımın ilk aşamasından itibaren elektronik ortamda kayıt altına alınan veriler korunmuş olup tesis yönetiminde yazılımlar arası karşılıklı veri transferleri ve belirli aralıklarla gerçekleştirilen güncellemeler ile bu veriler kullanılmıştır.

2.4 Salt Lake City Uluslararası Havaalanı Yapı Bilgi Modeli Uygulamaları

İlk terminal ve havaalanı idare binası 1933 yılında yapılan Salt Lake City Havaalanı Amerika'nın yoğun havalimanlarından bir tanesidir. 2018 verilerine göre havalimanının yıllık taşıdığı yolcu sayısı 23 milyona ulaşmıştır. Havaalanı içerisindeki yapıların eski oluşu ve yolcu miktarının fazla oluşu sebepleri ile havaalanında modernizasyon çalışmaları başlatılmıştır.

2.4.1 Salt Lake City Uluslararası Havaalanı ve projenin detayları

Havalimanı kapasitesi düşünüldüğünde, yolcu miktarının kapasiteyi aşması havacılık operasyonunu ve yolcu memnuniyetini olumsuz yönde etkilemektedir. Salt Lake City Havaalanı, Amerika'nın eski havalimanlarından bir tanesidir ve modernizasyon çalışmaları öncesi yapıda toplam beş adet iskele binası, iki adet terminal binası ve bir

adet uluslararası terminal binası bulunmaktadır (Şekil 2.6’da gösterilmiştir). Bu yapılardan en son inşa edileni 20 yaşındadır. Gün geçtikçe artan yolcu miktarı ve gelişen teknoloji ile birlikte değişen talepler düşünüldüğünde mevcut yapının restorasyon çalışmaları ile birlikte yenilenmesine karar verilmiştir.



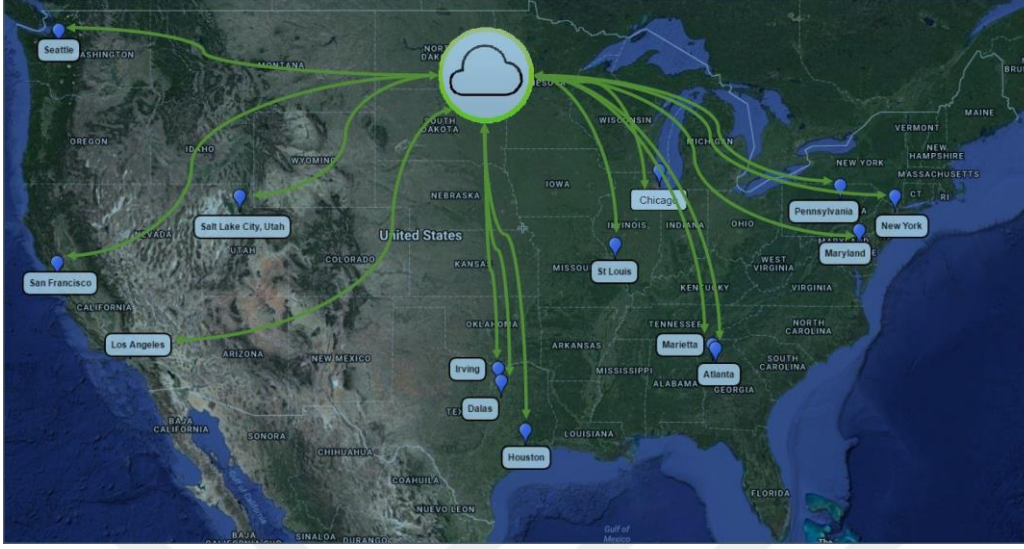
Şekil 2.6: Salt Lake City Havaalanı Modernizasyon Çalışmaları Öncesi (Grubb, K., 2016)

Salt Lake City Havaalanında modernizasyon çalışmaları kapsamında başlatılan projeye 1.6 milyar dolar bütçe ayrılmıştır. 2021 yılında tamamlanacak proje hedeflerine ulaşabilmek için yapı bilgi modelinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda öncelikle bir tasarım ekibi ve YBM uygulama planı oluşturulmuştur. Büyük verileri yönetmek konusunda çözümler üretilmiş ve bulut teknolojisinden faydalanılmıştır. Farklı bölgelerde çalışan tasarım ekibinin oluşturduğu modeller çakışma analizi ile değerlendirilip koordine modeller oluşturulmuştur.

2.4.2 Tasarım ekibi ve Yapı Bilgi Modeli uygulama planının oluşturulması

Salt Lake City havaalanında başlatılan modernizasyon çalışmaları kapsamında oluşturulacak yapı bilgi modeli için farklı disiplinlerde çalışan ve farklı bölgelerde bulunan bir tasarım ekibi oluşturulmuştur. Mimari, inşai, mekanik, elektrik, bagaj sistemleri, yangın alarm sistemleri gibi 16 farklı disiplinden 1700’ün üzerinde insandan oluşan tasarım ekibi, ortak bir platformda çalışarak koordine modeller oluşturmuşlardır. Çeşitli ofislerde çalışan bu insanlar düzenli olarak belirlenen saatlerde tasarımda kaydettikleri ilerlemeyi bulut teknolojisi sayesinde oluşturulan serverlara yüklemişlerdir. Bu sayede projeye ait tüm dosyalar tek bir platformda

toplanmış ve kaydedilen ilerleme bütün paydaşlar tarafından düzenli olarak takip edilebilmiştir. Proje ofisleri Şekil 2.7’de gösterilmiştir.

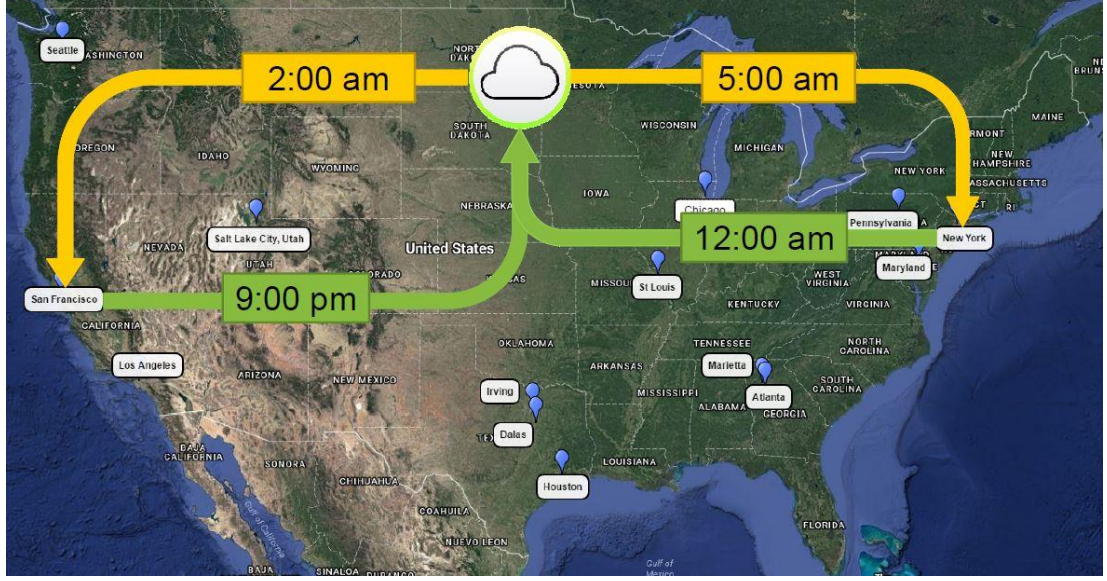


Şekil 2.7: Salt Lake City Havaalanı Proje Ofisleri (Escalante vd., 2016)

Tasarım grupları belirlendikten sonra yapı bilgi modeli uygulama planı oluşturulmuştur. YBM koordinatörü tarafından düzenli olarak koordinasyon toplantıları gerçekleştirilmiş ve alt yüklenici firmalar ve bu firmaların bünyesinde bulunan farklı disiplinlerden mühendis ve mimarlar ile birlikte koordinasyon gerçekleştirilmiştir. Havalimanı işletmecisinin uygulama planı kapsamında uygulanacak standartları ve kullanılacak araç ve donanımları belirlemiştir. Uygulama planında belirlenen standartlar ve uyulacak yöntemler ile eldeki büyük veriyi işleyip bu veriden en iyi şekilde yararlanmak amaçlanmıştır.

2.4.3 Bulut teknolojisi kullanımı

Proje kapsamında internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi sıklıkla proje ekipleri arasında dosya paylaşımında kullanılmıştır. Tasarım ekipleri belirlenen saatlerde oluşturdukları modelleri İTYBS kullanarak oluşturulan servarlara yüklemişlerdir. Yapı bilgi modeli ekibi oluşturulan modelleri diğer sistemleri de göz önünde bulundurup inceledikten sonra geri bildirimlerini yine belirlenen saatler içinde İTYBS serverlarına yüklemişler ve tasarım ekiplerinin doğru ve koordineli bir şekilde projelerini oluşturmalarını sağlamışlardır (Şekil 2.8’de gösterilmiştir).



Şekil 2.8: Salt Lake City Havaalanı Zaman Dilimleri (Escalante vd., 2016)

Salt Lake City Havaalanı işletmecisi yapı bilgi modeli uygulama planında belirlediği yöntemler ile farklı disiplinlerde ve farklı ofislerde çalışan tasarım gruplarının tek bir platformda ve istenilen verimde çalışabilmesini amaçlamıştır. İTYBS’de oluşturulan planlama ile tasarım ekiplerinin merkez ofisi ile dosya paylaşım saatleri belirlenmiştir. Bu sayede YBM ekibinin farklı tasarım ofislerden gelen verileri inceleyip geri bildirimlerde bulunabilmei için gerekli zaman oluşturulmuş ve projede istenilen verim elde edilebilmiştir.

2.4.4 Projede karşılaşılan zorluklar

Salt Lake City Havaalanının modernizasyon çalışmalarında karşılaşılan zorluklardan ilki program çıktılarının yeterince iyi olmamasıdır. Projenin kapsamı düşünüldüğünde verinin büyük boyutlara ulaşacağı öngörülmektedir, bu veriyi ise excel ortamında alınan çıktılar ile yönetmek oldukça zordur. Programlarda gerçekleştirilen analizler iki günden fazla sürdüğü için bu süreç iş akışını da olumsuz etkilemiştir. Ayrıca tasarımın erken aşamalarında meydana gelen plan değişiklikleri de iş akışını olumsuz etkileyen faktörlerdendir.

Havalalanı işletmecisinin modernizasyon çalışmalarında yapı bilgi modeli kullanmayı istemesinin sebeplerinden bir tanesi de büyük projelerde öngörülen bu tarz zorluklara modern ve kullanışlı çözümler üretmesidir. Projede YBM ve İTYBS sayesinde çok sayıdaki ekip üyesi arasında sürekli ve etkili bir iletişim sağlanmış, oluşturulan dijital iş akışı ile ilerleme sürekli olarak takip edilebilmiş ve gerekli konularda geri

bildirimler sağlanabilmiştir. İTYBS ile bilginin bir kişi tarafından tutulmasının önüne geçilmiştir. Bluebeam Revu ile oluşturulan PDF'ler kronolojik olarak dijital ortamda kayıt altına alınmış ve tüm paydaşlara erişim izni verilmiştir. Böylece büyük veri hem güvenli bir ortamda tutulmuş hem de istenildiğinde istenilen veriye *kolayca* ulaşılabilme imkanı tüm paydaşlara sağlanmıştır.

2.4.5 Modelleme ve koordinasyon

Tasarım grupları tarafından Revit ortamında oluşturulan yapı modelleri geri bildirimlerden gelen notlar ve modellenen elemanlara ait genel bilgiler ile birlikte mevcut modeller ile birleştirmişlerdir. Bu sayede model istenilen detay seviyesine (LOD) getirilmiştir.

3B modelleme aşamasında, tasarım gruplarının bulut sistemine yüklediği modeller değerlendirilmiş ve çakışma analizi yöntemi ile geri bildirimler alt yüklenicilere iletilmiştir (Şekil 2.9). Mimari, inşai, mekanik, elektrik, bagaj ve diğer sistemlere ait modeller bu yöntem ile değerlendirilip çakışmalar dijital ortamda çözüldükten sonra modeller birleştirilip koordineli bir master model elde edilmiştir.

The image shows a screenshot of a 3D model clash analysis software interface. It displays multiple overlapping tables, each representing a different building system. The tables are organized hierarchically, with parent categories at the top and detailed clash data below. The data includes clash names, status, and counts for various clash types (New, Active, Reviewed, Approved, Resolved). The systems shown include Baggage Handling, Mechanical Ventilation, Mechanical Piping, Plumbing, Electrical, Fire Protection, Telecommunication, and Interior Coordination. The tables are color-coded and have expandable/collapsible icons on the left side.

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
6 BAGGAGE HANDLING	New	0	0	0	0	0	0
2.2 MECHANICAL VENTILATION	New	0	0	0	0	0	0
2.3 MECHANICAL PIPING	New	0	0	0	0	0	0
2.4 PLUMBING	New	0	0	0	0	0	0
2.5 ELECTRICAL	New	0	0	0	0	0	0
2.6 FIRE PROTECTION	New	0	0	0	0	0	0
2.7 TELECOMMUNICATION	New	0	0	0	0	0	0
3 INTERIOR COORDINATION	New	0	0	0	0	0	0
3.1 Furniture - Walls	Old	1209	0	0	0	0	1209
3.2 Furniture - Structure	Old	16	0	0	0	0	16
3.3 Walls - Equipment	Old	3606	0	0	0	0	3606
3.4 Floors - Mechanical Ventilation	Old	836	0	0	0	0	836
3.5 Floors - Mechanical Piping	Old	287	0	0	0	0	287
3.6 Rated Walls - Mechanical Ventilation	Old	655	655	0	0	0	0
Under Baggage Supports	Old	1525	1525	0	0	0	0
Under Baggage and Mesh	Old	1228	1228	0	0	0	0

Şekil 2.9: 3B Modelleme Çakışma Analizi (Escalante vd., 2016)

3. HAVALİMANI YBM KULLANIMI: İSTANBUL HAVALİMANI ÖRNEĞİ

İstanbul Havalimanı ihalesi 3 Mayıs 2013 tarihinde gerçekleştirilmiş olup ihalenin yatırım tutarı 10.25 Milyar Euro'dur. 1 Mayıs 2015 tarihinde ilk yer teslimi gerçekleştirilen projenin, 42 ay yatırım süresinin ardından ilk fazı 29 Ekim 2018 tarihinde operasyona açılmıştır. Projenin büyüklüğü, 42 aylık bir zaman kısıtı, havalimanı içerisinde yer alan bir çok sistemin koordineli bir şekilde inşa edilebilmesi ve oluşacak sorunların önceden kestirilebilmesi amacı ile ana yüklenici İGA şirketi projede YBM teknolojisinin kullanılmasını kararlaştırmıştır. İstanbul Havalimanı projesine ait render Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: İstanbul Havalimanı (İGA, 2016)

3.1 İstanbul Havalimanı Proje Kapsamı ve Yapı Bilgi Modeli

İstanbul Havalimanı YBM uygulaması 30 aylık bir süre boyunca projenin tasarım, yapım, test ve devreye alma ve işletme süreçlerinde deneyimlenmiştir. Bu süre boyunca

karşılaşılan sorunlar değerlendirilmiş, YBM teknolojisinin sunduğu çözüm yolları detaylı olarak incelenmiştir.

76 milyon metrekarelik bir inşaat alanına sahip olan İstanbul Havalimanının yapımı 4 fazda planlanmış olup yapımı tamamlanan Faz 1A yaklaşık 16.5 milyon metrekarelik bir alan üzerine inşa edilmiştir. Yapımı tamamlanan terminal binası yaklaşık 1.4 milyon metrekare alan üzerine inşa edilmiş olup mimari, inşai, mekanik, elektrik, bilgi teknolojisi, havalimanı özel sistemleri ve altyapı sistemlerinin koordinasyonunun yoğun şekilde gerçekleştirildiği yapılardan biridir. 42 aylık inşaat süresi düşünüldüğünde, ana yüklenici İGA şirketi iş takviminde aksaklık oluşmasına yol açacak tasarım hataları, tasarım değişiklikleri ve imalat hatalarının önüne geçebilmek ve sözleşmede belirtilen tarihlerde yapıyı operasyona hazır hale getirebilmek için YBM teknolojisini kullanmak istemiştir. Bu kapsamda alt yüklenicilerden gelen tasarımlar bir ortamda bir bütün olarak süperpoze edilmiş ve yapı bütün olarak ele alınmıştır.

Ana yüklenici İGA şirketi, birbirine paralel ilerleyen tasarım ve yapım süreçlerinde koordinasyonu sağlama görevini YBM direktörlüğüne vermiştir. Bu doğrultuda YBM hedefleri belirlenmiş ve takibi yapılmıştır. Buna göre İGA tarafından belirlenen YBM hedeflerinden ilki saha imalatı başlamadan önce YBM ile koordinasyonu sağlamak ve sahada kullanılacak imalat modelini hazır hale getirmektir. Hedeflerden ikincisi tesis yönetiminde kullanılmak üzere model altyapısını hazır hale getirmektir. Üçüncül hedefler ise saha imalatı ilerlemesi ve kalite süreçlerinin takibi olarak belirlenmiştir.

Belirlenen hedefler doğrultusunda yapı bilgi modelinde koordinasyonu gerçekleştirilecek disiplinler yedi ana başlık altında değerlendirilmiş olup bu disiplinler aşağıda sıralanmıştır (Şekil 3.2).

Mimari

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

İnşai

- Betonarme
- Çelik

Mekanik

- Havalandırma
- Duman Egzoz
- Yangın Koruma
- Isıtma-Soğutma
- Temiz Su
- Atık Su

Elektrik

- Zayıf Akım
- Alçak Gerilim
- Orta Gerilim

Bilişim Teknolojileri

- IT
- GSM
- Wifi
- Kartlı Geçiş
- CCTV
- Master-Clock

Havalimanı Özel Sistemleri

- Bagaj Taşıma Sistemi (BHS)
- Asansör-Yürüyen Merdiven-Yürüyen Bant (LET)
- Yolcu Köprüleri (PBB)
- Uçak Yönlendirme Sistemi (DGS)

Altyapı

- Havameydanı Aydınlatma (AGL)
- Pist
- Taksiyolu
- Apron

- Yüzeyler
- Drenaj
- Sulama
- Yakıt Hidrant
- Yangın Hidrant
- Elektrik
- Temiz Su
- Atık Su
- Doğal Gaz



Şekil 3.2: İstanbul Havalimanı YBM'ye entegre edilen disiplinler

Yedi ana başlık altında değerlendirilen disiplinlere ait 2B planlar, 3B modeller ve 3B YBM dökümanları, tek tek değerlendirilip YBM ile süperpoze edilmiştir. Bu sayede yapı bilgi modeli ile tüm disiplinlere ait 2B planlar 3B hale getirilmiş ve diğer alt yüklenicilerden gelen modeller ile birlikte koordine edilebilmiştir.

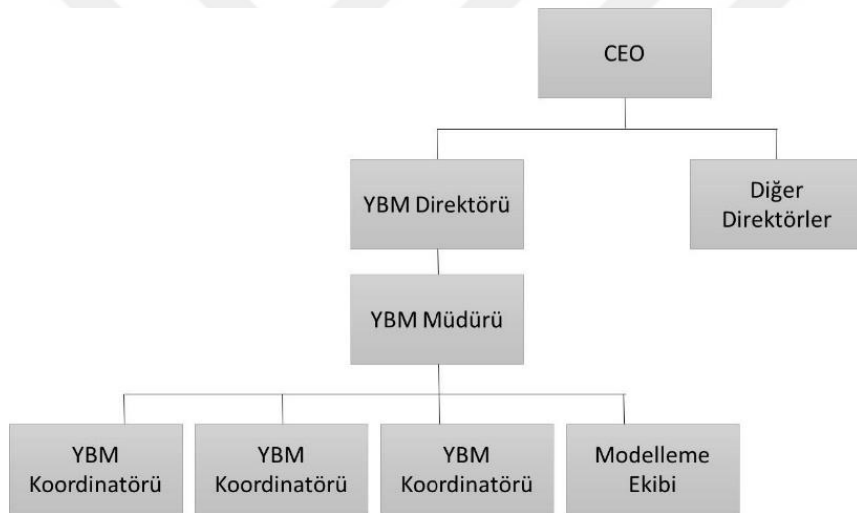
Aşağıdaki Çizelge 3.1 İstanbul Havalimanı’nda yapı bilgi modelinin kullanıldığı ve kullanılmadığı alanları göstermektedir.

Çizelge 3.1: İstanbul Havalimanı YBM Kullanım Alanları

İstanbul Havalimanı YBM Kullanımı		
Amaç	Kullanıldı	Kullanılmadı
Tasarım		
3B Koordinasyon		
3B Planlama		
Röleve Modellemesi		
4B İş Planı		
Saha Analizi		
Enerji Analizi		
Maliyet Analizi		
Sürdürülebilirlik Değerlendirmeleri		
Mekanik Sistem Analizi		
Metraj Kontrolü		
Aydınlatma Analizi		
Afet Planlaması		
Varlık Yönetimi		
Diğer Analizler (akustik analiz, ışık analizi vb.)		

3.2 Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı

1 Mayıs 2015 tarihinde ilk yer teslimi ile birlikte İstanbul Havalimanında başlatılan çalışmalar Ekim 2015'e kadar yapı bilgi modeli uygulamaları olmadan devam ettirilmiştir. Tasarımın yapımla eşzamanlı ilerlemesi ile koordinasyon sorunu öngörülmüş ve YBM kullanımına karar verilmiştir. Bu kapsamda Ekim 2015 tarihinde YBM direktörlüğü oluşturulmuştur. Kurulan direktörlüğün iş akışında etkin olabilmesi için hızlı bir şekilde organizasyon şeması oluşturulmuştur ve YBM direktörlüğü doğrudan genel müdüre (CEO) bağlanmıştır (Şekil 3.3). İGA YBM direktörlüğü kapsamı ve sorumlulukları belirlenmiştir. Buna göre YBM direktörlüğü altyüklenicilerden gelen 2B çizimlerin ve 3B modellerin koordinasyonunu sağlamak, imalat öncesi 2B çizimleri ve 3B modelleri gözden geçirmek ve saha imalatının koordine YBM'e uygun bir şekilde takibini yapmak ile görevlendirilmiştir.



Şekil 3.3: İGA YBM Organizasyon Şeması

YBM direktörlüğünün kuruluşundan önce sözleşmeye imza atmış olan alt yüklenici firmalar, direktörlüğün kuruluşundan sonra imzalanan sözleşmeler ile YBM kullanmaya tabi tutulmuşlardır. Oluşturulan uygulama planı ile proje sınırları ve standartları belirlenmiş, dosya alış verişi ve model detay seviyeleri ile birlikte iş akışı düzenlenmiştir. Buna göre alt yüklenici firmaların YBM kullanımı zorunlu kılınmakla birlikte yine bu firmaların YBM uygulamasında yetersiz kaldığı durumlarda YBM hizmetinin İGA firması tarafından sağlanacağı belirtilmiştir. Bu sayede 2B çizimler ile koordinasyonunu gerçekleştiren alt yüklenici firmalar ile 3B model ile çalışan

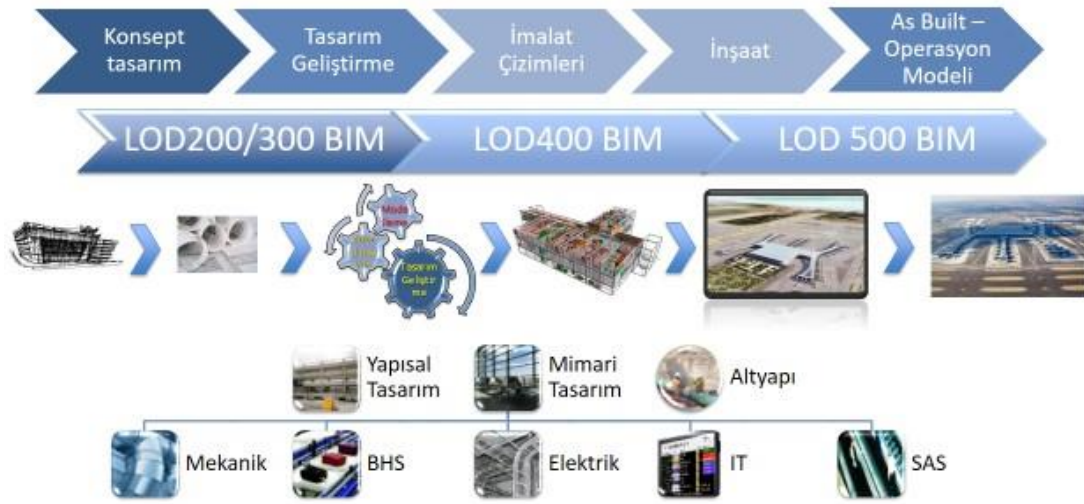
firmalar aynı platformda çalışıp disiplinler arası koordinasyonu ortak bir platformda gerçekleştirebilmiştir.

Yapı bilgi modeli uygulama planı ile birlikte sorumlulukları belirlenen alt yüklenici firmalar ile İGA YBM direktörlüğü arasında koordinasyon toplantıları gerçekleştirilmiş ve oluşturulan takvimler ile bu toplantılar tasarım süreci boyunca devam ettirilmiştir. Bu sayede tasarımın tüm safhalarında ana firma yetkilileri ve alt yüklenici firmaların etkileşim halinde olması sağlanmıştır. Zaman zaman tasarımda meydana gelen değişikliklerden dolayı koordinasyon toplantı takvimleri güncellenmiştir (Şekil 3.4).

