

**METRO YAPILARINDA ISO 19650-3 TEMELLİ VARLIK YÖNETİMİ:  
İKİTELLİ ATAÖY METRO HATTI BAHARİYE İSTASYONU  
VAKA ÇALIŞMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Öğrenci Gizem ATALAY**

**Enformatik Anabilim Dalı**

**Mimari ve Kentsel Enformatik**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU**

**ŞUBAT 2022**



..... tarafından hazırlanan ..... adlı bu  
tezin ..... tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

.....  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından ..... Anabilim Dalında  
..... tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Üye : \_\_\_\_\_

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi ..... Enstitüsü tez  
yazım kurallarına uygundur.



Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi ..... Enstitüsü tez yazım klavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

....





*Aileme,*

## ÖNSÖZ

Araştırmam boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan, sabır ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr.Salih Ofloğlu'na ve bu süreçte beni motive ederek yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	x
İÇİNDEKİLER .....	xi
KISALTMALAR .....	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SUMMARY .....	xx
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>23</b>
1.1 Araştırma Problemi .....	26
1.2 Araştırmanın Amacı .....	29
1.3 Araştırma Yöntemi .....	30
1.4 Tez Bölümlerinin Özeti .....	31
<b>2. TESİS YÖNETİMİ VE RAYLI SİSTEM YAPILARINDA KULLANIMI ...</b>	<b>32</b>
2.1 Tesis Yönetimi Kavramı ve Gelişim Süreci.....	32
2.2 Tesis Yönetimi İçin Geleneksel ve Sayısal Yöntemler .....	34
2.3 Tesis Yönetimi Faaliyet Alanları .....	37
2.4 Dünyada Raylı Sistemler Ulaşım Yapılarında Tesis Yönetimi.....	40
2.5 Tesis Yönetimi Bilgisi.....	44
2.6 Tesis Yönetimi İçin Endüstriyel Sınıflandırma Standartları ve Gelişimi .....	45
2.6.1 Samarbetskommitten för (Byggnadsfragor Ortak Çalışma Komitesi).....	47
2.6.2 Yapı ve İnşaat Otoritesi (BCA) Singapur .....	47
2.6.3 İnşaat Endüstrisi Sınıflandırma Sistemi (CI/SfB), İngiltere .....	47
2.6.4 Uniclass .....	47
2.6.5 MasterFormat .....	48
2.6.6 UniFormat .....	49
2.6.7 Omniclass.....	50
2.7 Tesis Yönetimi Bilgisi İçin Adlandırma Standartları.....	51
2.7.1 National CAD Standards.....	53
2.7.2 ISO 19650 2 .....	55
2.7.3 Ulusal Bina Spesifikasyonu (NBS).....	57
2.7.4 Proje Özelinde Varlık Adlandırma .....	59
<b>3. BIM İLE TESİS YÖNETİMİ .....</b>	<b>61</b>
3.1 BIM Tesis Yönetimi İlişkisi .....	61
3.2 BIM ve Tesis Yönetimi Veri Değişimi .....	66
3.2.1 Açık BIM Veri Değişim Standart Kullanımı - OpenBIM.....	68
3.2.1.1 COBie Standardı .....	69
3.2.1.2 IFC .....	72
3.2.2 Ticari Yazılımların Kullanımı.....	73
3.2.2.1 IWMS .....	74
3.2.2.2 CMMS.....	78
3.3 ISO 19650 Tabanlı BIM Tesis Yönetimi .....	83
3.4 Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması .....	89

<b>4. ANKET ÇALIŞMASI: TESİS YÖNETİMİ İÇİN RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE BIM KULLANIMI .....</b>	<b>97</b>
4.1 Tesis Yönetiminde BIM'in Rolü ve Önemi .....	101
4.2 Tesis Yönetimi Projesinin Envanteri İçin Seçilen Proje Varlıkları .....	103
4.3 Yapı Sınıflandırma ve Adlandırma Standartları .....	105
4.4 Varlık Parametreleri .....	106
4.5 Veri Değişimi .....	107
4.6 Bölüm Değerlendirmesi.....	108
<b>5. VAKA ÇALIŞMASI: İKİTELLİ ATAKÖY METRO HATTI BAHARİYE İSTASYONU .....</b>	<b>111</b>
5.1 Bahariye İstasyon Yapısı .....	113
5.2 Metodoloji .....	116
5.3 Vaka Çalışması Sistem Şemasının Oluşturulması.....	118
5.3.1 Vaka Çalışması Sınırlayıcı Unsurları .....	122
5.4 Vaka Çalışmasının Test Edilmesi.....	123
5.5 Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması.....	124
5.5.1 Organizasyonel Bilgi Gereksinimlerinin Değerlendirilmesi (OIR) .....	124
5.5.2 Bahariye İstasyonu Bilgilerin Yönetileceği Varlıkları Belirleme .....	127
5.5.2.1 Kontrol Sistem Varlıkları .....	128
5.5.2.2 Mekanik Sistem Varlıkları .....	130
5.5.2.3 Elektrik Sistem Varlıkları: .....	133
5.5.2.4 Mimari Sistem Varlıkları .....	137
5.5.3 Varlık Bilgi Gereksinimlerini Belirleme (AIR) .....	138
5.5.4 Varlık Bilgi Standardını Oluşturma ve Bilgi Değişimde Format ve Altyapının Belirlenmesi .....	142
5.5.4.1 Bahariye İstasyonu Sınıflandırma Standardı Önerisi .....	143
5.5.4.2 Bahariye İstasyonu Adlandırma Standardının Değerlendirilmesi....	145
5.5.4.3 Bahariye İstasyonu Tesis Yönetimi Yazılım Önerisi .....	148
5.5.5 Varlık Bilgi Modelinin Oluşturulması (AIM).....	152
5.6 Verilerin Kurumsal Sisteme Aktarılması .....	155
5.6.1 Bakım Kriterleri (Kontrol Listesi – Checklist) Oluşturma.....	158
5.6.2 Bakım Denetimleri İçin Görev Oluşturma .....	161
5.7 Bölüm Değerlendirilmesi .....	164
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>169</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>176</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>189</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>

## KISALTMALAR

<b>BIM</b>	: Building Information Modeling - Yapı Bilgi Modelleme
<b>FM</b>	: Facility Management - Tesis Yönetimi
<b>ATİ</b>	: İkitelli Ataköy Metro Hattı
<b>IFMA</b>	: Uluslararası Tesis Yönetim Birliği
<b>ISO</b>	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
<b>CMMS</b>	: Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi
<b>IWMS</b>	: Entegre İşyeri Yönetim Sistemi
<b>GSA</b>	: ABD Genel Hizmetler İdaresi
<b>COBie</b>	: İnşaat Operasyonları Bina Bilgi Değişimi
<b>GSL</b>	: Government Soft Landings
<b>CDE</b>	: Common Data Environment - Ortak Veri Ortamı
<b>PIR</b>	: Proje Bilgi Gereksinimleri
<b>OIR</b>	: Organizasyonel Bilgi Gereksinimleri
<b>EIR</b>	: Bilgi Alışveriş Gereksinimleri
<b>AIR</b>	: Varlık Bilgi Gereksinimleri
<b>BEP</b>	: BIM Uygulama Planı
<b>TIPD</b>	: Görev Bilgisi Teslim Planı
<b>MIDP</b>	: Ana Bilgi Teslim Planı
<b>PIM</b>	: Proje Bilgi Modeli
<b>AIM</b>	: Varlık Bilgi Modeli

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Tasarım – Yapım ve Tesis Yönetimi Aşaması Geometrik ve Geometrik Olmayan Bilgiler (Becerik Gerber, 2012; Xu ve ark., 2021).....	45
Çizelge 2.2 : Uniclass Sınıflandırma Sistemi (Delany S. 2011).....	48
Çizelge 2.3 : NCS Proje Dosyaları (GSA, 2021).....	54
Çizelge 2.4 : Varlık Kodlaması (GSA, 2021).....	55
Çizelge 2.5 : Proje İsimlendirmesi (ISO 19650 -2, 2018). ....	57
Çizelge 2.6 : NBS tarafından geliştirilen BIM nesne kodlama sistemi (NBS, 2021).58	
Çizelge 2.7 : NBS tarafından geliştirilen BIM nesne yapısına uygun malzeme kodlama sistemi (NBS, 2021). ....	59
Çizelge 2.8 : Innovance Araştırma Projesi Kapsamında Geliştirilen Adlandırma Kuralı (Pavan ve ark., 2014). ....	60
Çizelge 3.1 : LOD Seviyeleri, Betonarme Duvar Örneği (BIM Forum, 2019). ....	66
Çizelge 3.2 : Proje Aşamalarına Göre Varlık Verileri ve Sorumlu Paydaşlar (Becerik Gerber ve ark., 2012). ....	96
Çizelge 5.1 : İşletme ile Yapılan Görüşmeler.....	117
Çizelge 5.2 : Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması – Vaka Çalışmasına Dahil Edilmeyen Adımlar. ....	122
Çizelge 5.3 : Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması – Vaka Çalışmasına Dahil Edilen Adımlar (ISO 19650-3, 2020). ....	124
Çizelge 5.4 : Bahariye İstasyonu Kanal Tipi 3 Boyutlu Gösterimi. ....	132
Çizelge 5.5 : Bahariye İstasyonu Fan Çeşitleri 3 Boyutlu Gösterimi. ....	132
Çizelge 5.6 : Bahariye İstasyonu Sıhhi Tesisat 3 Boyutlu Gösterimi. ....	133
Çizelge 5.7 : Bahariye İstasyonu OG Pano Teknik Özellikleri. ....	135
Çizelge 5.8 : Dikdörtgen Kanal Tipi Fan Varlık Bilgi Gereksinimleri ....	139
Çizelge 5.9 : Kuru Tip Trafo Varlık Bilgi Gereksinimleri ....	140
Çizelge 5.10 : Redresör Varlık Bilgi Gereksinimleri ....	141
Çizelge 5.11 : Bahariye İstasyonu Özelinde Seçilen Varlıkların Omniclass Tanımlayıcı Örneği. ....	145
Çizelge 5.12 : Nihai durumda Yapılan Varlık Kodlama Sistemi. ....	148
Çizelge 5.13 : Bilet Holü Katı OG odasında bulunan Kuru Tip Trafonun Adlandırılması.....	148
Çizelge 5.14 : Ecodomus, Archibus ve BIM 360 Ops Yazılım Özellikleri. ....	151
Çizelge 5.15 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (Haftalık). ....	159
Çizelge 5.16 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (Aylık). ....	160
Çizelge 5.17 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (6 Aylık). ....	160
Çizelge 5.18 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (Yıllık). ....	161
Çizelge 5.19 : Verilerin Kurumsal Sistemlere Aktarılması İçin Bilgi Gereksinim Kaynakları (Plannerly, 2021).....	167

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Tesis Yönetimi Sürecini Destekleyen Standartlar.....	34
Şekil 2.2 : Zorunlu ve .zorunlu Olmayan Tesis Yönetimi Faaliyetleri.....	38
Şekil 2.3 : MasterFormat Sınıflandırma Sistemi .....	49
Şekil 2.4 : Omniclass Nesne Tanımlayıcı.....	51
Şekil 2.5 : ISO 19650-2 (2018) CDE Bilgi Kapsayıcıları Adlandırma Kuralı.....	56
Şekil 2.6 : Sınıflandırma Sistemi Dahil Edilen Proje İsimlendirmesi .....	57
Şekil 2.7 : Klasör Düzenleme .....	57
Şekil 3.1 : Birlikte Çalışabilirlik.....	67
Şekil 3.2 : Bina Yaşam Döngüsündeki Paydaşlar .....	67
Şekil 3.3 : COBie Detay Seviyeleri .....	71
Şekil 3.4 : COBie Çalışma Sayfası Örneği.....	71
Şekil 3.5 : IFC ve BIM Tabanlı Modelleme Ortamı Veri Aktarımı .....	73
Şekil 3.6 : Alan Konsolu.....	75
Şekil 3.7 : Varlık İş Akışı. ....	76
Şekil 3.8 : Ecodomus BIM Arayüzü.....	77
Şekil 3.9 : Ecodomus Lazer Tarama Arayüzü .....	77
Şekil 3.10 : Ecodomus Mobil Arayüzü .....	78
Şekil 3.11 : Tasarım Aşamasından Operasyon – Bakım Aşamasına BIM 360 Kullanımı ..	80
Şekil 3.12 : Autodesk Revit’den BIM 360 Ops’a Veri Aktarımı. ....	80
Şekil 3.13 : BIM 360 Ops .cvs uzantılı Veri Aktarımı. ....	81
Şekil 3.14 : BIM 360 Ops’da Görev Oluşturma. ....	82
Şekil 3.15 : BIM 360 Ops’da Varlığın 3 Boyutlu Ortamda Görüntülenmesi.....	82
Şekil 3.16 : BIM 360 Ops Mobil Arayüz. ....	83
Şekil 3.17 : ISO 19650 Standart Ailesi.....	85
Şekil 3.18 : Bilgi Gereksinimi Hiyerarşisi.....	86
Şekil 3.19 : Varlık Yaşam Döngüsü .....	87
Şekil 3.20 : Varlıkların Operasyonel Aşamasını Desteklemek İçin Bilgi Yönetim Süreci. ....	88
Şekil 3.21 : Varlıkların Operasyonel Aşamasını Desteklemek İçin Bilgi Yönetim Süreci – Değerlendirme ve İhtiyaç .....	90
Şekil 3.22 : Ortak Veri Ortamı Konsepti .....	94
Şekil 5.1 : Proje Bilgilerinin SAP’ye Aktarılma Süreci. ....	112
Şekil 5.2 : Veri Toplama Metodolojisi. ....	117
Şekil 5.3 : Paydaşlar Arası Veri Akışı. ....	118
Şekil 5.4 : Varlıkların Operasyonel Aşamasını Desteklemek İçin Bilgi Yönetim Süreci – Değerlendirme ve İhtiyaç .....	118
Şekil 5.5 : Bahariye İstasyonu 3 Boyut. ....	114
Şekil 5.6 : Bahariye İstasyonu Sadeleştirilmiş Kat Planları. ....	115
Şekil 5.7 : Hat genelinde Kepenk Ral Kodu.....	125
Şekil 5.8 : Acil Çıkış Yönlendirme Tablelası.....	125
Şekil 5.9 : İkitelli Ataköy Hattı Renk Kartelası.....	125
Şekil 5.10 : OIR Bilgi Sınıflandırması .....	126
Şekil 5.11 : Risk Değerlendirmesi .....	126
Şekil 5.12 : İş Sağlığı ve Güvenliği .....	127
Şekil 5.13 : Alan Kullanımı .....	127
Şekil 5.14 : ATİ Scada Seviyeleri. ....	129
Şekil 5.15 : Arıza Durumunda Bilginin İlerlemesi.....	129

Şekil 5.16 : OG Odası Plan Yerleşimi. ....	134
Şekil 5.17 : AG Odası Plan Yerleşimi. ....	136
Şekil 5.18 : Akü Odası Plan Yerleşimi. ....	136
Şekil 5.19 : Elektrik Odası Plan Yerleşimi: Bilet Holü Kat Planı .....	137
Şekil 5.20 : Onaylı ATİ Doküman Kodlama Sistemi. ....	146
Şekil 5.21 : Onaylı ATİ Mahal Kodlama Sistemi.....	146
Şekil 5.22 : Onaylı ATİ Varlık Kodlama Sistemi.....	147
Şekil 5.23 : CAFM Sistem Gerekliliği Akış Şeması .....	149
Şekil 5.24 : BIM 360 Ops ve Ecodomus Analiz Grafikleri .....	150
Şekil 5.25 : Bahariye İstasyonu AIM'e yönelik Hazırlanan Kat Planları.....	154
Şekil 5.26 : Vaka Çalışması Verilerin Kurumsal Sisteme Aktarılması Süreci.....	155
Şekil 5.27 : Revit Yazılımından BIM 360 Ops'a Model Aktarımı.....	155
Şekil 5.28 : Bahariye İstasyonu 3 Boyutlu Modelin BIM 360 Ops'da Görünümü. ....	156
Şekil 5.29 : Bahariye İstasyonu, Seçili Kapı Varlığının BIM 360 Ops Model Görünümü.....	156
Şekil 5.30 : B07 Kapısı 1. Kategori Bilgileri.....	157
Şekil 5.31 : B07 Kapısı 2. Kategori Bilgileri.....	157
Şekil 5.32 : B07 Kapısı 3. Kategori Bilgileri.....	157
Şekil 5.33 : B07 Kapısı 4. Kategori Bilgileri.....	158
Şekil 5.34 : B07 Kapısı 5. Kategori Bilgileri.....	158
Şekil 5.35 : Görev Oluşturma 1. Aşama. ....	162
Şekil 5.36 : Görev Oluşturma 2. Aşama. ....	162
Şekil 5.37 : 3. Aşama Bilet Oluşturma. ....	163
Şekil 5.38 : Sahadaki Teknik Personelin Görüntülediği Bilet/Kart.....	163
Şekil 5.39 : Atayan Kişi Tarafından Oluşturulan Bilet.....	164

# **METRO YAPILARINDA ISO 19650-3 TEMELLİ VARLIK YÖNETİMİ: İKİTELLİ ATAKÖY METRO HATTI BAHARİYE İSTASYONU VAKA ÇALIŞMASI**

## **ÖZET**

Dünyada ağırlıklı olarak devlet kurumları tarafından üstlenilen raylı sistem yapıları, insan kullanımının yoğun olduğu, karmaşık bir yapıya sahip, genel olarak yer altında bulunan ve yolcuları kısa süre zarfında perona ve yüzeye yönlendirmek için tasarlanan ulaşım yapılarıdır. Projenin en başında uzun ömürlü kullanım beklentisini karşılayacak şekilde malzeme, ekipman seçimleri ve tasarımlar yapılmasına rağmen işletme faaliyet hizmetlerinde aynı beklenti karşılanamamaktadır. 2014 yılından itibaren Türkiye’de raylı sistemler metro projelerine BIM kullanım zorunluluğu getirilmiştir (Öner, 2019). Ancak, metro yaşam döngüsünün proje odaklı bir yaklaşımla ilerlemesi sebebiyle projenin başından itibaren Yapı Bilgi Modeline (Building Information Modelling – BIM) çok fazla geometrik nitelikte veri aktarımı yapılmasına rağmen tesis yönetimi ile ilgili konularda, oluşan yapıların işletimi sırasında ne tür BIM bilgilerinin alınıp kullanılacağı belirsizdir. Tesis yönetimi bu sürecin dışında kalmakta, yapının devir teslim aşaması analog sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir ve faaliyet hizmeti için gerekli tüm bilgiler işletme tarafından oluşturulmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, yapıların işletim aşaması için geleneksel yöntemlerle teslim edilen kılavuz ve dokümanların toplanması aşamasında verilerin ortalama %30’unun kaybolduğu sonucuna varılmıştır (East ve Nisbet, 2010; Eastman ve ark. 2011). Benzer bir şekilde eksik bilgilerin yeniden oluşturulması sırasında işletme personelleri zamanının %10 - 30’una yakınına boşa harcamaktadır (Latham, 1994). Çalışanların iş yükü artarak süreçlerde zaman aşımaları meydana gelmektedir.

Bir projenin toplam yatırım maliyeti değerlendirildiğinde, işletme ve bakım aşaması toplam yatırım maliyetinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Lee, 2012; Akçamete ve ark., 2010). Ancak işverenler ağırlıklı olarak ilk yatırım maliyetlerine odaklanarak tasarım ve yapım aşamalarına öncelik vermektedir. Tasarım sürecinde üretilen bilgi modelinde tesis yönetimi ve varlık yönetimi için gerekli, geometrik olmayan bilgiler projeye yeterli düzeyde dahil edilmemektedir. Bilgi modelinin operasyon ve bakım süreç ihtiyaçlarını karşılamaması, ortak bir dil bütünlüğü içermemesi ve çok fazla bilgi içermesi sebebiyle, model tesis yöneticileri tarafından tercih edilmemektedir. Bu doğrultuda, bilgi modelindeki veri fazlalığı, takip edilmesi, anlaşılması zor bilgiler ve maliyet kayıpları sayısallaşma sürecinin önemli bir adımı olan BIM’ in TY ile entegrasyonu sağlamıştır. Bu sebeple, tesis yönetimi aşamasını proje sürecine dahil etmek ve verileri etkin kullanmak amacıyla tasarım aşamasından itibaren geometrik veriler haricinde geometrik olmayan veri ihtiyaçları sisteme entegre edilmelidir (Becerik-Gerber ve ark., 2012). Bilgi modeline dahil edilen verilerin tesis yönetimi bilgi yönetim sürecini üstlenen IWMS ve CMMS gibi kurumsal yazılımlara aktarılması noktasında, BIM ile entegre çalışan bir sistem ihtiyacı birçok çalışmada

vurgulanmıştır ve (Becerik-Gerber ve ark., 2012; Eastman ve ark., 2011; Gallaher ve ark., 2004) BIM'in tesis yönetimi ile entegrasyonuna yönelik uluslararası veri yapısına sahip açık standartlar, yazılım tabanlı veri değişim araçları geliştirilmiştir. Bu araçlar, işbirlikçi çalışma prensibini benimseyerek bilgilerin doğru zamanda doğru kişilere aktarılmasını sağlamaktadır.