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	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
14:30					
15:00					
15:30					

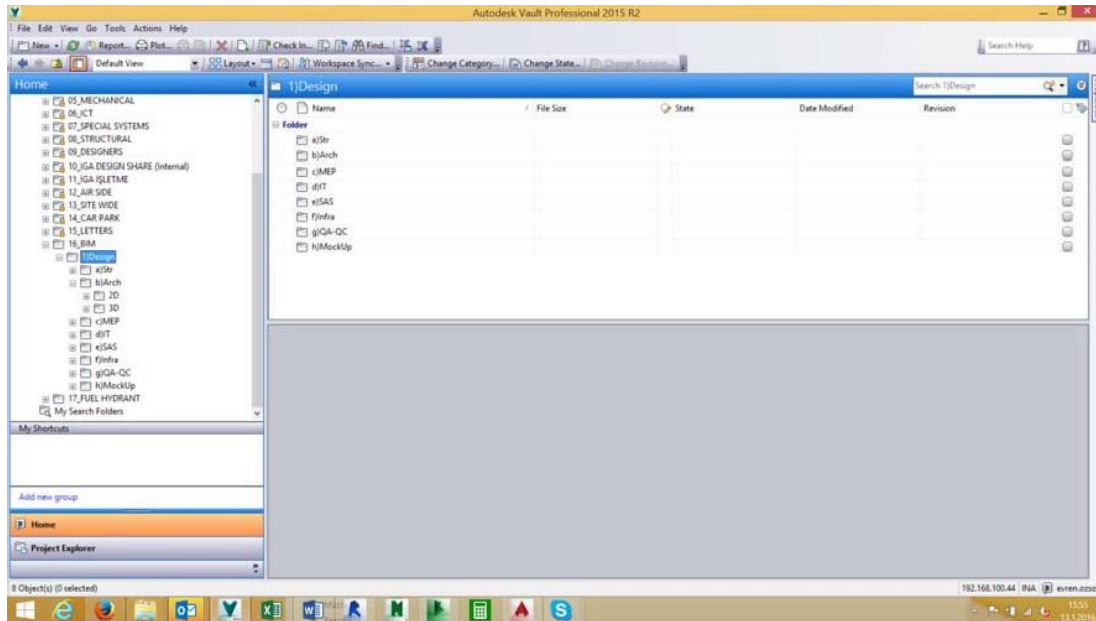
Şekil 3.4: İGA YBM Uygulama Planı Koordinasyon Takvimi (İGA, 2016)

YBM uygulama planı ile birlikte İGA YBM stratejisi belirlenmiştir. Konsept tasarım ile başlayan süreçte modeller zamanla detaylandırılmıştır. Tasarım ile yapım aynı anda ilerlediğinden öncelikli olarak yapımı devam eden bölgelerde modelleme çalışmaları tamamlanmıştır. Bu kapsamda yapısal tasarım, mimari tasarım ve alt yapı bir arada değerlendirilmiş ve koordine edilmiştir. Kısa sürede yapımın önüne geçen tasarım ve modelleme ile mekanik, elektrik, bilişim teknolojileri asansör-yürüyen bant ve merdiven sistemleri ile havalimanı özel sistemleri arasındaki koordinasyon tamamlanmış ve bu sistemler inşai, mimari ve altyapı sistemleri ile başarılı bir şekilde aynı ortamda süperpoze edilmiştir. Bu aşamalarda inşaat çözümleri oluşturulmuş ve yapım sürecinin önü açılmıştır. YBM istenilen detay seviyesine (LOD) getirilmiştir.



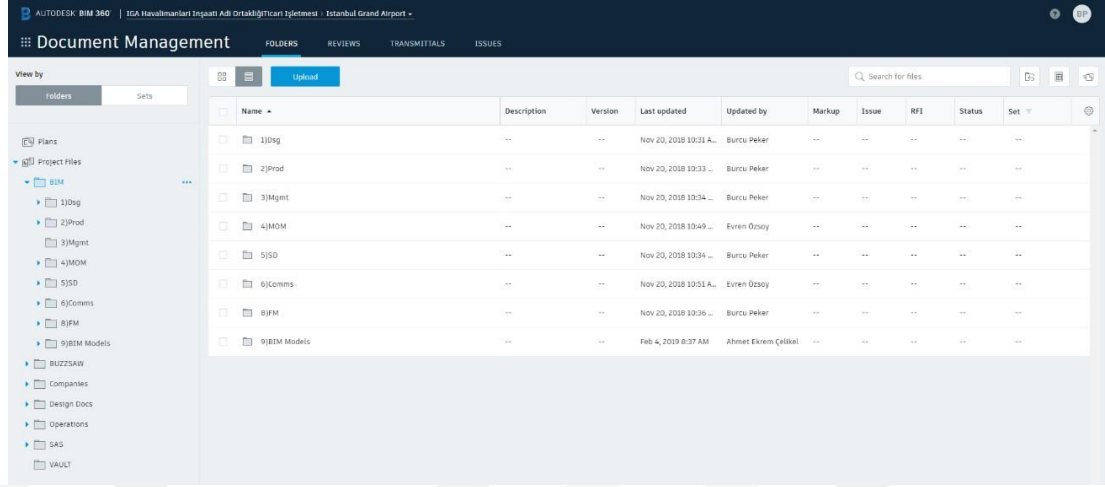
Şekil 3.5: İGA YBM Uygulama Planı YBM Stratejisi (İGA, 2016)

Yapı bilgi modeli uygulama planı ile dosya paylaşım metodları belirlenmiş ve yazılı hale getirilmiştir. Belirlenen platformlarda kullanıcılar yetkilendirilerek ana yüklenici İGA şirketi ile alt yüklenici firmalar arasında dosya paylaşımı gerçekleştirilmiştir. Dosya paylaşım platformları belirlenirken İGA inşaat sahası içinde bulunan farmalar ile farklı bölgelerde bulunan ve tasarıma uzaktan destek olan firmalar ayrı ayrı düşünülmüş, buna göre çözümler üretilmiştir. Buna göre; yeni havalimanı inşaat sahası içerisinde bulunan ekiplerin dosya paylaşım platform olarak Vault yazılımı tercih edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Vault ile Dosya Paylaşımı (İGA, 2016)

Farklı bölgelerde bulunan ve tasarımlarına uzaktan devam eden alt yüklenici firmaların dosya paylaşım platformu olarak ise BIM 360 kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Bulut Teknolojisi ile Dosya Paylaşımı (İGA, 2016)

3.3 Yapı Bilgi Modeli Entegrasyonu

İlk yer tesliminin yapılması ile birlikte başlayan projede yapı bilgi modeli kullanımına karar verildiğinde alt yüklenici firmaların sözleşmelerinde YBM uygulama zorunluluğu yoktu. Yapı bilgi modeli uygulama planı taslağının oluşması ile birlikte İGA şirketi tarafından bütün paydaşlara ve alt yüklenicilere yayını yapılmıştır ve sözleşmeler ile alt yüklenici firmalara YBM uygulaması zorunlu kılınmıştır. Daha önce YBM uygulaması yapmamış ya da birden çok tasarımcı ile birlikte çalışmamış altyüklenici firmalar YBM uygulaması ve tasarımdan işletme sürecine kadar YBM kullanımı konusunda bilgi sahibi değillerdi. Bu sebeple sözleşmede belirtildiği üzere İGA şirketi bünyesinde kurulan YBM direktörlüğünce tasarım ekiplerine, teknik ofis ve saha personellerine eğitimler verilmiş ve ekipler YBM uygulamalarını kullanabilir duruma gelmiştir. Tasarım süreci boyunca haftalık olarak gerçekleştirilen koordinasyon toplantıları ile proje revizyonları gündeme alınmış, ekiplerin belirlediği sorunlar ve çözüm bekleyen konular tartışılmıştır. Günlük olarak gerçekleştirilen toplantılarda ise YBM ekibi ile YBM müdürü ve yöneticisi çözüm bekleyen konuları tartışmakta, günlük iş planlaması yapılmakta ve çözümü gerçekleştirilen konulardaki geri bildirimler sağlanmaktadır (Şekil 3.8).

BIM Meetings		
Meeting Name	Interval	Attendees
General BIM Coordination Meeting	Weekly	BIM Management, Design Managers From All Disciplines, Design Consultants From All Disciplines
Weekly BIM Production Meeting	Weekly	BIM Management, BIM Production
Daily BIM Production Meeting	Daily	BIM Management, BIM Production
Actual		
According to this revision, daily meetings are canceled		

Şekil 3.8: Bulut Teknolojisi ile Dosya Paylaşımı (İGA, 2016)

Proje alanı büyüdükçe yapı ve koordine edilecek sistemler karmaşık bir hal alır, meydana gelen değişiklikler revizyonları zorunlu kılar, geciken revizyonlar diğer disiplinlerin koorninasyonunu geciktirir, böylece tasarım uzar ve maliyet artar. İstanbul Havalimanının proje alanı düşünüldüğünde tasarımı gerçekleştirilecek sistemlerin yoğunluğu tahmin edilebilir seviyededir. 42 aylık inşaat süresi göz önünde bulundurulduğunda herhangi bir aksaklık maliyetin armasına neden olacaktır. Bu sebeple yapı bilgi modinin uygulanabilir olmakla beraber kullanılabilir olmasının da gerekli olduğu anlaşılmıştır. Saha ekiplerinin YBM teknolojisinden faydalanması ve devam eden imalatın YBM'e uygun olarak takip edilebilmesi amacı ile bulut teknolojisine dayalı internet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminden faydalanılmıştır. Gerekli altyapı hazırlanıp taşınabilir cihazlar ile YBM'e erişim sağlanmıştır.

İGA YBM direktörlüğü oluşturulduğu tarihten ilk fazın bitimine kadar gerek altyüklenici gerekse ana firma çalışanlarından 1000'in üzerinde personele eğitimler vermiştir. Eğitime katılan ekiplerin büyük çoğunluğu başlangıçta YBM uygulamasını zaman kaybı ve iş yükü olarak gördüğünü dile getirmiştir. Ancak uygulamanın tasarım sorunlarını çözüp saha imalatında ekiplerin yapacağı işi kolaylaştırdığı anlaşıldığında kullanım istenilen düzeye çıkmıştır. Bu sayede yapı bilgi modeli entegrasyonu İstanbul Havalimanında başarıya ulaşmıştır.

3.4 Koordinasyon ve Modelleme

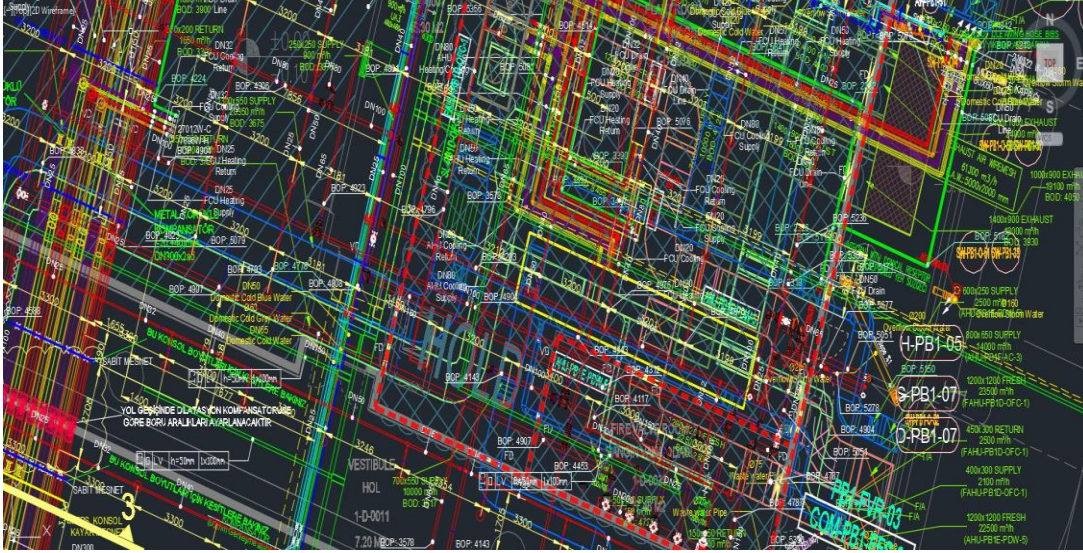
Önceki bölümlerde belirtildiği üzere İGA YBM direktörlüğü inşaatın başlamasından sonra oluşturulmuş ve YBM kullanımı sözleşmelere sonradan dahil olmuştur. Bu süreçte bir çok tasarım 2 boyutlu çizimler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sayıları az olmakla

birlikte tasarımlarını 3 boyutlu modeller ya da yapı bilgi modelleri ile oluşturmuş firmalar da bulunmaktadır. Tüm bu dökümanları tek bir platformda koordine edilip süperpoze halini oluşturabilmek için yüklenici modelleme ekibi 2 boyutlu çizimleri yapı bilgi modeline dönüştürmüştür. Aşağıdaki çizelge disiplinlere göre teslim alınan dökümanların 2 boyut, 3 boyut ve YBM olarak dağılımını göstermektedir.

Çizelge 3.2: Teslim alınan dosyaların yüzdelik dağılımı

Disiplin	2B	3B	YBM
Mekanik	%90	%10	0
Elektrik	%90	%10	0
IT	%67	0	%33
SAS	%40	%40	%20
Mimari	%82	0	%18
İnşai	%33	0	%67
Altyapı	%67	%33	0

Çizelge 3.2’de görüldüğü gibi tasarım dökümanlarının büyük bir kısmı 2 boyutlu çizimlerden oluşmaktadır. Sistemlerin yoğun olması ve saha imalatın hızlı ilerlemesi sebeplerinden 2 boyutlu çizimler koordinasyonu oldukça zorlaştırmıştır. Oluşturulan 2 boyutlu çizimler süperpoze edildiğinde ortaya çıkan görüntü anlaşılması zor olmakla beraber diğer tüm disiplinler ile birlikte değerlendirilip 2 boyutlu ortamda koordine edilmesi olanaksızdır. Şekil 3.9 üst üste süperpoze edilen havalandırma sistemleri, duman egzoz sistemleri, ısıtma-soğutma sistemleri, temiz-pis su sistemleri ile mimari elemanları göstermektedir. 2 boyutlu ortamda yapılan koordinasyon göstermektedir ki sistemler ne kadar karmaşık olursa koordinasyon da o kadar zorlaşır. Bu sebeple İGA YBM direktörlüğü, tasarımcı firmalardan gelen 2 boyutlu dökümanları yüklenici modelleme ekibi aracılığı ile 3 boyutlu YBM haline getirmiştir.



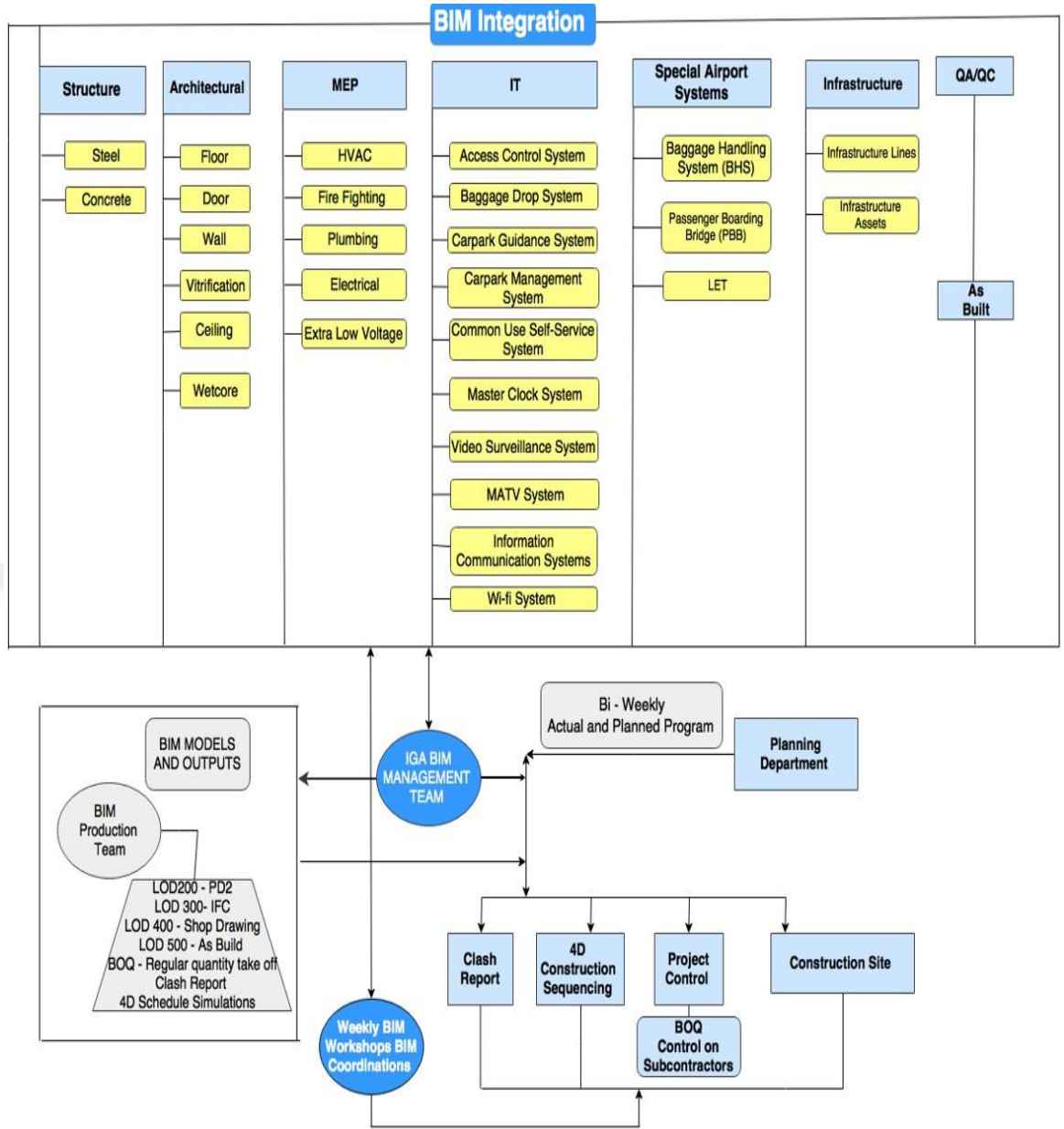
Şekil 3.9: 2B mekanik projelerin mimari ile süperpozitesi

Modellemeye başlamadan önce oluşturulacak modellerin İstanbul Havalimanı'nın paylaşılan koordinatlarında olabilmesi için projeler ortak koordinata taşınmıştır. Bu amaçla ölçüm noktaları İGA Mobilizasyon ekipleri tarafından control edilip olaylanmıştır. Güncel aks ve katlar ortak koordinatlara göre yeniden düzenlenmiştir ve bağlantılı dosyalar ortak koordinatlara göre sabitlenmiştir. Çizelge 3.3'te İstanbul Havalimanı paylaşılmış proje koordinatları gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 İstanbul Havalimanı Proje Koordinatları (İGA, 2016)

N/S	4570117172.050
E/W	394242862.740
Elevation	89000.000 mm

Modellemenin ilk aşamasında 2 boyutlu çizimler 3 boyutlu hale getirilmiştir, ardından diğer disiplinlere ait modeller ile oluşturulan modeller bir araya getirilip tüm sistemleri içeren bir model meydana getirilmiştir. Modelleme sonrası ilk aşamada ise sistemlerin birbirleri ile ilişkileri incelenmiş, sorunlar tespit edilip kayıt altına alınmıştır. Farklı disiplinlerin koordinasyonunun YBM çatısının altında devam edebilmesi için hazırlanan iş akışı uygulama planına işlenmiştir. YBM'nin diğer disiplinlere entegrasyonu Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10: Farklı disiplinlerin YBM'e entegrasyonu (İGA, 2016)

YBM ile bir araya getirilen farklı tasarımların birbirleri ile olan mevcut durumları koordinasyon açısından değerlendirilmiştir. Tespit edilen tutarsızlıklar sorunun ciddiyetine göre kayıt altına alınmıştır. Çözümü kolay bir şekilde gerçekleşen sorunlar için kabul edilebilir sınırlar içerisinde düzenlemeler yapılabilirken daha ciddi ve teknik çözüm gerektiren konularda bilgi talep dökümanları (RFI-request for information) oluşturulmuştur. RFI dökümanları ile kayıt altına alınan konular modelleme ekibi tarafından tasarım firmalarına iletilir ve belirtilen notlara göre tasarımlarını revize etmeleri istenir. Bu kapsamda İGA şirketine bağlı çalışan YBM direktörlüğü örnek bilgi talep dökümanları hazırlamıştır. Hazırlanan RFI dökümanları uygulama planına

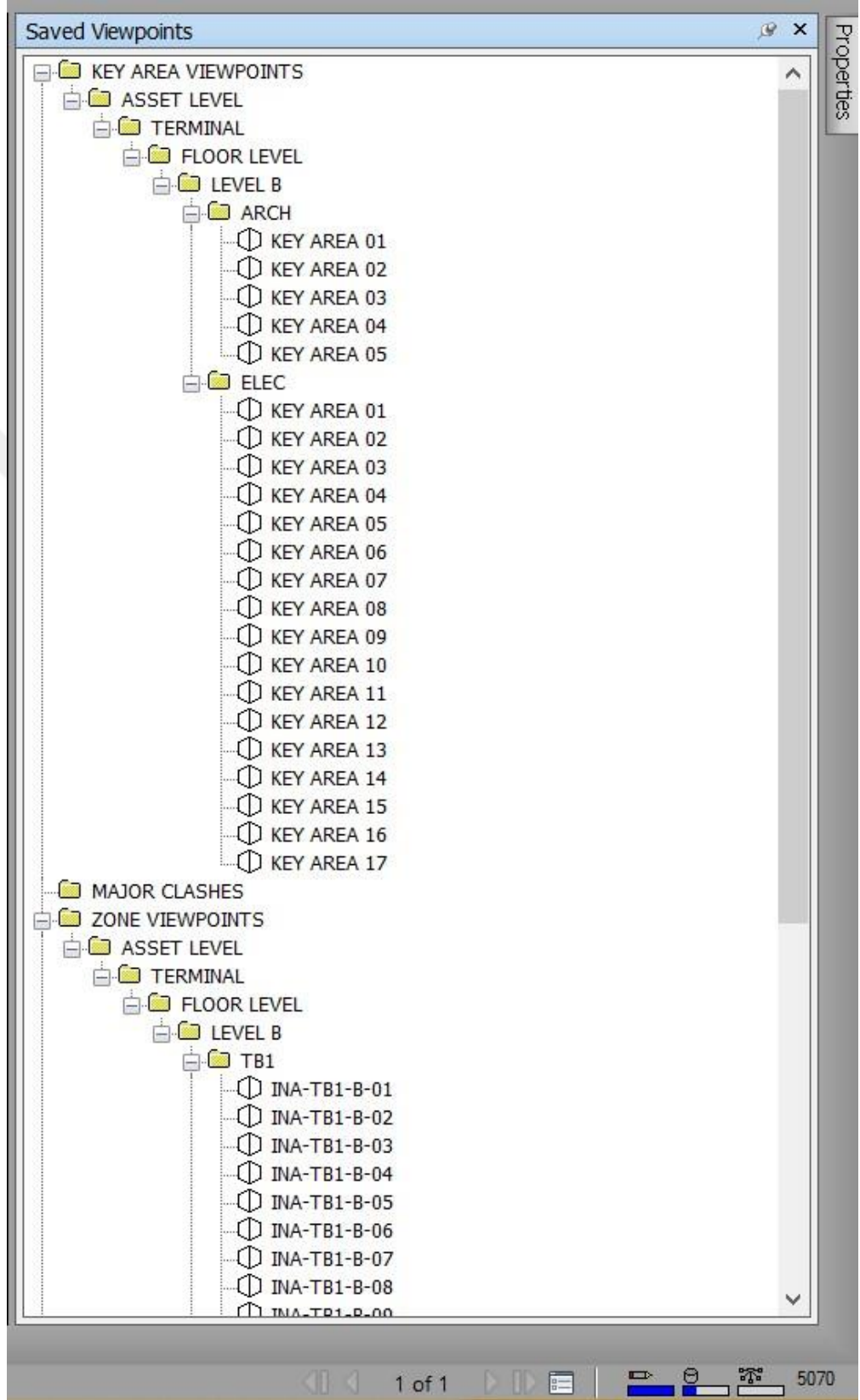
eklenerek tüm paydaşlar ile paylaşılmıştır. Aşağıda Şekil 3.11’de örnek RFI dökümanı gösterilmiştir.

		INA PROJECT REQUEST FOR INFORMATION (RFI)	
		ORIGINATOR COMPANY : Invicta	RFI NO : INV-BIM-MEPF-TB-00027
Subject / RFI Topic : Fire Fighting Header details required			
From: Mithun Mishra	TO : Evren Özsoy		
Date: 16/1/2016	CC:		
Response Required By:			
Disciplines : MEPF	Attachments:	2 nos of Snapshots	
Building Code : TB	External References:		
Zone : TB (All)			
Level: B			
Grid:			
QUESTION OR CONCERN			
1.Fire Fighting's Header details are not available with client's supplied CAD design dwg for basement level. Kindly refer entire CAD design dwg's header area.			
ANSWER			
Responded by			
Name And Surname		Name And Surname	
Date		Date	
Signature		Signature	

Şekil 3.11: Bilgi talep dökümanı-RFI (İGA, 2016)

Belirlenen küçük ve orta ciddiyetli tasarım konuları ekran alıntıları ile kayıt altında tutulur. Alınan ekran alıntıları saha ekiplerine ve proje ekiplerine ayrı ayrı gönderilir. Bu doğrultuda hazırlanan imalat çizimlerinde tasarım ekiplerinin belirtilen ekran alıntılarını vurgulamaları istenirken saha ekiplerinin de yapılan imalatı ekran

alıntılarına göre kontrol etmeleri istenir. Şekil 3.12’de gösterildiği gibi kayıt altına alınan tasarım hataları düzeltildikten sonra yeniden kontrol edilir.

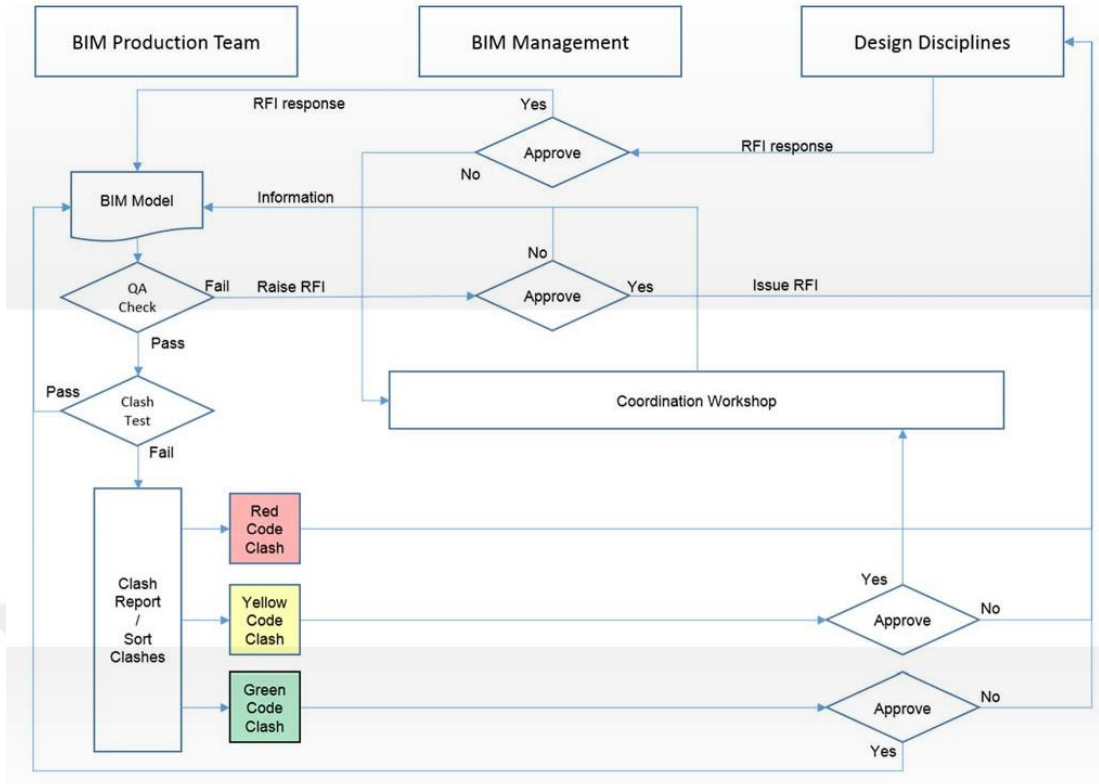


Şekil 3.12: Disiplinler arası koordinasyonda alınan ekran görüntüleri (İGA, 2016)

Bilgi talep formları ile kayıt altına alınan konular 2 boyutlu ve 3 boyutlu tasarımlarda anlaşılmayan noktalar, tasarım hataları, eksik tasarım ya da diğer disiplinlerle süperpoze sonucunda belirlenen konulardır. Modelleme ekibi tarafından tespit edilip oluşturulan RFI dökümanları ilk önce yapı İGA YBM direktörlüğü tarafından kontrol edilir, belirtilen hataların teyit edilmesi ile kontrol edilen doküman ilgili tasarım firma personellerine iletilir ve talebi yanıtlaması beklenir. Tasarımcı firma, talebi yanıtladıktan sonra, yanıt İGA YBM direktörlüğü tarafından kontrol edilir ve modelleme ekibine iletilir. Manuel kontroller tamamlandıktan sonra oluşturulan modelde belirlenen parametrelere göre çakışma analizleri gerçekleştirilir. Çakışma analizleri ile disiplinlerin kendi aralarındaki ve diğer disiplinlerle olan koordinasyon durumları incelenir. Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için kurallar atanır ve çakışma tespiti gerçekleştirilir. Tespit gerçekleştirildikten sonra istenilen formatta rapor oluşturulur. Çakışma raporunun formatı aşağıdaki gibidir.

- Çakışmaya ait resim
- Öge adları ve güzergah
- Mevcut durum
- Çakışma mesafesi
- Aks-Konum bilgisi
- YBM ekibi ve diğer tasarımcıların çakışmanın çözümü ile ilgili yorumlarını içeren sütunlar

Belirlenen olumsuzluklar hatanın ciddiyetine göre sınıflarına ayrılır. Şekil 3.13’de tespit edilen hataların hangi sınıflarda değerlendirildiği ve hata tespitinden sonra izlenen yol gösterilmiştir.



Şekil 3.13: Disiplinler arası koordinasyonda izlenen yol (İGA, 2016)

Buna göre tespit edilen çakışmalar üç başlık altında incelenmiştir;

- Yeşil Çakışma Kodu (Green Code Clash)
- Sarı Çakışma Kodu (Yellow Code Clash)
- Kırmızı Çakışma Kodu (Red Code)

Yeşil çakışma kodlu tasarım eksikleri, diğer sınıflara göre çözümü kolay olan eksiklerdir. Yapı bilgi modelleme ekibi tarafından çözülür ve ekran alıntıları ile kayıt altına alınır. Çözümü kolay olduğundan saha imalatını ve koordinasyonu önemli derecede etkilemez.

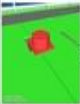
Sarı çakışma kodlu tasarım eksikleri, revizyon gerektiren önemli çakışmalardır. Çakışma tespiti yapıldıktan sonra öncelikle yapı bilgi modeli ekibi tarafından çözüm önerileri üretilir, mantıklı çözümler değerlendirilir ve gerçekleştirilen koordinasyon toplantıları ile ilgili tasarım firmalarına bildirilir. Teknik açıdan uygun görülen çözümler modelleme ekibine iletilir ve tasarım revize edilir.

Kırmızı çakışma kodlu tasarım eksikleri, tasarım değişikliği ve teknik donanım gerektiren çok önemli çakışmalardır. Çakışma tespiti yapıldıktan sonra ilgili tasarım

firmasına bilgi talep dökümanı oluşturulur ve tasarımını düzeltmesi istenir. Belirlenen zaman içerisinde yanıtlanan RFI dökümanı yapı bilgi modeli ekibi tarafından incelenir. Uygun görülmesi halinde modelleme ekibine iletilir. Yanıtın gecikmesi durumunda YBM ekibi, sıkıntılı tasarımdan etkilenen taraflar ile koordinasyon toplantısı düzenler ve ortak bir çözüm üretilmesi beklenir. Kabul gören çözüm önerileri modelleme ekibine iletilir ve çakışma ortadan kaldırılır. Şekil 3.14'te örnek çakışma raporu gösterilmiştir.

IGA BIM Clash Report

20130113_HVAC_VS_STRC	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Status
	0.001m	65	0	0	0	63	2	OK

					Item 1		Item 2		BIM Comment	IGA Discipline Comment
Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Path	Item Name	Path	Item Name		
	Clash1	Approved	-0.073	NED-NEE : PB_B (-12.00)	File > File > INA_HVAC_PB MOCKUP.nwc > PB_D (±0.00)_DUC > Duct Accessories > INA_HVAC_DAC_FD_Round > Standard > INA_HVAC_DAC_FD_Round > Standard > HVAC Supply	HVAC Supply	File > File > INA_STRC_PB MOCKUP.nwc > Structural Framing > M_Precast-Double Tee_2825 > 2825 x 500mm > M_Precast-Double Tee_2825 > Concrete - Precast Concrete - 35 MPa	Concrete - Precast Concrete - 35 MPa		
	Clash2	Approved	-0.072	NED-NEE : PB_B (-12.00)	File > File > INA_HVAC_PB MOCKUP.nwc > PB_D (±0.00)_DUC > Duct Accessories > INA_HVAC_DAC_FD_Round > Standard > INA_HVAC_DAC_FD_Round > Standard > HVAC Supply	HVAC Supply	File > File > INA_STRC_PB MOCKUP.nwc > Structural Framing > M_Precast-Double Tee_2825 > 2825 x 500mm > M_Precast-Double Tee_2825 > Concrete - Precast Concrete - 35 MPa	Concrete - Precast Concrete - 35 MPa		
	Clash3	Approved	-0.071	NED-NEE : PB_B (-12.00)	File > File > INA_HVAC_PB MOCKUP.nwc > PB_D (±0.00)_DUC > Duct Accessories > INA_HVAC_DAC_FD_Round > Standard > INA_HVAC_DAC_FD_Round > Standard > HVAC Supply	HVAC Supply	File > File > INA_STRC_PB MOCKUP.nwc > Structural Framing > M_Precast-Double Tee_2825 > 2825 x 500mm > M_Precast-Double Tee_2825 > Concrete - Precast Concrete - 35 MPa	Concrete - Precast Concrete - 35 MPa		

Şekil 3.14: Örnek çakışma raporu (İGA, 2016)

Çakışma raporları alınıp tespit edilen sorunlar çözüldüğünde model de güncel tasarıma göre güncellenmiştir. YBM ekibi güncellenen modelleri belirlenen dosya paylaşım platformları aracılığı ile tasarım ekipleri ve altyüklenici firmalar ile paylaşır. Alt yüklenici firmalar da mevcut modellere göre imalat çizimlerini üretir ve bu çizimlerin onay süreci ile değerlendirilmesi için İGA şirketinin döküman control departmanına gönderir. Uygun görülmesi durumunda çizimler imalat için saha ekiplerine iletilir ve koordinasyonlu bir şekilde imalatın tamamlanması sağlanmış olur. Çizimler uygun görülmediği takdirde güncel yapı bilgi modeline göre belirlenen sorunların düzeltilmesi istenir. Bu süreçte internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ve bulut

teknolojisi desteği ile taşınabilir cihazlarda yer alan modellere göre saha imalatı devam edebilir olduğundan süreçte bir aksaklık yaşanmaz.

Köseoğlu vd. tarafından Ağustos 2018 tarihinde yapılan çalışmaya göre, İstanbul Havalimanı'nda gerçekleştirilen yapı bilgi modeli uygulamaları ile dijital ortamda 601,918 çakışma tespit edilmiştir. Dijital ortamda meydana gelen çakışmalar, disiplinlere göre ve çakışmanın sahada çözüm sürelerine göre belirlenen katsayılar ile indirgiğinde önem arz eden dijital çakışma sayısı 238,635 adet bulunmuştur. Yapılan çalışma göre, tespit edilen dijital çakışmalar yapı bilgi modeli ortamında çözülmediği takdirde 16 milyon 442 bin 36 adam günü işgücü kaybı meydana gelebilir ve bu iş kaybı projeye 835 milyon 400 bin Avro değerinde bir zarar getirebilir. YBM kullanımı ile giderilen çakışmaların projeye katkısı Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

TERMINAL	Number of Clashes	Clash dependency Coefficient	Number of Clashes with dependencies	Per Clash /Man*day	Total Savings Time (Day)	Labor Cost (35€/Per Day)	Reconstruction (Avg:€500)	Total Cost Saving
BHS vs MEP Clashes	52.305	0,25	13.076	*45 days*10 men	5.884.200	€205.947.000,00	Negligible	€205.947.000,00
MEP vs MEP Clashes	240.176	0,33	79.258	*21 days*5 men	8.322.090	€291.273.150,00	Negligible	€291.273.150,00
MEP vs ARCH & STRC	76.275	0,5	38.138	* 2 days*2 men	152.552	€5.339.320,00	€76.276.000,00	€81.615.320,00
BHS vs ARCH&STRC	96.750	0,5	48.375	*2 days*2 men	193.500	€6.772.500,00	€96.750.000,00	€103.522.500,00
PIERS								
MEP vs MEP Clashes	49.521	0,33	16.342	*21 days*5 men	1.715.910	€60.056.850,00	Negligible	€60.056.850,00
MEP vs ARC&STRC	86.891	0,5	43.446	*2 days*2 men	173.784	€6.082.440,00	€86.892.000,00	€92.974.440,00
TOTAL	601.918		238.635		16.442.036 man-days	€575.471.260,00	€259.918.000,00	€835.389.260,00

Şekil 3.15: Çakışma analizi ile zaman ve maliyet hesabı (Köseoğlu vd. 2018)

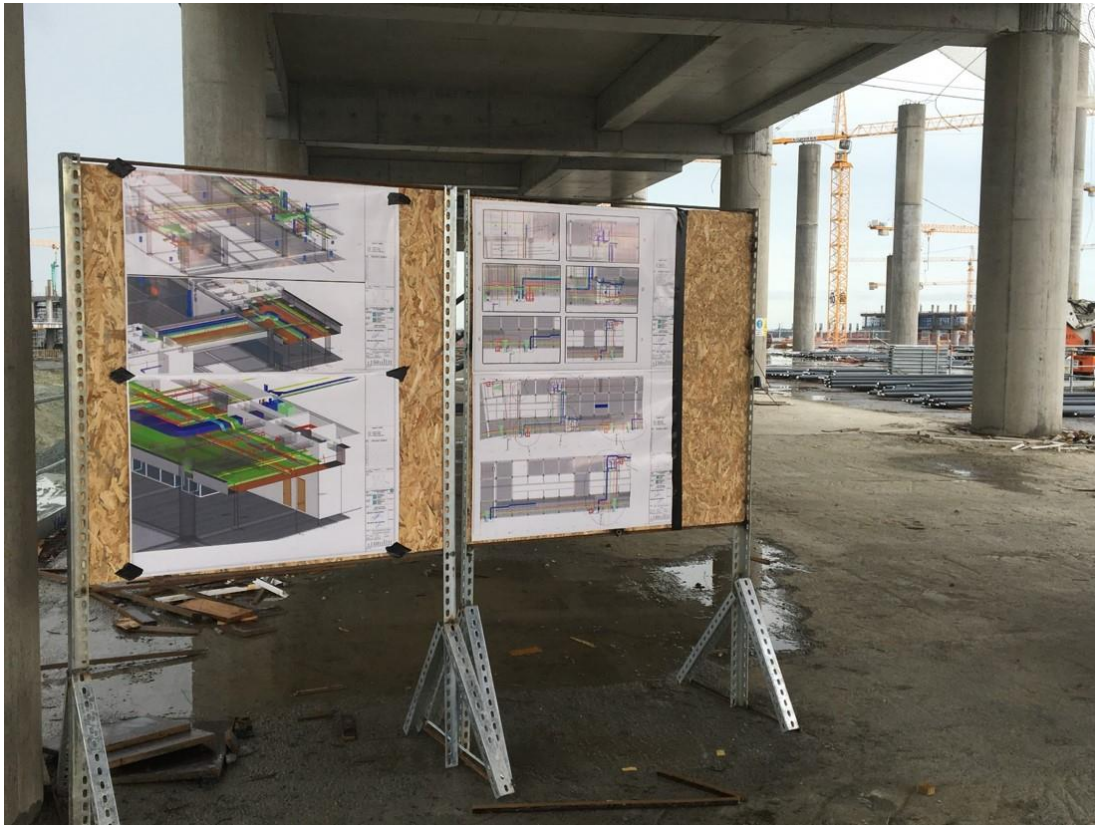
Şekil 3.15'de görüldüğü üzere yapı bilgi modeli uygulaması ile tasarruf edilen miktar İGA Faz 1 bütçesinin yaklaşık %10 kadardır.

3.5 Yapı Bilgi Modeli Mobil Kullanımı

Proje revizyonları ya da saha imalat çizim onayları beklenirken saha imalatı durmakta ya da yavaşlamaktadır. Saha imalatının yavaşlaması hakediş ve kalite sürecini yavaşlatmakta, bir disiplinin yapacağı imalatın gecikmesi ise tüm disiplinleri

etkilemekte ve proje yavaşlamaktadır. YBM uygulama planının paydaşlara yayınının yapılması ile birlikte başlayan süreçle mevcut 2 boyutlu projelerin 3 boyutta modelleme işlemi devam ederken sahada koordineli modellere ihtiyaç duyulmaktaydı.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi İGA YBM direktörlüğü tarafından tasarımcılara ve saha ekiplerine verilen eğitimler ile bulut teknolojisine bağlı İTYBS sayesinde mobil cihazlar saha ekiplerince imalat yapımında ve kontrolünde aktif bir şekilde kullanılmıştır. Taşınabilir cihaz altyapısı sağlanıncaya dek İGA YBM direktörlüğü tarafından 3 boyutlu saha imalat paftaları hazırlanmış ve imalata başlanacak bölgelere bu paftalar yerleştirilmiştir (Şekil 3.16).

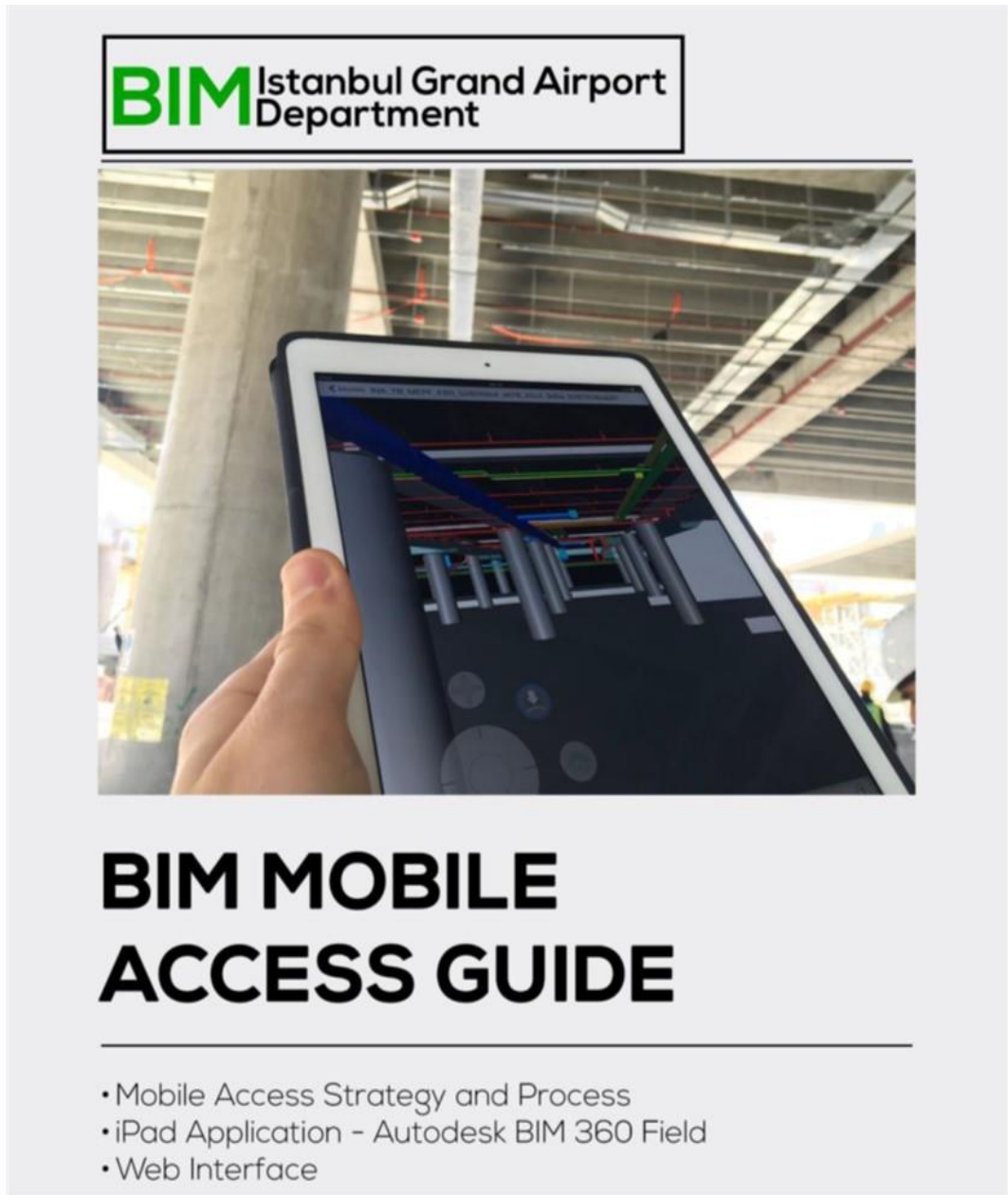


Şekil 3.16: 3B YBM Paftaları

Şekil 3.16’da görüldüğü gibi inşai işlerin tamamlanmasının ardından imalata başlanacak bölgelere yerleştirilen 3 boyutlu imalat paftaları ile imalat için proje bekleyen işlerin önü açılmıştır. Taşınabilir cihazlarda yer alan modeller kadar etkili olmasa da yerleştirilen 3 boyutlu imalat çizimleri sistemler arasındaki ilişkinin ekiplerce anlaşılması açısından etkili olmuştur.

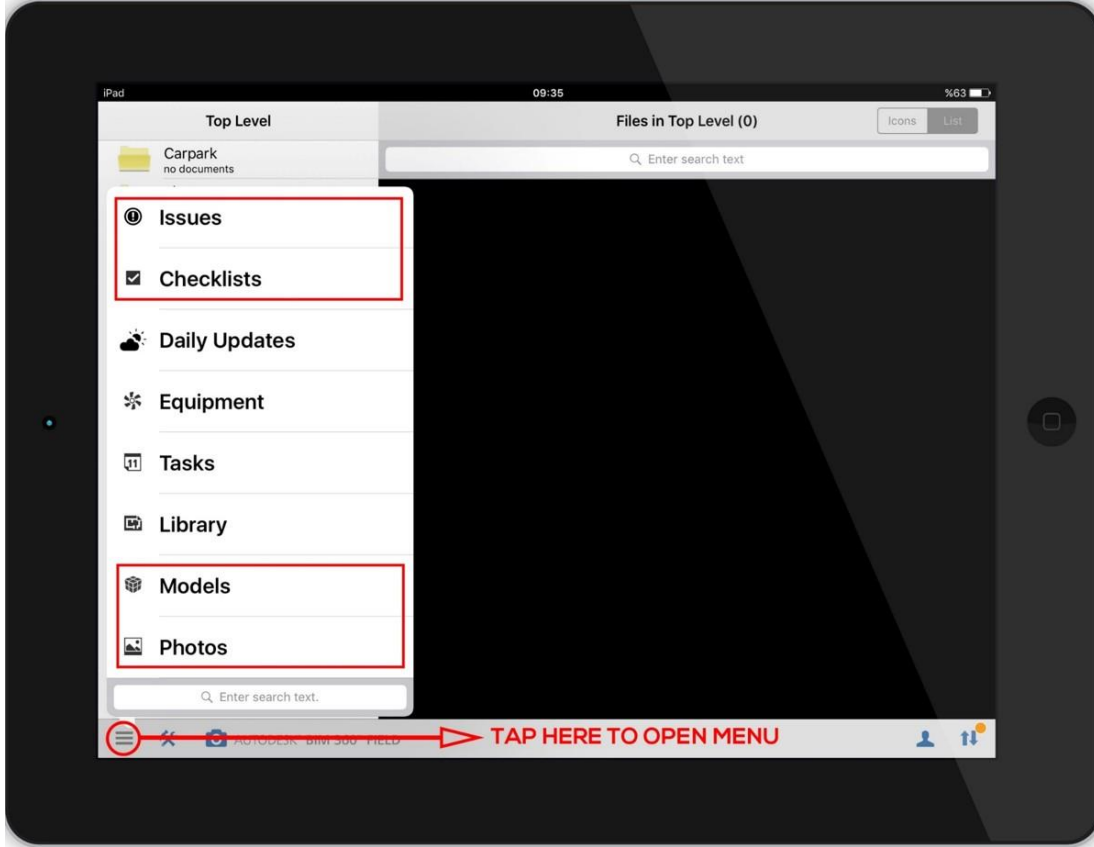
Gerekli fizibilite çalışmaları yapıp uygun donanım ve cihazlara karar verildikten sonra İTYBYS destekli taşınabilir cihaz teknolojisine geçilmiştir. Bu kapsamda

öncelikle taşınabilir cihazlarda yapı bilgi yönetimi kullanıcı rehberi oluşturulmuş, tasarım ve saha ekiplerine eğitimler verilmiştir (Şekil 3.17). Ana yüklenici İGA bünyesinde çalışan mekanik, elektrik, bilgi teknolojileri, inşai, mimari ve havalimanı özel sistemleri personellerine saha imalatlarını takip edip gerektiği yerde müdahale edebilmeleri ve her an YBM kullanabilmeleri için 150 adet yapı bilgi yönetimi sistemini içeren tablet bilgisayar sağlanmıştır. Alt yüklenici firmalara ise kurulan bu sisteme erişim imkanı verilmiştir. Sisteme dahil olmak ve yapı bilgi modelinden sahada faydalanmak istedikleri takdirde gerekli donanımı kendileri sağlamak koşuluyla kurulan altyapıyı kullanmaları sağlanmıştır.



Şekil 3.17: İTYBYS kullanıcı rehberi

Tablet bilgisayarlarda yer alan uygulama ile kullanıcılar imalatın yapılacağı bölgenin koordine modellerine, ataşmana eklenen saha fotoğraflarına, kütüphane içerisinde bulunan onaylı 2 boyutlu saha çizimlerine, hakediş ve kalite kontrol dökümanlarına, olumsuzluk raporlarına, yaklaşan günlük aktivitelerine ve ekipman bilgilerine erişebilmektedirler. Bu sayede tek bir personel 7 farklı discipline ait imalatı bir arada görebilir, kendi disiplinine ait imalatı gözlemleyebilir ve gerektiği yerde müdahale edebilir. Kullanıcı ekranından alınan ekran alıntısı Şekil 3.18’de görülmektedir.