BIM'in inşaat sektörüne ve tesis yönetim süreçlerine sağladığı katkıların verimini artırmak ve bilgilerin tutarlı olmasını sağlamak amacıyla birçok ülke tarafından standartlaştırmaya gidilmiştir. İngiltere hükümeti, BIM Level 2 tanımını yaparak BS 1192 standardı ile birlikte kriterlerine işletme performanslarını optimize etmek amacıyla Government Soft Landings (GSL) eklemiştir. BIM Level 2 tanımının BIM ve işletme performansını artırmaya yönelik sunduğu kriter ve yaklaşımlar, yatırımcı ve müşteriler tarafından yaklaşımın uluslararası düzeyde yayınlanma ihtiyacını doğurmuştur. Böylece, BS1192 standardıyla uyumlu ISO 19650 standardı yayınlanmıştır. ISO 19650 standardı, kamu sektöründe süreçlerin detaylandırıldığı müşteri odaklı olarak geliştirilen GSL' yi destekleyerek en son teknolojilerin barındığı bir çerçevede uygulanmaktadır (Philp ve ark., 2019). Aynı zamanda, inşaat sektörünün sayısallaştırılmasına yönelik bir çalışma biçimi sunması ve BIM ile tesis yönetimi entegrasyonunda varlıkların teslim ve işletme aşamasıyla ilgili bilgi yönetim süreçlerini incelemesi sebebiyle literatür araştırmasına eklenmiştir. ISO 19650-3 standardında, varlıkların işletme aşamasını desteklemek için bilgi yönetim süreci; sekiz bilgi yönetimi faaliyetinden oluşmaktadır. Birinci adımında yer alan varlık bilgi modelinin değerlendirme ve ihtiyaç faaliyeti, varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanmasına yönelik tutarlı bir çerçeve sunmaktadır.

Bu tez çalışmasının; tesis yönetimi amacıyla raylı ulaşım sistemi projelerinde BIM kullanımını incelemek ve Türkiye'de bir istasyon örneği üzerinden, devlet kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için ISO 19650-3 standart yaklaşımıyla bir pilot çalışma hazırlamak üzere iki temel amacı bulunmaktadır. Tezin yönteminde öncelikli olarak literatür taraması yapılarak BIM kullanımını incelemek için Web ortamında bir anket çalışması hazırlanmıştır ve ilk olarak raylı sistem projelerinde görev alan kurumlara anket çalışması yollanmıştır. Anket çalışmasının sonucunda, katılımcılar, tesis yönetimine yönelik oluşturulan bilgi modelinde sistematik bir yaklaşım izleyerek, verileri tanımlamak ve standart haline getirmenin gerekliliğini vurgulamıştır ve katılımcıların bu sistematigi oluşturmak için projelerinde ISO 19650 standart temelli bir yaklaşım izledikleri ortaya çıkmıştır. Bu sebeple , bu çalışmada varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanmasını sağlamak ve Türkiye'de raylı sistemler devlet kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için bir uygulama metodolojisi önermek amacıyla ISO 19650-3 standart yaklaşımı benimsenmiştir.

Pilot çalışması için, kısmi açılışı gerçekleşerek operasyon süreçleri başlayan ve uygulanan (as-built) proje aşamasında olan İkitelli Ataköy Metro Hattı'nın Bahariye İstasyonu seçilmiştir. Pilot çalışması, test ortamı oluşturmak için seçilen Bahariye İstasyonu modellemesi ve mahal organizasyonun tanıtılması, ISO 19650-3 standart yaklaşımı doğrultusunda (bilgi yönetim süreci - değerlendirme ve ihtiyaç bölümü) varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması ve bilgi modelinin kurumsal sistemlere aktarılması olmak üzere çalışmanın üç farklı aşamasıdır. İkinci aşamada, yer alan, "varlık bilgi standardını oluşturma" adımı, bilgi artışını kontrol etmek amacıyla endüstriyel sınıflandırma ve adlandırma kurallarını kapsayacak şekilde anlatılmıştır. Ayrıca, bilgilerin bilgi modelinden varlık modeline aktarılması aşamasında veri değişim araçlarının belirsiz olması sebebiyle, anket çalışmasında uzmanların vermiş olduğu cevaplardaki sistematik yaklaşım göz önünde bulundurularak bu adıma

yazılım tabanlı veri değişimi eklenmiştir. Nihai durumda varlık modeli oluşturularak veriler kurumsal sistemlere aktarılmıştır ve önleyici bakım kriterleri ve kriterlere bağlı olarak bakım denetimleri oluşturulmuştur. Vaka çalışması ile süreçler otomatikleştirilerek, işletme sürecindeki iş akışları seffaflaştırılmıştır.

Sonuç bölümünde çalışmanın sonuçları özetlenerek, raylı sistemler ulaşım yapılarında işletmenin varlık operasyonlarındaki ana faaliyetlerini optimize etmeye yönelik çıkarımlarda bulunulmuştur. Oluşturulan sistem şemasının varlık temelli çalışmalara nasıl katkılarda bulunabileceği üzerinde fikirler sunularak çalışma tamamlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:**

Bina Bilgi Modellemesi (BIM), Tesis Yönetimi (TY), Raylı Sistemler Ulaşım Yapıları, Varlık Yönetimi



# **ISO 19650-3 BASED ASSET MANAGEMENT IN METRO STRUCTURES: IKITELLİ ATA KOY METRO LINE BAHARIYE STATION CASE STUDY**

## **SUMMARY**

Rail system structures, which are mainly undertaken by government institutions in the world, are transportation structures that are heavily used by people, have a complex structure, are generally underground, and are designed to guide passengers to the platform and outside in a short time. Although material, equipment selections and designs were made at the very beginning of the project to meet the expectation of long-lasting use, the same expectation cannot be met in operation activity services. Since 2014, BIM usage has been made mandatory for rail systems metro projects in Turkey (Oner, 2019). However, since the metro life cycle progresses with a project oriented approach, although a lot of geometric data has been transferred to the BIM model from the beginning of the project, it is unclear what kind of BIM information will be received and used during the operation of the constructed structures in terms of facility management. Facility management is excluded from this process, the handover phase of the building is carried out through analog systems and all necessary information for the activity service is created by the operation. According to the researches, it has been concluded that 30% of the data is lost during the collection of the guides and documents delivered with traditional methods for the operation phase of the buildings (East and Nisbet, 2010; Eastman et al. 2011). Similarly, business personnel waste 10-30% of their time while recreating information because the process is not automated (Latham, 1994). As the workload of the employees increases, timeouts occur in the processes.

When the total investment cost of a project is evaluated, the operation and maintenance phase constitutes a large part of the total investment cost (Lee, 2012; Akçamete et al., 2010). However, employers focus mainly on initial investment costs and give priority to the design and construction phases. In the information model produced during the design process, the non-geometric information required for asset management is not sufficiently included in the project. The model is not preferred by facility managers because the information model does not meet the operation and maintenance process needs, does not contain a common language integrity, and contains too much information. In this direction, the redundancy of data in the information model and the information that is difficult to follow have provided the integration of BIM, which is an important step of the digitization process, with the FM. For this reason, non-geometric data needs should be integrated into the system from the design stage in order to include the facility management stage in the project process and to use the data effectively (Becerik-Gerber et al., 2012). The need for a system that works integrated with BIM has been emphasized in many studies (Becerik-Gerber et al., 2012; Eastman et al., 2011; Gallaher et al., 2004), open standards with international data structure, software for the integration of BIM with facility management. based data exchange tools have been developed. These tools adopt the collaborative working principle and ensure that information is transferred to the right people at the right time.

In order to increase the efficiency of BIM's contributions to the construction industry and facility management processes, and to ensure that the information is consistent, standardization has been made by many countries. The UK government has defined

BIM Level 2 and added Government Soft Landings (GSL) to its criteria with the BS 1192 standard in order to optimize business performances. The criteria and approaches offered by the BIM Level 2 definition to increase BIM and business performance have necessitated the international publication of the approach by investors and customers. Thus, the ISO 19650 standard, which is compatible with the BS1192 standard, has been published. The ISO 19650 standard is implemented in a framework that includes the latest technologies by supporting the customer-oriented GSL, where processes are detailed in the public sector (Philp et al., 2019). At the same time, it has been included in the literature review because it provides a working method for the digitization of the construction industry and examines the information management processes related to the delivery and operation phase of assets. In the ISO 19650-3 standard, the information management process to support the operational phase of assets; It consists of eight knowledge management activities. The assessment and needs activity of the asset information model in the first step provides a consistent framework for preparing asset data for the BIM environment.

This thesis study; It has two main objectives: to examine the use of BIM in rail transportation system projects for facility management and to prepare a pilot study with the ISO 19650-3 standard approach for similar projects undertaken by government agencies, based on a station example in Turkey. In the method of the thesis, a survey study was prepared on the Internet in order to achieve the first purpose by primarily scanning the literature. A survey study was sent to the institutions involved in the rail system projects. As a result of the survey, the participants emphasized the necessity of defining and standardizing the data by following a systematic approach in the information model created for facility management. It was revealed that the participants followed an ISO 19650 standard-based approach in their projects to create this systematic. For this reason, in this study, ISO 19650-3 standard approach has been adopted in order to ensure that asset data is prepared for the BIM environment and to propose an application methodology for similar projects undertaken by Rail Systems Government Agencies in Turkey.

For the pilot study, Bahariye Station of İkitelli Ataköy Metro Line has been selected, whose operation processes have started and is at the as built project stage. The pilot study consists of three different stages: Introducing the design of the Bahariye Station chosen to create the test environment, Preparation of asset data for the BIM environment (information management process - assessment and needs section) in line with the ISO 19650-3 standard approach, and transfer of information model to corporate systems. In the second stage, the step of “establish the asset information standard” is explained in a way to include industrial classification and naming rules in order to control the information increase. In addition, software-based data exchange was added to this step, taking into account the systematic approach in the answers given by the experts in the survey study, due to the data exchange tools are uncertain during the transfer of information from the information model to the entity model. In the final case, the asset model was created and the data was transferred to the corporate systems and the preventive maintenance criteria and maintenance audits were created depending on the criteria. With the case study, the processes were automated and the workflows in the operational process were made transparent.

In the conclusion part, the results of the study are summarized and inferences are made to optimize the main activities of the enterprise in the asset operations of the rail systems transportation structures. The study was completed by presenting ideas on how the created system diagram could contribute to asset based studies.

**Keywords:**

Building Information Modeling (BIM), Facility Management (FM), Rail Systems Transportation Structures, Asset Management (AM).



## 1. GİRİŞ

Dünyada devlet kurumları tarafından üstlenilen raylı sistem yapıları, yüksek nüfusa hitap etmesi ve yoğun kullanımları tesis yönetimlerinin çok hassas ve doğru bir şekilde işletimini zorunlu hale getirmektedir (Xie, 2015). Ulaşım yapıları, istasyona giriş yapan yolcuların kısa süre zarfında trene ulaşabilmesi ve yine istasyondan ayrılan yolcuların kısa süre zarfında istasyondan çıkış yaparak güvenli bir şekilde yüzeye ulaşabilmeleri amacıyla tasarlanmaktadır (ATİ, 2016). Bununla birlikte istasyonlar, yolcu erişimin olmadığı normal ve acil durum senaryoları için gerekli teknik alanları ve istasyonda çalışan personellerin kullanımına açık mahalleri içermektedir.

Tesis yönetimi işletme sürecindeki bakım, onarım ve operasyonların verimliliğini artırarak insan, konum ve süreçleri birleştiren yönetsel bir faaliyettir (Ofluoğlu, 2020). Ancak işverenler ağırlıklı olarak ilk maliyetlere odaklanarak tesis yönetimi aşamasını bina yaşam döngüsünden bağımsız değerlendirirler (Becerik Gerber ve ark., 2012; Pishdad-Bozorgi ve ark. 2018). Tasarım sürecinde üretilen bilgi modelinde tesis yönetimi ve varlık yönetimi için gerekli; bakım, onarım periyotları, marka, model, garanti belgeleri, yedek parça gibi bilgiler projeye dahil edilmemektedir (Becerik Gerber ve ark., 2012; Pishdad-Bozorgi ve ark. 2018). Bilgi modelinin operasyon ve bakım süreç ihtiyaçlarını karşılamaması tesis yöneticileri tarafından tercih edilmemesine sebep olmaktadır (Matarneh ve ark, 2018). Böylece bilgi entegrasyonları, yapı işletmeye teslim edildikten sonra işletme tarafından, işbirlikçi bir çalışma prensibinden yoksun bir şekilde manuel olarak gerçekleştirilmektedir.

Bina yaşam döngüsünün toplam yatırım maliyeti değerlendirildiğinde, %10-%15'inin ilk yatırım maliyetinde %25-%30' unun inşaat ve yapım sürecinde ve %60-%80' inin işletme sürecinde harcadığı yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkarılmıştır (Lee, 2012; Akçamete ve ark., 2010). Varlık yönetimi (Asset Management - AM) özelinde yapılan bir araştırmada ise bakım maliyetlerinin, işletme maliyetlerinin %35-%50'sini oluşturduğu ortaya çıkmıştır (Jordani, 2010).

Bu sonuçlar, işletme ve bakım maliyetlerinin toplam yatırım maliyetini doğrudan etkilediğini göstermektedir (Arayıcı ve ark, 2012). Bu sebeple, projelerin ilk yatırım maliyeti aşamasından itibaren maliyeti düşürmek ve firmalar arasındaki koordinasyonu sağlamak amacıyla inşaat sektöründe sayısallaşma arayışına girilmiştir (Eadie ve ark. 2015).

Sayısallaşma süreci ile birlikte yazılım kullanımı inşaat sektöründe yayılmaya başlamıştır (Wikforss, 2003). Ancak, inşaat sektörü geleneksel bilgi paylaşımlarını sürdürerek, ağırlıklı olarak analog sistemlerle tesis yönetimi bilgilerini işletmeye teslim etmeye devam etmektedir (Teicholz, 2013; İlter ve Ergen, 2015). Analog sistemde teslim edilen belgelerin; istenilen bilgilerden uzak, düşük kaliteli, takip edilmesi, anlaşılması zor veri tiplerini içerdiği ve bu sebeple başarısız olduğu gözlenmiştir (Fallon, 2007; East ve Nisbet, 2010). Bu sistemlerle kurulan çalışma ortamının işbirlikçi çalışma prensibinden yoksun olması sebebiyle bilgiye eş zamanlı erişerek, veriyi filtrelemek mümkün olmamaktadır (Jordani, 2010; Azhar, 2011). Yapılan araştırmalara göre, işletme tarafından analog bilgiler ayıklanırken verilerin bir kısmının kaybolduğu sonucuna varılmıştır (East ve Nisbet, 2010; Eastman ve ark., 2011). Ayrıca, toplanan verilerin CAFM yazılımlarına aktarılmasının altı ay, hatta bazen yıllar sürdüğü görülmektedir (Eastman ve ark. 2011; Patacas ve ark 2015).

Sayısallaşma sürecinin önemli bir adımı olan Yapı bilgi modellemesi (Building Information Modelling - BIM), kişileri, konumu ve proje aşamalarını birleştirerek yapının sayısal bir temsilini oluşturmaktadır (Eastman ve ark., 2011). BIM aynı zamanda kullanıcıların daha etkin, işbirlikçi ve gerçek zamanlı veri erişimine imkan vererek, proje aşamalarında zamandan tasarruf etmelerini sağlamaktadır (Becerik Gerber ve diğerleri, 2012). Bu sebeple, projelerin ilk yatırım maliyeti aşamasından itibaren maliyeti düşürmek ve firmalar arasındaki koordinasyonu sağlamak amacıyla BIM tercih edilmektedir. BIM' in işletme ve bakım aşamasında kullanılması göreceli olarak yeni bir fikir olsa da, bu aşamadaki maliyet kayıpları yatırımcıların BIM ile tesis yönetimi arasındaki ilişkiyi kurmasına sebep olmuştur (Akçamete 2010; Eadie ve ark. 2015). Bina yaşam döngüsü boyunca, tesis yönetimi aşamasını sürece dahil etmek ve verileri etkin kullanmak amacıyla tasarım aşamasından itibaren geometrik veriler haricinde geometrik olmayan veri ihtiyaçlarının sisteme entegre edilmesi gerekmektedir (Becerik-Gerber ve ark., 2012). Bina yaşam döngüsünün artan veri

paylaşımı ihtiyacıyla birlikte geleneksel yöntem karmaşık yapısıyla yetersiz kalarak, başarısız olmaktadır (Lai ve Deng, 2018). Bina yaşam döngüsünün tek bir veritabanında çözülememesi sebebiyle, BIM ile entegre çalışan bir sistem ihtiyacı birçok çalışmada vurgulanmıştır ve BIM'in tesis yönetimi ile entegrasyonuna yönelik veri değişim araçları geliştirilmiştir (Akçamete ve ark. 2010; BuildingSMART, 2020). İşbirliğini destekleyen araçlar sayesinde bilgi proje paydaşlarına doğru zamanda aktarılmaktadır (UkBimFramework, 2021). Bununla birlikte BIM tabanlı bilgilerin sayısallaştırılması ve BIM ile tesis yönetimi entegrasyonunda varlıkların işletme aşamasını içine alan ISO 19650 standart ailesi geliştirilmiştir. ISO 19650 ailesinin oldukça yeni olması ve en son teknolojilerin barındığı bir çerçevede uygulanması bilginin sınıflandırmasında tutarlı bir yaklaşım sergilemektedir. ISO 19650 standart ailesi aynı zamanda, kamu sektöründe müşterilere yönelik operasyonel süreçlerini desteklemek, maliyeti düşürmek ve performansı iyileştirmek için bir çerçeve sunan Government Soft Landings (GSL)' i desteklemektedir.

2014 yılında Kabataş – Mecidiyeköy - Mahmutbey Metro Hattı ile raylı sistem teknik şartnamelerine BIM kullanım zorunluluğu eklenmiştir (Öner, 2019). Ancak, projenin başından itibaren BIM kullanılmasına rağmen, tasarım aşamasına operasyon bilgileri entegre edilmemektedir. Tez çalışmasında, BIM tabanlı raylı sistem projelerin tesis yönetimi entegrasyonları araştırılarak literatür taraması yapılmıştır. Bir hatta birden çok istasyona sahip olan metro hatlarının coğrafik dağılımları, karmaşık ve yönetilmesi zor bir yapıya sahip olması sebebiyle, işveren olan kamu kuruluşlarının teknolojik gelişmeleri ve sayısal dönüşüm sürecini benimsemek zorunda bırakmıştır. Ancak literatür araştırmasında raylı sistemlerde tesis yönetimi özelinde yapılan çalışmaların çoğunun BIM yaklaşımından uzak olduğu (Sadati ve ark, 2020; Huang ve ark. 2019; Chen ve ark, 2020; Mena, 2018) veya BIM tabanlı yaklaşımların yeterli operasyon bilgisine sahip olmadığı (Xie ve Teci, 2015; Bapat ve ark., 2021) gözlemlenmiştir. Bu sebeple, BIM tabanlı raylı sistem projelerinde varlık yönetimi entegrasyonunun mevcut uygulamaları araştırılarak, metro projelerinde çalışan uzmanlara bir anket çalışması hazırlanmıştır ve mevcut uygulamalarda ağırlıklı olarak ISO 19650 standart temelli bir yaklaşımın benimsendiği ortaya çıkmıştır. Anket sonucunda, Türkiye'de raylı sistemler devlet kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için ISO 19650-3 standart yaklaşımı benimsenerek bir uygulama metodolojisi önermek amacıyla bir vaka çalışması

geliştirilmiştir. Sonuçlar, BIM ile varlık yönetimi entegrasyonunu gerçekleştiren büyük ölçekli projelerde sistematik bir yaklaşım benimsenmenin önemini ve kamu kuruluşları tarafından desteklenen ilgili projelerde nasıl bir yol izlendiğini vurgulamaktadır. Çalışma bulguları geri dönüş almak amacıyla, raylı sistem metro yapıları işletme tarafında varlık yönetimi ile ilgilenen personellere test edilmiştir.

## **1.1 Araştırma Problemi**

Raylı sistemler metro projelerinde projenin başından itibaren BIM modeline çok fazla veri aktarımı yapılmaktadır. Tesis yönetimi ile ilgili konularda, yapıların işletimi sırasında ne tür BIM bilgilerinin alınıp kullanılacağı belirsizdir. Tesis yönetimi aşamasında fazla veriye sahip olmak, işletme ve bakım süreçlerini iyileştirdiği anlamına gelmemektedir (Singh ve diğerleri, 2009). Bu tez çalışmasında geometrik ve geometrik olmayan olmak üzere iki veri türünden bahsedilmektedir. Bu veriler tasarım, yapım işini gerçekleştirmek ve işletme, bakım ve varlık verilerini toplamak üzere BIM modeline işlenmektedir. Projenin başından itibaren; üretici bilgilerini, varlık bilgilerini, varlıkların bakım ve onarım periyotlarını, yedek parça ve garanti belgelerini içeren geometrik olmayan veri ihtiyaçlarının sisteme entegre edilmesi gerekmektedir (Becerik-Gerber ve ark., 2012). Ancak, BIM'in işletme ve bakım aşamasında kullanılmasına yönelik yapılan araştırmalar, işverene teslim edilen verilerin işletme ve bakım süreç ihtiyaçlarını karşılamadığını, çok fazla bilgi içermesi sebebiyle bilgi modelinin tesis yöneticileri tarafından tercih edilmediğini bu sebeple başarısız olduğunu savunmaktadır (İlter ve Ergen, 2015; Matarneh ve ark, 2018). Benzer bir şekilde, Türkiye'de raylı sistemler ulaşım projeleri tasarım - yapım süreçlerinde, tesis yönetimi ve varlıkların bakım ve onarımları için gerekli bilgi gereksinimleri BIM modelinde oluşturulmayarak, analog sistemler aracılığıyla saklanmaktadır ve devir teslim aşaması analog sistemler aracılığıyla sağlanmaktadır. Yapı işletmeye teslim edildikten sonra gerekli ve gereksiz birçok proje bilgisi işletme tarafından toplanıp, ayıklanarak manuel olarak tekrar oluşturulmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, geleneksel yöntemlerle teslim edilen dokümanların toplanması aşamasında verilerin bir kısmının kaybolduğu ve manuel bilgi girişinin hata payını arttırdığı, ayrıca devir teslim süreçlerinde tesis yönetimine yönelik bilgi aktarımlarının otomatikleştirilmemesinin işletme aşamasında zaman aşımına sebep

olduğu sonucuna varılmıştır (East ve Nisbet, 2010; Fallon, 2007; (Eastman ve ark. 2011; Patacas ve ark 2015).