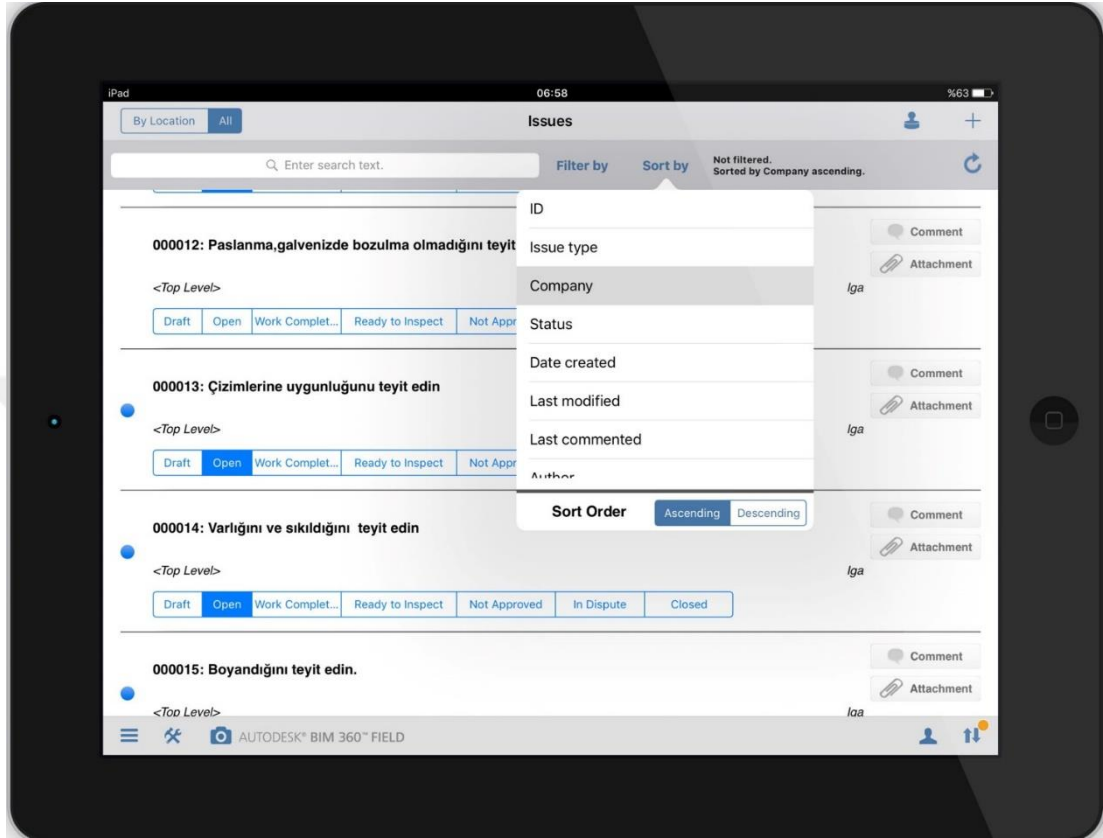
Şekil 3.18: Taşınabilir cihaz kullanıcı arayüzü

Kullanıcı arayüzünde yer alan başlıklar aşağıda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

3.5.1 Olumsuzluklar

Şekil 3.19’da gösterilen Issues sekmesinde kullanıcılar, dijital ortamda oluşturulan ve saha imalatında tespit edilen olumsuzlukları kayıt altına alırlar ve diğer kullanıcıların oluşturduğu olumsuzluk raporlarını gözlemlerler. Olumsuzluk raporu oluşturulmadan önce saha imalatı modele ya da 2 boyutlu onaylı çizimlere göre kontrol edilir, uyumsuzluk tespit edilir, model ve saha görüntüleri ataşmana eklenir, çakışmaya sebep olan ve çakışmadan etkilenen disiplinler belirtilir, aks bilgisi eklenir ve çözüm

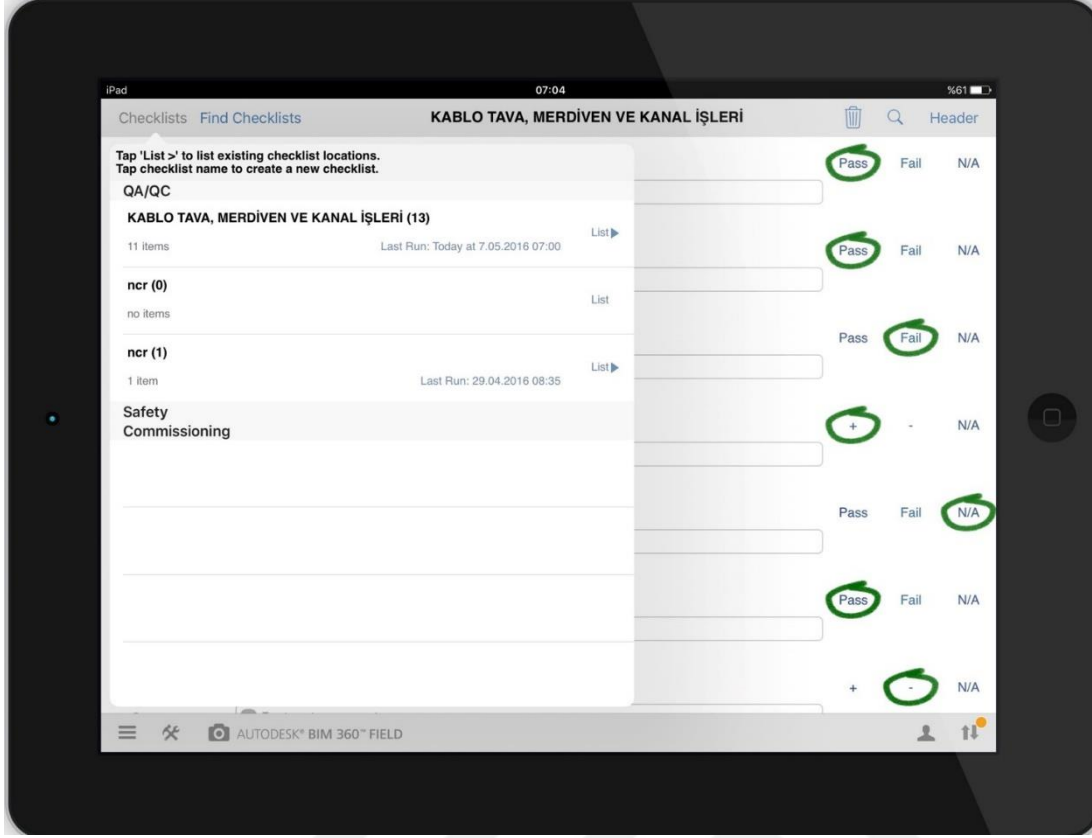
önerileri ile birlikte sisteme yüklenerek tüm kullanıcılara iletilir. Bu sayede saha imalatı yapılırken kontrol edilmiş olur, henüz imalat tamamlanmadığı için tespit edilen çakışmalar genelde yeşil kodlu çakışmalardır ve çözümü kolay konulardır. İlgili disiplin personelleri ekiplerini yönlendirir ve sorun ilk etapta çözüme kavuşturulur.



Şekil 3.19: İTYBYS olumsuzluk raporu

3.5.2 Kontrol Listeleri

Kontrol listeleri (Checklists), altyüklenici firmanın hakediş yapabilmesi için kalite kontrol ekiplerince oluşturulan, tamamlanan imalatın belirlenen kalite kriterlerine ve yönetmeliklere uygun olarak kontrol edildiği dökümanların dijital ortamda oluşturulmuş benzerleridir. Bulut tabanlı İTYBS ile oluşturulan sistemde kontrol listelerinin tamamı dijital ortamda oluşturulup imzalanmıştır. Böylece kağıt işi ortadan kaldırılmış olup kalite kontrol süreçleri daha hızlı ve güvenli bir şekilde devam ettirilmiştir. Şekil 3.20’de İTYBYS üzerindeki kontrol listelerine ait arayüz gösterilmiştir.



Şekil 3.20: İTYBYS kontrol listeleri

3.5.3 Günlük Güncellemeler

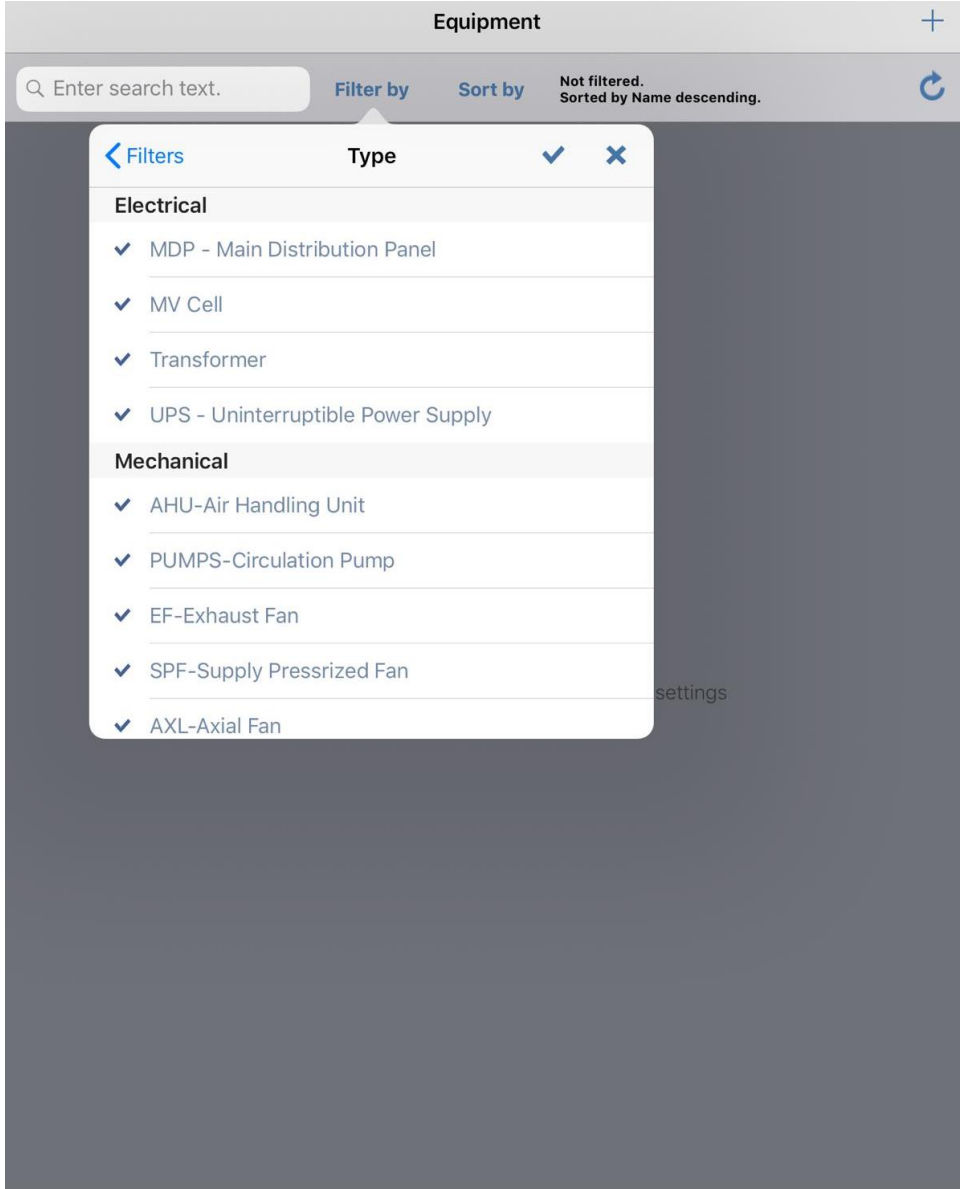
Günlük güncellemeler (Daily Updates) ve bildirimlerin görüntülediği ekrandır. Kullanıcılar bu menu ile günlük aktiviteler ekleyebilir, toplantılar düzenleyebilir ve diğer kullanıcı taleplerini görüntüleyebilirler. Arayüz Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21: İTYBYS günlük aktivite takibi

3.5.4 Ekipmanlar

Ekipmanların eklenip ekipman bilgilerinin görüntülendiği ekrandır (Şekil 3.22). İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sisteminin sunduğu kırımlar ile kullanıcılar her disipline ait ekipman bilgilerine oluşturulan kırımları takip ederek kolay bir şekilde ulaşabilirler.

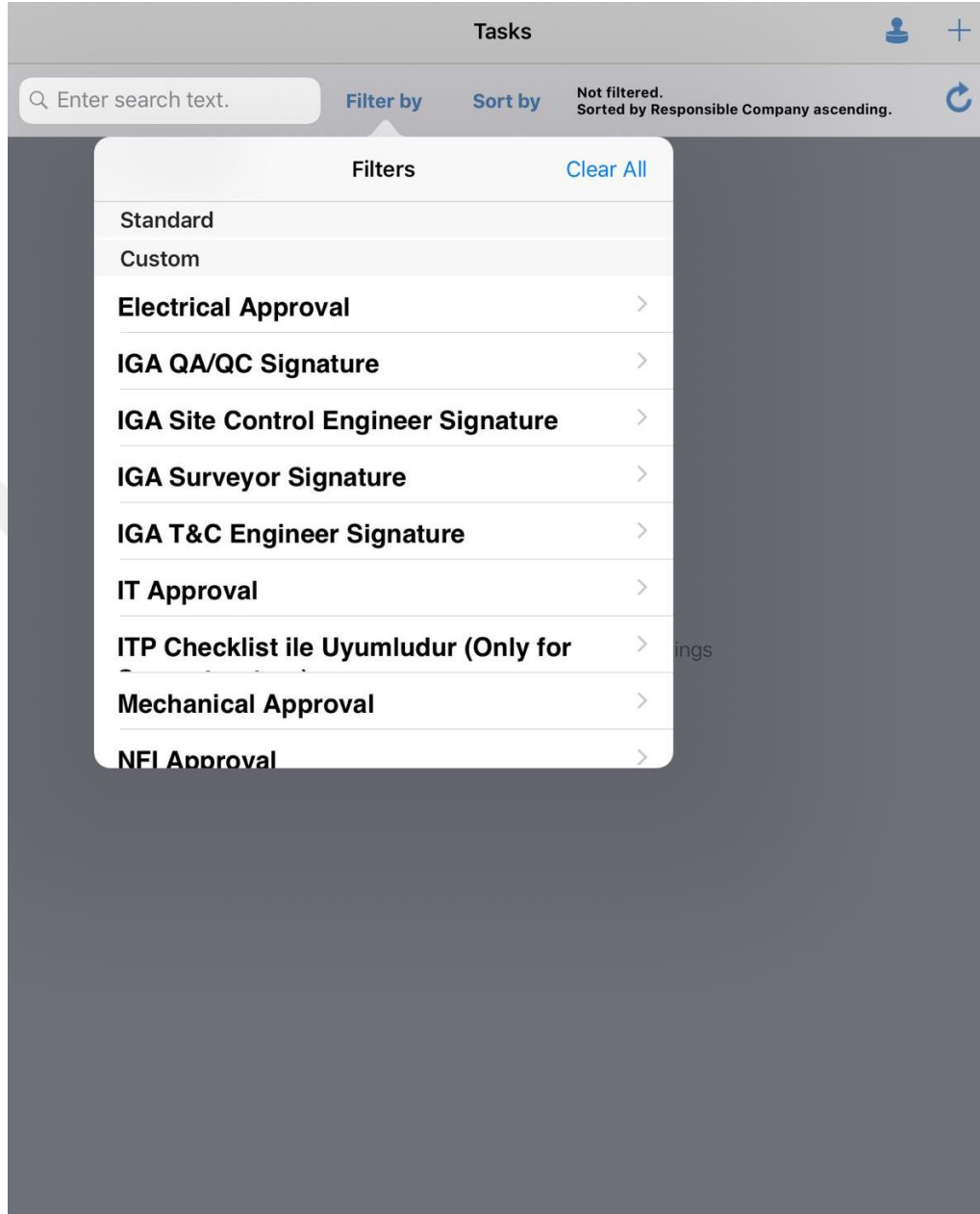


Şekil 3.22: İTYBYS ekipman bilgileri

3.5.5 Görevler

Kalite kontrol süreçlerinin tamamı bu başlık (Tasks) altında gerçekleştirilir (Şekil 3.23). Altyüklenici firma imalatını tamamladığı bir bölgede hakedişini istediğinde bunu yüklenici firmaya iş muayene talebi (NFI) açarak bildirir. Yüklenici firma tarafından NFI dökümanının atasman kısmına onaylı saha çizimi de eklenir. YBM direktörlüğü hakediş istenen bölgedeki saha olumsuzluk raporlarını kontrol eder, hakediş etkileyen bir olumsuzluk tespit edilmez ise NFI dökümanı onaylanır ve kalite kontrol ekiplerine iletilir. İş muayene talep dökümanı yalnızca adı geçen yüklenici firma personeli tarafından doldurulabilir. Gerekli incelemeler yapıp hakediş kalite

standartlarına göre değerlendirilir ve elektronik ortamda imzalanıp derecelendirildikten sonra kayıt altına alınır.

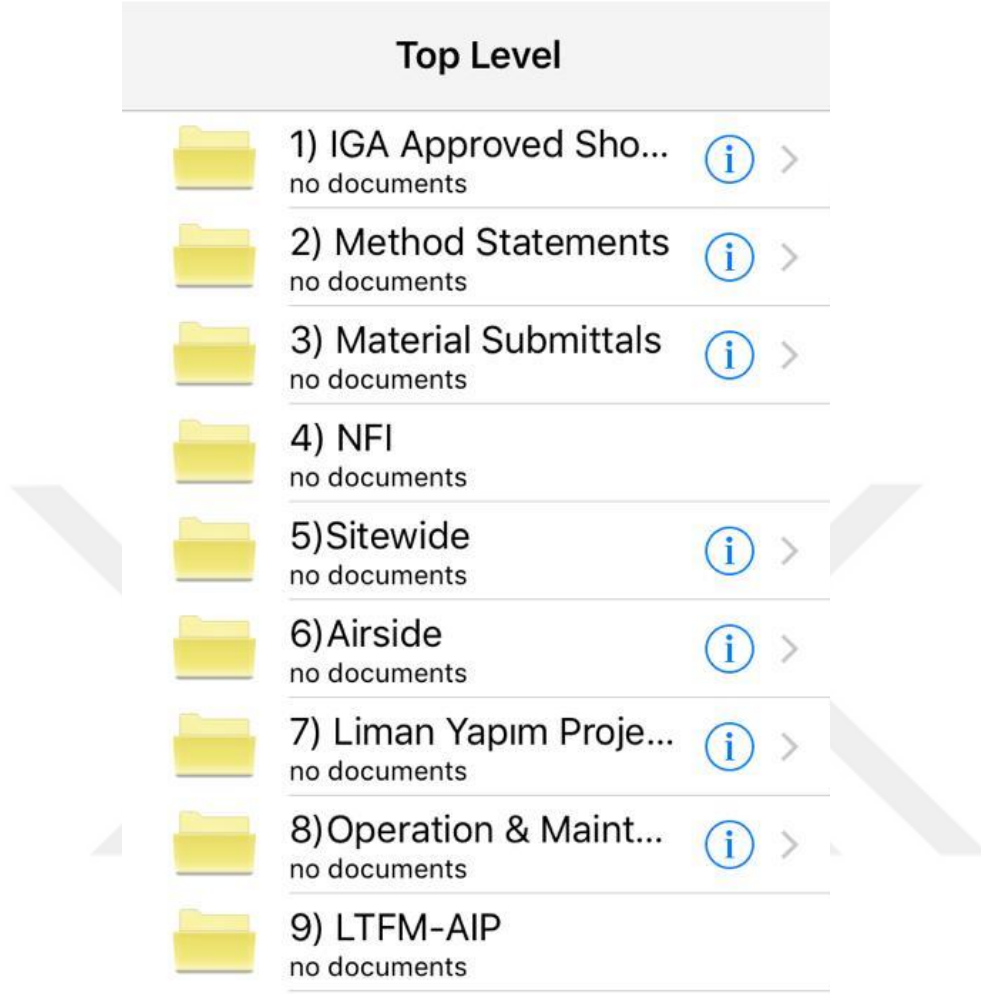


Şekil 3.23: İTYBYS olumsuzluk raporu

3.5.6 Kütüphane

Kütüphane menüsünde onaylı saha çizimleri bulunmaktadır (Şekil 3.24). İnşai, mimari, mekanik, elektrik, bilgi teknolojileri, havalimanı özel sistemleri ve altyapı projeleri yüklenici firmanın döküman kontrol birimi tarafından onaylanır. Onaylanan saha çizimleri yapı bilgi modeli direktörlüğüne iletilir ve burada İTYBS'e yüklenir. Tablet bilgisayar kullanıcıları görmek istedikleri saha çizimlerini sistem üzerinden

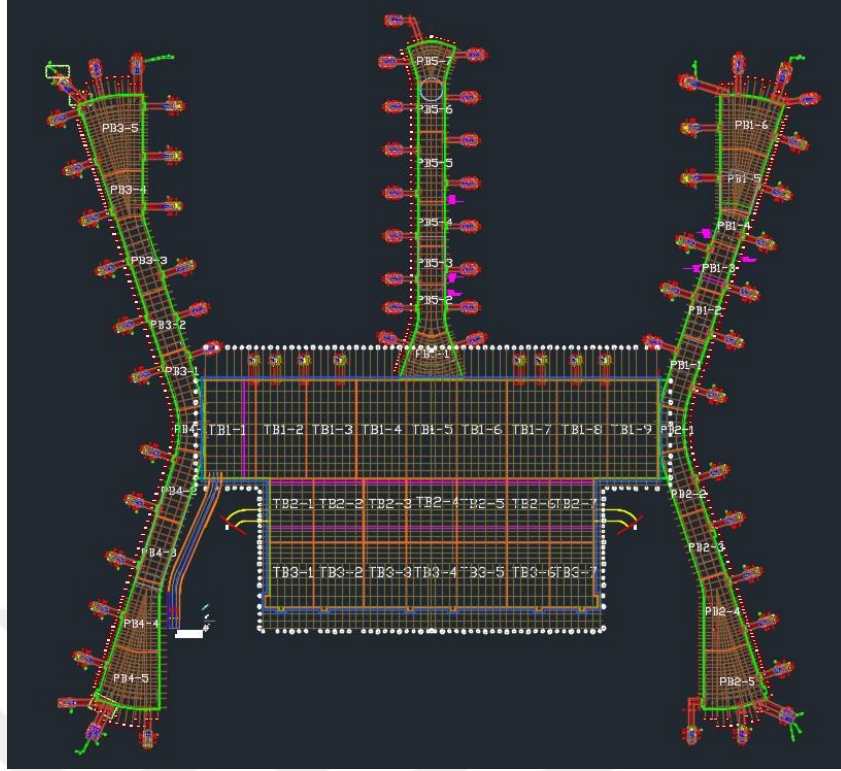
belirler ve senkronizasyon işlemini gerçekleştirir. Bu sayede kullandığı tablet bilgisayarına onaylı saha çizimlerini indirmiş olur.



Şekil 3.24: İTYBYS onaylı proje klasörü

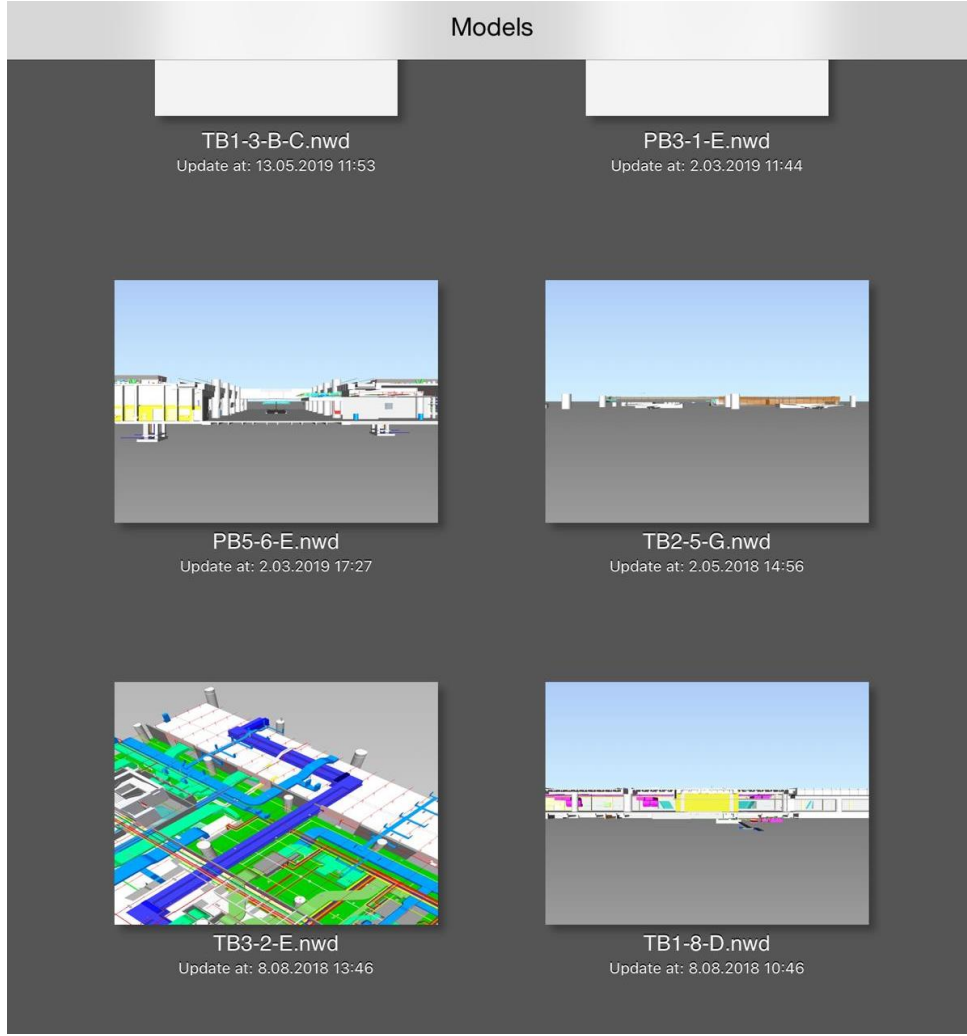
3.5.7 Modeller

İGA YBM direktörlüğü tarafından tüm disiplinler dikkate alınarak oluşturulan koordine modellerin yüklü olduğu yerdir (Şekil 3.26). Oluşturulan üç boyutlu modeller oldukça büyük ve kapsamlı modeller olduğu için bilgisayar ortamı haricinde bu modelleri kullanmak ilk etapta mümkün değildi. Bu sebeple oluşturulan modeller İTYBS'e yüklenmeden önce uygulama planında belirtilen model bölge ayrımı sınırlarına göre ufaltılmıştır. Belirlenen model bölge ayrımı tüm kullanıcılara bildirilmiştir. Modellerin bölge ayrımı Şekil 3.25'te gösterilmiştir.



Şekil 3.25: Model bölge ayrımı (İGA, 2016)

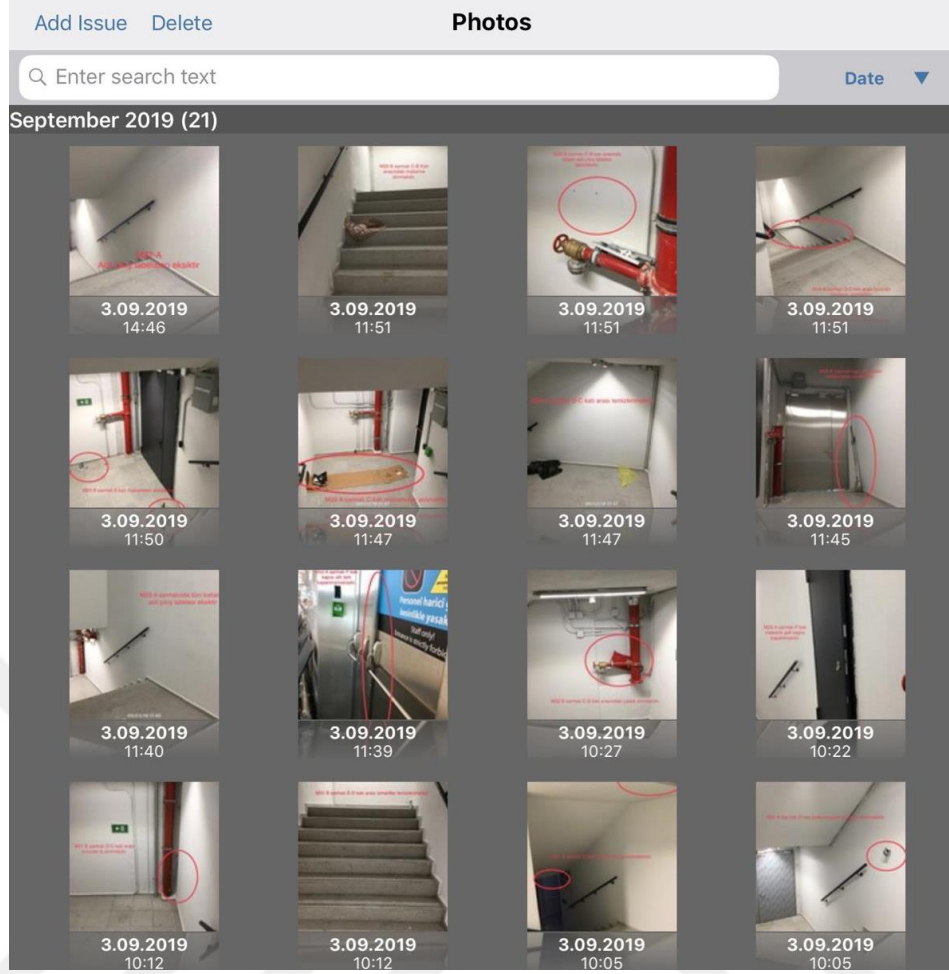
Tablet bilgisayar kullanıcısı “Models” sekmesi altında aratma yaparak istediği bölgenin modellerine ulaşabilir, tüm disiplinlerin koordinasyonunu görebilir ya da istemediği disipline ait imalatları kapatabilir. Model içerisinde tüm ekipman ve imalat bilgilerine erişebildiğinden devam eden saha imalatını tablet bilgisayarlarda yer alan modeller ile kontrol edebilir. Sistemlerin yoğun olduğu bölgelerde iki boyutlu çizimler üzerinden okuma yapmak oldukça zordur. Saha imalatında kullanılan ölçekli imalat çizimleri genellikle 1/100 ölçeğindedir ve okumada yapılan 1 santimetre hata gerçekte 1 metreye denk gelir. İTYBS’nin kullanıcılara sunduğu en büyük kolaylıklardan bir tanesi de modeller üzerinden hassas ölçüler alınabilmesidir. Model içerisinde alınan ilgili imalata ait duvar-kolon uzaklık bilgisi ya da yükseklik bilgisi sayesinde 2 boyutlu çizimlere gerek olmadan hassas bir şekilde saha koordinasyonu gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.26: İTYBYS model arayüzü

3.5.8 Fotoğraflar

Olumsuzluk raporları ya da kalite kontrol süreçlerinde ilgili dökümanların atışman kısmına yüklenen fotoğrafların bulunduğu başlıktır (Şekil 3.27). Kullanıcılar sorumlu oldukları bölgede bir başkası tarafından oluşturulan olumsuzluk raporlarının atışman kısmına eklenen görsellere bu sekme altından ulaşırlar. Böylece bulundukları yerden hatalı saha imalatını görüntüleyip ilgili birimlere aktarabilirler.



Şekil 3.27: İTYBYS’e eklenen fotoğraflar

İGA yapı bilgi modeli direktörlüğü tarafından kullanıma açılan internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ile inşaat sektöründe bilindik yöntemlerin dışına çıkılmıştır ve daha modern tekniklerden faydalanılmıştır. Başlarda bilindik yöntemlerin daha güvenilir olduğunu düşünen personeller olmuştur ancak İTYBYS ile yapılacak işlerin daha hızlı ve güvenli olduğu anlaşıldığında bu algı zamanla ortadan kalkmıştır.

Şekil 3.28’de YBM’nin İTYBYS ile birlikte sahada kullanımı gösterilmiştir. Tablet bilgisayarlar aracılığı ile saha imalatının kontrolünde modellerin kullanılması sayesinde İstanbul Havalimanı projesinde bir çok fayda sağlanmıştır.



Şekil 3.28: İTYBYS ile imalat kontrolü

Yapı bilgi modelinin saha çalışmalarında kullanımının sağladığı faydalar aşağıda sıralanmıştır.

- Altyüklenicilerin yapı bilgi modeline rahat bir şekilde ulaşabilmesi sağlanmıştır.
- Herhangi bir disiplinde çalışan personelin tüm disiplinlere ait onaylı çizimlere ulaşabilmesi sağlanmıştır.
- Olumsuz hava koşullarında çoğunlukla yapılamayan raporlama ve kalite kontrol işlerinin dijital ortamda rahat bir şekilde yapılabilmesi sağlanmıştır.
- Klasik yöntemler ile yapıldığında farklı bir departman tarafından kayıt altına alınması gereken saha raporlarının, yapı bilgi modeli ve İTYBYS ile hızlı bir şekilde oluşturulması ve sisteme yüklenmesi sağlanmıştır.

- Oluşturulan raporların oluşturulduğu anda tüm paydaşlar tarafından görüntülenebilmesi sağlanmıştır.
- Dijital ortamda gerçekleştirilen raporlama işlemleri ile kağıt kullanımı ortadan kaldırılmıştır, sürecin hızlı ilerlemesi ile enerji ve para tasarrufu elde edilmiştir.

İstanbul Havalimanı projesi için hazırlanmış olan internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ile istenildiği gibi olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte kullanıcıların geri bildirimi ile tespit edilmiş eksikler aşağıda sıralanmıştır.

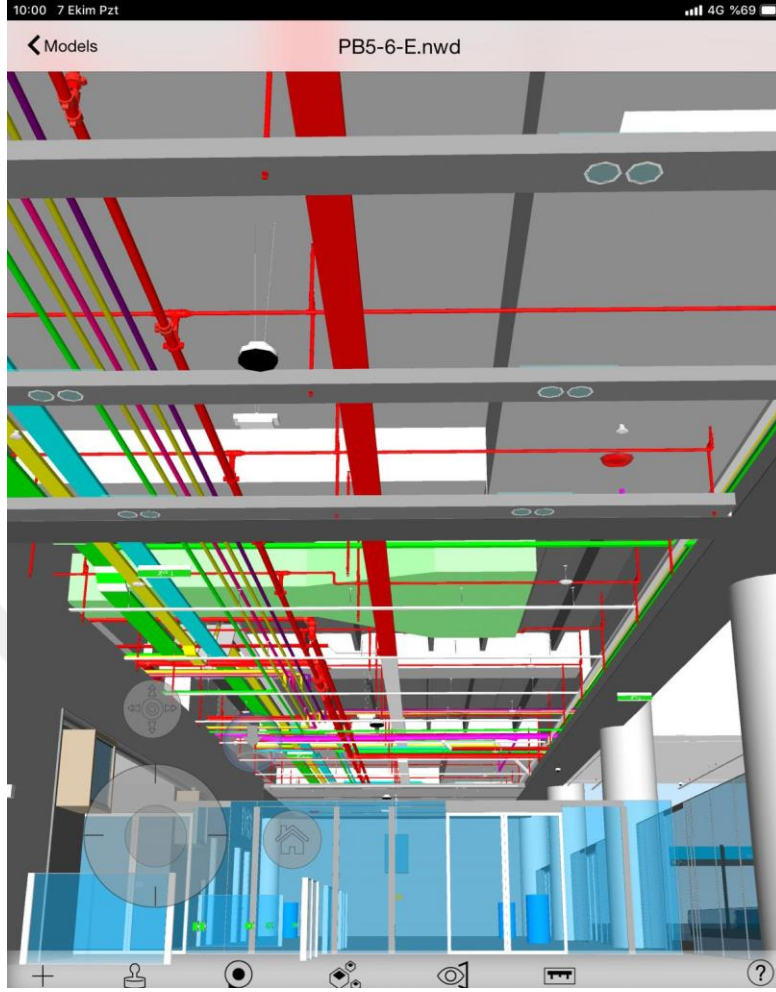
- Uygulamanın android işletim sistemini desteklememesi
- Dosya indirme ve yükleme işlemleri sırasında internet kopması sonucu oluşan veri kayıpları
- Türkçe dil desteğinin bulunmaması
- Model içinde kasma ve donma sorunu
- Ağır modellerin taşınabilir cihazlarda açılmaması

Çoğunlukla donanımın yetersiz kalmasından kaynaklanan bu eksikler çözümü konusunda gerekli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin dosya indirme ve yüklemede karşılaşılan sorunlar için saha içerisinde kablosuz internet altyapısı oluşturulmuş ve kullanıcıların indirme ve yükleme işlemlerini bu bölgelerde yapmaları sağlanmıştır. Model içerisindeki kasma ve donma sorunu için donmanın gerçekleştiği bölgeler tespit edilmiştir. Bölgeler tespit edildikten sonra ilgili bölgenin modeli hafifletilerek tablet bilgisayarlara yeniden yüklenmiştir. Bu sayede kullanıcıların bütün modellere sorunsuz bir şekilde ulaşabilmesi yeniden sağlanmıştır.

İnternet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ile gerçekleştirilen saha kontrollerinde izlenen üç yöntem aşağıda sıralanmıştır.

- Göz ile yapılan kontroller
- Modelden ve sahadan alınan ölçüler ile yapılan kontroller
- Göz ve model ile yapılamayan kontroller

Göz ile yapılan kontroller: Genellikle saha imalatının yoğun olmadığı bölgelerde yapılır (Şekil 3.29’da örnek çalışma bölgesi gösterilmiştir). Kat yüksekliğinin 3 ile 5 metre arasında olduğu ve imalatın yapıldığı bölgede sadece bir ya da iki farklı disiplinin bulunduğu noktalarda tablet bilgisayarlarda yer alan modellerden alınan ölçüler (yerden yükseklik ya da giriş-kolondan açıklık) saha imalat ekiplerine aktarılır, ekipler de aldıkları bu ölçüleri yapılacak imalata uygular.

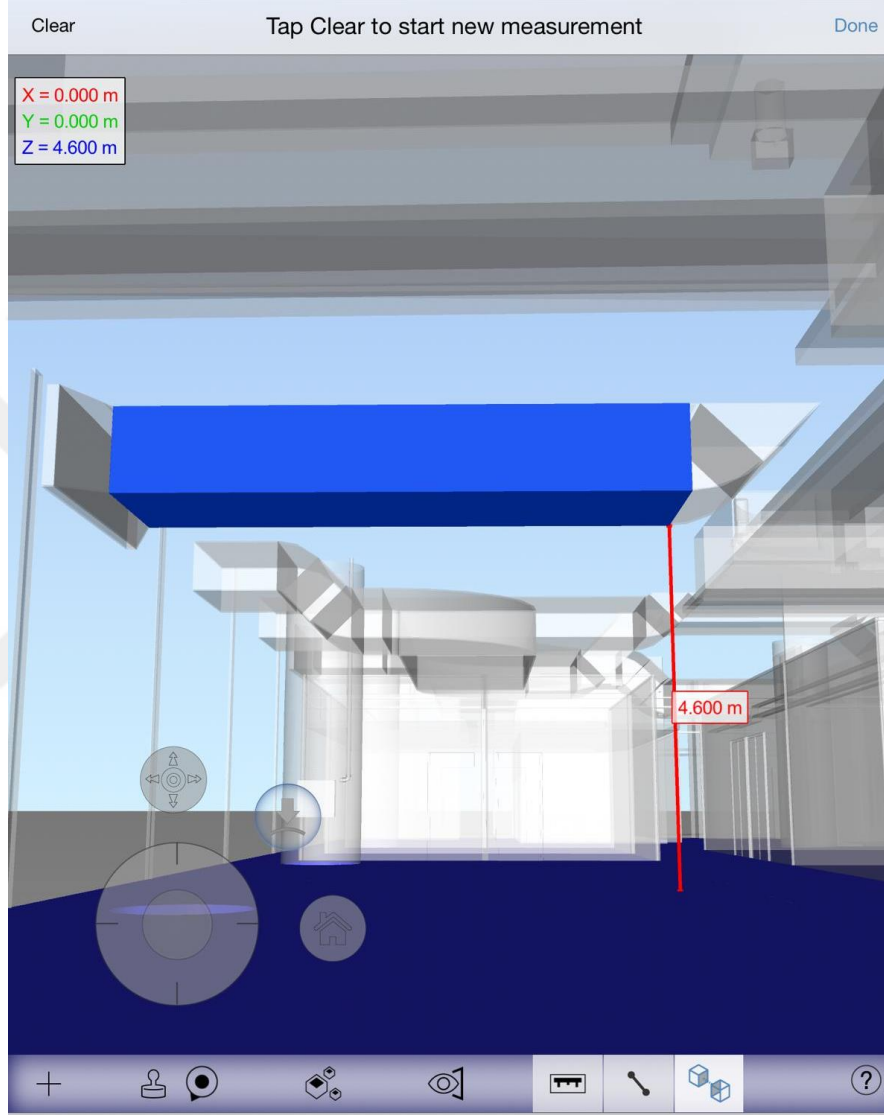


Şekil 3.29: Yoğun olmayan bölgede imalat kontrolü

Modelden ve sahadan alınan ölçüler ile yapılan kontroller: Bu tarz kontroller kat yüksekliğinin 3 ile 7 metre arasında olduğu ve saha imalatının yoğun olduğu bölgelerde gerçekleştirilir (Şekil 3.30’da örnek çalışma bölgesi gösterilmiştir). Bu bölgelerde herhangi bir disipline ait saha imalatında yapılacak hata beş farklı disiplini birden etkileyebilmektedir (mimari, mekanik, elektrik, bilgi teknolojileri, havalimanı özel sistemleri).

Hatalı yapılan saha imalatı zamanında fark edilmez ise ekipler tarafından devam ettirilir, yapılan hata yalnızca diğer disiplinler kendi imalatını yapamadığında fark edilir. Bu durumda yapılan imalatın sökülüp tekrardan yapılması gerekir. Bu süreçte hiçbir disiplin kendi imalatını tamamlayamaz, süre uzar ve maliyet artar. Bu sebeple İGA YBM direktörlüğü tarafından YBM saha ekibi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu ekip aktif olarak tüm disiplinlerin saha imalatı takip edip olumsuzlukları ilk aşamada tespit ederek raporlamakla görevlidir. Yapı bilgi modeli mühendisi sorumlu olduğu

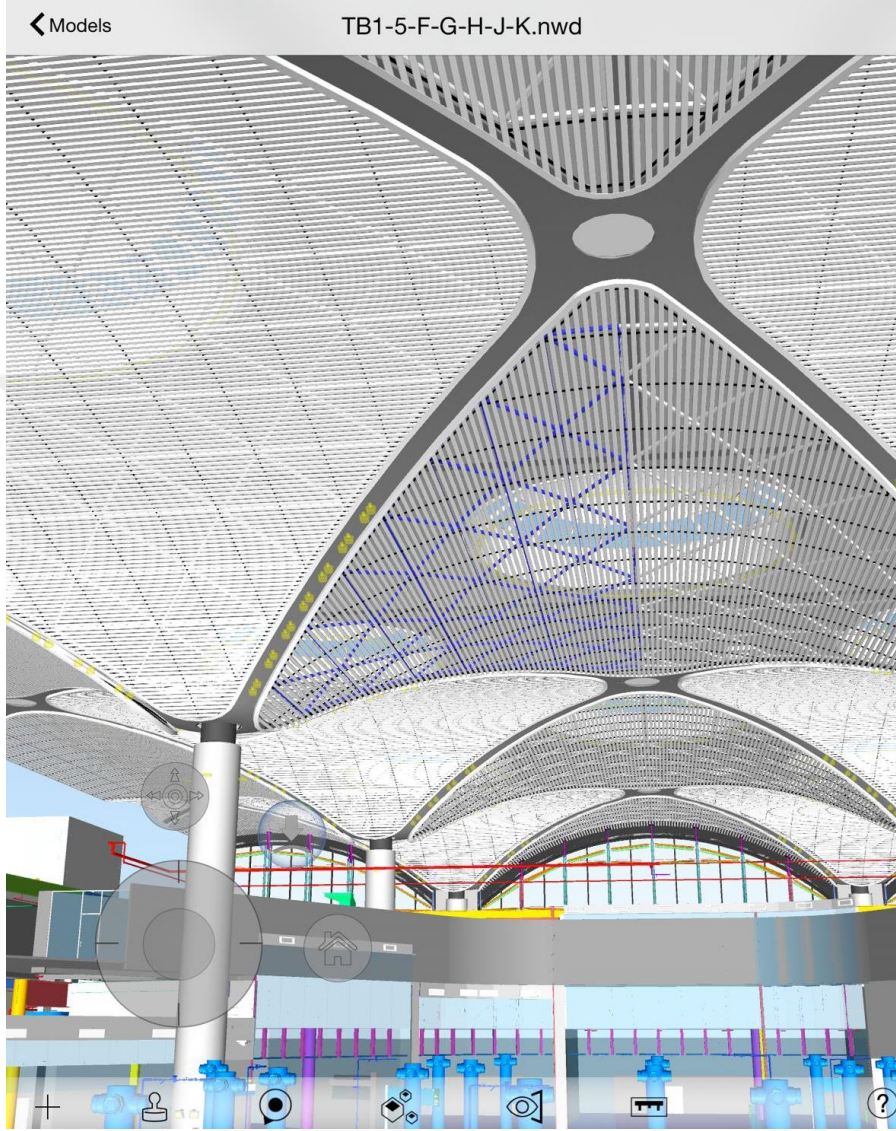
bölgede düzenli olarak saha imalatlarını kontrol eder ve olumsuzluk tespit ettiğinde bunu internet tabanlı yapı bilgi yönetimi sistemi ile kayıt altına alır. Saha imalatını kontrol ederken çelik şerit metreler ya da lazer metreler kullanılır. Saha ölçüm sonuçları ile model ölçüm sonuçları karşılaştırılır ve bu doğrultuda çözümler üretilip imalatın ilk safhasında sorun giderilir.



Şekil 3.30: Modelden yapılan ölçüm

Göz ve model ile yapılamayan kontroller: Genellikle kat yüksekliğinin fazla olduğu (7 ile 30 metre arası), çelik şerit metreler ve lazer metreler ile ölçme işleminin yapılamadığı yüksek tavan ya da çatılar arasındaki sistemlerin yoğun olduğu bölgelerdir (Şekil 3.31). Bu tarz bölgelerde yapılan saha imalatı yükseklik farkından dolayı yeterince iyi gözlemlenemez, lazer metreler ile yükseklik ölçülemez (lazer metre ölçme menzili maksimum 50 metredir ancak çatı arası sistemler kontrol

edilirken gün ışığında lazer ışınının ulaştığı yer gözlemlenemez) ve hatalı saha imalatı kontrol edilemeden tamamlanmış olur. Bu sebeple İGA YBM direktörlüğü tarafından göz ve model ile yapılamayan kontroller için robotik total station ile ölçme metodu kullanılmıştır.



Şekil 3.31: Yüksek tavan imalat kontrolü

Yukarıda belirtildiği gibi İstanbul Havalimanı'nda uygulanan yapı bilgi modeli ve internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ile kağıt ile raporlama ya da 2 boyutlu çizimler ile imalat kontrolü gibi bilindik yöntemlerden farklı olarak daha modern yaklaşımlar uygulanmıştır. 2 boyutlu tasarımda tespit edilemeyecek birçok sorun 3 boyutlu ortamda değerlendirilip yönetilmiştir. Projede farkındalık artmış ve ekiplerin birlikte çalışabilme yetenekleri gelişmiştir. En önemlisi ise tasarım ve imalat hızı arttırılmış, hatalı imalatlar zamanında tespit edildiği için sökme takma işleri

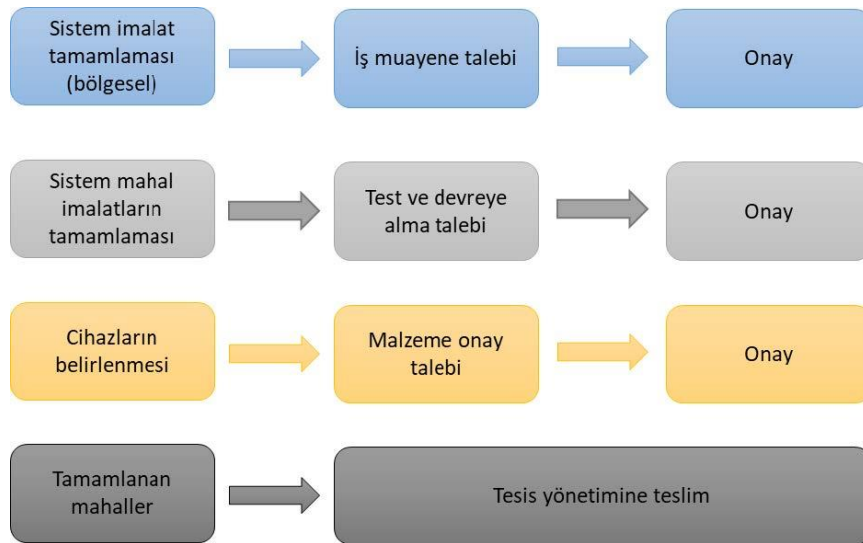
minimumda kalmış ve maddi kazanç sağlanmıştır (Şekil 3.32’de total station yöntemi gösterilmiştir).



Şekil 3.32: Robotik total station ile imalat kontrolü

3.6 Test ve Devreye Alma Süreci

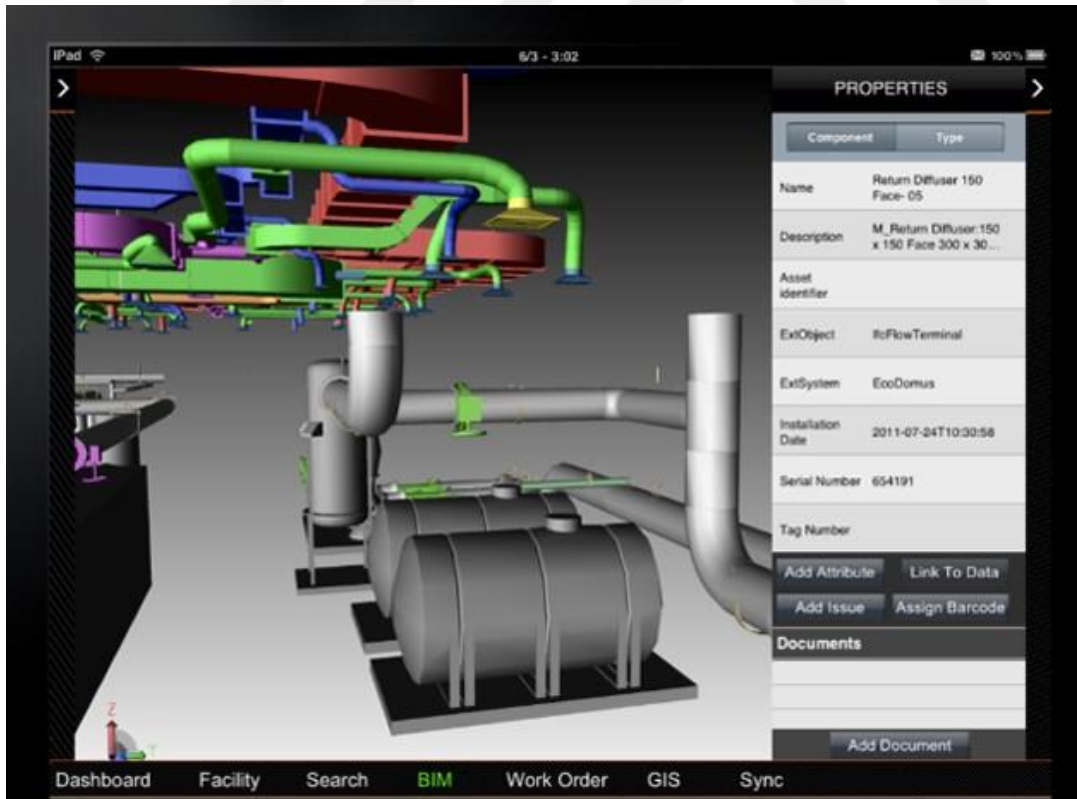
İstanbul havalimanında yapımı tamamlanan sistemlerin test ve devreye alma işlemleri yapı bilgi modeli uygulama planında belirtilen iş akışına göre tamamlanır. Uygulama planında belirtilen test-devreye alma ve teslim işleri Şekil 3.33’te gösterilmiştir.