Geleneksel yöntemlere kıyasla, maliyet tahminlerinin ve iş programlarının doğruluğunda artış meydana gelmesi, tasarım ve proje aşamalarının daha anlaşılır olması gibi sebeplerle Türkiye’de raylı sistemler ulaşım projelerine BIM kullanım zorunluluğu getirilmiştir (Öner, 2019). Ancak projelerde tasarım ve yapım süreçleri birbirine nispeten yakın ve birbirini besler şekilde işlerken tesis yönetimi hemen her zaman bu sürecin dışında kalmakta ve bağımsız ilerlemektedir. Bir projenin toplam yatırım maliyeti değerlendirildiğinde, işletme ve bakım aşaması toplam yatırım maliyetinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Lee, 2012; Akçamete ve ark., 2010). Ancak işverenler ağırlıklı olarak ilk yatırım maliyetlerine odaklanarak tasarım ve yapım aşamalarına öncelik vermektedir (Oflluoğlu, 2021). Tüm süreçlerde proje odaklı bir yaklaşımın benimsenmesi sebebiyle metro tesisleri hesaplanan sürelerin dışına çıkılarak geç hizmete girmekte ya da faaliyet aşamasında bir takım önlemler alınarak geçici kabul eksiklikleriyle birlikte hizmete açılmaktadır.

Projenin başından itibaren proje sonuçlarını optimize etmek için birlikte çalışmayı savunan İdeal İşbirliğine Dayalı Proje Tesliminde (IPD) tüm ekip üyelerinin BIM süreçlerinde birlikte çalışması gerekir. Ancak Türkiye’de mevcut raylı sistem ulaşım projelerinde işletim görevini üstlenen firmalar sürece ayrı ayrı zamanlarda dahil olmakta ve süreçler arası geçişlerde iş akışları arasında devamlılığı sağlamak güç olmaktadır. Projenin en başında tasarımcı, yüklenici, işveren (idare) ve müşavir sürece dahil olarak aynı BIM model üzerinde çalışmaktadır. Ancak üretici, taşeron ve işletme bu sürecin dışında kalmakta ve bilgilerin tasarım aşamasına taşınması analog sistemler aracılığıyla olması sebebiyle iş akışları takip edilememektedir. Yapılan araştırmalar çoğu projede BIM ile tesis yönetimi entegrasyonu veri alışverişlerinin işbirlikçi çalışma ortamından uzak ve sorunlu olduğu yönündedir (Azhar, 2011; Becerik Gerber, 2012; BIFM, 2013). İşletim görevi üstlenen firmaların BIM yapısına uygun standart veya yazılım tabanlı veri değişim aracı kullanması, belirli bir sistematik ile parametrelerini, bilgi paylaşımlarını isimlendirmesi ve sınıflandırması birlikte çalışabilirlik sorunlarının önüne geçecektir (Akçamete ve ark. 2010; BuildingSmart, 2020).

Bu çalışmada, Türkiye’de BIM ile yürütülen raylı sistem ulaşım projeleri araştırılmıştır ve İkitelli- Ataköy Metro Hattı yapım projesinde iki istasyonun kısmi

açılışı gerçekleşerek devir teslim aşamasında olduğu tespit edilmiştir. Teslim aşamasında olan bir istasyonun BIM ile tesis yönetimi entegrasyonunu araştırmak amacıyla, hattın proje çalışanlarıyla ve işletmeyle iletişime geçilerek, işletmeden gelen dokümanlara yönelik incelemeler yapılmıştır. İkitelli Ataköy Metro Hattı (ATİ) yapım aşamasında yapılan toplantılara işletme davet edilerek tesis yönetimi, varlık bakım onarımları, varlık değişiklikleri, varlıklarla ilgili tercih edilen malzemeler ve müşteri beklenti politikaları hakkında genel bilgiler edilerek bu bilgiler tasarıma yansıtılmaktadır. Ancak bu bilgiler operasyon süreçlerini yönetmek için yeterli görülmemektedir. Bu sebeple, ISO 19650-3 standardında (2020) belirtildiği üzere, organizasyonel fonksiyonların ve varlık yönetim sisteminin ihtiyaçlarını karşılamak için organizasyonel bilgi gereksinimlerinin (OIR) tanımlanması gerekmektedir. Ancak ATİ’de, varlıkların işletim aşaması için bilgi yönetimi, hangi varlıkların yönetildiği, hangi parametrelerin gerekli olduğu, yedek parça kimlikleri, varlık arıza kayıt bilgileri, bakım görevlerinin geçmiş kaydı veya diğer operasyon görevlerinin kapsamlı bir şekilde tanımlandığı kurumsal bilgi gereksinimleri işletme tarafından paylaşılmamaktadır. Ayrıca, proje süresince devreye alma tarihleri belirsiz kalarak hizmet faaliyetlerinde sıklıkla gecikmeler yaşanmaktadır. ISO 19650 standardı, kamu sektöründe süreçlerin detaylandırıldığı müşteri odaklı olarak geliştirilen GSL’ yi destekleyerek en son teknolojilerin barındığı bir çerçevede uygulanarak müşterinin beklentilerini karşılamaktadır (Philp ve ark., 2019). Ayrıca, ISO 19650-3 (2020) standardına göre proje özelinde hazırlanması gereken OIR, BIM modelin varlık yönetimi için hazırlanmasında hangi bilgilerin çıkarılıp hangi bilgilerin dahil edileceği noktasında alınan kararları netleştirmektedir.

ATİ Sözleşme ve Teknik Şartnamede tesis yönetiminin zorunlu hale getirilmemesi, tesis yönetiminin tasarım ve yapım sürecine taşınmaması konusunda önemli bir rol oynamaktadır (Cavka ve ark., 2017). İşveren ve işletme tarafından hangi varlıkların yönetileceğine karar verilerek, bilgi değişimde format ve alt yapının belirlenmesi ve BIM modelin işletmeye uygun olarak hazırlanması gerekmektedir (ISO 19650-3). Bu doğrultuda, varlık yönetimine yönelik BIM kullanımını incelemek amacıyla anket hazırlanarak bir altlık oluşturulmuş ve raylı sistemler ulaşım projelerinde test ortamı yaratmak amacıyla ATİ, Bahariye İstasyonu özelinde bir vaka çalışması hazırlanmıştır.

## 1.2 Araştırmanın Amacı

Bina yaşam döngüsü (planlama, tasarım, inşaat, kullanım, yönetim, bakım, elden çıkarma veya yeniden kullanım) bilgi aktarımlarında meydana gelen karmaşıklığın önüne geçilmesi, sayısal ortamda süreçlerin birbirine entegre edilebilmesi ve kullanıcıların (müşteri, tasarımcı, yüklenici, proje sahibi ve parça üreticileri) projenin en başından itibaren organize olabilmesi ile mümkündür. Türkiye’de BIM’in zorunlu olduğu raylı sistemler ulaşım projelerinde analog sistemler aracılığıyla yapılan veri paylaşımlarını ortadan kaldırmak, tesis yönetimi aşamasına yönelik bilgi akış süresinin ve bilgi paylaşımlarının optimize edilmesini sağlayacaktır. tesis yönetimi verisine, BIM projesi sırasında sahip olup, belirli aralıklarla güncelleme yapmak tesis yönetimi faaliyetlerinin doğru ve hızlı bir şekilde çalışmasına izin vereceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasının iki temel amacı bulunmaktadır.

- (1) Raylı ulaşım sistemi projelerinde tesis yönetimi amacıyla BIM kullanımının çok katmanlı ve paydaşlı yapısını ortaya koymak hedeflenmektedir. Aynı zamanda, tüm proje aşamalarının benzer tutarlılıkta ilerlemesi ve işletmenin projenin en başından itibaren projeye dahil edilmesi, yapı işletmeye teslim edildikten sonraki analog sistemlerle bilgi toplama ve ayıklama sürecini ortadan kaldırarak süreç kalitesini artırmak amacıyla; BIM ile tesis yönetimi entegrasyonunda ne tür bilgilerin dahil edileceğini araştırmaktadır. Belirlenen bilgi gereksinimleri işverenler tarafından entegrasyon yöntemi seçmek için kullanılabilir.
- (2) Türkiye’de raylı ulaşım sistemi projelerinde kullanılacak ISO 19650 temelli bir kuramsal çerçeve oluşturmak ve bir pilot proje üzerinde uygulamasını gerçekleştirmek hedeflenmektedir. Varlıkların operasyon bilgi yönetim süreçlerini konu alan ISO 19650-3 standart yaklaşımı ihale aşamasında atayan tarafın bilgi gereksinim ve yönetim süreçlerini kapsamlı bir şekilde ele alarak bu süreçlerin gelişmesini sağlamaktadır (UkBimFramework, 2021). Vaka çalışması uygulama metodolojisi üç ana başlık altında oluşturulmuştur. İlk olarak seçilen Bahariye İstasyonu organizasyonu ve tasarımı, İkinci olarak, ISO 19650 standart yaklaşımı ile varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması ve son olarak, verilerin

kurumsal sistemlere aktarılması anlatılmaktadır. Uygulama seçenekleri ile birlikte izlenen yol, devlet kurumları tarafından üstlenilen benzer projelerde kullanılabilir ve bu konudaki yeterli operasyon bilgisine sahip olmayan çalışma açığını doldurabilir.

### **1.3 Araştırma Yöntemi**

BIM ve tesis yönetimi bütünleşmesi konusunun nisbeten yeni olması ve tesis yönetimi uygulamalarının yetersiz olması sebebiyle tez çalışmasına yönelik kapsamlı bir literatür araştırması yapılmıştır. Metro istasyonlarında yapılan yayınların BIM yaklaşımından uzak olduğu ve BIM tabanlı olarak yapılan yayınların yeterli tesis yönetimi bilgisine sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, dünyada kamu tarafından desteklenen raylı sistem projeleri mevcut uygulamaları BIM ve tesis yönetimi entegrasyonunu projenin başından itibaren benimseyerek süreçleri otomatikleştirmesine rağmen, Türkiye’de yapılan mevcut uygulamaların tesis yönetimi entegrasyonu konusunda geri kaldığı ve süreçlerin otomatikleştirilmediği ortaya çıkmıştır.

BIM kullanımını anlamak amacıyla İnternet ortamında bir anket çalışması hazırlandı. BIM ve tesis yönetimi entegrasyonunu sağlayan çeşitli ülkelerin raylı sistemlerinde görev alan kurumlarına anket çalışması yollandı. Geri dönüşlerin yetersiz olması sebebiyle BIM tabanlı tesis yönetimi uygulamalarını gerçekleştiren büyük ölçekli projelerin tesis ve varlık yöneticileri de çalışmaya dahil edilerek katılımcı sayısı artırıldı.

Anket sonucunda BIM' in yapım ve işletme aşamaları arasındaki devir sürecini iyileştirdiği ve tesis yönetimi ile ilgili faaliyetler için kapsamlı proje bilgileri sunduğu görülmektedir. Ayrıca her katılımcı tesis yönetimine yönelik oluşturulan bilgi modelinde sistematik bir yaklaşım izlenerek, verileri tanımlamak ve standart haline getirmenin gerekliliğini vurgulayarak uzmanların ağırlıklı olarak ISO 19650 standart temelli bir yaklaşım izledikleri tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda, ankette elde edilen bilgilerle varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanmasını sağlamak ve Türkiye’de Raylı Sistemler Devlet Kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için bir uygulama metodolojisi önermek amacıyla, ISO 19650-3 standart yaklaşımı benimsenerek bir pilot çalışması yapılmıştır. Vaka

çalışması sırasında test ortamı için seçilen istasyonda çalışan kişilerle ve işletmeyle yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Görüşme ve belge incelemeleri sonucunda elde edilen bilgiler kurumsal sisteme aktarılarak bakım denetimleri gerçekleştirilmiş ve süreçler otomatikleştirilmiştir. Kuramsal altlık ve pilot çalışması son olarak raylı sistem yapılarında çalışan varlık yöneticilerine test edilmiştir.

#### **1.4 Tez Bölümlerinin Özeti**

Tez çalışması 2. Bölüm'de tesis yönetimi ve raylı sistemlerde kullanımı ile ilgili literatür taramasını içermektedir. Tesis yönetimi gelişim süreci detaylı bir şekilde açıklanarak, tesis yönetiminde geleneksel ve sayısal yöntemler araştırılmış ve tesis yönetiminin faaliyet alanlarından bahsedilmiştir. Son olarak ise tesis yönetimine yönelik kullanılan sınıflandırma ve adlandırma kuralları yer almaktadır. 3. Bölümde, tesis yönetimine BIM kavramı dahil edilerek literatür taraması genişletilmiştir. Bu bölümde tesis yönetiminin BIM ile ilişkisi, açık ve yazılım tabanlı veri değişim araçları, BIM'in standartlaştırma süreciyle ortaya çıkan ISO 19650 standart yaklaşımı ve varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması için adımlar araştırılmaktadır. 4. Bölümde, raylı sistemlerde BIM kullanımını anlamak amacıyla hazırlanan anket çalışması yer almaktadır. Anket çalışması beş kategori ve bölüm değerlendirmesinden oluşmaktadır. 5. bölümde, literatür araştırması ve anket çalışması sonucunda hazırlanan vaka çalışması yer almaktadır. Bahariye İstasyon tasarımı, ISO 29650-3 standart yaklaşımıyla varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması ve varlık verilerinin kurumsal sistemlere aktarılması olmak üzere üç ana başlıkta değerlendirilerek oluşturulmuştur.

## 2. TESİS YÖNETİMİ VE RAYLI SİSTEM YAPILARINDA KULLANIMI

Raylı sistemler ulaşım yapıları; yüksek nüfusa hitap eden kapasitesi ile trafik sorunlarına çözüm getirerek kullanıcıların ekonomik ve hızlı ulaşım sağlaması amacıyla erişim mesafesini kısaltmak üzere konumlandırılmaktadır. Tesisten elde edilen verimi artırarak işletme maliyetlerini azaltmak için, tesis yönetimi ve varlıkların bakım - onarımları için gerekli geometrik olmayan bilgilerin ve tesis yönetimi faaliyet alanını kapsayan kaynakların çok hassas ve doğru bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Bu bölümde tesis yönetiminin raylı sistemlerde kullanılmasına yönelik literatür araştırmasına yer verilmiştir. Birinci başlıkta; tesis yönetiminin önemi, ülkeler tarafından benimsenme süreci ve ülkeler ile kuruluşlar tarafından standardize edilme sebepleri araştırılmıştır. İkinci başlıkta; tesis yönetiminde sıkça kullanılan geleneksel yöntemlerin yol açtığı problemler, sektördeki sayısal yöntem ihtiyacı ve çözüm olarak geliştirilen sistemler araştırılmıştır. Üçüncü başlıkta, tesis yönetiminin zorunlu ve zorunlu olmayan faaliyet hizmetleri araştırılmıştır. Dördüncü başlıkta, metro istasyonları özelinde hem yapılan yayınlar hem de mevcut uygulamalar incelenerek, dünyada raylı sistemler ulaşım yapılarında tesis yönetimi yaklaşımı araştırılmıştır. Beşinci başlıkta, tesis yönetimine yönelik hangi bilgilerin gerekli olduğu araştırılmıştır. Altıncı başlıkta, bina yaşam döngüsü boyunca üretilen bilginin çok fazla olması sebebiyle doğan sınıflandırma ihtiyacı ve tesis yönetiminde kullanılan endüstriyel sınıflandırma standartları ile gelişim süreci araştırılmıştır. Son olarak yedinci başlıkta, bilgilerin tutarlı ve doğru bir içeriğe sahip olabilmesi için geliştirilen adlandırma kuralları, standartları araştırılmıştır.

### 2.1 Tesis Yönetimi Kavramı ve Gelişim Süreci

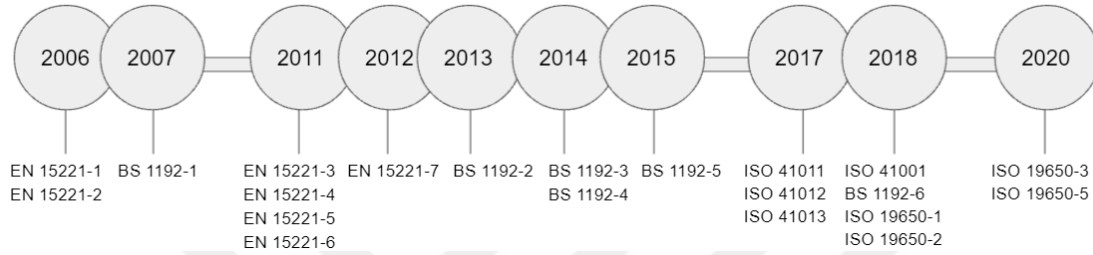
Bir yapı inşa edildikten sonra içerisinde uzun bir yaşam evresi devam etmektedir. Tesis yönetimi (TY); bir yaşamın veya üretimin olduğu ve birçok personeli barındıran okul, hastane, banka, alışveriş merkezi, otel, toplu taşıma terminalleri, metro gibi yapılarda hizmet verimini artırmak ve işletme maliyetlerini azaltmak için gerekli bilgilerin, kaynakların ve yapının yönetimidir (Lindholm, 2005). Yapının ana faaliyetlerini optimize ederek faydalı sonuçlar elde etmek amacıyla yapılan multidisipliner bir süreci kapsamaktadır ve bu süreçte operasyonel ihtiyaçlar tesis

bilgileriyle entegre edilmektedir. TY, işleyişin ve teknolojinin sürekli olarak değiştiği bir dünyada, yapı, sistem, varlık ve bina elemanlarının tasarlanarak yönetilmesi ile ilgili çabaları koordine etmekle yükümlüdür (Becker, 1990). Bu çabalar tasarımcı, yüklenici, üretici ve işletme firmalarına ait bilgilerinin birleşimi ile sonuçlanır.

TY kavramından, ilk olarak 1971 yılında Henry Ross Perot tarafından, IT teknolojisinin ele alındığı bir çalışmada bahsedilmiştir (Yost, 2017) ve 1980'li yıllarda inşaat sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Her ülke kültürü ve organizasyonel yapısı doğrultusunda, tesis yönetim sürecini farklı değerlendirmiştir. Uluslararası Tesis Yönetim Birliği (IFMA) 1980 yılında kurulan, 100'den fazla ülkede 24.000' den fazla üyeye sahip dünya çapında desteklenen uluslararası bir dernektir (IFMA, 2021). Avrupa Standardizasyon Komitesine göre, kamu ve özel yapıların ana faaliyetleri ile birlikte maliyet ve performans açısından hizmetlerini optimize edebilmek amacıyla, TY kavramı Avrupa'da benimsenmiştir ve 1984 yılında İngiltere'de (BIFM), 1986 yılında Hollanda'da, 1992 yılında İskandinav ülkelerinde ve 1995 yılında Almanya'da (GEFMA) kar amacı gütmeyen kuruluşlar meydana gelmiştir (Levainen 1997). Bununla birlikte, Amerika'da ve Avrupa'da TY'yi tanımlayan, TY süreçlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik bir kılavuz görevi gören birçok standart yayınlanmıştır.

Avrupa'da ilk olarak 2006 yılında TY tanımı ve terimlerini içeren EN 15221-1 standardı yayınlanmıştır. Sonraki altı yıl içerisinde TY sözleşmelerinin nasıl hazırlanması gerektiği, kalite, sınıflandırmalar, TY süreçleri, yapılarda alan, mekan ve performans değerlendirmesi üzerine altı standart yayınlanmıştır. Bu standartlar Avrupa çapında yaklaşık 30 ülke tarafından benimsenmiştir (Mitchell, 2006). Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) tarafından 2017 - 2018 yılları arasında, tesis yönetimi sözlüğü, stratejik kaynak bulma, anlaşmaların geliştirilmesi, TY uygulanmasının, sürdürülmesi ve geliştirilmesini destekleyen ISO 41000 ailesi yayınlanmıştır. ISO standardı, her sektörü kapsayacak şekilde geliştirilerek tedarik, operasyon, servis hizmetleri, bakım-onarım, enerji ve havalandırma sistemleri gibi konulara odaklanmaktadır (ISO, 2018). İngiltere' de 2007-2018 yılları arasında yapım projelerinde BIM ile birlikte varlıkların operasyonel aşaması için bilgi yönetiminin sağlanmasını, güven odaklı bilgi yönetimi yaklaşımını ve COBie kullanımını destekleyen altı adet BS 1192 ailesi yayınlanmıştır ve İngiltere hükümetinde BIM Level 2'nin tanımı yapılmıştır (Bertein, 2019). BS 1192 ailesinin

tesis yönetim süreçlerine sağladığı katkılar diğer ülkeler tarafından fark edilmesi ile birlikte, standardın uluslararası düzeyde yayınlanmasına karar verilmiştir (Shillcock, 2019). Böylece, 2018 - 2020 yılları arasında BS 1192 standardıyla uyumlu ISO 19650 standartları yayınlanmıştır. Yayınlanan tüm kuruluş ve standartlar, dünya genelinde TY sürecinin inşaat sektöründe önemini vurgulayarak TY bilgi yönetim süreçlerine yönelik stratejik bir yaklaşım sunmaktadır. Bu doğrultuda yayınlanan standartların kronolojik sıralaması Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Mitchell, 2006; ISO, 2018; Bertein, 2019).