Şekil 3.33: Test-devreye alma ve teslim işlemleri (İGA, 2016)

Şekil 3.33’de belirtildiği gibi altyüklenici firmalar bölgesel olarak imalatı tamamlanan sistemler için yüklenici firmaya iş muayene tabeli iletir. Talep kalite kontrol ekiplerince yanıtlanır ve yüklenici firma kalite kontrol mühendisi, yüklenici firma saha mühendisi ve altyüklenici firma saha mühendisi ile birlikte tamamlanan saha imalatı kalite yönetmeliğine uygun olarak kontrol edilir ve internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi destekli tablet bilgisayarlarda kayıt altına alınır. Elektronik ortamda imzalanan iş muayene talebinin onaylanmasının ardından ilgili mahaldeki diğer imalatların tamamlanması beklenir. Sistemlerin imalatının tamamlanmasının ardından yüklenici firmaya test ve devreye alma talebi iletilir. Ekiplerin sahada gerçekleştirdiği kontroller değerlendirilir ve uygun görülürse işlem onaylanır. Malzeme onay taleplerinin kontrol edilmesi ile tamamlanan mahaller tesis yönetimine teslim edilir.

Yapım ekipleri tarafından tesis yöneticisine teslim edilen mahaller ile ilgili yüklenici firma altyüklenici firmadan güncel tasarım dökümanlarını ve malzeme onay formlarını (MAF) talep eder. Bu formlarda yer alan teknik ekipman bilgileri işletme süreçlerinde de kullanılacak yapı bilgi modeline işlenir. YBM teknik ekipman bilgileri Şekil 3.34’te gösterilmektedir.



Şekil 3.34: İTYBYS’de ekipman teknik bilgileri

Mahal imalatlarının tamamlanmasının ardından test ve devreye alma talebi açıldığında saha ekipleri tarafından kontrol edilir, İTYBYS’de yer alan teknik bilgiler ile ekipman bilgileri karşılaştırılır. Uygunsuzluk tespit edilirse dijital ortamda oluşturulan olumsuzluk raporları ile tespit edilen hata kayıt altına alınır ve ekiplerden en kısa sürede eksik işleri tamamlamaları istenir. Sorunun giderilmesinin ardından yapılan controller ile mahal tesis yönetimine devredilir.





4. MEKANİK SİSTEMLERİN ROBOTİK TOTAL STATION İLE APLİKASYONU

İstanbul Havalimanı'nın terminal binası 1.4 milyon metrekarelik bir alan üzerine inşa edilmiş olup içerisinde barındırdığı sistemlerin koordinasyonu açısından oldukça karmaşık bir yapıdır. İçerisinde 12 farklı yükseklik seviyesi bulunan yapının koordinasyonu katlar arasında ayrı ayrı değerlendirilmekle birlikte sistemlerin katlar arası geçişlerine de dikkat edilmiştir. Çizelge 4.1'de Terminal binasının yükseklik seviyeleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Terminal binası yükseklik seviyeleri

Yükseklik Kodu	Yükseklik Seviyesi	Açıklama
L	+42.00	Çatı Katı
K	+31.90	Ofis/Otel Katı
J	+28.10	Ofis/Otel Katı
H	+24.30	Ofis/Otel Katı
G	+20.50	Ofis/Otel Katı
F	+15.00	Giden Yolcu Katı
E	+8.00	Transfer Katı
Y	+3.50	Bagaj Sistemleri Kontrol Katı
D	+0.00	Gelen Yolcu Katı
C	-7.00	Yangın Kaçış Katı
B	-12.00	Bodrum Katı
A	-20.00	Metro ve Tren İstasyonu

İnşaat sahasında çalışılan yükseklik seviyesinin artması ya da azalması ile yüksekte çalışmak için kullanılan platformlar, ekipmanın kapasitesine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin 3 ile 10 metre arasındaki yüksek alanlarda çalışılırken makaslı platformlar tercih edilir ancak yükseklik seviyesinin 15 metre ve üzerinde olduğu alanlarda çalışılırken eklemli platformlar kullanılır. Yükseklik seviyesinin artması ile yapılan işin tamamlanma süresi doğru orantılı olarak artmaktadır. Yüksekte çalışacak kişinin alması gereken iş güvenliği önlemleri ve çalışma yapılan bölgeye malzeme tedariki gibi faktör çalışma hızını düşürmektedir.

Bu çalışmanın amacı İstanbul Havalimanı terminal binasının çatı katı +42.00 kotunda gerçekleştirilen 17 kilometrelik yağmur suyu taşıma hatlarının ve 35 kilometrelik yangın söndürme sistemlerinin yapım sürecinde ortaya çıkabilecek sorunları yapı bilgi modeli ve internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ile birlikte kullanılan robotik total station kullanılarak önceden tespit edebilmek ve yapım aşamasında disiplinler arası koordinasyonun zor olduğu alanlarda YBM'nin araç olarak kullanılması için bir öneri sunmaktır.

4.1 Çalışmanın Gerçekleştirildiği Bölge

Terminal binasının çatı katı çeliklerinin arasında yer alacak yağmur suyu taşıma hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin imalatına başlamadan önce İGA YBM direktörlüğü ve altyüklenici firmalar arasında koordinasyon toplantıları gerçekleştirilmiştir. Mevcut 2 boyutlu projeler modellenerek çatı çeliklerinin de olduğu 3 boyutlu YBM'e eklenmiştir ve model üzerinde belirlenen parametrelere göre çakışma analizleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.2'de çakışma analizi sonuçları gösterilmiştir. Çakışma analizi sonuçlarına göre imalatı yapılacak mekanik sistemlerin çatı çelikleri ile uyumsuz olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2: Çatı katı çakışma analizi

	Çakışma Adedi	Çözülen	Devam Eden
Yağmur Suyu Sistemleri	55731	48216	7515
Yangın Söndürme Sistemleri	12702	3524	9178
Havalandırma Sistemleri	1556	1255	301

Çatı çeliklerinin yapısı bozulamayacağından altyüklenicilerden tasarımlarını mevcut çelik koordinasyonuna göre revize etmeleri talep edilmiştir. Bu kapsamda tespit edilen olumsuzluklar Bölüm 3.3'te belirtildiği gibi sınıflarına ayrılarak çözümlenmiştir. Dijital çakışmalar büyük oranda çözüldükten sonra örnek bir çalışma bölgesi oluşturulmuş ve yapım ekiplerinin bu bölgede çalışmalara başlamaları istenmiştir (Şekil 4.1'de örnek çalışma bölgesi gösterilmiştir).



Şekil 4.1: Mekanik sistemler için örnek çalışma bölgesi

Terminal binasının çatı katında devam eden çalışmalarda bir çok disiplinin birbirleri ile aynı zamanda çalışmaları gerekmiştir. Cephe ve çatı çelikerinin montajlarının eş zamanlı yapıldığı bölgede mekanik sistemlerin montajını zamanında tamamlamak için iş planı oluşturulmuştur. Bu kapsamda İGA YBM direktörlüğü tarafından oluşturulan saha ekibi, mekanik sistemlerin imalatlarını oluşturulan iş planına uygun olarak takip etmekle görevlendirilmiştir.

Terminal binası giden yolcu katı zemininden (+15.00) eklemli platformlar ile çatı katına (+42.00) imalatına başlanan yağmur suyu taşıma hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin göz ile kontrolü yükseklik farkının çok olmasından dolayı yapılamamıştır. İTYBYS ile model üzerinden alınan ölçülerin (çelikten açıklık-yerden yükseklik) lazer metreler ile kontrolü ise lazer ışığı açık havada görünemediğinden mümkün olamamıştır. Bu sebeple Bölüm 3.4'te de belirtildiği gibi İGA YBM direktörlüğü tarafından altyapısı kurulan İTYBYS ile entegre çalışabilen robotik total stationlar model üzerinden alınan ölçülerin sahaya uygulaması için kullanılmıştır.

4.2 İş Yapım Metodunun Belirlenmesi

Yağmur suyu taşıma hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin yapım aşamasından test ve devreye alma sürecine kadar olan iş akışı İGA YBM direktörlüğü tarafından belirlenmiştir. Buna göre; saha imalatının doğruluğunu kontrol edebilmek ve hatalı imalatları ilk etapta tespit ederek diğer disiplinlerle birlikte planlanan saha iş akışını bozmamak için saha kontrolleri gerekli teknik donanıma sahip YBM ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. İş yapım metodu Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Mekanik sistemlerin yapımı için belirlenen iş yapım metodu

Altyüklenici firmalar dijital ortamda çakışmaları çözülüp saha imalatına hazır hale getirilen imalat çizimlerini kullanarak belirlenen bölgelerde yapıma başlamışlardır. Yapım aşamasında ise İGA YBM mühendisi YBM ile birlikte kullandığı robotik total station ile saha imalatını düzenli olarak kontrol edip internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi üzerinden kayıt altına almıştır. Saha imalatında belirlenen uygunsuzluklar ekiplere geri bildirilerek işin yapımı tamamlanmadan düzeltilmiş ve yapıma doğru bir şekilde devam edilmiştir. Bu sayede montajı devam eden çatı ve cephe çeliklerinin iş planına uygun olarak yağmur suyu taşıma hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin montajına devam edilebilmiştir.

4.3 Gereksinimlerin Belirlenmesi

Yağmur suyu taşıma hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin internet tabanlı yapı bilgi yönetim sistemi ve robotik total station yöntemi ile kontrol edilebilmesi için İGA YBM ekibi tarafından gereksinim belirlenmiş olup tespitler aşağıda sıralanmıştır.

- İTYBYS'i destekleyen robotik total station temini
- İnşaat sahası içerisinde kullanılan ölçüm noktalarının temini
- YBM ile kontrol edilecek yağmur suyu toplama ve yangın söndürme sistemlerine ait kontrol noktalarının model üzerinden üretilmesi
- Mevcut saha ölçüm noktalarını kullanarak yeni ölçüm noktalarının üretilmesi
- Saha ölçüm noktalarının tamamının dijital ortama aktarılması
- Sadece inşai yapının ve ölçülecek mekanik sistemlerin bulunduğu sade bir model oluşturulması
- Saha raporlarının oluşturulacağı platformun belirlenmesi

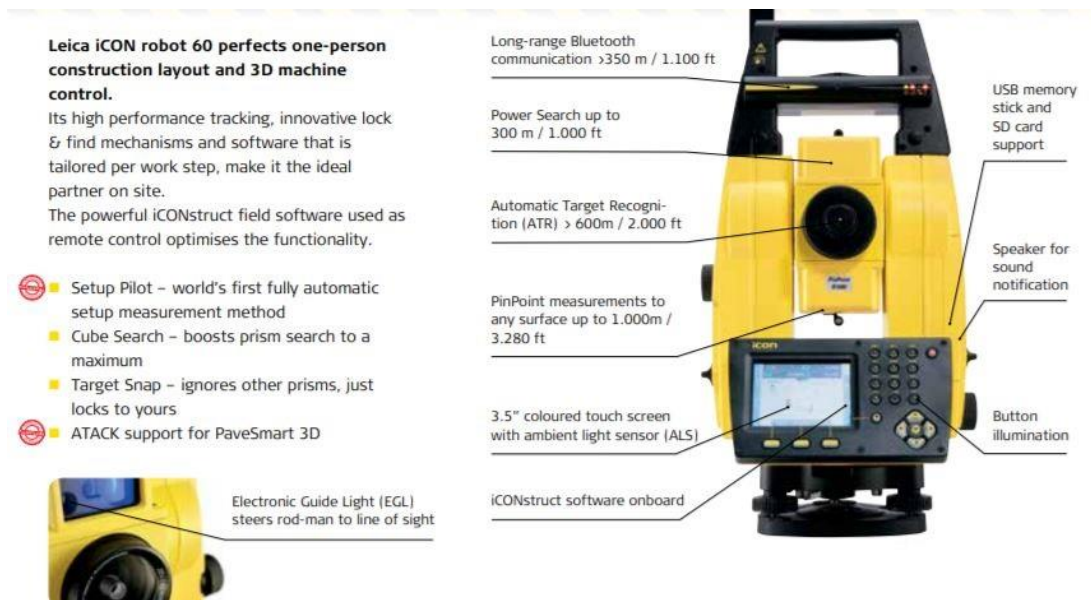
YBM saha ekibi tarafından belirlenen gereksinimler doğrultusunda kullanılacak yazılım ve donanımlar araştırılmıştır. Belirlenen ana gereksinimler doğrultusunda kullanılacak yazılım ve donanım ihtiyaçları detaylandırılmış olup ihtiyaçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Kullanılacak robotik total stationun şarj ömrünün uzun olması
- Total stationun reflektörsüz ve hızlı bir şekilde okuma yapabiliyor olması
- Total stationun operatöre gerek duyulmaksızın İTYBYS ve tablet bilgisayarlar ile birliktte kullanılabilmesi
- Yazılımın bulut tabanlı olması

- Yazılımın yapı bilgi modelini 3 boyutlu olarak görüntüleyebilmesi
- Yazılımın oluşturulacak yeni ölçüm noktalarını ek yazılım kullanmadan dijital ortama aktarabilmesi
- Yazılım üzerinden dijital rapor oluşturulup gönderilebilmesi

İhtiyaçlar detaylandırıldıktan sonra kullanılacak yazılım ve donanım belirlenerek tedarik edilmiştir (Şekil 4.3). Buna göre:

- Kullanılacak robotik total station Leica iCON robot 60 olarak belirlenmiştir.
- Kullanılacak yazılım Autodesk Point Layout olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3: Leica iCON robot 60 teknik özellikleri (Leica, 2017)

Yazılım ve donanım tedariki sağlandıktan sonra İGA YBM saha ekibi tarafından ölçümü yapılacak bölgenin 3 boyutlu yapı bilgi modeli oluşturulmuştur. Yangın söndürme sistemlerinin ve yağmur suyu taşıma sistemlerinin 3 boyutlu modelleri oluşturulan modele eklenerek tablet bilgisayarlarda kullanılacak Autodesk Point Layout uygulamasına bulut teknolojisi kullanılarak aktarılmıştır. Ardından modelleme ekibinden toplam uzunluğu 35 kilometre olan yangın söngürme sistemlerinin alt noktasından ve 1.5 metre aralıklı dijital kontrol noktaları üretmeleri istenmiştir. Aynı işlem toplam uzunluğu 17 kilometre olan yağmur suyu taşıma hatları için nokta aralıkları 1 metre olacak şekilde tekrar edilmiştir. Oluşturulan modeller için üretilen dijital nokta sayıları çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Model üzerinden üretilen kontrol noktaları

Model	Nokta Sayısı
TB 1	55389
TB 2/3	39618

Modelin ölçüme hazır hale gelmesinin ardından YBM ekibi tarafından saha ölçüm noktalarının tespiti amacı ile çalışmalar başlatılmıştır.

4.4 Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi

Modelleme ekibi tarafından üretilen dijital kontrol noktalarının robotik total station ile saha uygulasyonunun yapılabilmesi için saha ölçüm noktalarının tespiti ve mevcut noktalardan yeni ölçüm noktalarının üretilmesi gerekmektedir. Oluşturulan 3 boyutlu yapı bilgi modeli Bölüm 3.3'te de belirtildiği gibi İstanbul Havalimanı'nın paylaşılmış koordinatlarında modellenmiştir. Kullanılacak robotik total stationun oluşturulan modelde konumlandırılabilmesi için sahada kurulduğu yerin konumunu belirleyebilmesi gerekmektedir. Bu sebeple İGA YBM direktörlüğü tarafından yüklenici firmanın harita ekiplerinden ölçümün yapılacağı bölgede bulunan ölçüm noktalarını doğrulamaları ve güncel poligon kanavasını paylaşımları istenmiştir. YBM ekibi tarafından sahadaki ölçüm noktalarının yerleri tespit edilip işaretlenmiştir. Şekil 4.4'te poligon kanavasında yer alan noktaların sahada işaretlenmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Poligon noktalarının işaretlenmesi

Harita ekibinden alınan poligon kanavasında yer alan noktalarının bazıları devam eden saha imalatlarından dolayı sahada tespit edilememiştir. Yapımı sürdürülen cephe ve çatı çelikleri, mimari işler, zemin izolasyonu ve beton işlerinin yoğun iş programları ile artan malzeme tedariği ve yoğun araç trafiği yüzünden kanavada yer alan poligonların bazıları bulunamamıştır.

Harita ekiplerinden enlem ve boylam bilgisi alınan ölçüm noktalarının, oluşturulan modelde tanımlanması ve üç boyutlu mekanik sistemlerin aplikasyonunda kullanılabilmesi için bu noktalara yükseklik bilgisi eklenerek modelde tanımlanması gerekmektedir. Bu sebeple YBM saha ekibi tarafından nivelman yöntemi ile ölçüm noktalarına yükseklik bilgisi taşınmıştır.

Mevcut ölçüm noktalarının üç boyutlu (enlem, boylam, yükseklik) hale getirilmesinin ardından yapılan saha çalışmaları ile yeni ölçüm noktaları üretilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: YBM poligonlarının oluşturulması

Ölçüm işinin yapılabilmesi için öncelikle total stationun ölçüm yapılacak bölgede konumlandırılması gerekmektedir. Bunun için bilinen iki yöntem aşağıda sıralanmıştır.

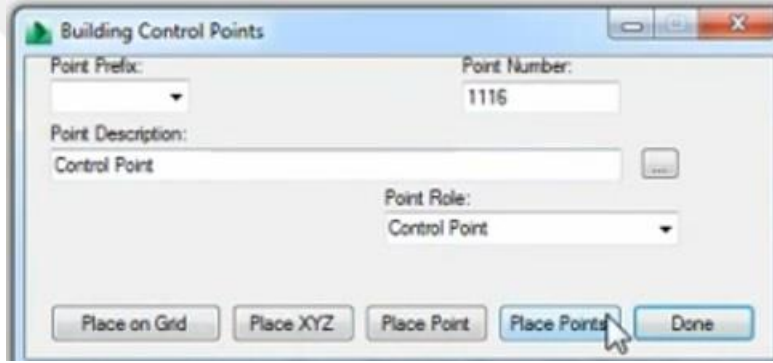
- Bilinen nokta üzerinde konumlandırma
- Geriden kestirme yöntemi ile konumlandırma

Giden yolcu katı (+15.00) ve çatı katı (+42.00) imalatlarının yoğun iş programı göz önünde bulundurulduğunda daha esnek ve pratik bir yöntem olmasından dolayı YBM ekibi tarafından geriden kestirme yöntemi kullanılmıştır. İmalat hızı ile doğru orantılı bir şekilde artan malzeme tedariki ile imalatı yapılacak malzeme ve ekipmanlar +15.00 kotunda yapımı gerçekleştirilene kadar bekletilmektedir. Bu durum üretilen ölçüm noktalarının kaybolmasına ya da geçici bir süre boyunca kullanılamamasına sebep

olmaktadır. Bu sebeple bilinen nokta üzerinde konumlandırma yöntemi daha doğru bir yöntem olmasına rağmen YBM ekibince tercih edilmemiştir.

4.5 Üretilen Ölçüm Noktalarının Dijital Ortamda Tanımlanması

İGA YBM ekibi tarafından sahada üretilen yeni ölçüm noktalarının enlem, boylam ve yükseklik bilgileri, yangın söndürme sistemlerini ve yağmur suyu taşıma hatlarını kontrol edebilmek amacı ile modelde tanımlanabilmesi için modelleme ekibine iletilmiştir. Modelleme ekibi tarafından Revit yazılımı içerisine kurulan Point Layout eklentisi ile üretilen noktaların enlem, boylam ve yükseklik bilgileri manuel olarak yeni oluşturulan modelde tanımlanmıştır. Noktaların APL üzerinden tanımlanması Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6: APL ile poligon noktalarının dijital ortama aktarılması

Poligon noktalarının dijital ortamda tanımlanmasının ardından saha ölçmelerinde kullanılabilmesi için modelleme ekibi tarafından bulut tabanlı İTYBYS’de oluşturulan 3 boyutlu model ile paylaşılmıştır. Tablet bilgisayarlarda yer alan modeller YBM saha ekibi tarafından güncellenmek amacı ile senkronize edildiğinde modelleme ekibinin model üzerinde yaptığı bütün değişiklikleri elde edebilmişlerdir. Bu sayede YBM ekibi aynı model üzerinden çalışmaya devam edebilmiş, veri kaybı önlenmiştir.

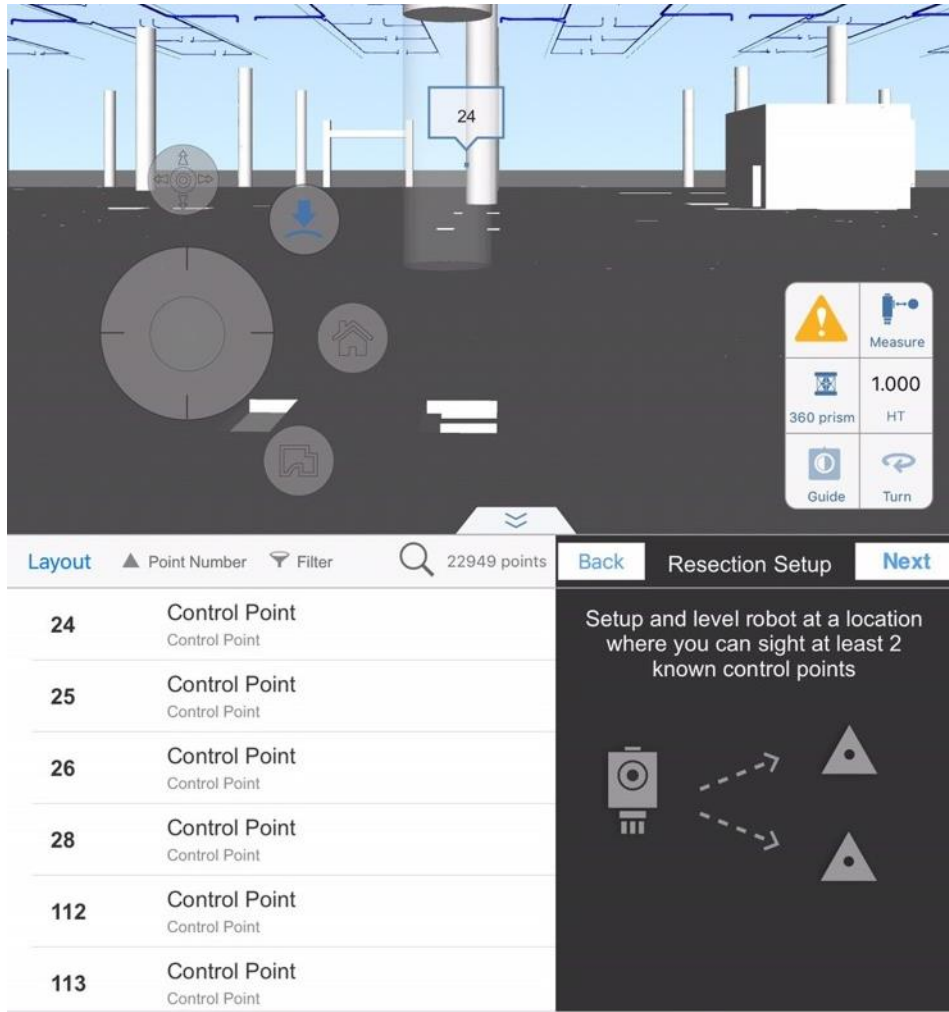
Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi terminal binasının yoğun iş programı üretilen saha ölçüm noktalarının kaybolmasına ya da geçici bir süre boyunca kullanılamamasına yol açmıştır. Şekil 4.7’te gösterildiği gibi bu durum ölçme noktalarının bulunamadığı bölgelerde yangın söndürme sistemlerinin ve yağmur suyu taşıma hatlarının saha imalatlarının kontrol edilememesine yol açmıştır. Zeminde yer alan saha ölçme noktaları ile saha kontrollerine devam edilemeyeceği anlaşıldığında YBM ekibi ölçme noktalarını kolonlar üzerine taşımaya karar vermiştir. Bu kapsamda

kolonlar üzerine kağıt poligonlar yerleştirilmiş, ölçme işleminin tekrar edilmesi ile poligonlar koordinatlandırılmıştır.



Şekil 4.7: Zemin işleri yüzünden aksayan ölçme işlemi

Ölçme işlemi tekrarlanıp poligon noktaları kolonlar üzerine taşındıktan sonra yeni noktalara ait enlem, boylam ve yükseklik bilgileri yeniden modelleme ekibine iletilmiştir. İşlemler tekrar edildikten sonra güncel poligon noktalarının tablet bilgisayarlara aktarılması gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.8’de kolon üzerinen taşınan bir poligon noktasının YBM’deki görünümü gösterilmiştir. Noktaların 3 boyutlu modelde tanımlanmasının ardından YBM saha ekibi tarafından saha kontrollerine başlanmıştır.