**Şekil 2.1 : Tesis Yönetimi Sürecini Destekleyen Standartlar (Mitchell, 2006; ISO, 2018; Bertein, 2019).**

## 2.2 Tesis Yönetimi İçin Geleneksel ve Sayısal Yöntemler

İnşaat sektörünün gelişmesiyle birlikte el yapımı ekipmanların yerini otomatik sistemlere sahip ekipmanlar almıştır. Bu gelişme sektörde bir derece maliyeti düşürerek verimin artmasına sebep olsa da, bilgi sistemlerinin otomatikleştirilmeyerek sistemlerin geleneksel yöntemlerle yürütülmesi inşaat sektöründe verimi artırmak açısından beklenen etkiyi yaratmamaktadır (Eastman ve ark. 2011). Geleneksel yöntem dosya kökenlidir ve bilgi paylaşımları analog sistemler aracılığıyla (kağıt, CD vb.) yürütülmektedir. Bu sistemlerin kullanılması bilginin anlaşılabilirliğini kısıtlayarak, paydaşların bilgi alışverişlerini güçleştirmektedir. Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) tarafından TY aşaması dahil edilerek, analog sistemlerin sebep olduğu işbirlikçi çalışma prensibinden yoksun çalışma ortamlarının işverene ek maliyetleri üzerine bir araştırma yapılmıştır (Gallaher ve ark. 2014). Yapılan araştırma, bilgi paylaşımları arasındaki uyumsuzluğun hata payını artırdığını ve süreçlerde zaman kayıplarına sebep olduğunu vurgulayarak, toplamda 15,8 milyar dolar ek maliyete yol açtığını ortaya koymuştur (Eastman ve ark. 2011; Gallaher ve ark. 2014). Araştırma toplam maliyetin %68’ inin tesis yönetimi süreçlerini kapsadığını belirterek, ek maliyetlerin sebebi olarak; otomasyon sistemlerinin eksiklikleri ve verilerin birçok paydaş

tarafından manuel olarak tekrar girilmesinin yol açtığını savunmaktadır ve çözüm önerisi ise yapının sayısal temsili niteliğinde olan BIM olmuştur (Eastman ve ark. 2011).

BIM geleneksel yöntemlerin sebep olduğu olumsuzlukların önüne geçse de işverenler ağırlıklı olarak devir teslim süreçlerini analog sistemler aracılığıyla yürütmeye devam etmiştir. Yapılan araştırmalara göre, geleneksel yöntemlerle teslim edilen kılavuz ve dokümanların toplanması aşamasında verilerin %30'unun kaybolduğu sonucuna varılmıştır (East ve Nisbet, 2010). Ayrıca, işletme personellerinin bilgileri toplama aşamasında zamanının %10- 30'una yakınına boşa harcadığını ve bu durumun çalışanların iş yükünü artırdığı ortaya çıkmıştır (Latham, 1994). Gerekli gereksiz birçok bilginin paylaşıldığı teslim süreçlerinde; verilerin artarak, verilere aynı anda erişme, veri paylaşımı, gizlilik sorunlarının ortaya çıkması ve veriyi filtreleme ihtiyacının artması ile birlikte geleneksel yöntemler yetersiz kalmaktadır

Eastman ve ark. (2011) göre analog sistemler bilginin anlaşılabilirliğini kısıtlayarak sektörde yeniliklerin ve teknolojik gelişmelerin benimsenme sürecini yavaşlatmaktadır. Türkiye'de devlet destekli raylı sistemler ulaşım yapıları projelerinde kağıt kullanımı halen daha önem arz etmekte ve proje iş akışları resmi yazılar ile, proje incelemeleri iki boyutlu paftalar ile gerçekleştirilmektedir ve projede paydaşların her birinin iletişimi ve ihale süreçleri analog sistemler üzerinden sağlanmaktadır. 2016 yılı itibari ile teknik şartnamelere BIM kullanım zorunluluğu getirilmesi tasarımcı, yüklenici, işveren ve müşavir gibi paydaşların bilgi modeli paylaşımlarını sağlasa da, bina yaşam döngüsünün önemli bir süreci olan TY'nin bu süreçlerden bağımsız kalarak; işletme, üretici, tedarikçi gibi paydaşların bilgilerinin entegre edilmemesi kurulan sistemi önemli bir ölçüde etkisiz hale getirmektedir. Yapılan bir araştırmaya göre, geometrik olmayan TY veri türlerinin işverene tesliminin analog sistemler aracılığı ile gerçekleşmesi, bu bilgilerin TY sistemine entegrasyonunu kısıtlamakta ve hata payını artırmaktadır (Fallon, 2007., East ve Nisbet, 2010). Metro projelerinin tüm süreçlerinde proje odaklı bir yaklaşımın benimsenmesi sebebiyle metro tesisleri hesaplanan sürelerin dışına çıkılarak geç hizmete girmekte ya da faaliyet aşamasında bir takım önlemler alınarak geçici kabul eksiklikleriyle birlikte hizmete açılmaktadır.

Raylı sistemler ulaşım yapıları kapsamında aşağıda belirtilen tüm maddelerin, projelerin temini ve dokümanların kapsamının, içeriğinin ve formatının, işveren onayının alınarak hazırlanması ve işletmeye teslim edilmesi beklenmektedir (Teknik Şartname, 2016).

- Sistem tasarımı ve mühendisliği,
- Montaj, test ve işletmeye alma
- Garanti periyodundan sonra üç yıllık yedek parça (malzeme listesi),
- Fabrika kabul testleri.

Resmi kaynaklarda belge teslim yöntemi hakkında herhangi bir bilgilendirme yapılmamaktadır. Bu sebeple, süreçler geleneksel yöntemlerle ilerleyerek yapım işi tamamlandığında her bir istasyona ait onaylı projeler bir paket halinde USB, CD ve e-posta ortamında işletmeye teslim edilmektedir. Yedek parça listesi işveren onaylı bir resmi doküman niteliği taşımaktadır ve analog sistemler aracılığıyla işletmeye teslim edilmektedir. Ayrıca devir teslim aşamasında, yükleniciden sistem konfigürasyonu, işletme, bakım, tamir ve yedek parça tedarikinin tüm aşamalarını etraflıca ele alan teknik kılavuzlar temin edilmektedir. Bu kılavuzlarda geleneksel yöntemlerle işletmeye teslim edilmektedir. İşletme ise teslim edilen tüm dokümanları toplayarak bilgileri TY yazılımına aktarmakla görevlidir. Ancak paylaşılan içerikler kağıt formatında olduğu için takip etmek mümkün değildir. Bu sebeple zaman içerisinde kaybolmaktadır ve yeniden oluşturmak zorunda kalınmaktadır. İşletme ise, tecrübeli teknik personelini çalıştırmak, programını yapmadığı ya da yedeklemediği eksik parçaları tedarik etmek için beklenmedik miktarlarda para harcamaktadır.

Bilgisayar destekli tesis yönetimi (Computer Aided Facility Management - CAFM) yazılımları ilk olarak 1980lerin sonlarında geliştirilmeye başlanmıştır. CAFM, yazılımlar aracılığıyla operasyon aktivitelerinin sayısal ortama taşınması ile büyüyen bilgi teknolojisidir. CAFM, BIM ve CAD işlevselliklerini bir araya getirir. BIM'den gelen üç boyutlu model yapıyı ve veri kaynaklarını anlamada kılavuz görevi görmektedir. CAD'den gelen iki boyutlu verilerle ilişkisel veritabanı kurulur ve işletmeye yönelik analizler yapılır. Sayısal yöntem süreçlerinde aynı zamanda Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi (CMMS) ve Entegre İşyeri Yönetim Sistemi (IWMS) gibi kavramlar ortaya çıkmıştır. Bu kavramların birçok ortak özelliği bulunmaktadır. Ancak, en önemli ortak özelliği her birinin işletme

maliyetlerini düşürmeyi hedeflemesidir. CMMS, bir tesiste ekipman verimini artırmak ve ömrünü uzatmak için ekipman takibi, önleyici ve tahmine dayalı ekipman bakımı ve onarımları, bakım ve onarımlara yönelik talepler ve görev atamaları, malzemeler gibi konulara odaklanan yazılımlardır. IWMS ise; bakım yönetimi, proje yönetimi, alan yönetimi, gayrimenkul yönetimi, çevre ve sürdürülebilirlik gibi tesis yönetimi faaliyet alanlarını kapsamaktadır. İşletme ihtiyaçları doğrultusunda TY yazılımlarında faaliyet alanları modüllerden oluşmaktadır. İnsan, süreç ve teknoloji birleştirilerek işletme faaliyet verimi artırılmıştır ve herkesin kolaylıkla ulaşabileceği sayısal entegre bir sistem elde edilmiştir.

Sayısal yöntem ile gelen önleyici bakım ve reaktif bakım gibi riskleri ve kazaları önleyen planlı, stratejik yaklaşımlar sayesinde, işletmenin günlük aktiviteleri verimli bir şekilde yönetilmektedir. Sahada çalışan teknik personeller evrak işleriyle uğraşmak yerine becerilerini ekipman bakımına yoğunlaştırarak ve bilgiye kolay bir şekilde ulaşmakta ve faaliyet etkinliklerini artırmaktadır. Bu durumda yatırımlarda finansal iyileştirmelerin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Tablet ve telefon gibi mobil araçlarla ve tüm disiplinler tarafından bilgiye erişim sağlanarak sayısal entegre bir platform yaratılmıştır. Aynı zamanda, uzaktan yönetim sağlayabilme imkanı iş gücünü azaltmaktadır. Ayrıca, analiz ve raporlar karar verme süreçlerini hızlandırarak faaliyet uygulanmasını kolaylaştırır ve zamandan tasarruf edilmesini sağlar.

### **2.3 Tesis Yönetimi Faaliyet Alanları**

Tesis yönetimi kullanıcılara güvenli ve uzun ömürlü bir ortam sağlayabilmek amacıyla stratejik bir yaklaşım sergileyerek operasyon süreçlerinin yönetilmesini sağlamaktadır ve temelde bir işletmeyi devam ettirmek için gerekli tüm faaliyetleri kapsamaktadır. İşletme hedeflerinin etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için TY yazılımları ile desteklenen faaliyet alanları geliştirilmiştir. Zorunlu (Hard) ve Zorunlu olmayan (Soft) olmak üzere iki grup tesis yönetimi destek ve faaliyet alan hizmeti bulunmaktadır (Kincaid, 1994; Baccarini, 1999). Tesisin fiziksel yapısını ve çalışanların güvenliğini destekleyen zorunlu hizmet alanlarına; ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri, aydınlatma ve elektrik sistemleri, yangından koruma sistemleri ve önleyici ile reaktif bakım yönetimi örnek olarak gösterilebilir. Zorunlu

olmayan tesis yönetim hizmetleri ise; tesisi daha verimli ve güvenli bir hale getirmek ve müşteri memnuniyetini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Çevre düzenlemesi, temizlik, güvenlik, atık yönetimi örnek olarak gösterilebilir (Arayıcı, 2012). Zorunlu ve zorunlu olmayan faaliyet alanları Şekil 2.2’ de gösterilmiştir.

Zorunlu Tesis Yönetim Faaliyetleri				Zorunlu Olmayan Tesis Yönetim Faaliyetleri		
Aydınlatma Elektrik Sistemleri	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri	Sihhi Tesisat Sistemleri	Yangından Koruma Sistemleri	Çevre Düzenlemesi ve Temizlik Yönetimi	Atık Yönetimi	Güvenlik Yönetimi

**Şekil 2.2 : Zorunlu ve Zorunlu Olmayan Tesis Yönetimi Faaliyetleri (Stephens, 2021).**

Raylı sistem ulaşım yapılarında normal ve acil durum senaryoları doğrultusunda mevcut durumda işletme tarafından; reaktif bakım, varlık yönetimi, finansal planlama ve personel takibi yapılmaktadır. Faaliyet alanlarında işletmeye yönelik çeşitli analizler yapılarak alınan değişiklik kararları ile bakım, onarım, maliyet, mekan, varlık, acil durum senaryoları gibi konularda iyileştirmeler yapılarak faaliyet alanları genişletilebilir. Aşağıda raylı sistemler ulaşım yapılarında sıklıkla kullanılan tesis yönetimi faaliyet alanları yer almaktadır.

**Acil durum planlama yönetimi (ERM):** ERM ile birlikte, tesislerde, acil durumlar sınıflandırılarak yangın, sel, elektrik kesintileri, deprem, saldırı gibi bir felaketin meydana gelme olasılığını düşürmek hedeflenmektedir (IFMA, 2021). Acil durum ile karşılaşma durumuna yönelik strateji, süreç ve protokollerin belirlenmesi sürecin yönetilmesi açısından önemli bir adımdır (Arayıcı, 2012). TY yazılımında, proje ve personele ait bilgiler takip edilip, analiz edilmektedir. Bu doğrultuda, disiplinlere ait kritik sistemler belirlenerek çözüm önerileri geliştirilmelidir. Örneğin, yangın tehdidi altındaki alanlara yangın söndürme elemanları yerleşimi ya da elektrik kesintilerine yönelik yedek jeneratör bulundurma gibi çözüm önerileri geliştirilebilir.

**Mekan Yönetimi:** Mekan yönetimi ile birlikte, tesisin sahip olduğu alanların izlenmesi, alan planlarının hazırlanmasını, doluluk oranlarının analiz edilerek çalışan personellerin yerleşimlerinde iyileştirmeler yapılması hedeflenmektedir (Arayıcı, 2012; IFMA 2021). TY yazılımında değişiklikler kayıt altına alınarak takip

edilmektedir. Ayrıca, yapılan optimizasyon çalışmaları yardımıyla harcamalardan tasarruf edilmektedir.

Sağlık ve Güvenlik Yönetimi: Tesisi kullanan herkesi olası tehlikelerden korumak, kaza riskini en aza indirmek amacıyla tasarlanmaktadır. Öncelikli olarak risk değerlendirmeleri yapılarak tesisin sahip olduğu fiziksel koşulların iyileştirilmesi gerekir (Stephens, 2021). Örneğin, merdiven rıhtlarında kaymaz ve pürüzlü bir malzeme tercih edilmesi düşme veya takılma gibi kazaların önüne geçebilir. Teknik personele koruma ekipmanları sağlayarak yönlendirme ve ikaz tabelaları ile hatırlatmalar yapılabilir. Tüm güvenlik önlemleri, TY yazılımında kayıt altına alınarak kontrol edilebilir.

Finansal Planlama Yönetimi: Tesiste yapılan yatırımların geri dönüşünü tahmin ederek finansal bir strateji oluşturmak amacıyla geliştirilmektedir. Finansal performans işletme performansı ile doğru orantılıdır. Her bir ekipman için sermaye giderleri, zorunlu ve zorunlu olmayan bakım bütçeleri, nakit akışları gibi harcamalar kontrol edilerek kayıt altına alınmalı ve gerekli analizler yapılmalıdır. Analizler sonucunda finansal iyileştirmeler yapılmalıdır (IFMA, 2021; Stephens, 2021).

Bakım Yönetimi: Bir tesisin kaynak ve ekipmanlarını korumak amacıyla, süreç ve finansal yatırımlar kontrol edilerek üretim sürecini artırmak hedeflenmektedir. Önleyici (proaktif) ve reaktif olmak üzere iki çeşit bakım yönetimi kullanılmaktadır. Önleyici bakım, bir kontrol listesi yardımıyla ekipmanların ömrünü uzatmak amacıyla belirli periyotlarda yapılır. Ağırlıklı olarak, ekipmanların incelenmesi, temizlenmesi ve parça onarımlarından oluşmaktadır. Reaktif bakım ise, ekipmanların koşullarına göre yapılmaktadır (Arayıcı, 2012). Örneğin, tesiste çalışan teknik personeller bir ekipmanın performans değerlerinde anormal bir durum sezdiğinde gelecekteki muhtemel arızaları önlemek amacıyla bakım prosedürleri oluşturur.

Varlık yönetimi: Bir tesisin sistematik bir yaklaşım ile sahip olduğu varlıklardan değer elde edilmesini hedeflemektedir. Bu süreçte varlıklar tanımlanarak, bakım ve onarımları gerçekleştirilir ve varlıklara yönelik olası riskler tanımlanır. Ayrıca; varlık listesi, konumu, varlık geçmişi, yedek parçaları, garanti süreleri, finansal değeri ve kazanımları tanımlanmalıdır (Stephens, 2021; Arayıcı, 2012). Varlıklar sabit ve hareketli olmak üzere iki farklı şekilde değerlendirilebilir. Klima, asansör, yürüyen

merdivenler, sprinkler sabit varlıklara; temizlik malzemeleri, telsizler ise hareketli varlıklara örnektir. Hareketli varlıklar etiket ile takip edilebilir.

## **2.4 Dünyada Raylı Sistemler Ulaşım Yapılarında Tesis Yönetimi**

Literatür araştırmasında, raylı sistemler metro projelerinde tesis yönetiminin kullanılmasına yönelik birçok çalışma yapıldığı tespit edilmiştir (Sadati ve ark, 2020; Huang ve ark. 2019; Zhang ve ark., 2016; Bapat ve ark., 2020; Xie ve Teci, 2015; Mena Report, 2018; Seronna ve Yu, 2009; Xu ve ark, 2020; Sandeep ve ark, 2021). Yapılan çalışmaların hemen hepsinde yönetilmesi zor bir yapıya sahip metro projelerinin sayısallaşma ihtiyacı vurgulanmaktadır (Sadati ve ark, 2020; Huang ve ark. 2019; Zhang ve ark., 2016; Bapat ve ark., 2020; Xie ve Teci, 2015; Mena Report, 2018; Seronna ve Yu, 2009; Xu ve ark, 2020).

Bir çalışmada, raylı sistemlerde araç depolarının korunmasına yönelik, güvenlik yönetimi amacıyla oluşturulan araç yönlendirme optimizasyon uygulaması yapılmıştır. Bu çalışma ile aynı zamanda araçların işletme ve satın alma maliyetini azaltmak hedeflenmiştir (Sadati ve ark, 2020). Başka bir çalışmada, metro istasyonlarında acil durum senaryolarının temelini oluşturan olası yangın risklerini değerlendirmek amacıyla yaya akış modelleme simülasyon çalışması yapılmıştır ve yangın etki alanı, yangın risk haritası zaman aralığı ile yolcu hareketlerinin, yangın risklerinin temelini oluşturduğu tespit edilmiştir (Huang ve ark. 2019). Yapılan benzer bir çalışmada, metro istasyonlarında tahliye senaryoları oluşturularak ve yaya davranışlarındaki belirsizlikler değerlendirilerek yayanın rota seçimine yönelik simülasyon temelli bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yolcu tahliyesinin üç önemli unsuru olarak; yolcunun perondan yüzeye ulaşma süresi, uzunluğu (L) ve yolcu sayısı tespit edilmiş ve rota planlama stratejisinin önemi vurgulanmıştır (Zhang ve ark., 2016). Başka bir çalışmada, Manila Metrosunda katı atık yönetimi amacıyla, atık konumları ve geri dönüşüm uygulamalarının bir haritası oluşturularak analiz edilmiştir. Çalışma, atıklardan ortaya çıkan metan gazından elektrik üretilmesini desteklemektedir (Seronna ve Yu, 2009). Başka bir çalışmada, yoğun kullanıma sahip metro istasyonlarından elde edilen faydaların değerlendirilmesi amacıyla Tweeter gibi sosyal medya araçları analiz edilerek faydalar tanımlanmıştır (Sandeep ve ark. 2021). Başka bir çalışmada, uzun kullanım beklentisi olan metro istasyonlarında mimari bitiş elemanlarında sürdürülebilir malzeme seçimi için Fuzzy

faktör karşılaştırma yöntemi kullanarak bir strateji geliştirmek ve bu sayede enerji tasarrufu yapmak hedeflenmiştir. Yöntem sonucunda; Hindistan'ın Kota bölgesinden çıkan kota malzemesi duvarda ve zeminde, tavanda ise fiberglass bir malzeme önerilmektedir (Bapat ve ark., 2020).

BIM ile tesis yönetimini bütünleştiren bir çalışmada, Şangaydaki bir metro istasyonunda tesis yönetiminin önemi vurgulanmış ve TY verileri analiz edilmiştir. Araştırmanın sonunda geleneksel yöntemler ile oluşan problemlerin önüne geçmek için TY yazılım araçlarının gerekliliğinden bahsedilmiştir (Xie ve Teci, 2015). Bir başka çalışmada ise, raylı sistemler ulaşım yapılarında tesis yönetimi için BIM faaliyet alanları yenilik yayılım teorisi yaklaşımı ile araştırılmıştır ve toplamda 18 uygulama alanı belirlenmiştir. Sonrasında, faaliyet alanlarını nicel olarak ifade edebilmek için bir anket çalışması hazırlanmıştır. Katılımcıların çoğu tarafından, BIM tesis yönetimi entegrasyonunda faaliyet alanlarının yararlı olabileceğini savunmuştur (Xu ve ark., 2020).

Raylı sistemlerde ilk tesis yönetimi uygulaması istasyonların karmaşık bir yapıya sahip olması, yolcu ve taşıma kapasitesindeki artışlar ve istasyonların coğrafi dağılımları sebebiyle 1990'lı yılların başlarında Pennsylvania, Baltimore - Ohio demiryolu hatlarında yapılmıştır Çelik raylar, otomatik bağlayıcılar, güç frenleri, geliştirilmiş vagonlar gibi yapılan teknolojik gelişmeler ve yeniliklerle sektör veriminde artmış meydana gelmiştir (Anna L., 2005). Ekipman veya belirli araçları otomatikleştirmeye yönelik teknolojik çalışmalar etkili gibi görünse de kullanılan sistemlerin sayısallaştırılmaması inşaat sektöründe verimi artırmak açısından beklenen etkiyi yaratmamaktadır (Eastman ve ark. 2011). Bu süreçlerde TY' ye yönelik yapılan uygulamalar geleneksel yöntemler kapsamında gerçekleşmiştir. Yapılan araştırmalarda, geleneksel yöntemlerle teslim edilen kılavuz ve dokümanların toplanması aşamasında verilerin kaybolduğu ve personellerinin bilgileri toplama aşamasında zamanını boşa harcadığı tespit edilmiştir (East ve Nisbet, 2010; Latham, 1994).

İngiltere hükümeti önceliğinde Avrupa'nın en büyük metro projesi olan Crossrail Hattı tasarlanırken analog sistemlerde yaşanan zorlukların önüne geçmek amacıyla, raylı sistem projelerinde enformasyon altyapı çalışması başlatılmıştır. Bununla birlikte, 60'dan fazla altyapı yüklenicisi ile iletişime geçilerek 650.000'den fazla varlık etiketi ve as built dahil yaklaşık 10 milyon belge oluşturulmuştur (Macharg W.

ve Taylor M. 2018). Bu noktada güvenliği korumak, yerel emeği desteklemek, veri tabanını canlandırmak, etkin veri sorgulaması yaratmak ve gelecek projeleri desteklemek amaçlanmıştır. 40 istasyondan oluşan Crossrail Metro Hattı'nda projenin başından itibaren, BIM tabanlı varlık yönetimi yaklaşımı benimsenerek Bentley ProjectWise yazılımında proje bilgileri oluşturulmuştur. İşletmeye teslim edilmesi planlanan varlıklar yapım aşamasından itibaren Bentley ProjectWise'dan, Bentley AssetWise yazılımına aktarılarak devir teslim aşaması otomatikleştirilerek zamandan tasarruf elde edilmiş ve varlık yönetimi için altyapı oluşturulmuştur (Macharg W. ve Taylor M. 2018; Stirzaker, 2020; Bhamra S. ve Georgaras M. 2018). İşin sonunda, varlık yönetimine yönelik faaliyet raporları, varyans analizleri hazırlanarak disiplinli bir sistem oluşturulmuş ve gerektiğinde değişiklik yapılabilir bir hale gelmiştir.

Melbourne demiryolları metro ağı, Melbourne bölgesinin büyüyen liman ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, 15 hat ve 218 metro istasyonundan oluşan Avustralya'nın en büyük çaplı projesidir. 7.000'den fazla işçi, yüzlerce mimar, mühendis, tedarikçi vb. aralarında işbirliği sağlamak, projeye ait verileri kontrol etmek, saha koordinasyonunu sağlamak ve birçok iş paketi sunmak ve raporlamak amacıyla projenin en başından itibaren BIM tabanlı tesis yönetimi altyapısı kurulmuştur (UGL, 2020). Bu altyapı bulut ortamında çalışan IBM Engineering Requirements Management DOORS Next yazılımı kullanılarak sağlanmıştır. Proje geliştiricilerinden Chadwick (2019), çok disiplinli ekipler ve alt yükleniciler arasındaki iletişim ve bağılıklardan kaynaklanabilecek sorunları en aza indirmeyi hedefledikleri için bu projede IBM yazılımını tercih ettiklerini ve sözleşmelerinde yer aldığını ifade etmektedir. Doors Next yazılımı modüllerden oluşan ücretli bir yazılımdır. Modüllerde; başlıklar, alt başlıklar, açıklayıcı metinler, tablolar, resimler ve gereksinimlere ait bilgiler bulunmaktadır. Başlıklar bilgileri düzenlemek için kullanılmaktadır ve tüm bilgiler birbiriyle ilişkilidir. Modül içeriğinde varlıklar da bulunmaktadır ve tüm varlıklar başlık, alt başlık, açıklayıcı metin, url, id numarası gibi bilgileri içermektedir. Böylece, her obje ve varlık özellikler ile tanımlanır ve yapılan değişiklikler objenin, varlığın tarihçesinden takip edilir. Melbourne Metro projesinde tesis yönetimi; varlık yönetimi, belge ve standartların yönetimi, sinyalizasyon gibi operasyonların bakımını kapsamaktadır (UGL, 2020; Metro Tunnel 2018, Şubat).

Katar hükümeti tarafından desteklenen Doha Metro Hattı, bölgeye kentsel kimlik ve toplu taşıma ağı sağlamak amacıyla tasarlanmıştır ve kırmızı, sarı ve yeşil renkleriyle tanımlanmış üç hat ve 37 istasyondan oluşmaktadır (FMM, 2020). Projenin büyüklüğü ve dahil olan paydaş sayısının fazla olması sebebiyle projenin en başından itibaren BIM tabanlı tesis yönetimi yapılması gerektiğine karar kılınmıştır. Revit, Navisworks ve Dynamo ile parametrik bir model oluşturulmuştur. Tesis yönetimi için ise IBM Maximo yazılımı kullanılmıştır. IBM Maximo ücretli ve bulut tabanlı bir yazılımdır ve Revit yazılımı ile entegre çalışabilmektedir. Bu sayede mekanik, elektrik ve mimari disiplinlere ait varlıklar projenin en başından itibaren önleyici bakım kriterleri oluşturularak tesis yönetimi aşamasında yönetilmiştir. Ayrıca, tedarikçi firmalardan aldıkları bakım kılavuzları ve garanti belgelerini entegre ederek sahaya yönelik mobil çözümleri sayesinde uzaktan insan tabanlı bir sistem kurabilmiştir (Qatar Rail 2020; FMM, 2020).

Yeni Zelanda'da en büyük altyapı projesi olan City Rail Link (CRL)'nin yapımı devam etmekte olan bir projedir ve 2024 yılında tamamlanması planlanmaktadır. Revit ve Civil 3D 3 boyutlu BIM araçları kullanılmaktadır. Ayrıca, koordinasyon sağlamak için Revizto ve varlık verilerini bir araya getirmek için BIM 360 araçları ile Ecodomus yazılımı kullanılmaktadır. BIM 360 Field ile konsept proje aşamasından itibaren bilgiler Ecodomus yazılımına aktarılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda Ecodomus'un Revit ile entegre olması ve bilgi kaybı olmadan verileri içeri aktarma imkanı sayesinde proje bilgileri TY yazılımına projenin en başından itibaren aktarılmaktadır (WSP 2021).

Türkiye'de ise geleneksel yöntemlerin yetersiz kalması sebebiyle, metro hatlarında ilk defa 2014 yılında BIM kullanım zorunluluğu getirilerek, Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Hattı'nın teknik şartnamesine BIM kavramı eklenmiş ve sonraki mevcut uygulamalarda BIM yaklaşımı benimsenmiştir (Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Teknik Şartnamesi; Öner, 2019). Ancak, halen daha BIM'in tesis yönetimi ile entegrasyonuna yönelik bir gelişme yapılmamıştır. BIM yaklaşımı benimsenerek 2014 yılı sonrasında sözleşmesi imzalanan projeler özelinde, yalnızca 2016 yılında sözleşmesi imzalanan İkitelli Ataköy Metro Hattı (ATİ) projesinin iki istasyonunda kısmi açılışı gerçekleşerek projenin devir teslim aşamasında olduğu tespit edilmiştir (Metro İstanbul, 2021). Bu sebeple, proje çalışanları ve işletmeyle iletişime geçilerek tesis yönetimi yaklaşımı araştırılmıştır. ATİ projesinde tasarım ve

yapım sürecinde oluşturulan bilgi modeli DWG, PDF, xml ve rvt formatlarında, bir paket halinde işletmeye teslim edilmektedir. Bu süreçte, işletme kullandığı tesis yönetimi yazılımı olan SAP' ye tüm dokümanları manuel olarak işleyerek, ATİ özelinde, SAP'de tanımlanması gereken alanları doldurmaktadır. Nihai durumda TY'ye yönelik veritabanı oluşturularak bakım, onarım ve kontrol gibi aşamalar yönetilebilir bir hale gelmektedir.

## **2.5 Tesis Yönetimi Bilgisi**

Tesis yönetimi aşamasının da dahil edildiği bina yaşam döngüsünde bilgilerin geometrik ve geometrik olmayan niteliklere sahip olduğu savunulmaktadır (ISO 197650-1, 2018; Becerik Gerber, 2012; Xu ve ark., 2021; Giuda ve ark. 2020). Tasarım ve yapım süreçlerinde yapıya ait arazi konumu, bina, kat, mahal, hizmet bölgeleri gibi mekan ve varlıklara ait geometrik bilgiler oluşturulmaktadır. Bu bilgiler tesis yönetimi aşaması için gerekli bilgilerin tanımlanmasını destekler. Örneğin, ekipmanların bakımı için gerekli boşluk mesafelerinin tanımlanması, bir arıza durumunda varlığın sahada takibini mümkün kılan mahal etiketi gibi alan / mahal bilgilerinin tanımlanması, yeni bir personelin işe alınması durumunda doluluk oranlarının analiz edilmesi için hizmet bölgelerinin tanımlanması gibi geometrik bilgiler, tesis yönetimi aşaması için önemli bir rol oynamaktadır. Geometrik bilgilerin haricinde, işletme süreçleri ve varlık bakım - onarım periyotları için gerekli alfanümerik/geometrik olmayan bilgi ihtiyaçları bulunmaktadır. Bina bileşenleri ve varlıkların sahip olduğu bitiş malzemeleri, üretim verileri, garanti belgeleri, bakım ve onarım talimatları, yedek parça bilgisi gibi bilgilerdir. Bu bilgilerin ayrıntı düzeyi geometrik bilgiler kadar önemlidir (ISO 19650-1) ve geometrik bilgiler gibi tasarım aşamasından itibaren modele işlenmelidir (Becerik Gerber, 2012). Çizelge 2.1'de tasarım-yapım ve tesis yönetimi aşaması için gerekli geometrik ve geometrik olmayan bilgiler yer almaktadır (Becerik Gerber, 2012; Xu ve ark., 2021).

Bina yaşam döngüsü boyunca tüm süreçlerde birçok paydaş tarafından çok fazla veri akışı vardır ve bu veri akışı tesis yönetimi aşamasına gelindiğinde maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Bu sebeple toplanan bilgilerin tesis yönetimi aşaması için bir altlık oluşturduğu ve faydalı olabileceği düşünülse de, proje bilgilerinin tesis yönetimi ile uyumlu olması gerekmektedir (Becerik Gerber, 2012). Varlıklara ait nitelik ve özellikler üretici firma tarafından oluşturulmaktadır. Varlıkları ve bina

bileşenlerini tesis yönetimi sistemlerinde tanımlamak ve kolaylıkla erişebilmek için bir kural eşliğinde adlandırılması gerekmektedir. Aynı zamanda verileri takip edip, filtreleyebilmek ve yönetebilmek amacıyla tesis yönetimi ile uyumlu sınıflandırma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır (Akçamete vd., 2010; Becerik Gerber, 2012).

**Çizelge 2.1 :** Tasarım – Yapım ve Tesis Yönetimi Aşaması Geometrik ve Geometrik Olmayan Bilgiler (Becerik Gerber, 2012; Xu ve ark., 2021).

<b>Aşama</b>	<b>Geometrik Bilgiler</b>	<b>Geometrik Olmayan / Alfanümerik Bilgiler</b>
Tasarım ve Yapım	<p>Arazi Bilgisi (koordinat verileri ve yerleşim)</p> <p>Yapı alanları (katlar, bölgeler, mahaller, odalar, boşluk ve açıklıklar)</p> <p>Yapı bileşenlerinin boyutu (varlık ve ekipmanlar)</p>	<p>Kaplama, bitiş malzemelerine ait üretici, kategori, kalite bilgisi</p> <p>Mekanik, elektrik, sıhhi tesisat, mimari vb. disiplinlere ait varlıkların özellik ve nitelikleri; konum, performans özellikleri, seri numarası, garanti kapsamı, model, yedek parça bilgisi</p> <p>Finansal bilgiler</p> <p>Metraj tabloları</p>
Tesis Yönetimi	<p>Yapı hizmet bölgeleri (konum, mahal etiketi, mahal tanımlayıcı)</p> <p>Yapı alanları (katlar, bölgeler, mahaller, odalar, boşluk ve açıklıklar)</p> <p>Yapı bileşenlerinin boyutu (varlık ve ekipmanlar)</p> <p>Varlık ve ekipman özellikleri</p>	<p>Mahal doluluk verisi</p> <p>Bakım kontrol listesi, bakım görevleri</p> <p>Aktivite durumu, bakım durumu,</p> <p>Bakım onarım, işletme geçmişi - kayıtları, analizler</p>

## 2.6 Tesis Yönetimi İçin Endüstriyel Sınıflandırma Standartları ve Gelişimi

Sınıf, ortak niteliklere sahip nesnelere kaynak gösteren bir kavramdır. Sınıflandırma da ise bilgi içeren nesnelere, kategorilere ayrılarak bölünür (Cann, 1964). Sınıflandırma sistemine duyulan ihtiyaç, pazarın uluslararası hale gelmesi ve

bilgisayar destekli veri modelleme sürecine girmesiyle artmaktadır. Bu sistem, veriler ve makinalar için ortak bir dil ve iletişim aracıdır. Aynı zamanda, yapı ve inşaat hakkındaki bilgilerin doğru ve otomatik bir şekilde kullanıcılar ile yazılımlara aktarılmasına yardımcı olmaktadır (Ekholm A., 1996; Ekholm ve Haggstrom, 2011; Howard, 2001). Kompleks yapılardan küçük ölçekli binalara kadar her şey alt kategorilere ayrılarak sınıflandırılabilir. Böylece veriye ulaşmak kolaylaşır. Sınıflandırma sistemleri nesnelere gruplayarak ayırır. Gruplar özelliklerin bir kombinasyonu olarak (yapı elemanları, örneğin döşeme, çatı, duvar) ya da özelliklerin bir araya getirilmesi ile (örneğin ahşap kapı, alüminyum kapı) sınıflandırılabilir (Ekholm A., 1996). Bina sınıflandırılması; teknik şartname, dokümanların yapılandırılması ve maliyetlerin hesaplanması gibi önemli görevleri üstlenir.

Uluslararası piyasada, hiyerarşik ve yönlü (faceted) olmak üzere iki çeşit sınıflandırma tekniği tercih edilmektedir (Cann, 1964). Hiyerarşik sınıflandırma da, sınıflandırma yapılırken genel sınıflar sonra da alt seviyedeki sınıflar düzenlenir. En alt seviyedeki sınıf en özel ve projeye özgüdür. Alt sınıf hiyerarşisine ait sınıflandırmaya örnek olarak, cam kapının bir parçasını oluşturur ancak her kapıda cam yoktur. Bu nedenle cam kapının bir alt sınıfıdır ve kapıda cam bulunma kararı varlığa özgü veriye bağlı olmaktadır. Yönlü sınıflandırma da ise, bir nesne birden çok kez sınıflandırılabilir. Örneğin, ayakkabıları sınıflandırmak için cinsiyet, renk, yükseklik, beden gibi kategoriler bulunmaktadır. Bu yönler arasında net bir bağlantı yoktur ve hiçbir yön diğerinden daha mühim değildir (Cann, 1964; Ekholm A., 1996; Afsari K. ve Eastman C., 2016).

Bina sınıflandırma sistemleri ilk kez 1960'larda İsveç' de kullanılarak geliştirilmiştir. Amerika ve Avrupadaki gelişmeler 1980'lerde başlamıştır (Lou ve ark. 2008). Sınıflandırma ilk olarak, mühendislerin kütüphane verilerine erişme ihtiyacından dolayı, kütüphane sınıflandırma sistemi (LCS) geliştirilmiştir (Hoare, 1998). Dewey ondalık sınıflandırma ve evrensel ondalık sınıflandırmaları hiyerarşik kodlama sistemine sahipken, Samarbetskommitten för Byggnadsfragor (Ortak Çalışma Komitesi - SfB) gibi daha güncel sınıflandırma sisteminde yönlü kod sistemi kullanılmaktadır (Broughton, 2006). Sonrasında ise, uluslararası standartlar organizasyonu (ISO), Birleşmiş Milletler Standart Ürünler ve Hizmetler Kodu

(UNSPC) gibi daha gelişmiş dijital sınıflandırma sistemleri oluşturulmuştur (Lou ve ark. 2008).

### **2.6.1 Samarbetskommitten för Byggnadsfragor (Ortak Çalışma Komitesi – SfB)**

1946 yılında İsveç ortak çalışma komitesi inşaat alanı için ilk ortak sınıflandırma sistemini oluşturdu (Kang ve Paulson, 2000). Bu sistem ile; tasarım, inşaat ve malzeme piyasası arasındaki haberleşmeyi kolaylaştırmak hedeflenmektedir. SfB sınıflandırma sisteminin malzeme piyasasıyla sınırlı kalmayıp iş özellikleri ve dokümantasyon için de uygulanabilecek bir kayıt sistemi olması sağlanmıştır. Çok yönlü kodlama sistemine sahip olması sebebiyle gelecekteki sınıflandırma sistemlerinin temelidir (Giertz, 1995; Lou ve ark, 2008).

### **2.6.2 Yapı ve İnşaat Otoritesi (BCA) Singapur**

Singapur'daki İnşaat sicil dairesi, yasal kurumların ve kamu kuruluşlarının tedarik ihtiyaçlarına hizmet vermek için Yapı ve İnşaat otoritesi (BCA) tarafından yönetilmektedir. BCA'ya kayıtlı olmayan kurumlar kamu kuruluşları hariç yüklenici veya taşeronlarla iş yapabilirler. BCA'da projeler beş farklı grupta kayıt olmaktadır bu gruplarda kendi içlerinde farklı gruplara ayrılarak kayıt altına alınmaktadır. Sonuç olarak, kayıt tiplerinin fazla olması kayıtların sınıflandırılmasına sebep olmuştur (Lou ve ark. 2008; BCA, 2021).

### **2.6.3 İnşaat Endüstrisi Sınıflandırma Sistemi (CI/SfB), İngiltere**

İnşaat Endüstrisi Sınıflandırma Sistemi SfB'den alınmıştır ve İngiliz Mimarlar Enstitüsü (RIBA) tarafından kontrol edilen SfB sınıflandırma sisteminin İngiltere versiyonudur. 30 yıldan fazla bir zamandır yürürlükte. Temelde tasarımcılar tarafından iş kırılım yapısını sınıflandırmak amacıyla kullanılır. Sınıflandırma sistemi çok yönlü kodlama sistemi (facets) ile beş tablodan (Table 0,1,2,3 ve 4) oluşmaktadır.

### **2.6.4 Uniclass**

Uniclass, iş kırılım yapısı (WBS) olarak geliştirilen CI/SfB standardının yerini alması hedeflenerek 1997 yılında İngiltere'de yayınlanmıştır (Kang ve ark. 2000). 2011 yılında İnşaat Proje Bilgileri (CPI) komitesi Ulusal Bina Şartnamesini (NBS) kabul ederek Uniclass'ı desteklemiştir. Bir başka deyişle NBS araç setinin bir

parçasıdır ve ISO 12006-2 ile uyumludur (Gelder, 2011; Afsari ve Eastman, 2016). Bina yaşam döngüsündeki tüm süreçleri kapsayarak kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Çoğunlukla, kütüphane donanımlarını düzenlemek ve ürün literatürü ile proje bilgilerini yapılandırmak için kullanılır (Kang ve ark., 2000). Ayrıca, BIM Seviye 2 için gerekli proje bilgilerinin inşaa edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Uniclass, maliyetlendirme, üretim belgeleri ve teknik özellikler hazırlamak amacıyla bilgileri kategorilere ayırmak üzere oluşturulan tablolar kümesidir ve Uniclass sayesinde; üst yapı, alt yapı ve yeşil alanlar tek bir şema altında sınıflandırılabilir (Uniclass 2015, 2021).

Uniclass, MasterFormat gibi hiyerarşik bir kodlama sistemi yerine CI/SfB gibi çok yönlü bir kodlama sistemi ile geliştirilmiştir (Lou ve ark, 2008). Sınıflandırma sisteminde her kod beş veya altı karakter çiftinden oluşur. İlk çift hangi tablonun kullanıldığını tanımlar ve rakamları kullanır ve bu durum son nesne koduna kadar devam eder (Delany S., 2021). Uniclass 15 tablodan oluşur ve tablolar; tesis, varlık, faaliyetler, mekanlar, elementler, sistemler ve ürünlerin sınıflandırılması hakkındadır. A,B, C, D ve E tabloları sırasıyla bilgi formu, yönetim, tesis ve inşaat kuruluşları hakkında genel bilgiler verir. F, G ve H tabloları alanlar ve mimari elemanların, J ve K tabloları iş bölümlerin, L, M, N ve P ürünler, inşaat yardımcıları, özellikler ve malzemelerin sınıflandırılmasında kullanılır (Crawford ve diğerleri, 1997; Delany S. 2021; Lou ve ark, 2008). Ancak son revizyon ile birlikte tablo sayısı 11'e düşürülmüştür. Çizelge 2.2 Uniclass sınıflandırma sistemine örnektir (Delany S. 2021).