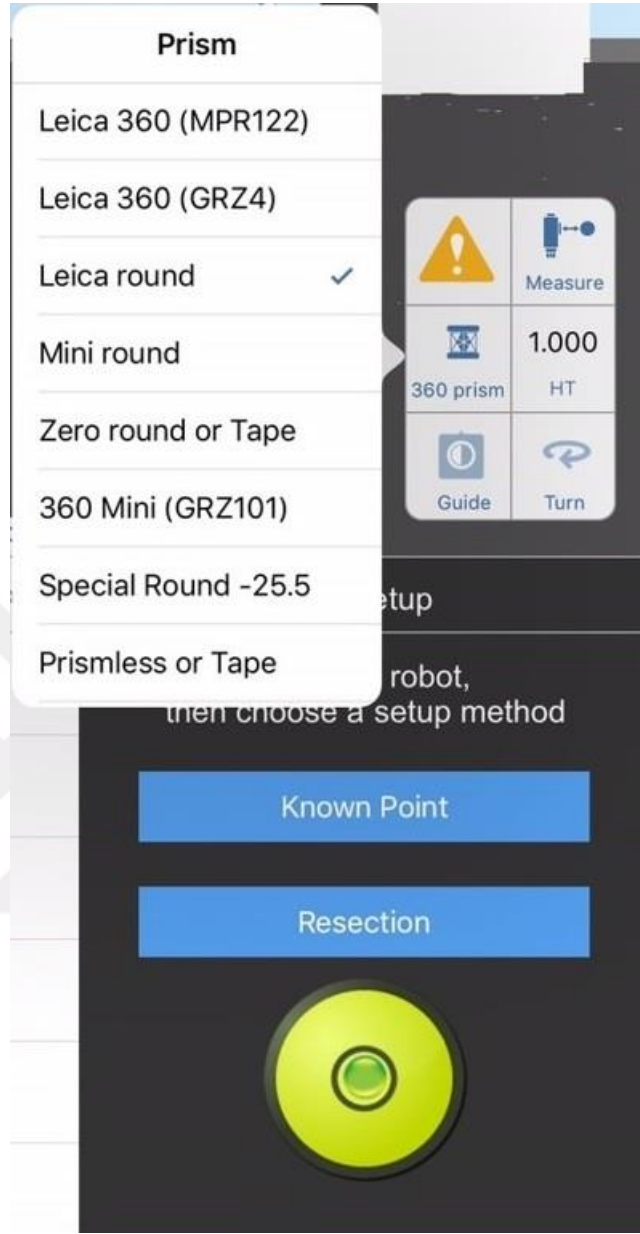


Şekil 4.8: Yeni poligon noktalarının dijitalleştirilmesi

4.6 Kurulum Adımları

Saha kontrollerine başlayabilmek için ilk önce kullanılacak donanımın saha üzerinde konumlandırılması gerekmektedir. Bunu yapabilmek için de öncelikle tablet bilgisayar ile total stationun kablosuz bağlantı ile birbirine bağlanmasını sağlamak gerekmektedir. Total station üzerinde yer alan anten sayesinde gerçekleştirilen bağlantının ardından kurulum işlemi gerçekleştirilir. Kurulum için izlenmesi gereken adımlar aşağıda sıralanmıştır (kurulum menüsü Şekil 4.9’da gösterilmiştir).

- Total stationun hangi yöntem ile kurulacağını belirlenmesi
- Prizma tipinin seçilmesi
- Tesviye işlemlerinin gerçekleştirilmesi
- Alet yüksekliğinin ölçülüp tablet bilgisayara işlenmesi



Şekil 4.9: Robotik total station kurulumu

İGA YBM saha mühendisi, terminal iş planının yoğun olmasından dolayı zemindeki noktaların bulunamaması ve görüş için yeterli esneklik sağlanamaması sebeplerinden bilinen nokta üzerine konumlandırma yöntemini tercih etmemiştir. Bunun yerine daha esnek ve kolay bir bağlantı sağlamasından dolayı geriden kestirme yöntemi tercih edilmiştir. Belirlenen iki ölçüm noktasının arasında konumlandırılan total station tesviye işlemlerinin yapılmasının ardından iki okuma yaparak konumunu belirler ve tablet bilgisayarlarda yer alan model üzerinde görünür hale gelir.

Kurulum işleminin gerçekleştirilmesinin ardından ölçümü yapılacak saha imalatları belirlenir. Operatöre gerek duyulmaksızın yapılan ölçümlerin tamamı tamamı tablet bilgisayarlar aracılığı ile model üzerinden gerçekleştirilir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: İTYBYS ile mekanik sistemlerin kontrolü

İlerlemesi takip edilen yangın söndürme sistemlerinin ve yağmur suyu taşıma hatlarının kontrolü düzenli olarak YBM ve robotik total station ile gerçekleştirilmiştir.

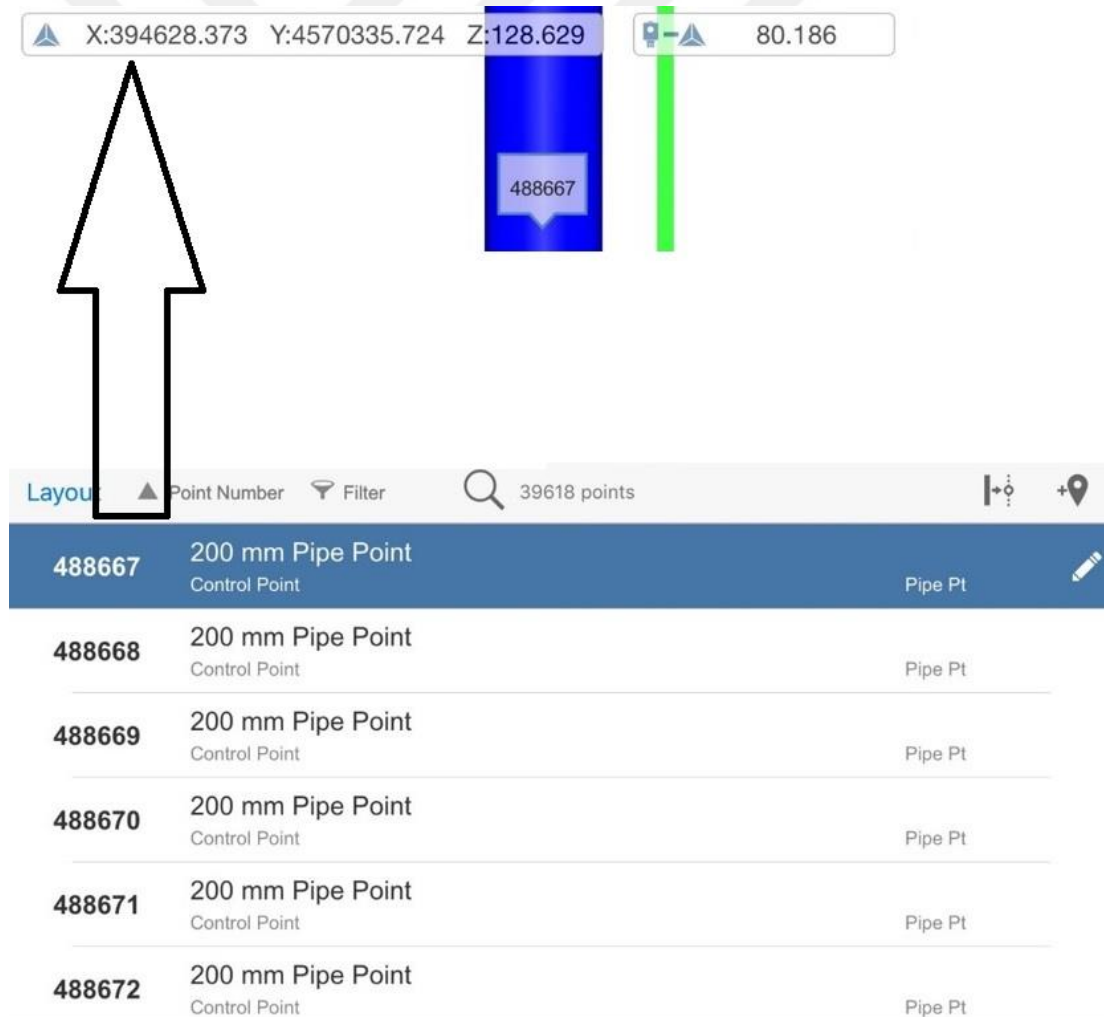
4.7 Ölçüm İşlemi ve Saha Raporlarının Oluşturulması

İGA YBM mühendisi imalatına başlanan yangın söndürme sistemlerini ve yağmur suyu taşıma sistemlerini düzenli olarak çatı çelikleri ile birlikte koordine edilmiş 3 boyutlu yapı bilgi modeline göre etmiştir. Yapılan kontroller modelleme ekibi tarafından üretilen mekanik sistemlere ait dijital kontrol noktalarının sahaya aplikasyonu yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre yapılacak ölçme işlemi için izlenen adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Saha imalatı yapılan bölgenin tespiti
- İmalatın yapıldığı bölgenin saha modelinin indirilmesi

- İmalatı yapılan sistemin aks bilgilerinin belirlenmesi
- Robotik total stationun kurulumunun gerçekleştirilmesi
- Ölçülecek saha imalatının modelde belirlenmesi
- Ölçüm sonuçlarının raporlanması

Saha imalatının yapıldığı bölge tespit edildikten sonra devam eden saha imalatını kontrol edebilmek için İGA YBM mühendisi robotik total station ile tablet bilgisayarını kablosuz internet bağlantısı ile birbirine bağladıktan sonra ilgili bölgenin modelini açarak robotik total stationun kurulum işlemini gerçekleştirir. Kurulum işleminin gerçekleştirilmesinin ardından saha imalatı model üzerinden tespit edilir ve model üzerinden üretilen kontrol noktalarının olduğu kontrol listesi açılır. Belirlenen noktalarda okuma işlemi gerçekleştirilir ve aplikasyon işleminin sonuçları anlık olarak tablet bilgisayarın ekranında belirir (Şekil 4.11).



Point Number	Filter	39618 points
488667	200 mm Pipe Point Control Point	Pipe Pt
488668	200 mm Pipe Point Control Point	Pipe Pt
488669	200 mm Pipe Point Control Point	Pipe Pt
488670	200 mm Pipe Point Control Point	Pipe Pt
488671	200 mm Pipe Point Control Point	Pipe Pt
488672	200 mm Pipe Point Control Point	Pipe Pt

Şekil 4.11: Model kontrol noktaları listesi

Şekil 4.11’de yağmur suyu taşıma hattına ait model üzerinden üretilen kontrol noktası gösterilmektedir. Nokta listesinden, belirlenen yağmur suyu taşıma hattına ait bir kontrol noktası seçildiğinde ekranın üst köşesinde seçilen noktanın enlem, boylam ve yükseklik bilgileri görünmektedir. Nokta listesinde ise yağmur suyu taşıma hattının boru çapı ve kontrol noktasının numarası yer almaktadır. Filtreleme ya da arama çubukları ise kontrol edilecek saha imalatının daha hızlı bir şekilde bulunmasını sağlamaktadır.

Kullanılan robotik total station ölçüme başlamadan önce konumlandırıldığından bulunduğu yerin koordinatlarını belirleyebilmektedir. Şekil 4.11’de gösterildiği gibi nokta listesinden bir kontrol noktası seçildiğinde bu noktaya ait koordinat bilgileri görünebilmektedir. Buna göre yapılan aplikasyon işlemi bilinen iki farklı koordinat üzerinden otomatik olarak gerçekleştirilir. Nokta listesinden seçilen kontrol noktasına okuma işlemi gerçekleştirildiğinde kurulan robotik total station otomatik olarak saha imalatına yönlendirilir. Lazer ışınının ulaştığı yerden geri yansıması ile okuma gerçekleşir ve saha imalatında yapılan hata otomatik olarak tablet bilgisayar ekranında belirir. Şekil 4.12’de gösterildiği gibi okuma işlemi sonucunda saha imalatının modelde yer alan üç boyutlu imalattan farkı enlem, boylam ve yükseklik olarak görüntülenmektedir.

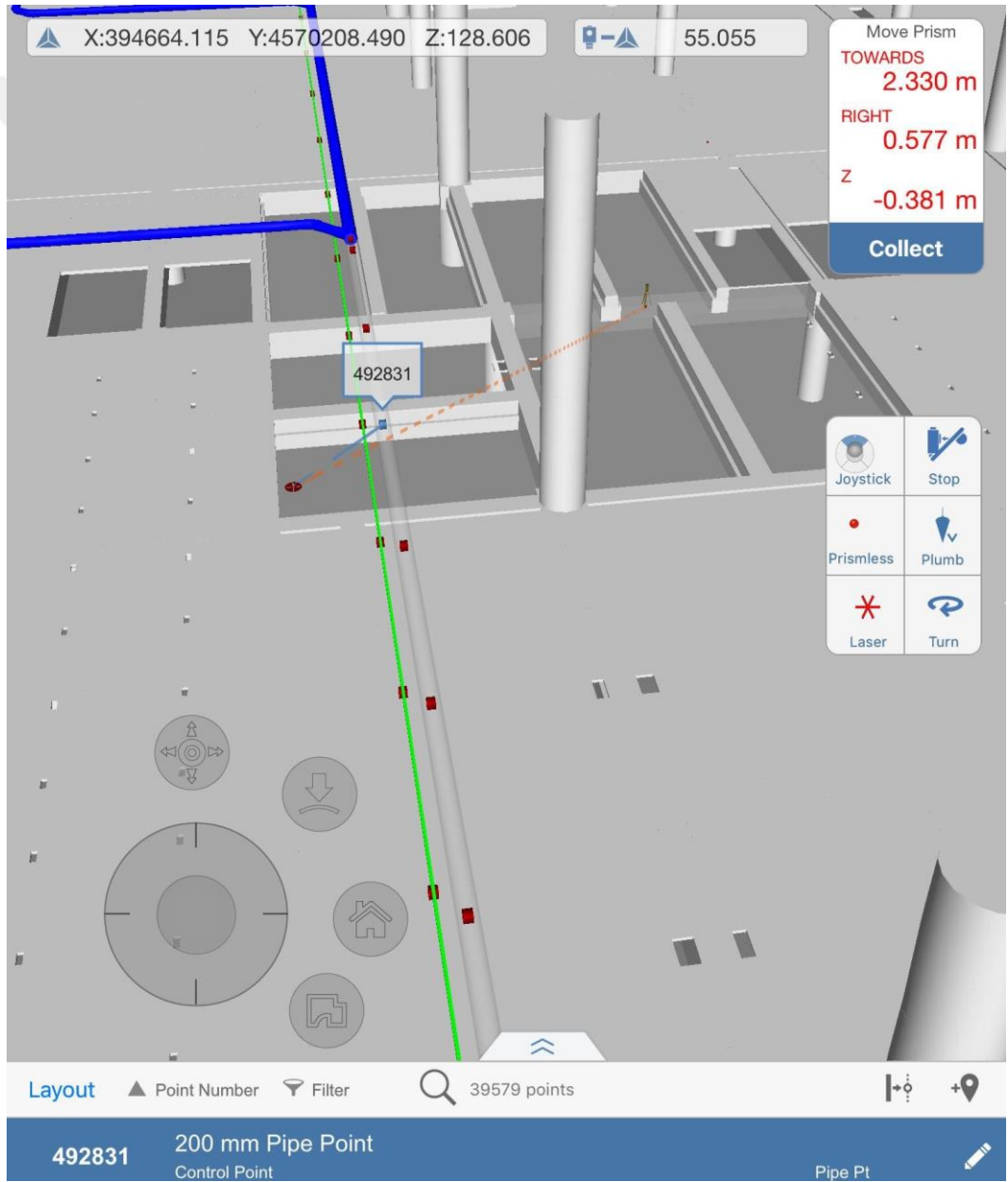


Şekil 4.12: Dijital noktaların sahaya aplikasyonu

Saha imatları ile paralel olarak devam eden ölçüm işlemi sayesinde 3 boyutta koordine edilmiş yangın söndürme sistemlerinin ve yağmur suyu taşıma sistemlerinin çatı çelikleri ile çakışma olmaksızın devam ettirilmesi sağlanmıştır. Devam eden saha imalatını kontrol etmek ve ölçüm sonuçlarını değerlendirebilmek için mekanik sistemlerin çalışma prensiplerine göre hata sınırları belirlenmiş ve ölçüm sonuçları belirlenen hata sınırlarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre yağmur suyu taşıma hatlarının çalışabilirlik durumuna göre;

- Yağmur suyu taşıma hatlarının eğimsiz olması gerektiği
- Yağmur suyu taşıma hatları basınçlı hatlar olmadığından saha imalatında yükselme ya da alçalma yapılanayacağı
- Yağmur suyu taşı hatlarında eğimin suyun toplanma yönünde olduğu durumlarda sistemin çalışabildiği (eğimsiz hatlardan daha düşük verimde) ancak toplanma yönüne ters olduğunda sistemin çalışmadığı belirlenmiştir.

Yağmur suyu hatları bu doğrultuda değerlendirilmiş, çalışabilirlik durumuna aykırı saha imalatları oluşturulan raporlar ile ekiplere bildirilerek düzeltilmiştir (Şekil 4.13).



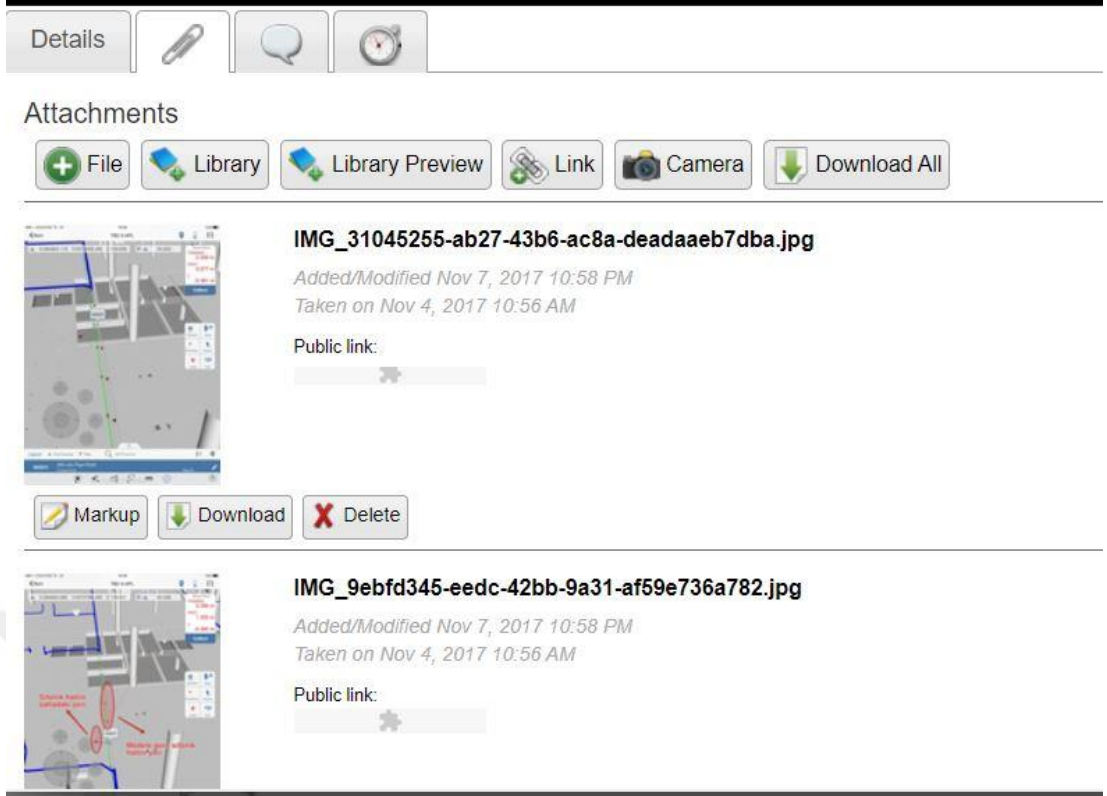
Şekil 4.13: Yağmur suyu taşıma hatlarının ölçümü

Şekil 4.13’de gösterilen ölçüm sonucunda imalatına başlanan yağmur suyu taşıma hattının projedeki yerinde olmadığı görülmektedir. Proje koordinatlarından 2.330 metre doğuda ve 38 santimetre yukarıda olduğu tespit edilen saha imalatı İGA YBM mühendisi tarafından oluşturulan rapor ile kayıt altına alınmıştır. Ardından mevcut saha imalatı çelik koordinasyonuna göre ve sistemin çalışabilirlik durumuna göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda mevcut saha imalatı bu şekilde sürdürüldüğünde montajına devam edilen çelik imalatları ile çakışacağı, bu sebeple hattın çelik üzerinden omega yaparak atlatılması gerektiği, bu yapıldığında ise sistemin çalışamayacağı belirlenmiştir (Şekil 4.14).

☐		CC-00047	Sifonik hat ölçüm	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-4
☐		CC-00046	Sifonik hat ölçüm	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-5
☒		CC-00045	Sifonik hat ölçüm	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-5
☐		CC-00044	Busbar imalat	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-3
☐		CC-00043	Busbar imalat	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-3
☐		CC-00042	Busbar imalat	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-2
☐		CC-00041	Busbar imalat	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-2
☐		CC-00040	Sifonik hat kontrol	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-4
☐		CC-00039	Sifonik hat kontrol	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB3>TB3-4
☐		CC-00038	Sifonik hat kontrol	IGA	Terminal>(+42.00) Level L>TB2>TB2-1

Şekil 4.14: Hatalı saha imalatının raporlanması

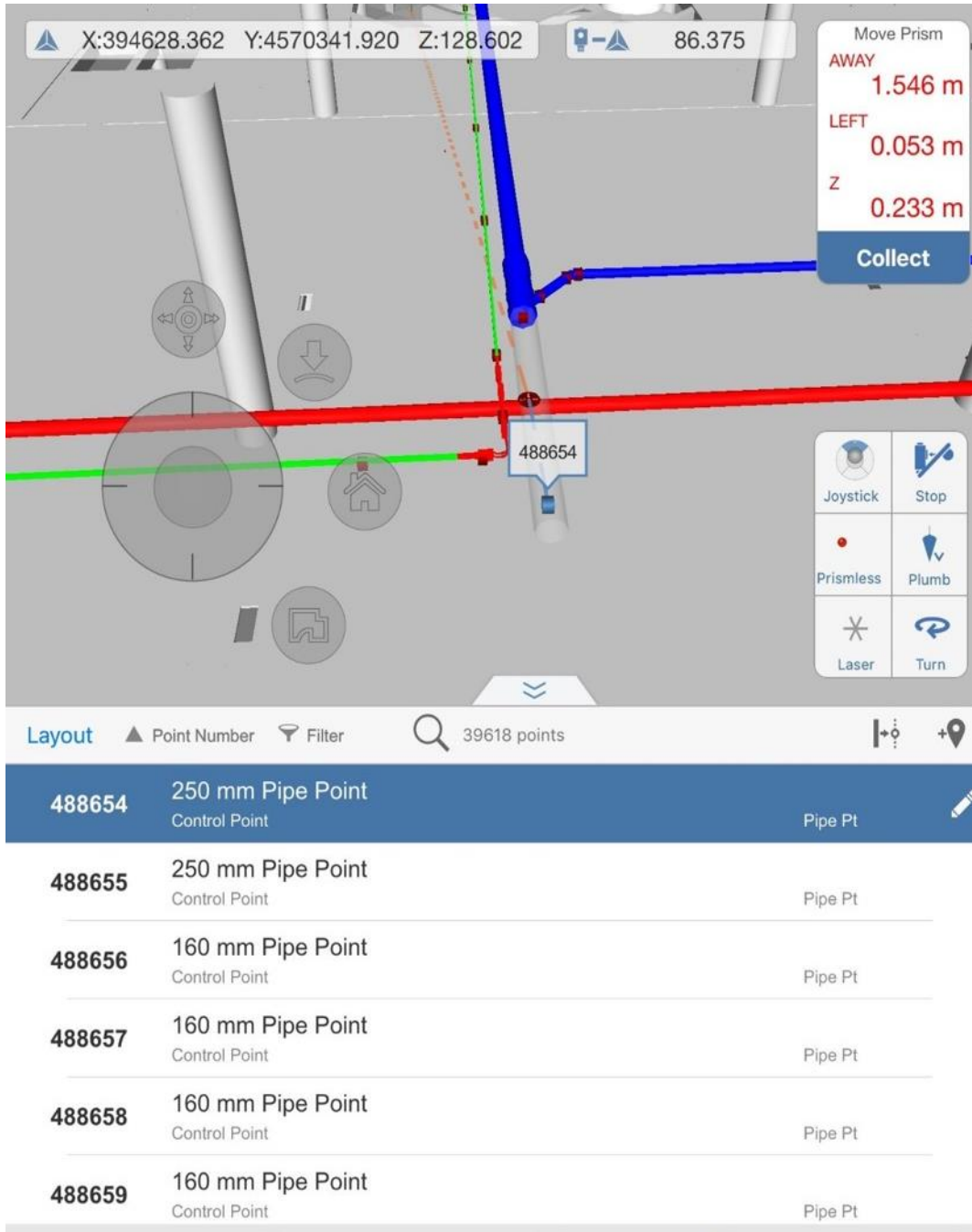
Hatalı saha imalatı İGA YBM mühendisi tarafından dijital ortamda oluşturulan saha raporu ile İTYBYS üzerinden kayıt altına alınmıştır. Saha raporunda gözlemin kim tarafından hangi tarihte yapıldığı, hatalı saha imalatının hangi bölgede bulunduğu, etkilenen disiplinler ve hatanın düzeltilmesi gereken son tarihe ait bilgiler bulunmaktadır. YBM saha mühendisi raporun atasman kısmına Şekil 4.15’te gösterildiği gibi ölçüm sonuçlarını ekler ve yorumlarda sorunu aytıntılı olarak açıklayarak yapım ekiplerine iletir. Belirlenen hatalar düzeltildikten sonra saha imalatı devam ettirilir. Altyüklenici firma projeye uygun tamamlanan saha imalatının hakedişini alabilmek için yüklenici firmaya iş talep formunu iletir, kalite kontrol ekiplerinin kontrolü ile hakediş onaylanır ve yapım ekipleri tarafından tamamlanan saha imalatı devreye alma ekiplerine teslim edilir.



Şekil 4.15: Ölçüm sonuçlarının atışmana eklenmesi

Yangın söndürme sistemlerinin ölçümünde dikkat edilen parametreler yağmur suyu taşıma hatlarından daha farklıdır. Yangın söndürme sistemleri basınçlı hatlar olduğundan saha imalatları daha esnektir. Bu sebeple yangın hatlarının saha imalatında çatı çelikleri ve yağmur suyu taşıma hatları ile çakışmama prensibi esas alınmıştır.

Şekil 4.16’te aynı bölgede imalatı yapılan yangın söndürme sistemlerinin ve yağmur suyu taşıma hatlarının ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Yağmur suyu hattının proje yüksekliğinden 1.5 metre daha yukarıda yapıldığını tespit eden İGA YBM mühendisi hatalı imalatı raporlayarak kayıt aldıktan sonra ekiplere bildirmiştir. Ardından hatalı saha imalatı durdurulup yangın söndürme sistemlerinin çakışma bölgesindeki saha imalatını tamamlaması istenmiştir. Yangın söndürme hattının imalatı tamamlandıktan sonra yapılan hata göz ile görülür hale gelmiştir. Saha ekipleri hatalı imalatı düzelttikten sonra YBM ekibine bildirmiş, YBM mühendisi oluşturduğu olumsuzluk raporunu çözüldü olarak değerlendirdikten sonra saha imalatına devam edilmiştir.