**Çizelge 2.2 : Uniclass Sınıflandırma Sistemi (Delany S. 2011).**

Ss_30	Çatı Sistemleri
Ss_30_10	Eğimli, Kemerli ve Kubbeli Çatı Yapı Sistemi
Ss_30_10_30	Çerçevesiz Çatı Yapı Sistemi
Ss_30_10_30_25	Ağır Çelik Çatı Çerçeve Sistemi

### 2.6.5 MasterFormat

MasterFormat yapı bilgilerini sınıflandırmak amacıyla, İnşaat özellikleri Enstitüsü (CSI) ve İnşaat Özellikleri Kanada (CSC) tarafından Kuzey Amerika'da oluşturulmuştur ve Omniclass ile ilişkilidir (CSI, 2004). ISO 12006 standardından

eskidir ve temelde veri dosyalama sorununu çözmek amacıyla oluşturulmuştur. Ancak çoğunlukla; inşaat işi sonuçları, gereksinimleri, ürünleri ve faaliyetleri düzenlemek amacıyla ihale, sözleşme, teknik şartname ve diğer yazılı belgelerin gereklilikleri ile ürün bilgilerini geliştirmek üzere kullanılmıştır (MeLampy, 2007). Masterformat yapıyı seviyelere ayırır. Bu seviyeler; gruplar, alt gruplar ve bölümlerden oluşur. Bir tesisin bilgi gereksinim ve faaliyetlerini düzenlemek amacıyla 16 adet bölüm listeleri ve bölümlerdeki başlıkları içeren bölüm numaraları geliştirilmiştir ve geliştirilen bölümlerden bazıları Şekil 2.3’de yer almaktadır. Bölüm sayısı 2004 yılında 50’ye yükseltilmiştir (Autodesk, 2019; Kang ve ark. 2000). Ayrıca, inşaat işlerini açıklamak için yeni bölümler eklenmiştir. Karışıklığı önlemek için ise bölüm numaraları ve başlıklar oluşturulmuştur. Sınıflandırma sisteminde hiyerarşik kodlama kullanılmıştır ve her kod dört veya beş sayı çiftinden oluşur. Beşinci seviye hem harf hem de sayı olabilir. Her seviye bir öncekine göre daha detaylıdır. Bu durum ise gelecekteki muhtemel büyümeleri mümkün kılar (Construction Specification Institute, 2013) Masterformat iş sonuçları temelli olduğu için kodlama bilgisi, ekipman ve malzeme bilgisini içermektedir (Keady, 2013).

PROCUREMENT AND CONTRACTING REQUIREMENTS GROUP	
Division 00	Procurement and Contracting Requirements
SPECIFICATIONS GROUP	
General Requirements Subgroup	
Division 01	General Requirements
Facility Construction Subgroup	
Division 02	Existing Conditions (Ex. Alterations to existing natural conditions)
Division 03	Concrete (Ex. Footings)
Division 04	Masonry (Ex. Concrete block and brick work)
Division 05	Metals (Ex. Steel framing)

**Şekil 2.3 :** MasterFormat Sınıflandırma Sistemi (Construction Specification Institute, 2013).

### 2.6.6 UniFormat

UniFormat, ABD Genel Hizmetler İdaresi (GSA) ve maliyet danışmanı Hanscomb Associates tarafından İnşaat bilgilerini düzenlemek ve maliyet tahminlerini oluşturmak amacıyla 1973 yılında Amerika’da geliştirilmiştir. Hiyerarşik kodlama tekniği kullanılmaktadır ve toplamda beş seviyeden oluşur (Afsari K. ve Eastman

C.,2016; CSI, 2021). 1989 yılında da ASTM İnternational yapı elemanlarını sınıflandırmak üzere UniFormatı kullanmıştır ve adı UniFormat II adı ile güncellenmiştir (Uniformat II, 2021). UniFormat II de de hiyerarşik sınıflandırma tekniği kullanılmaktadır ve yedi basamaklı dört seviyeden oluşur (Charette ve Marshall, 1999). Ayrıca, ISO 12006-2 standardı tarafından desteklenmektedir. 1995 yılında da İnşaat özellikleri Enstitüsü (CSI) tarafından geliştirilerek, 2010 yılında son sürümü yayınlamıştır. Sıklıkla, konsept tasarım aşamasında maliyet tahminlerini oluşturmak ve yapı bilgilerini düzenlemek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, Omniclass'ın Element tablosu (Table 21) UniFormat sayesinde geliştirilmiştir (Charette ve Marshall, 1999; Afsari K. ve Eastman C.,2016).

Uniformat II ve III Kategorileri aşağıdaki örnekle açıklanmaktadır.

#### A 10 Temel İnşaatı

A1010 Standart Temelleri

A1020 Özel Temeller

A1030 Temel Betonlu

#### A 20 Bodrum Katı İnşaatı

A2010 Bodrum Kat Kazısı

A2020 Bodrum Kat Duvarları

### 2.6.7 Omniclass

Omniclass sınıflandırma sistemi (OCCS) proje bilgilerini, nesnelerin özelliklerini, maliyet verilerini ve yapının tüm yaşam döngüsü boyunca üretilen bilgilerini sınıflandırmak amacıyla Kuzey Amerika'da geliştirilmiştir ve İnşaat özellikleri enstitüsü (CSI) tarafından desteklenmektedir (Omniclass, 2006; Desinging Buildings The Construction Wiki, 2020). Omniclass, ISO 12006-2 ve ISO 12006-3 standartlarında belirtilen çerçeveyi dikkate almaktadır (Gelder, 2013). Omniclass nesne tabanlıdır ve tasarımdan yeniden kullanıma kadar tüm yaşam döngüsü boyunca gerekli yapı bilgilerini kapsar. İhtiyaca veya detay seviyesine bağlı olarak, bir nesne birden çok tabloda meydana gelebilir veya birden çok tablo tek bir tabloda

birleştirilebilir (Gelder, 2013; Afsari K. ve Eastman C., 2016). Omniclass'ın yapı bilgilerini içeren toplamda 15 adet ISO tablosu bulunmaktadır ve kodlama sistemi tablo numarası ile başlayarak yapılmaktadır. Çift sıfır ise o düzeyde içerik olmadığı anlamına gelmektedir. Bu tablolardan birkaçı eski sınıflandırma sistemlerinden entegre edilmiştir. Örneğin İş sonucu tablosu (Table 22), inşaat süreci ile maliyet tahminlerini bileşenlerine ayırmak için kullanılır ve temeli MasterFormat'a dayanmaktadır (Gelder, 2013). Elemanlar tablosu (Tablo 21) ise, yapı içindeki sistemleri tanımlamak amacıyla kullanılır ve temeli Unifformat'a dayanmaktadır (CSI, 2021).

Omniclass nesnesi; omniclass numarası, omniclass başlığı, açıklama ve benzersiz tanımlayıcıdan oluşur. Şekil 2.4'de Omniclass nesnesine ait bir örnek yer almaktadır (Omniclass, 2021). Tüm şekil ve çizelgeler ile bunların açıklamaları yazı bloğuna göre ortalı olarak yerleştirilmelidir.

Sayı	Başlık	Açıklama	GUID
13-55 11 00	Ofis Alanları	Mesleki faaliyetlerin yürütüldüğü alan	95772f00-6166-11e1-8000-00215ad4efdf

**Şekil 2.4 :** Omniclass Nesne Tanımlayıcı (Omniclass, 2021).

Tesis yönetimi süreçleri için ağırlıklı olarak altı Omniclass tablosu kullanılır. Bunlar; İşleve göre İnşaat Varlıkları Tablosu (Tablo 11), İşleve göre Alanlar Tablosu (Tablo 13), Elementler Tablosu (Tablo 21), Ürünler Tablosu (Tablo 23), Araçlar Tablosu (Tablo 35) ve Özellikler Tablosudur (Tablo 49) (NBIMS-V3, 2015b; Desinging Buildings The Construction Wiki, 2020).

## 2.7 Tesis Yönetimi Bilgisi İçin Adlandırma Standartları

Adlandırma kuralları, projeye dair bilgilerin tutarlı, öngörülebilir ve doğru içeriğe sahip olması amacıyla oluşturulmaktadır. Projenin en başından itibaren uygulanması hata payını ortadan kaldırarak, kullanıcıların bilgi erişimini kolaylaştırmaktadır. Proje boyunca ortak veri ortamında çalışma dosyaları dahil olmak üzere sunum paketi içerisinde paylaşılan her bir dosya ve içeriğinde bulunan mahal ve varlıkların adlandırma kuralına sahip olması ve bu doğrultuda isimlendirilmesi paylaşılan dosyaların anlaşılabilirliğini ve verimini arttırmaktadır (Venugopal ve ark. 2012; IFMA, 2016; BU Data Services, 2021).

Projenin başından itibaren BIM modelleme araçları dijital bir model yardımıyla nesnelerin eylemlerini takip ederek projeyi optimize etmeyi sağlar. Bir projede tüm nesnelere geometrik ve geometrik olmayan parametreleri içermektedir ve sürecin yönetilebilmesi için girilen her bilginin proje içinde tutarlı olması gerekir. Adlandırma kuralları nesnelerin tanımlayıcısıdır. Nesne adlarının olmaması, bilgiye erişimi zorlaştırarak koordinasyon eksikliklerine sebep olmaktadır (OBOS, 2018). Tasarım aşamasında, nesnelere BIM yazılımları tarafından otomatik olarak atılan ID numaraları ile etiketlenmektedir. Ancak bu ID numaraları nesnelere tanımlama açısından yetersizdir. Bu sebeple standardizasyon kuruluşları, Ulusal Bina Spesifikasyonu (NBS) gibi kuruluşlar adlandırma kuralları geliştirmiştir (Lewis, 2013). Kuruluşlara ek olarak, BimLink gibi bazı eklenti araçları geliştirilmiştir. Nesnelere bir excel dosyasına aktararak ve excell içinde nesne isimleri girilerek tekrar BIM modele entegre edilmektedir (Ideate Software, 2021). Ancak bu işlem manuel bir çalışmayı getirdiği ve uygulaması zor, hata payı yüksek olduğu için tercih edilmemektedir.

Proje bilgi modeline yönelik adlandırma standartlarında olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır (Aldaham ve ark 2013; Lewis, 2013).

- Nesne tabanlı bir standart olması,
- Uluslararası standartlara uygun olması,
- Farklı birimler tarafından kolaylıkla kullanılabilmesi,
- BIM ile uyumlu olması,
- Standartın güncellenebilir açık bir standart olması.

ABD Genel Hizmetler İdaresi (GSA, 2021) tarafından genel adlandırma yönergeleri oluşturulmuştur. Bu yönergelere göre, adlandırma standartları aşağıdaki maddeler dikkate alınarak oluşturulmalıdır.

- İngilizce harici bir dil kullanılmamalıdır.
- Kısıtlamalar proje başında belirlenmeli ve tüm adlandırmalar proje içinde tutarlı olmalıdır. Kişisel tanımlamalardan kaçınılmalıdır.

- Adlandırma sıra numarası içermemelidir. Örneğin, iç duvar 01, iç duvar 02 vb.
- Alfasayısal karakter kullanılmamalıdır. Örneğin, \$, {, }, ½, £, vb.
- Yeni nesnelerin eklenme olasılığı dikkate alınarak adlandırma esnek olmalıdır.
- Mükerrer kullanımlardan kaçınılmalıdır.

Adlandırma kuralları, varlıkları aramak için harcanan zamanı azaltarak; varlık bakım onarım ve gelişim aşamalarını yönetmeye yardımcı olur. Adlandırmaların hiyerarşik sınıflandırma tekniği kullanılarak, genelden özele doğru bir alt kümeye dahil olarak bilgilerin sıralanması ve varlıkların konumu, işlevi ve amacı hakkında fikirler vererek tanımlanması bina yaşam döngüsü boyunca projeye fayda sağlamaktadır (McPhee, 2016; OBOS, 2018). Bir proje özelinde geliştirilip kullanılan adlandırma kuralları projeye özel şifreleme sağladığı için, başka bir projede anlamını yitirmektedir. Örneğin, bir hattın bilet holü katı GSM odasında bulunan kontrol paneli 01\_1\_02\_100T1\_T\_ACP01 olarak adlandırılırken başka bir hatta aynı katta ve mahalde bulunan kontrol paneli B01\_F11\_UNIT02\_Tel01\_ACPI01 olarak adlandırılabilir.

Adlandırmalar ile ilgili belirli bir sistematik oluşturulmayan projelerde birlikte çalışabilirlik söz konusu değildir. Standardizasyon kuruluşları birlikte çalışabilirliği sağlayarak veri kalitesini oluşturmak amacıyla adlandırma kuralları ile ilgili bir dizi standart yayınlamıştır. Bu standartlar, proje özelinde geliştirilebilen ortak bir dilin temelini oluşturmaktadır (Stanford University, 2014). Bu sebeple, projeler, analog ve dijital paylaşımları tanımlayabilmek için yayınlanan adlandırma standartlarını veya proje özelinde oluşturdukları adlandırma kurallarını kullanmaktadır. Alt başlıklarda yayınlanan standartlar ve proje özelinde oluşturulan adlandırma kuralları yer almaktadır.

### **2.7.1 National CAD Standards**

PBS CAD Standardı komitesi tarafından, CAD çizimlerinin oluşturularak teslim aşamalarını kolaylaştırmak için geliştirilmiştir. TY'nin de dahil olduğu, BIM model

tasarımı ve dokümantasyon sürecini etkin ve verimli hale getirmek istenmektedir (United States National CAD Standard Version 4, 2007).

Projelerin dokümantasyon sürecini kolaylaştırmak ve projeye özgü kodlama sistemi sağlamak amacıyla geliştirilen NCS; standart terimlere ait kısaltma ve adlandırma kurallarının oluşturulması haricinde çizim kuralları, semboller, sayfa düzen formatı gibi konularda da bilgi türlerini tanımlamaktadır. NCS uygulama programı ayrıca; disiplinlerin belirlenmesi, dosya paylaşım sayfa düzenlemeleri, çizim yönergeleri ve CAD katmanlarından oluşmaktadır. (United States National CAD Standard Version 4, 2007).

ABD Genel Hizmetler İdaresi (GSA) öncelikli olarak mevcut bina bilgilerinin tanımlanmasına odaklanarak NCS uyumlu adlandırma kurallarını geliştirmiştir. Tüm dosyalar için gerekli ve tanımlanması istenen bilgiler; bölge, bina numarası, bina adı, bina durumu, kat, dosya adı, dosya durumu, dosya oluşturma tarihi, dosyayı oluşturan kişi, dosya/sayfa tipi, veri tipi, disiplin, açıklama, yazılım sürümü olacak şekilde belirlenmiştir.

NCS uyumlu GSA sunum paketi içerisindeki proje dosyaları Çizelge 2.3’ deki kodlama sistemini kullanarak tanımlanmaktadır. Bina kimliği GSA tarafından belirlenmektedir ve maksimum sekiz karakterden oluşmaktadır. Katlar beş karakter ile tanımlanmaktadır. Ayrıca, model dosyası; M, C ve S olmak üzere üç farklı şekilde gösterilir. C, birleşik dosyaları (mimari-mekanik), M büyük ebatlı dosyaları, S ise küçük ebatlı dosyaları ifade etmektedir. A harfi alfabeyi, N harfi ise rakamları ifade etmektedir (United States National CAD Standard Version 4, 2007; GSA, 2021).

**Çizelge 2.3 : NCS Proje Dosyaları (GSA, 2021).**

NN-NNNNN-UU-00000.EXT veya NN-ANNNN-UU-00000.EXT	Omniclass tablo no - MasterFormat/Unifomat parça numarası - Kat kodlaması-Dosya uzantısı için kodlama- Dosya uzantısı
--	--

Sunum paketi içerisindeki dijital pafta kodlaması sayfa tipi “0, 1, 2, 3, 4, 5” aşağıdaki kodlama sistemi ile gösterilmektedir ve kodlama sistemi sırasıyla; genel, planlar, görünüşler, kesitler, büyük ölçekli görünüm ve ölçekli detaylar olarak tanımlanmaktadır.

Disiplinlere ait kodlama sistemi “G, H, V, B, S, A, Q, P, M, E” ile gösterilmektedir. Kodlama sistemi sırasıyla; genel, tehlikeli maddeler, haritalama, jeoteknik, yapısal, mimari, ekipman, sıhhi tesisat, mekanik ve elektrik olarak tanımlanmaktadır.

GSA (2020) tarafından, ekipman kodları ağırlıklı olarak mekanik ve elektrik olmak üzere kategorilere ayırarak tanımlanmıştır. Model elemanları için, Omniclass sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır. Tanımlanan varlıklardan birkaçı Çizelge 2.4’de yer almaktadır.

**Çizelge 2.4 : Varlık Kodlaması (GSA, 2021).**

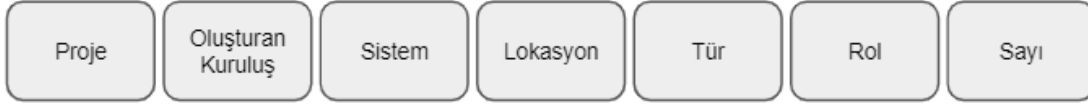
<b>Kodlama</b>	<b>Varlık</b>
CHL-A2	Chiller, Absorpsiyon ünitesi, 500 ila 5000 ton
FCU	Fan Coil Ünitesi
FSD	Yangın ve Duman Damperleri
GRL	Izgara
HCU	Isıtma/Soğutma Ünitesi
MOT-01	Motor Fanı
KTL	Su ısıtıcısı, Buhar
UHT-02	Ünite Isıtıcı
PMP-10	Pompa, Su, Kazan Beslemesi

### **2.7.2 ISO 19650 2**

ISO 19650 standart ailesi, BIM bilgilerinin dahil edildiği projelerde, varlık teslimi aşamasında bilgilerin optimize edilerek sayısallaştırılması amacıyla oluşturulmuştur. Varlık tasarımı, üretimi, işletilmesi, bakımı ve onarımı fonksiyonlarında görevli olan kullanıcılar için tasarlanmıştır. Raylı sistemler dahil olmak üzere birçok karmaşık yapıdaki inşaat projeleri için bir kılavuz görevi görmektedir (BIM4Design, 2021; BIMICON, 2021).

ISO 19650-2 (2018) bilgi yönetim süreçlerinin içerisinde; dosya klasörleme sistemi, model ve doküman isimlendirmesi üzerine kodlama tanımlarına yer verilmiştir. Yayınlanan ulusal ek doğrultusunda, ortak veri ortamında (CDE) bilgi kapsayıcıları

Şekil 2.5’ deki gibi tanımlanmaktadır. Revizyon olması durumunda sekizinci alan olarak belirtilmesi gerekmektedir (Altunlu K., 2019; BIMICON, 2021).



**Şekil 2.5 : ISO 19650-2 (2018) CDE Bilgi Kapsayıcıları Adlandırma Kuralı.**

Birinci alan kodu olan “proje” için standart bir kodlama bulunmamaktadır. Projenin başında belirlenir ve proje alan kodu iki - altı karakter uzunluğunda alt bölümlere ayrılarak kodlanması istenmektedir (ISO 19650-2, 2018).

İkinci alan kodu olan “oluşturan kuruluş” için standart bir kodlama bulunmamaktadır. Tasarımcı firma, yüklenici, iş veren gibi kuruluşlara ait benzersiz tanımlayıcılardan oluşturularak projenin başında belirlenmesi ve alan kodunun üç - altı karakter uzunluğunda alt bölümlere ayrılarak kodlanması istenmektedir (ISO 19650-2, 2018).

Üçüncü alan kodu olan “sistem” için standart bir kodlama bulunmamaktadır. Projenin başında benzersiz bir tanımlayıcı belirlenerek, alan kodunun iki karakter uzunluğunda olması istenmektedir (ISO 19650-2, 2018).

Dördüncü alan kodu olan “seviye/konum” için “00, 01, 02 .. 99” kodlama çiftiyle ile tanımlanması istenmektedir. Varlıklara ait konum kodları projeye özel geliştirilmelidir (ISO 19650-2, 2018).

Beşinci alan kodu olan tip, “M2, M3, BQ, SH, RD, RP, RI” kodlama çiftiyle ile gösterilmektedir. Kodlama çiftileri sırasıyla; 2 boyutlu model, 3 boyutlu model, metraj tablosu, tablo, mahal bilgi paftası, rapor ve bilgi paftası olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca proje özelinde geliştirilebilir (ISO 19650-2, 2018).

Altıncı alan kodu olan rol, proje dahilindeki her bir paydaşın görevini tanımlayan, bir veya iki karakter uzunluğundaki “A, C, E, F, I, K, M, W, X, Y, Z” kodlama çiftinden oluşur. Kodlama çiftileri sırasıyla; mimar, inşaat mühendisi, elektrik mühendisi, tesis yöneticisi, iç mimar, müşteri, makine mühendisi, yüklenici, taşeron, tasarımcı ve genel olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca proje özelinde geliştirilebilir (ISO 19650-2, 2018).

Altıncı alandan sonra isteğe bağlı olarak projede kullanılan sınıflandırma sistemine ait benzersiz tanımlayıcı yer almaktadır.

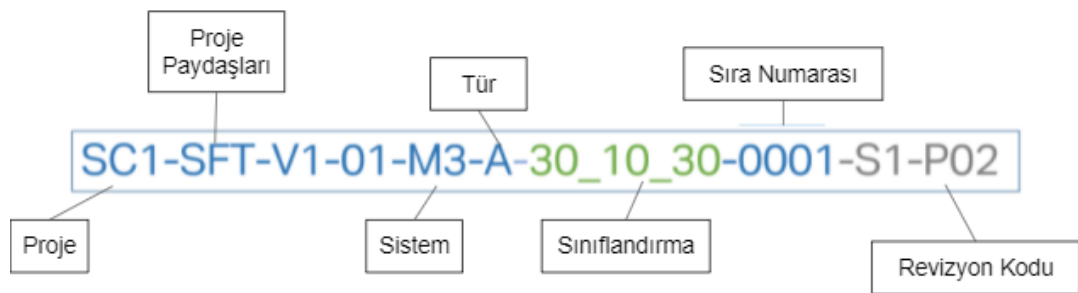
Yedinci alan olan “sayı” her dizi bilgi kabını tanımlayan ve birbirinden ayırt etmeye yarayan sıra numarasıdır. Başına sıfır ekleyerek kullanır ve dört - altı basamak sayıdan oluşması istenmektedir (ISO 19650-2, 2018).

Devam eden çalışma ve sunulan projelerin revizyonları P harfi ve iki sayı çiftinden oluşmaktadır. Sözleşme sunumları ise C harfi ve iki sayı çiftinden oluşmaktadır. Nihai durumda proje isimlendirmesi Çizelge 2.5’de, sınıflandırma sistemi dahil edilen proje isimlendirmesi ise Şekil 2.6’da yer almaktadır (BIMICON, 2021).

“P01, P02”, “C01, C02”.

**Çizelge 2.5 : Proje İsimlendirmesi (ISO 19650 -2, 2018).**

Proje	Alt Proje	Projeyi oluşturan Firmalar	Sistem	Seviye Konum	Tip	Rol	Sayı	Uzantı
AB123	C1	GR	23	XX	M3	A	0001	.pdf
Proje ID AB123	İsteğe bağlı Birçok istasyona sahip bir projede C1 istasyonunu temsil etmektedir	GrandRail	Duvar/Perde(23)	Detay projesi	3 boyutlu model	Mimar	Serideki sayfa dizisi	



**Şekil 2.6 : Sınıflandırma Sistemi Dahil Edilen Proje İsimlendirmesi (BIMICON, 2021).**

### 2.7.3 Ulusal Bina Spesifikasyonu (NBS)

NBS adlandırma kuralı, BIM yazılımlarını kullanan kullanıcıların nesnelere bulmalarını kolaylaştırarak, BIM nesnelere standartlaştırmayı hedeflemektedir. Ayrıca COBie gereksinimleriyle uyumludur. PascalCase alfanümerik

karakterlerinden oluşmaktadır ve maksimum 50 karakter ile sınırlandırılmıştır. İsimlendirme seviyelerini birbirinden ayırırken alt çizgi “\_” kullanılmaktadır. BIM geliştirme sistemi tarafından desteklenmeyen kodlar isimlendirmenin sonuna alt çizgi “\_” ile ayrılarak üç - altı karakter ile DoorPanelHeight\_ARZR örneğinde olduğu gibi tanımlanabilir. Bu kod, COBie veya sınıflandırma standardından gelen bir kod olabilir. İsimlendirme yapılırken nokta veya özel karakter kullanılmamaktadır. Ayrıca, proje özelinde oluşturulması planlanan kısaltmalar en fazla yedi karakter içermelidir (NBS, 2021; Designing Buildings 2021).

Dosya ve varlık isimlendirme kodları; tür, alt tür, kaynak, ürün kodu ve farklılaştırıcı olmak üzere beş seviyeden oluşmaktadır ve kodlama tanımları Çizelge 2.6’da yer almaktadır. Aşağıdaki kodlama tanımları doğrultusunda, çok katmanlı BIM nesne katmanları adlandırılmaktadır (NBS, 2021).

**Çizelge 2.6 :** NBS tarafından geliştirilen BIM nesne kodlama sistemi (NBS, 2021).

1.Alan	2.Alan	3.Alan	4.Alan	5.Alan
Tür	Alt Tür	Kaynak	Ürün Kodu	Farklılaştırıcı
Kapı	Ahşap Kapı	Artella	D453	1000x2100
Pencere		Rehau	W123	1200x3000

- Birinci alan kodu olan tür; nesne tipini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Örneğin; kapı, pencere, duvar vb.
- İkinci alan kodu olan alt tür; malzeme tipini belirlemektedir. Örneğin; ahşap kapı, çelik kapı vb.
- Üçüncü alan kodu olan kaynak; varlık üreticisini tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Genel bir varlık ise bu alan atlanabilir. Örneğin, Artella Ahşap Kapı, Evkap, dorteck, kapı dünyası vb.
- Dördüncü alan kodu olan ürün kodu, üretici firma tarafından ürünü tanımlamak amacıyla oluşturulan koddur.
- Beşinci alan kodu olan farklılaştırıcı ürünün geometrisine yönelik özellikleri belirtmek amacıyla kullanılmaktadır.

NBS Adlandırma kuralı, BIM nesnelere adlandırılmasına ek olarak modelde her bir malzemeye benzersiz bir tanımlayıcı yapılması gerektiğini savunmaktadır. Böylece, BIM nesnelere yönelik arama işlevselliği artmaktadır. Üç seviyeden oluşan kodlama tanımları Çizelge 2.7’de yer almaktadır (NBS, 2021).

**Çizelge 2.7 :** NBS tarafından geliştirilen BIM nesne yapısına uygun malzeme kodlama sistemi (NBS, 2021).

1.Alan	2.Alan	3.Alan
Tür	Alt Tür	Farklılaştırıcı
Fan	HRV Fan	Üretan Köpük (Yalıtım Malzemesi)

#### 2.7.4 Proje Özelinde Varlık Adlandırma

Varlıkların adlandırma kuralı kullanılarak isimlendirmesi bilgiye erişimi kolaylaştırarak varlıkları kontrol edebilmeyi sağlar. Aynı işlevi gören bir varlık, aynı katta birden fazla mahalde kullanılabileceği gibi, aynı mahal içinde birden çok kez kullanılabilir. Varlıkların birbirinden ayırt edilebilmesi için tesis/tesisler kapsamında tanımlanması ve birbirinden ayırt edilebilmesi için hiyerarşik olarak dizilmesi gerekmektedir. Tip, tür, işlev, varlık özellikleri (boyut, vb.), konum, marka ve model varlıkların birbirinden farklı olarak tanımlanabilmesi için gerekli ayırt edici özelliklerdir (FT Maintenance 2021).

Varlıkların ayırt edici özellikleri kullanılarak proje özelinde bazı adlandırma kuralları geliştirilmiştir. Chen ve ark. (2017) hazırlamış olduğu bir araştırma projesinde, BIM nesnelere özelinde standart bir adlandırma kuralı geliştirilmiştir ve yarı otomatik bir sistem kurularak devam eden BIM projesinde uygulaması yapılmıştır. Varlıklar özelinde önerilen adlandırma kuralı hiyerarşik bir diziye sahiptir ve aşağıda yer almaktadır (Chen ve ark., 2017).

Fonksiyon-Tip-Konum-Sıra Numarası-Açıklama (PF – TX8 – 2F – 2 – M1).

- Fonksiyon, varlığın işlevine yönelik genel bir sınıflandırmadır. Duvar, kapı, fan örnek olarak gösterilebilir.
- Tip, aynı fonksiyona sahip varlıkları birbirinden ayırmak için kullanılır. İç duvar, dış duvar, döner kapı, HRV Fan. örnek olarak gösterilebilir.

- Konum, bir varlığın modeldeki lokasyonunun tanımlanmasını sağlar. Yapı işletmeye teslim edildikten sonra da aynı konumda olması istenmektedir.
- Sıra numarası, aynı fonksiyon ve tipe sahip olan varlıkların dizilimidir.
- Açıklama, varlıklar hakkındaki ek bilgilerdir. İsteğe bağlı olarak yer almaktadır.

Yukarıdaki örnekte PF prekast cepheyi, TX8 cephe şeklini - tipini, 2F ikinci kat - seviyeyi, 2 yatay konumda ikinci odayı ve son olarak açıklama kısmında M1 kalıp tipini ifade etmektedir. Oluşturulan adlandırma kuralı devlet tarafından finanse edilen bir araştırma projesi özelinde, proje yöneticisine ve BIM uzmanlarına tanıtılmıştır. Oluşturulan sistem test edilerek varlıkların benzersiz bir şekilde tanımlandığı ve birlikte çalışabilirliği kolaylaştırdığı onaylanmıştır.

İtalyan Ekonomik Kalkınma Bakanlığı tarafından desteklenen Innovance araştırma projesi kapsamında inşaat sürecinde dahil olan her bir varlık için adlandırma kuralları geliştirilerek adlandırma kuralları BIM nesnelileriyle eşleştirilmiştir. BIM aşamasında oluşturulan adlandırma kuralı tesis yönetimi aşamasında kullanılan yazılım olan SAP, varlık ID ile birlikte kullanılarak tesis yönetimi aşamasıyla bir köprü oluşturmaktadır. Böylece, veri iletim hatalarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Varlıklar özelinde geliştirilen adlandırma kuralında hiyerarşik bir dizilimde yedi özellik belirlenmiştir. Çizelge 2.8'deki pencere örneğinde kodlama sistemi yer almaktadır (Pavan ve ark.,2014).

**Çizelge 2.8 : Innovance Araştırma Projesi Kapsamında Geliştirilen Adlandırma Kuralı (Pavan ve ark., 2014).**

Kategori	Pencere
Tipoloji	İç mekan Alt Menteşeli
Referans Standardı	UNI 14351-1
Ana Performans	1.2 W/m <sup>2</sup> K
Geometri	Tek Kanatlı
Ölçüsü	7x90x140 cm
Materyal	PVC Çerçeve

### 3. BIM İLE TESİS YÖNETİMİ

Bina yaşam döngüsü süreçlerinde geleneksel yöntemlerin yetersiz kalması sebebiyle sektörde sayısal çözüm arayışına girilmiştir. Tasarım ve yapım süreçlerinde BIM verilerinin kullanılması daha etkin, işbirlikçi ve gerçek zamanlı veri erişimine imkan vermesi sebebiyle, BIM ile TY entegrasyonunda ilişki kurulmasına sebep olmuştur ve bu bölümde BIM ile TY entegrasyonu ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Birinci başlıkta, BIM'in tasarım, yapım süreçlerinde kullanımı, BIM ile TY entegrasyonunun önemi, entegrasyon aşaması, uygulama alanları ve detay seviyeleri araştırılmıştır. İkinci başlıkta, BIM ile TY entegrasyonundaki veri alışverişlerinin işbirlikçi çalışma ortamından uzak olması sebebiyle geliştirilen açık BIM veri değişim araçları ile yazılım araçları araştırılmıştır. Üçüncü başlıkta, en son teknolojilerin barındığı bir çerçevede uygulanan ve bilginin sınıflandırmasında tutarlı bir yaklaşım sergileyen ISO 19650 standart yaklaşımı araştırılmıştır. Son olarak ise, varlıkların operasyon aşamasındaki bilgi yönetim süreçlerini inceleyen ISO 19650 - 3 standart yaklaşımıyla varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması araştırılmıştır.

#### 3.1 BIM Tesis Yönetimi İlişkisi

Bir tesisin bina yaşam döngüsünde çok fazla bilgi üretilmektedir. Ancak, tasarım süreci bilgi üretiminde işletme sürece dahil edilmediğinde tesis yönetimi ve varlık yönetimi için gerekli; bakım, onarım periyotları, marka, model, garanti belgeleri, yedek parça gibi bilgiler de projeye dahil edilmemektedir ve TY bu sürecin dışında kalmaktadır (Becerik Gerber ve ark., 2012; Pishdad-Bozorgi ve ark. 2018). Bu sebeple, tesis yönetiminden bağımsız bir proje işletmeye teslim edilerek tesis yönetimi verileri yapı işletmeye teslim edildikten sonra, işletme tarafından oluşturulmaktadır. Ayrıca, işletim görevini üstlenen firmaların bilgi paylaşımlarının düzensiz olması ve ortak bir dil bütünlüğü içermemesi sebebiyle işletme bütünü göremeyip, aşamaları takip edememektedir. Süreçler arası geçişlerde iş akışları arasında devamlılığı sağlamak ve gerekli bilgiyi ayıklamak mümkün olmamaktadır (Eastman ve ark. 2011; East ve Nisbet, 2010).

Sayısallaşma süreci, bilgilerin otomatikleştirilmesini desteklemesine rağmen (Wikforsss, 2003) inşaat sektörü geleneksel bilgi paylaşımlarını sürdürerek, ağırlıklı olarak analog sistemlerle devir teslim süreçlerini sürdürmeye devam etmektedir (İlter

ve Ergen, 2015). Analog sistemde teslim edilen belgelerin; istenilen bilgilerden uzak ve fazla bilgi içerdiği, bu sebeple, takip edilmesi ve anlaşılmasının zor olduğu ifade edilmiştir (Fallon, 2007., East ve Nisbet, 2010). Yapılan araştırmalara göre, işletme tarafından analog bilgiler ayıklanırken verilerin bir kısmının kaybolduğu ve elde edilen bilgilerin çoğunun hatalı olduğu sonucuna varılmıştır. Toplanan verilerin ise tesis yönetimi sistemlerine aktarılması aylar ve yıllar sürebilmektedir (Eastman ve ark. 2011; East ve Nisbet, 2010; Latham, 1994). Tesis yönetimi aşaması dahil edilerek yapılan bir araştırmada, birlikte çalışabilirlik sorunlarının ek maliyet getirisinin toplamda 15,8 milyar dolar olduğu ve bu maliyetin %68' inin tesis yönetimi süreçlerini kapsadığı tespit edilmiştir (Eastman ve ark. 2011; Gallaher ve ark. 2014). Yapılan başka bir araştırmada, bina yaşam döngüsünde toplam yatırım maliyetinin %60-80'inin tesis yönetimi aşamasında harcandığı ortaya çıkmıştır (Lee, 2012). Bu sonuçlar, işletme ve bakım aşamasının toplam yatırım maliyetini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Bina yaşam döngüsündeki süreçlerde toplam yatırım maliyet giderleri, paylaşımların şeffaf olmaması, ortak dil bütünlüğü içermemesi, paylaşımların analog sistemler kullanılarak ilerlemesi, bilgi toplama ve ayıklama süreçlerindeki zaman kayıpları ve işletim görevi üstlenen firmaların sürece farklı zamanlarda dahil olması sebepleriyle inşaat sektöründe sayısallaşma arayışına girilmiştir. Sayısallaşma sürecinin önemli bir adımı olan Yapı bilgi modellemesi (BIM), bina yaşam döngüsünde yapının sayısal bir temsili niteliğindedir. Yapılan araştırmalarda, BIM' in, proje bilgilerini az zamanda ve etkili bir şekilde kullanarak bilgi alışverişini kolaylaştırdığı ve verimi artırdığı vurgulanmaktadır (Becerik Gerber ve ark, 2012; Eastman ve ark. 2011; Eadie ve ark. 2015). BIM'in görselleştirme yoluyla üretkenliği ve anlaşılabilirliği artıran yapısı, sunduğu parametrik yaklaşım ile işlerin tekrarlanmasının önüne geçmesi, farklı disiplinler tarafından eş zamanlı kullanılarak birlikte çalışabilirliğe imkan tanınması, firmalar arasındaki koordinasyonun sağlanması gibi sebeplerle kullanıcılar tarafından BIM ile tesis yönetimi arasında ilişki kurulmasını sağlamıştır (Eadie ve ark. 2015; Eastman ve ark. 2011). Bununla birlikte, BIM' in tesis yönetiminde kullanılması gerektiğini savunan birçok araştırma bulunmaktadır. Kramer ve ark. (2018), tesis yönetimi için toplanacak enformasyon altyapısının BIM sayesinde doğruluğunun artacağını ve inşaa etmek için gereken zamanı kısaltacağını savunmuştur. Becerik Gerber ve ark. (2012), işletme aşamasında tek bir güncel

kaynak üzerinden paydaşların çözüme yönelik kararları hızlı ve doğru bir şekilde alabildiğini savunmuştur. Stowe ve ark. (2014), kaynak üzerinden veri çekmenin zorluklarına değinerek erişilebilir bir sistem üzerine kurulu BIM' in önemini vurgulamıştır. BIM ile, bir binanın tasarım ve yapımında girilen her bir parametre tesis yönetimi için bir veritabanı niteliğindedir. Bu durumda, BIM verilerinin kullanılması zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacaktır. Mohanta ve ark (2016) ise, BIM' in tesis yönetimine katkısına yönelik, bilginin kalitesinin arttığını ve yapının tüm yaşam döngüsünde planlamasının önceden kurgulanabileceğini savunmuştur. Broadbent' e göre (2018), BIM ile üç boyutlu sanal bir görsel sunulması, güvenlik ve risk konularında iyileştirme sağlamakta ve alanlar ile nesnelere arasında ilişki kurarak bileşenlerin öz niteliklerini takip etmektedir.

BIM yapı faaliyetlerini devam ettirebilmek amacıyla insanı, konumu ve proje aşamalarını birleştirerek bilgi yönetimini kolaylaştıran ve TY ekibinin faaliyetleri için destekleyici bir teknolojidir (IFMA, 2011). Bu doğrultuda, BIM ile TY entegrasyonunda; bina bileşenlerinin yerleşimi, gerçek zamanlı veri erişimi, görselleştirme, sürdürülebilirlik, sayısal varlıkların oluşturulması, alan yönetimi, sermaye dışı fizibilite çalışmaları, acil durum yönetimi, enerji kontrolü ve personel eğitimi olmak üzere muhtemel 10 uygulama alanı tanımlanmıştır (Becerik-Gerber ve ark. 2012).

Proje sürecinde BIM' in avantajları; yapım öncesi, tasarım aşaması, yapım aşaması ve yapım sonrası olmak üzere dört aşamaya ayrılmıştır (Eastman ve ark.,2008). Yapım öncesinde, projenin zamanı ve maliyeti hakkında analiz yapılarak, yapının fonksiyonları ve sürdürülebilirliği değerlendirilir. Tasarım aşamasında, birlikte çalışabilir bir ortam sunması ve yapılan değişikliklerin tüm paftalarda güncellenmesi zamandan tasarruf sağlar ve bina tasarımının verimini artırır. Yapım aşamasında, tasarım aşamasında oluşturulan bilgilerin senkronizasyonu sağlanarak hataların fark edilmesi ve seri bir şekilde uygulanması sağlanır. Son olarak yapım sonrasında ise, işletmenin adaptasyonunu kolaylaştırarak bu aşamadaki verimi arttırmaktadır. Proje aşamaları göz önünde bulundurduğumuzda, BIM' in tesis yönetimi ile entegrasyonunda işletmenin hangi aşamalarda projeye dahil olması gerektiği tartışma konusudur. Codinhoto ve ark. (2014), BIM verisinin, yapım sonrası, işletmeye teslim edildikten sonraki aşamada elde edilmesinin faydalı olduğuna dair

bir kanıt olmadığını belirtmiştir. Çünkü sisteme girilen veriler zaman kaybına neden olmasının yanı sıra hataya açık bir faaliyet olarak kabul görmektedir. Ashworth ve ark. (2016) ise, yapım öncesi aşamada işletmenin projeye dahil olmasının proje sonuçları açısından faydalı olduğunu savunmuştur. Temel düşüncede, proje aşamalarında BIM' i projeye dahil etme amacı, yeni bir enformasyon yapısı oluşturmak değil, veri dolaşımını düzenlemek, veriyi doğrulamak ve veri ulaşımını kolaylaştırmaktır. Enformasyon altyapısı yapım öncesi aşamasından oluşturularak tasarım, inşaat ve işletmeye alma aşamalarında geliştirildiği için entegrasyon ne kadar erken aşamada gerçekleşirse o kadar iyi bir sonuç elde edildiği vurgulanmaktadır.


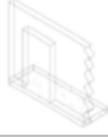


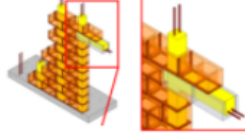
İnşaat sektöründe BIM'in üç boyutlu model ve yazılım paketlerinden oluştuğu algısı olsa da aslında BIM, bina yaşam döngüsündeki süreçleri oluşturarak birbirleri arasındaki geçişi kolaylaştırmaktadır (Bryde ve ark., 2013). BIM tasarım aşamasında, iklimsel verilerle performans analizleri, simülasyon hesapları ve bir skript dili aracılığıyla geliştirilmiş parametrik bilgiler için, bir projenin oluşturulup geliştirilmesine yönelik ortam hazırlamaktadır. Analizlerden ortaya çıkan veriler tasarım aşamasını gözden geçirmek için faydalı olmaktadır (Ofloğlu, 2014). Böylece, projenin ilerleyen aşamalarında ortaya çıkabilecek sorunların, zaman kayıplarının ve masrafların önüne geçerek tasarım aşamasında tespiti sağlanmaktadır. BIM yapım aşamasında, proje içinde tüm çalışanlar için şeffaf ve net bir iş akışı oluşturarak bilgi alışverişlerini kolaylaştırmaktadır (Liao, 2017). Farklı disiplinlere ait tüm çalışanların proje içinde işbirlikçi bir yaklaşım sergilemesi için BIM bilgi modelinde birlikte çalışabilirliğe olanak tanıyan açık ve tarafsız standartlar geliştirilmiştir (BuildingSmart, 2020). Bu standartlar farklı disiplinlere ait bilgilerin bilgi modeline çift yönlü bir şekilde aktarılmasını mümkün kılmaktadır. Bilgi entegrasyonlarının sorunsuz olması tüm çalışanların üretkenliğini ve verimini artırmaktadır. BIM ayrıca yapım süreçlerinde proje revizyonlarını kolaylaştırarak, çakışma tespitlerinin yapılması, metraj ve iş programlarının hazırlanması, imalat ve maliyet takibi gibi konularda aktif rol alır (Ofloğlu, 2014; Volk et al., 2014; Azhar 2011). BIM'in proje süreçlerine sağladığı katkılar haricinde, bir yapı özelinde oluşturulan sanal BIM modeli, fiziksel bir nesnenin gerçek zamanlı olarak analiz edilip yönetildiği sanal bir temsili olan Dijital İkiz (Digital Twin) kavramının desteklenmesine yardımcı olmaktadır. Bir başka deyişle dijital ikizin oluşturulması

için gerekli sanal nesne kavramı karşılanarak, fiziksel dünya ile sanal dünya arasındaki bağlantı için gerekli veriyi oluşturmaktadır (Grieves, 2016).