Şekil 4.16: Yangın söndürme sistemlerinin ölçümü

İGA YBM direktörlüğü tarafından gerçekleştirilen YBM ve robotik total station ile mekanik sistemlerin aplikasyonu uygulaması sayesinde bir çok uygunsuzluk önceden tespit edilip oluşturulan kayıtlar ile sorunlar çözüme kavuşturulmuştur. Göz ile bakıldığında anlaşılamayan ve lazer metreler ile ölçülemeyen, ölçülemediği için projeye uygunluğu tespit edilemeyen yangın söndürme sistemlerinin ve yağmur suyu taşıma hatlarının saha imalatının başarılı bir şekilde tamamlanması ile kalite kontrol ve test-devreye alma süreçlerinin önü açılmıştır.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi yanlış yapılan saha imalatı, düzgün bir kontrol mekanizması oluşturulmadı takdirde çakışma oluncaya kadar fark edilmez. Çakışma tespit edildiğinde ise birden fazla disiplin imalatına devam edemez, imalatlar tamamlanamadığı için kalite kontrol ve test-devreye alma süreçlerinde aksamalar olur. Hatalı yapılan saha imalatında yapılacak sökme ve yeniden yapma işlemlerinin ardından disiplinler imalatına devam edebilir, ancak teslim süreleri uzamış olur. Sonuç olarak işçilik süresi uzar ve maliyet artmış olur.

Terminal binasının çatı katında (+42.00) da bu süreç aynı şekilde devam etmektedir. Çatı ve cephe çeliklerinin montajı devam ederken mekanik sistemlerin saha imalatlarını tamamlaması diğer bölgelere göre daha uzun sürmektedir. Bu süreçte yapılan imalatın hatalı olması ya da sistemin çalışabilirliğini olumsuz etkilemesi, yapılan saha imalatında geriye dönük işlemi zorunlu kılmaktadır. Ancak çatı ve cephe çeliklerinin iş programının dışına çıkıldığında saha ekiplerin çalışabilirlik durumları olumsuz etkilenmekte, hatanın düzeltilip imalatın tamamlanma süresi uzamaktadır.

Toplam uzunluğu 17 kilometre olan yağmur suyu taşıma hatlarının ve toplam uzunluğu 35 kilometre olan yangın söndürme sistemlere ait saha imalatının tahmini bitiş süreleri İGA YBM ekibinin saha gözlemleri sonucunda oluşturulan Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Belirtilen süreler sadece ilgili sistemin montaj süresini göstermektedir, izolasyon ve test-devreye alma işleri bu sürelere dahil edilmemiştir.

Çizelge 4.4: Mekanik sistemlerin imalatının tamamlanma süreleri

Mekanik Sistemler	Hat Uzunlukları	Günlük İlerleme (1 platform ile)	Ekiplerin Platform Sayısı	Tahmini Bitiş Süresi
Yağmur suyu taşıma sistemleri	17 kilometre	50	4	85 gün
Yangın söndürme sistemleri	35 kilometre	70	7	72 gün

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi yağmur suyu taşıma hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin saha imalatlarının tamamlanması, hatasız yapıldığı takdirde yaklaşık 3 ay gibi bir zaman almaktadır. Bu süre hatalı yapılan saha imatları sonucu

uzamaktadır ve yapılan işin maliyeti oldukça artmaktadır. Önceki bölümlerde belirtilen Köseoğlu vd. tarafından gerçekleştirilen çalışma, Çizelge 4.2’de gösterilen dijital çakışmaların çözülmediği ve YBM ekibi tarafından gerçekleştirilen saha kontrollerinin yapılmadığı takdirde kaybedilecek işgücü ve maliyet hakkında fikir vermektedir.

İGA YBM saha ekibi tarafından gerçekleştirilen uygulama sonucunda hatalı saha imalatlarının 2 temel sebepten kaynaklandığı anlaşılmıştır, sebepler aşağıda sıralanmıştır.

- İmalat çizimlerdeki hatalar
- İşçilik hataları

İmalat çizimlerinin hatalı olması, saha imalatını olumsuz yönde etkileyen faktörlerdendir. 2 boyutlu çizimler üzerinden gerçekleştirilen koordinasyon detaylar yeterince anlaşılamadığından çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Farklı disiplinlerin proje revizyonlarının gecikmesi disiplinler arası koordinasyonu etkileme bu sebeple tasarımı tamamlanamayan saha imalatı yanlış devam etmektedir. İstanbul Havalimanı projesinde kullanılan YBM ile 2 boyutta çizilen tasarımlar 3 boyutlu hale getirildikten sonra tespit edilen dijital çakışmalar çözümlenmiştir. Altyükleniciler saha imalat çizimlerini koordineli YBM üzerinden üretmişler, böylece yapılacak hatalı imalatlar büyük oranda önlenmiştir.

Saha gözlemlerinin yetersiz kaldığı, projenin iyi yönetilmediği ve ekipler arasındaki iletişimin yeterince iyi sağlanmadığı durumlarda ise işçilik hataları meydana gelir. İstanbul Havalimanı projesinde dijital ortamda YBM ile çözülen çakışmaların sahada benzerlerinin oluşmasını engellemek adına İTYBYS’den faydalanılmış, saha ekiplerinin kontrol sağlayamadığı bölgelerde YBM ekibi görevlendirilmiş ve işçilik kaynaklı hataların önlenmesi sağlanmıştır.

İstanbul Havalimanı’nda yağmur suyu toplama hatlarının ve yangın söndürme sistemlerinin imalatında ve kontrolünde internet tabanlı yapı bilgi yönetimi sistemi ve robotik total station kullanımının sağladığı faydalar aşağıda sıralanmıştır.

- İşçilik kaynaklı imalat hataları ilk aşamada tespit edilerek düzeltilmiştir.

- Saha imalatında sökme-yeniden yapma gibi yapım sürecini olumsuz etkileyecek süreçlerin oluşması engellenmiştir.
- Saha iş planına bağlı kalarak saha imalatının zamanında bitirilmesi sağlanmıştır.
- Ekipler arasındaki iletişim artırılarak birlikte çalışabilme yeteneği geliştirilmiştir.
- Yapım aşamasında yüksek hassasiyet gerektiren yağmur suyu taşıma hatları, sistemin çalışabilme prensiplerine göre kontrol edilerek doğru bir şekilde tamamlanması sağlanmıştır.
- Göz ve proje üzerinden doğruluğu kontrol edilemeyen saha imalatlarının yüksek doğruluklu saha kontrollerinin yapılması ile kalite kontrol ve test-devreye alma süreçlerinin başlayabilmesi sağlanmıştır.
- YBM ile sistemlerin koordineli hali görüntülenebildiği için saha ekiplerinin karmaşık yapıyı daha hızlı anlamaları sağlanmıştır.
- Oluşturulan ölçüm raporları ile hatalı saha imalatları anlaşılabilir ve doğru sonuçlar sunduğundan saha ekipleri için güvenilir bir referans olmuştur.

İGA YBM direktörlüğü tarafından gerçekleştirilen saha uygulaması, kontrolü bilindik yöntemler ile gerçekleştirilemeyen ancak projenin zamanında tamamlanabilmesi için büyük öneme sahip saha imalatlarının kontrolünü mümkün kıldığından benzeri saha uygulamaları için bir örnek oluşturmuştur. İTYBYS altyapısı ile kullanılan robotik total station uygulaması doğru ve güvenilir sonuçlar vermesinin ardından gelen talepler doğrultusunda diğer disiplinlere ait saha imalatlarının kontrolünde kullanılmıştır. Robotik total station uygulamasının kullanıldığı diğer saha imalatları aşağıda sıralanmıştır.

- Terminal binası çatı katı (+42.00) çeliklerinin sehim kontrolü
- Elektrik disiplinine ait busbar imalatlarının koordinasyonu ve imalat kontrolü
- Terminal binası giden yolcu katı (+15.00) check-in kontuarlarının içerisinde yer alan mekanik disiplinine ait havalandırma kanal rezervasyonlarının kontrolü



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat sektöründe altyapı ve üstyapı tasarımlarında sıklıkla kullanılan 2 boyutlu bilgisayar destekli tasarımlar disiplinler arası koordinasyonda yetersiz kalmaktadır. Özellikle büyük projelerde yapıların karmaşık olmasından dolayı 2 boyutta gerçekleştirilen tasarımlar diğer disiplinlere ait projeler ile süperpoze edildiğinde çok sayıda çakışma oluşmakta ve koordinasyon sağlanamamaktadır. Bu amaçla inşaat sektörü için geliştirilen YBM teknolojisi 2000’li yıllardan itibaren karmaşık yapıların yapımı ve yönetimi konusunda sıklıkla tercih edilmektedir. İTYBYS ile desteklenen YBM sayesinde projenin tasarımdan yapıma, işletmeden tesis yönetimine kadar bütün ilerleme süreçlerinde veri kaybı minimumda tutulur. Tasarımın 3 boyutlu ortamda gerçekleştirilmesi sayesinde 2 boyutta fark edilemeyen tasarım hataları tespit edilebilir, farklı disiplinlere ait projeler modellenerek diğer disiplinlerle birlikte üç boyutta süperpoze edilip çakışma alanı gerçekleştirilebilir ve sistemler arası koordinasyon gerçekleştirilir. YBM ile tasarım koordinasyonunun dışında maliyet analizleri gerçekleştirilebilir, iş planı oluşturulabilir ve bulut tabanlı İTYBYS ile tesis yönetiminde mobil çözümler üretilebilir. Bilindik çalışma yöntemleri ile yapılan hatalar her projede tekrar edilir, ancak YBM ile bilindik yöntemlerden farklı olarak ekipler arasındaki iletişim kuvvetlendirilir, birlikte çalışabilme becerisi gelişir, tespit edilen sorunlar ortak bir platformda değerlendirilir ve çözüme kavuşturulur.

Havalimanı projeleri gerek projenin boyutu gerekse içerisinde bulunan sistemlerin karmaşıklığı açısından yapımı ve yönetimi oldukça zor yapılardır. İnşaat sürecinde altyapı ve üstyapı sistemleri ile birlikte havalimanı özel sistemlerinin koordinasyonunun gerçekleştirilmesi oldukça zor olan bu yapıların inşaatındaki diğer bir zorluk ise bir çok disiplinden tasarım gruplarının ve saha ekiplerinin bir arada çalışabilmesi için uygun platformların oluşturulmasıdır. İşletme aşamasında büyük veriyi yönetebilmek ve tesis yönetiminden yüksek verim alabilmek ise havalimanı projelerinin başka bir zorluğudur. Tüm bu sebepler düşünüldüğünde YBM kullanımı havalimanları için vazgeçilmez bir seçenek olmaktadır.

YBM kullanımı ile bilindik yöntemlerin dışında daha modern ve güncel teknoloji kullanabilen üretim ve kontrol mekanizmaları geliştirilebilir olduğundan havalimanlarının yapım ve yönetim süreçlerinin tamamında bu teknolojiye yararlanılabilmektedir. Havalimanı yapım şartnamelerinde henüz YBM kullanımı bir standart olarak yer almasa da bir çok havalimanının sözleşmesinde altyüklenicilere YBM uygulaması zorunlu kılınmaktadır. Bu sayede inşa edilen yapının hem yapım sürecinde daha hızlı ve daha düşük maliyette yapılması sağlanmakta hem de işletmeye geçişte ve tesis yönetiminde düşük veri kaybı sayesinde verimli ve etkili bir süreç yürütülebilmektedir. Havalimanı YBM uygulamaları incelenen Denver Havalimanı ve Salt Lake City Havalimanı'nın uygulama sırasında kullandıkları yazılım ve donanımlar farklılık gösterse de iki havalimanı da YBM uygulamasını daha verimli bir tasarım ortaya çıkarabilmek için kullanmışlardır. Denver Havalimanı YBM uygulaması işletmeye geçişte ve tesis yönetiminde havalimanı işletmecisine büyük fayda sağlamıştır. Salt Lake City Havalimanı YBM uygulaması ise farklı tasarım gruplarının bir arada başarılı bir şekilde çalışabilmesini sağlaması açısından oldukça önemlidir.

Detaylı olarak incelenen İstanbul Havalimanı YBM uygulamasında, projenin planlanan teslim tarihinde tamamlanabilmesi için uygulanan yöntemler ve metodlar incelenmiştir. Projenin başlangıcında altyüklenici firmaların sözleşmelerinde YBM uygulaması zorunlu olmamasına rağmen teslim süresinin kısa oluşu ve tasarımın oldukça karmaşık olması sebebi ile sözleşmelerde zorunlu hale getirilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan YBM direktörlüğü ile birlikte YBM uygulama planı oluşturularak projede çalışan bütün disiplinlerin iş yapım sürecinde izlemesi gereken yöntemler oluşturulan şemalar ile belirlenerek kontrol altına alınmıştır. Oluşturulan organizasyon şeması ile YBM direktörlüğü doğrudan genel müdüre (CEO) bağlanmış, bu sayede bürokraside kaybedilecek zaman ortadan kaldırılmıştır. Uygulama planı ile birlikte oluşturulan takvimler ile haftalık koordinasyon toplantıları gerçekleştirilmiş, disiplinler arası iletişim becerileri kuvvetlendirilmiştir. Altyüklenici firmaların saha imalatında kullandıkları iki boyutlu çizimler 3 boyutta modellenerek çakışma analizleri ile dijital çakışmalar çözülmüştür. YBM ekibi tarafından disiplinlerin saha imalatında yaptığı genel hatalar sınıflandırılmış, belirlenen hataların çözümü için yöntemler geliştirilmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmalar ile 2 boyutlu imalat çizimleri 3 boyutlu YBM üzerinden oluşturulmuştur. YBM ekibi tarafından 1000'in

üzerinde personele eğitimler verilerek ekiplerin İTYBYS kullanımı amaçlanmıştır. Bu sayede gerçekleştirilecek saha kontrolleri ile insan kaynaklı işçilik hatalarının önlenmesi amaçlanmıştır.

İstanbul Havalimanı YBM ekibi tarafından gerçekleştirilen saha kontrolleri ile bütün disiplinlere ait saha imalatları kontrol edilerek yapılan imalatın ve saha ilerlemesinin takibi gerçekleştirilmiştir. İTYBYS sayesinde saha kontrolleri, saha raporları, kalite kontrol işlemleri ve test-devreye alma süreçlerinin tamamı dijital ortamda gerçekleştirilmiş, bu sayede tesis yönetimine geçişte veri kaybı minimumda tutularak sürecin daha verimli tamamlanması sağlanmıştır. Tablet bilgisayarlar ve robotik total station ile gerçekleştirilen saha uygulaması sayesinde göz ve proje ile kontrol edilemeyen saha imalatlarının yüksek doğrulukta kontrolü gerçekleştirilmiş, bu sayede kalite kontrol sürecinin daha doğru bir şekilde yapılabilmesi sağlanmıştır. Diğer ekipler tarafından gerçekleştirilemeyen saha kontrollerinin YBM uygulamaları sayesinde gerçekleştirilmesi ile projenin zamanında teslim edilebilmesi için oluşturulan iş planına bağlı kalınması sağlanmıştır, bu sayede oluşacak zaman ve maliyet kayıplarının önüne geçilmiştir. YBM'nin İTYBYS ile kullanımı sayesinde altyüklenici firmaların ve diğer 3'üncü taraf firmaların projeyi ve disiplinler arası koordinasyonu daha iyi anlaması sağlanmıştır. 3 boyutlu modelin sunduğu görsellik sayesinde hatalı saha imalatlarının tespiti kolaylaşmış, tarafların birlikte çalışılabilme becerileri geliştirilmiş böylece tespit edilen sorunların çözümü konusunda hızlı kararlar verilebilmiştir.

YBM uygulaması ile arzulanan hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için uygulamanın yapıcı olması gerekmektedir. Bu sebeple YBM uygulamasının sözleşmeler ile altyüklenicilere zorunlu kılınması esastır. Bununla birlikte projede yer alan tüm paydaşların ve altyüklenicilerin etkileşime açık olması ve birlikte çalışılabilme becerilerini geliştirmeleri gerekmektedir. YBM'i yalnızca tasarım ekiplerinin değil saha ekiplerinin de kullanmasını sağlamak, bunun için İTYBYS'den faydalanmak gerekmektedir. Mobil uygulamalar ile saha kontrollerini gerçekleştirebilmek için tüm paydaşlara YBM eğitimleri verilmeli ve kullanımı düzenli olarak takip edilmelidir. Tasarım ile ilgili sorunların tespiti ve çözümü için 3 boyutlu ortamda çalışmak gerekirken işçilik kaynaklı hataların oluşmasını engellemek için oluşturulan 3 boyutlu modeli mobil olarak kullanılabilir hale getirmek, bunun için uygun donanım ve yazılım altyapısının sağlanabilmesi gerekmektedir. Sağlanan mobil altyapı ile kalite kontrol ve

test-devreye alma süreçlerinin kontrol altına alınması ve oluşturulan bütün teknik dökümanların ve saha raporlarının dijital ortamda oluşturulup saklanması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Azhar, S., Hein, M. ve Sketo, B.,** (2011). Building Information Modelling (BIM):Benefits, Risks and Challenges Leadership and Management in Engineering, 11, 3, 241-252.
- Clayton, M. J., Johnson, R. E., Vanegas, J., Nome, C. A., Ozener, O. O., & Culp, C. E.** (2008). Downstream of design: Lifespan costs and benefits of building information modeling. In *AIA CONVENTION TAP CONFERENCE*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K.,** (2011). BIM Handbook, A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers,Engineers and Contractors, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- 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.
- Escalante, Cesar, ve diğ.,** “Steering the Largest Project of the West Coast: BIM Lessons of the Salt Lake City Terminal Redevelopment Program.” Autodesk University, 2016.
- Geosystems, Leica.,** “Leica ICON Robot 60 Product Information.” *Leica Geosystems*, 2017, [leica-geosystems.com/en-us/products/construction-tps-and-gnss/robotic total-stations/leica-icon-robot-60](http://leica-geosystems.com/en-us/products/construction-tps-and-gnss/robotic-total-stations/leica-icon-robot-60).
- Grubb, Krystal.,** “Taming the Technology Beast: From Veracious Chaos to Objective Collaboration.” Autodesk University, 2016.
- İGA,** 2016, İGA BIM Execution Plan Version 01, İstanbul.
- Koseoglu O., Sakin M. ve Arayici Y.,** (2018). Exploring The BIM And Lean Synergies İn The Istanbul Grand Airport Construction Project, Engineering Construction & Architectural Management 10.1108/ECAM-08-2017-0186.
- Kymmell, W.** (2007). *Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations (McGraw-Hill Construction Series): Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. New York: McGraw Hill Professional.
- Ofluoglu, S.,** “Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik”, Mimarist 2014
- Ofluoglu, S.,** Yapı Bilgi Modelleme: Yeni Nesil Mimari Yazılımlar, <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf>, 08.11.2019.
- Özsoy, Evren.,** “Yapı Bilgi Sistemi Tasarımlarının İş Planı ve Maliyet Kontrol Amaçlı Kullanımı.” Yıldız Teknik Üniversitesi, 2019.

Voorhies, A. ve Dillon, B., 2017, Talk Data to Me: Project Success with BIM 360, Autodesk University 2017, 14-17 Kasım 2017, Las Vegas.

http-1: <https://www.nationalbimstandard.org/about>, (Erişim tarihi: 08.11.2019)

http-2: <https://ifchub.com>, (Erişim tarihi: 05.11.2019)

http-3: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>, (Erişim tarihi: 08.11.2019)

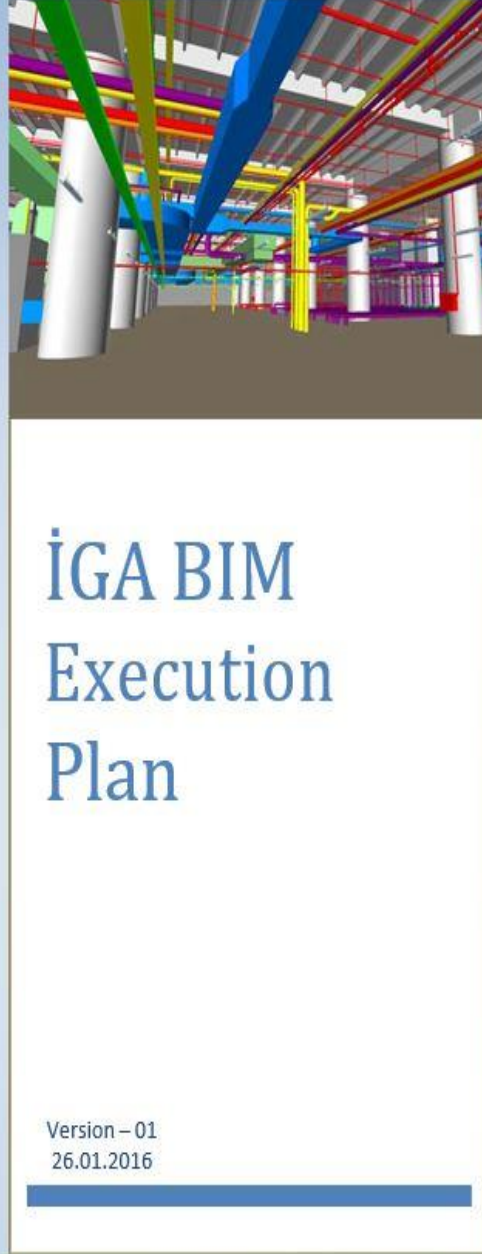


EKLER

EK A: İGA BIM Uygulama Planı



EK A: İGA BIM Uygulama Planı - İGA BIM Uygulama Planının İeriği



İSTANBUL HAVALİMANI PROJESİ / ISTANBUL AIRPORT PROJECT		
	BIM EXECUTION PLAN	Document No.
		IGA-QA-FM-010
		Rev.01, 01.03.2019

İçindekiler

1. INTRODUCTION	5
1.1 Stages	6
1.2 Location	6
1.3 Design Brief	7
2. BIM STRATEGY	8
3. IGA BIM Management team	9
3.1 BIM Technic Office Team	10
3.2. BIM Project Control Team	11
4. Organization and Workflow	12
4.1. IGA BIM WORKFLOW	12
4.2. ROLES AND RESPONSIBILITIES	13
5. COMMUNICATION	11
5.1. Information Exchange platform: VAULT	11
5.2. Information Exchange platform: BIM 360	11
6. MODEL MANAGEMENT	14
6.1. NAMING CONVENTION	14
6.1.1 Model Naming Convention	14
6.1.1.1 Mechanical System	15
6.1.1.2 IT System	17

İSTANBUL HAVALİMANI PROJESİ / ISTANBUL AIRPORT PROJECT		
	BIM EXECUTION PLAN	Document No.
		IGA-QA-FM-010
		Rev.01, 01.03.2019

6.3.2 Grids and Levels.....	55
6.3.3 Other Discipline Grid and Levels	55
6.3.4 Level Denomination.....	56
6.3.5 File Set up	57
6.3.6 Individual File Set up.....	58
6.4 MODEL LINKING PROCESS	58
6.4. SHARED PARAMETERS	63
7. COLLABORATIONPROCESS	64
7.1. MEETINGS & WORKSHOPS.....	64
7.2. WORKFLOW	65
7.2.1 Data Integration and Collaboration	65
7.2.2 Desing Integration, QA check and analysis	65
7.3. MODEL INTEGRATION & CLASH ANALYSIS	65
7.3.1 NavisWorks Integration.....	65
7.3.2 Clash Detection, Analysis & Resolution	66
7.3.3 Selection of Clash Detection:	67
7.3.4 Saving Viewpoints:.....	71
7.3.5 Viewpoint Export Setting:.....	72
7.4. MODEL QA & QC PROCESS.....	71
7.4.1 Model QA/QC Checklist	71
7.4.2 RFI Format	72

10.2 LoD 400: BIM Development & Production:	78
10.2.1 Production of Coordinated Shop Drawings according to Subcontractors drawing schedule and the following (but not limited to below):	79
10.2.2 Regular Quantity take-off from BIM models.....	81
10.2.3 Integration with Project Program/schedule:	81
10.2.4 Coordination and Clash Resolution:.....	81
10.3 LoD 500: BIM for as-built and FM:	81
10.4 Technology Infrastructure.....	82
10.5 BIM Model Maintenance	82

ISTANBUL HAVALIMANI PROJESİ / ISTANBUL AIRPORT PROJECT		
	BIM EXECUTION PLAN	Document No.
		IGA-QA-FM-010
		Rev.01, 01.03.2019

10.5.1 As-Built Model Updates (LoD 500).....	83
10.5.2 Subcontractor Technical Requirements:.....	83
10.5.3 Subcontractor BIM Reporting Deliverables.....	84
11. APPENDICES.....	85
11.1. LOD DEFINITION.....	85
11.2. LOD MATRIX.....	87
11.3. GSA COLOR CODES	88
11.4. GLOSSARY	89



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Tolga YÜCEL
Doğum Tarihi ve Yeri : 12.06.1991 / Eminönü
E-posta : yucelto11@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği
- **Yükseklisans** : Halen, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Anabilimdalı, Geomatik Mühendisliği

YABANCI DİLLER:

- İngilizce (ileri düzey)
- İtalyanca (orta düzey)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- İGA Havalimanları İnşaatı Adi Ort. Tic. İşletmesi, İstanbul Havalimanı İnşaatı (Mart 2017- Halen)
- Maptek Mühendislik ve Haritacılık (3 ay)

YAYINLAR VE SUNUMLAR:

- Autodesk BIM 360 ile Proje Yaşam Döngüsü, “İstanbul Havalimanı BIM uygulamaları” (Sunum)
- Autodesk University İstanbul 2017, “İGA’da Dijital İnovasyon ve Dönüşüm” (Sunum)

- TBMMOB 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, “Harita Projeksiyonlarında Jakobiye Matris Yöntemi ile Tersine Dönüşümler” (Bildiri)
- Harita Kadastro Mühendisliği Odası, “Harita Mühendisliği ve BIM – İstanbul Havalimanı Uygulaması” (Sunum)