TY modeline aktarılması planlanan, tasarım ve yapım aşamasına ait veriler ağırlıklı olarak geometrik niteliklere sahiptir (Becerik-Gerber vd., 2012). Ancak tesis yönetimi verisi, varlık ve mekanların performansını artırmak, ömrünü uzatmak ve bakım görevlerini kolaylaştırmak için oluşturulmuş alfanümerik / geometrik olmayan veri niteliklerine sahiptir. Tasarım ve yapım işi için gerekli olan tüm bilgiler TY süreçleri için gerekli olmayabilir. Bu sebeple, BIM'in içeriğini bina yaşam döngüsünde verimli ve net bir şekilde kullanarak ifade edebilmek amacıyla Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından geliştirilmiş altı detay seviyesi (LOD) hazırlanmıştır ve her bir LOD seviyesi, BIM model yapı bileşenlerine ne kadar ayrıntı dahil edildiğini tanımlamaktadır (BIM Forum, 2019). LOD 100 sembolleri, LOD 200 proje için genel bilgileri, LOD 300 bina bileşenlerinin boyutu, ölçüsü, konumu, miktarı gibi bilgileri, LOD 350 ilişkiler ve diğer bina sistemleriyle arayüzleri, LOD 400 bina bileşenleri devir kurulum aşamasına uygun bilgileri ve son olarak LOD 500, sahaya uygun geometrik ve geometrik olmayan bilgileri içermektedir (AIA, 2008). Genel Hizmetler İdaresinin (GSA, 2011) COBie'yi dahil ederek yaptığı teknik incelemeler; LOD 300 tesis yönetimi aşamaları için gerekli olan minimum seviye olduğunu ve LOD 500 ise sahada doğrulanmış ve teslim aşaması uygun model yapısına sahip olduğu yönündedir. Ancak, LOD seviyeleri ile ilgili yapılan başka çalışmalarda, araştırmacılar LOD 500 seviyesinin TY verileri için fazla detay içerdiğini ve bilgi yönetimini zorlaştırdığını savunmaktadır (Bruno ve ark., 2018, Cavka ve ark., 2017, Lijun ve ark., 2016). Ayrıca, tesis yönetimi uygulama alanlarına uygun detay seviyesini (LOD) belirlemek amacıyla Omniclass, COBie ve Spie standartları kullanılarak bir çalışma yapılmıştır (Alavi ve Matheu, 2019). LOD 500 seviyesi için standartlardan 8000'den fazla özellik toplanarak tesis yöneticilerine sunulmuştur. Uzmanlar TY aşaması için gerekli olmayan özellikleri çıkardığında toplam özellik sayısı 3000'e düşürülmüştür. Sonuç olarak, LOD 500 özelliklerin TY aşaması için fazla detay içermesi sebebiyle tesis yöneticileri tarafından %60'dan fazlası başarısız bulunmuştur (Alavi ve Matheu, 2019).

Çizelge 3.1'de betonarme duvar örneği üzerinde geliştirilen LOD seviyeleri yer almaktadır (BIM Forum, 2019).

**Çizelge 3.1 : LOD Seviyeleri, Betonarme Duvar Örneği (BIM Forum, 2019).**

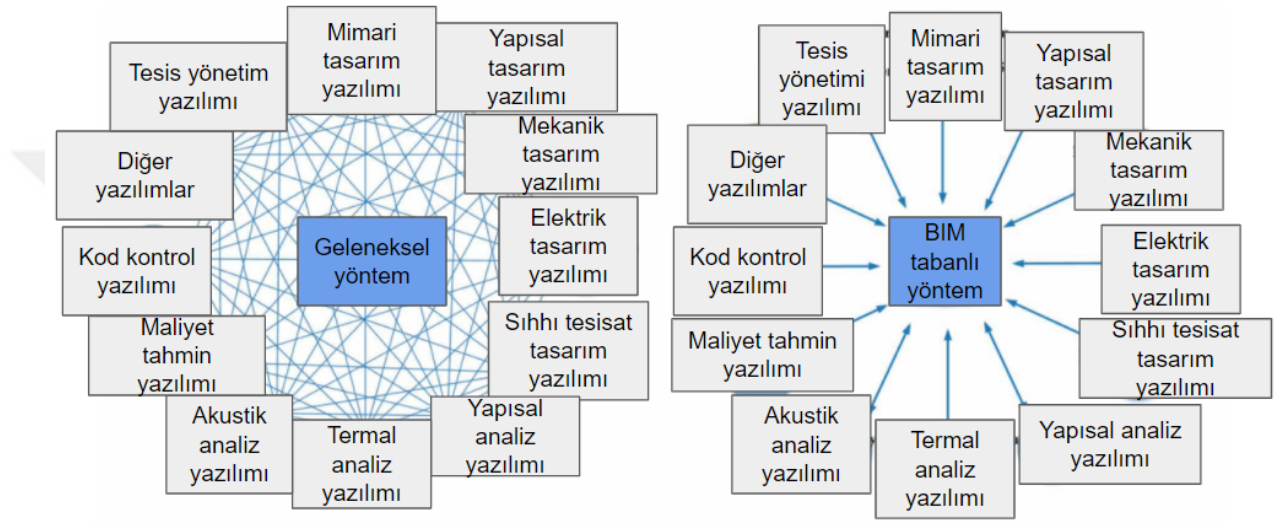
LOD 100 Konsept Tasarım	
LOD 200 Şematik Tasarım	
LOD 300 Konuma ve geometriye sahip tasarım	
LOD 350 Konuma ve geometriye sahip detaylandırılmış tasarım	
LOD 400 Saha uygulaması, İmalat çizimi	
LOD 500 As built	

### 3.2 BIM ve Tesis Yönetimi Veri Değişimi

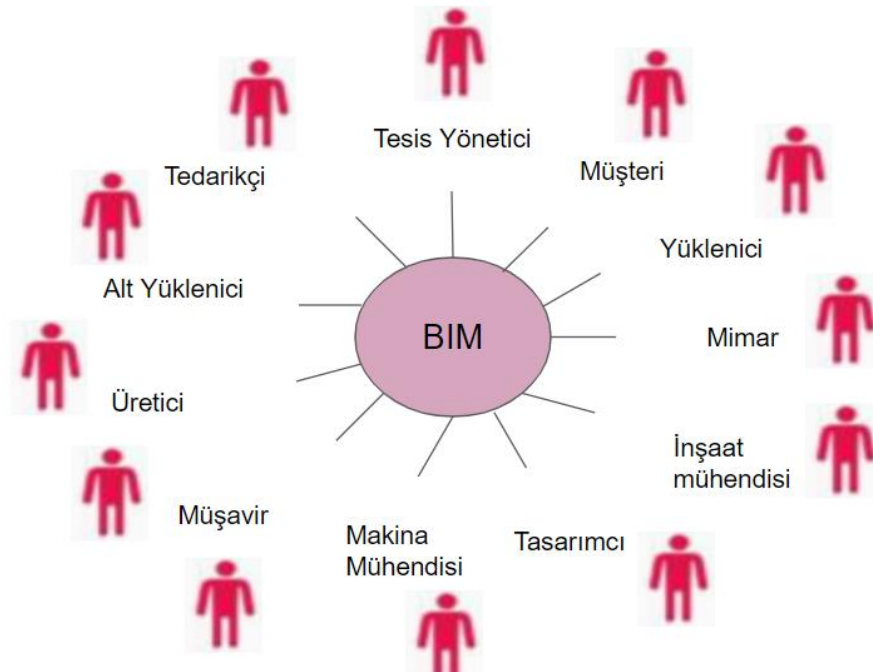
Yaşam döngüsü bilgi üretimi tek bir yazılım veya veritabanı üzerinden sağlanamamaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre yapım sürecine tesis yönetimi bilgilerinin dahil edilmemesi mal sahiplerini 10,6 milyar dolar zarara uğrattığı yönündedir (Gallaher ve ark. 2004). Yapım sürecinde oluşturulan bilgi modeli operasyon ve bakım süreç ihtiyaçlarını karşılamaması ve çok fazla bilgi içermesi sebebiyle tesis yöneticileri tarafından tercih edilmemektedir ve bilgi entegrasyonları genellikle yapı işletmeye teslim edildikten sonra işbirlikçi bir çalışma prensibinden yoksun bir şekilde manuel olarak gerçekleştirilmektedir.

Bina yaşam döngüsünde veri ve zaman kaybı geleneksel ve sayısal platformların genel problemidir. Farklı yazılım araçlarının kullanılmasıyla ortaya çıkan bu problem işbirlikçi çalışma prensibi benimsenerek, kullanıcıların birlikte çalışabilmesi ve araçların entegre olabilmesi ile çözülebilmektedir (Grilo ve Goncalves, 2010). Bir başka deyişle, multidisipliner bir süreci kapsayan yaşam döngüsünde işletim görevini üstlenen her bir paydaş, birlikte çalışabilirlik için iletişim halinde olmalıdır.

Artan veri paylaşımı ihtiyacıyla birlikte geleneksel yöntem karmaşık yapısıyla yetersiz kalarak, başarısız olmaktadır (Lai ve Deng, 2018). Bu sebeple, bilgileri modele entegre edebilmek, toplamak ve yönetebilmek felsefesine dayalı olan BIM, müşteriler tarafından tercih edilmektedir (Liao, 2017). Şekil 3.1’de geleneksel ve BIM tabanlı yöntemlerin, yazılım araçlarıyla ilişkisi oklar ile ifade edilmiştir. Ayrıca, Butt ve ark. (2015), BIM’in bina yaşam döngüsünde paydaşlar arasındaki işbirliğini artırdığını savunarak bu süreçteki olası kullanıcıları Şekil 3.2’de sunmuştur (Butt ve ark, 2015).



Şekil 3.1 : Birlikte Çalışabilirlik Lai ve Deng (2018).



Şekil 3.2 : Bina Yaşam Döngüsündeki Paydaşlar (Butt ve ark., 2015).

BIM'in tüm proje aşamalarında paydaşları, bilgileri ve iş akışlarını birbirine bağlayarak koordine etmesi ve işbirlikçi bir çalışma ortamı sunması sebebiyle müşteriler tarafından BIM ile TY entegrasyonu tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak yapılan araştırmalarda, çoğu projede BIM ile TY entegrasyonu veri alışverişlerinin işbirlikçi çalışma ortamından uzak ve sorunlu olduğu yönündedir (Azhar, 2011; Becerik Gerber, 2012; BIFM, 2013). Başka bir deyişle, yaşam döngüsünde bilgi paylaşımlarının tek bir yazılım veya platform üzerinden yürütülememesi BIM'in sağladığı işbirlikçi çalışma ortamında engel niteliği taşımaktadır. Bu sebeple, proje süreçlerinde veri alışverişini mümkün kılan veri değişim uygulamaları arayışına girilmiştir. Birçok kuruluş tarafından bu süreç desteklenerek, uluslararası bir veri yapısına sahip olabilmek için standartlar geliştirilmiştir (BuildingSmart, 2020). Aynı zamanda, BIM ve TY veri alışverişine odaklanan veya BIM yazılımının eklentisi olarak geliştirilen yazılım tabanlı veri değişim araçları geliştirilerek veri alışverişleri sağlanmaktadır.

### **3.2.1 Açık BIM Veri Değişim Standart Kullanımı - OpenBIM**

Bina yaşam döngüsü boyunca veri birçok yazılım tarafından kullanılarak değer kazanır ve bilgiye dönüşür. Birlikte çalışabilirliği destekleyen BIM'in bilgiyi yönetmedeki rolü yüksektir. Bununla birlikte verilerin erişebilirliğini, verinin kullanılıp yönetilmesini ve sürdürülebilirliğini destekleyen OpenBIM kavramı ortaya çıkmıştır (BuildingSMART, 2021a). Birlikte çalışabilirliğe olanak tanımak amacıyla açık ve tarafsız standartlar geliştirilmiştir. BuildingSmart bu açık standartların oluşturulması ve geliştirilmesi için, varlık endüstrisinin inovasyonlarını yönlendiren uluslararası bir kuruluştur (BuildingSMART, 2021a).

BuildingSmart öncülüğünde geliştirilen IFC, COBie gibi açık standartlar TY ve varlık veri gereksinimlerini projenin en başından itibaren saklamaktadır. BIM ve TY yazılımları arasında verilerin çift yönlü çalışmasına ve bilgi alışverişlerine izin vererek enformasyon alt yapısını bozmadan bilgi aktarılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, nesne tabanlı çalışarak varlıkların üretimini, yapılandırılmasını ve işletilmesini desteklemektedir (Sawhney A., 2015). IFC ve COBie, proje bilgi aktarımlarını otomatikleştirerek kullanıcıların manuel bilgi girmede harcadıkları zamanı optimize etmektedir. Ancak, bilgi aktarımlarının otomatik olması TY aşamasında fazla bilgiye sahip olmak için ortam hazırlayabilir (Thabet ve ark. 2016).

COBie bu noktada istenilen tesis bilgilerini tanımlayarak proje özelinde oluşturulma özelliği ile IFC'den ayrılır. Böylece bilgi aktarımları kontrol altına alınarak yönetilmesi sağlanır (Dias ve Ergan, 2016). Yalçinkaya ve Singh (2014), IFC'nin veri değişim model yapısının (STEP Standardı) kullanıcılar tarafından okunmasının kolay olmadığını ve IFC'nin makineler için tasarlandığı savunmuştur. COBie, elektronik tablo biçiminde görüntülenerek bina, tip, sistem, kat, konum, barkod, kurulum ve garanti tarihi gibi bakım TY verilerini ayırarak varlıklar için detay seviyelerini (LOD) tanımlaması bakımından IFC'den ayrılır (The National Institute of Building Sciences, 2013).

### **3.2.1.1 COBie Standardı**

COBie, Uluslararası Birlikte Çalışabilirlik ve Buildingsmart irtifakının bilgi teslim kılavuzları ve model görünüm teknik standartları ile uyumlu, bir standarttır (BuildingSMART, 2013). Aynı zamanda projenin veri tabanındaki bilgiye ihtiyaç duymadan bir yapının tesis yönetimi boyunca gerekli bilginin kullanıldığı bir alışveriş şemasıdır. Bir başka deyişle COBie, geometrik bilgi içermeyen tesis ile ilgili bilgilerin kullanıldığı excel tablosudur (Tarandi, 2012). Projenin her aşamasında oluşturulup tek başına kullanılabilirdiği gibi tesis yönetimi yazılımları için devir model görünümü olma özelliğine de sahiptir (WBDG, 2021). COBie, TY veri aktarmalarında birlikte çalışabilirlik sorunlarını çözmeyi hedefleyerek farklı bir formatta projedeki aynı bilgiyi taşır (Young ve ark, 2008). Bazı yazılımlarda, ücretsiz indirilebilen BIM birlikte çalışabilirlik araçları içerisinde COBie uzantısı bulunmaktadır. Bu da basit kullanım ile kurulum imkanı sağlamaktadır.

COBie Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği tarafından 2007 yılında geliştirilerek, 2009 yılında COBie sürümü IFC 2x3 kullanılarak tesis yönetimi görünüm aktarma modeli olarak yayınlanmıştır (Hamil 2018; Wikipedia, 2021) Ayrıca aynı sürüm Ulusal Yapı Bilgi Modeli (NBIMS-US) standardı BuildingSMART irtifakı ABD tarafından onaylanmıştır ve ABD Genel Hizmetler İdaresi tarafından sermaye programlarına ek olarak COBie istenmektedir.

COBie veri modeli, IFC veri modelinin bir alt kümesidir, IFC ile uyumlu, resmi bir IFC model görüntüleyicisidir ve temel tesis yönetimi aktarma görünümü adıyla İngiltere'de Level 2 aşamasında kullanılmaktadır (BuildingSmart, 2013). COBie İngiltere'de ana teslim yerel dosyalardan biridir ve "BS1192-4:2014 İşbirliğine

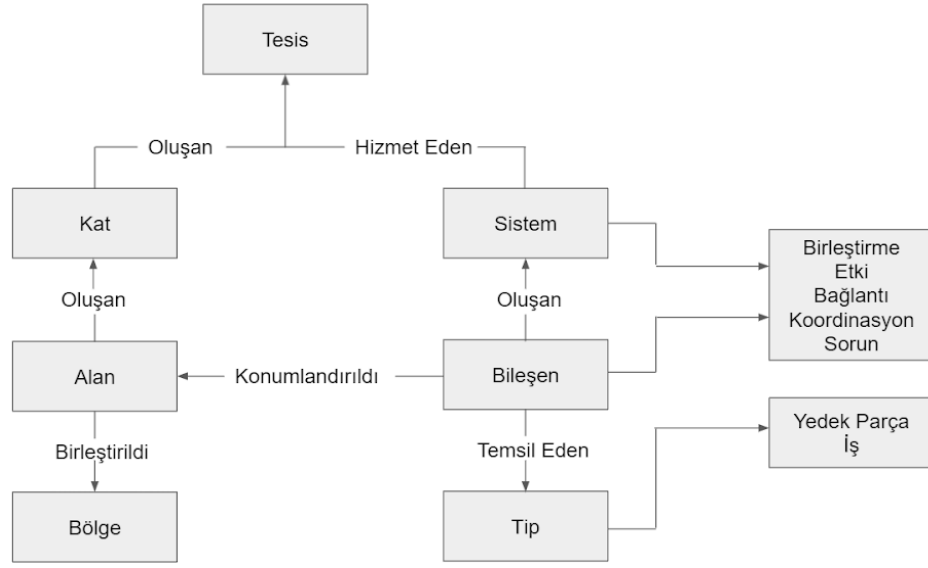
dayalı bilgi üretimi Bölüm 4: COBie' yi kullanarak işverenin bilgi alışverişi gereksinimlerini yerine getirmek - Uygulama kuralları” adıyla COBie için geliştirilmiş bir standart bulunmaktadır. IFC de olduğu gibi verileri bir uygulamadan diğerine aktarmak mümkündür. Ayrıca, COBie standardında bir sınıflandırma sistemi kullanmak zorunludur. COBie parametrelerini projeye ekleme aşamasında hangi sınıflandırma sisteminin kullanılacağını kullanıcıya seçtirir (NBIMS-US2, 2012; Sapp D., 2017).

COBie, tesis yönetimi amacıyla kullanılması planlanan bilgilerin yer alacağı alanları 18 sayfadan oluşan excell tablosu içerisinde tanımlamaktadır. Çalışma sayfaları; iletişim, tesis, kat, alan, bölge, tip, bileşen, sistem, birleştirme, bağlantı, yedek, kaynak, iş, etki, doküman, özellik, koordinasyon ve problem olarak isimlendirilmiştir. Şekil 3.3’de arayüzünde bulunan detay seviyelerinde nesne özellikleri tanımlanmaktadır (Nfimt, 2015; Hamil, 2018). Bu özelliği ile COBie birçok standart ve yazılımlardan ayrılır.

COBie bilgileri projenin farklı aşamalarında otomatik olarak doldurulmaktadır. Örneğin; tesis, zemin, kat, alan, bölge gibi sayfalar tasarım aşamasında, bağlantı, yedek, kaynak gibi sayfalar yapım aşamasında doldurulmaktadır (WBDG, 2021). Şekil 3.4’de çalışma sayfasının örneği yer almaktadır.

NBIMS-V3 (2015)’ e göre, COBie formatının avantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Verinin doğruluğunu kesinleştirir. Mal sahipleri ya da doğrudan veriye sahip kişiler COBie formatlı verileri kullanarak bilginin hata payını ortadan kaldırır.
- Verilerin sayısal ortamda görüntülenmesini ve kopyalanması konusunda kolaylık sağlar.
- Verilerin otomatik olarak işlenerek kaydedilmesini sağlar.
- Verilerin zamanla kaybolmasını önleyerek kişilere arama kolaylığı sağlar.
- Verileri yeniden biçimlendirme imkanı tanır.
- Verilere kolaylıkla taşınma imkanı sunarak verilerin tekrar başka bir yazılıma girme ihtiyacını ortadan kaldırır.



Şekil 3.3 : COBie Detay Seviyeleri (Nfmt, 2015).

1	Email	CreatedBy	CreatedOn	Category	Company	Phone	ExternalSys	ExternalObj
2	redacted@bimblog.house	redacted@bimblog.house	2016-05-11T12:00:00	PM 20 20 14: Client	bimblog.house	4,4E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
3	enquiries@chrisjohn.co.uk	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 11: Building survey	Chris John & Partners	4,4292E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
4	info@howdens.com	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 54: Manufacturer	Howdens Joinery Cardiff	4,4292E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
5	info@ikea.co.uk	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 54: Manufacturer	IKFA	4,42036E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
6	merlinjpcgvier@aol.co.uk	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 86: Supplier	Magic Conservatoires and Window	4,42921E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
7	capital-sovereign@cardiffcity.ne	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 86: Supplier	Capital Damp Proofing	4,4292E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
8	unknown@bimblog.house	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 86: Supplier	Unknown	4,4E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
9	sales@solidor.co.uk	redacted@bimblog.house	2016-12-09T16:45:00	PM 20 20 54: Manufacturer	Solidor Ltd	4,48081E+11	Google Sheet	fcPersonAndOrga
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								

Şekil 3.4 : COBie Çalışma Sayfası Örneği.

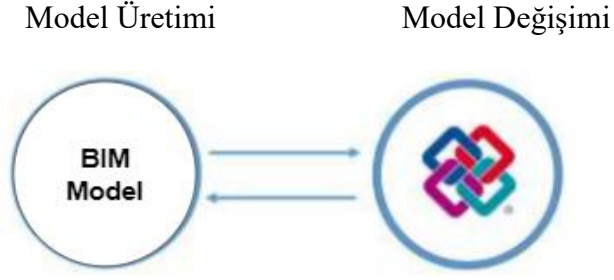
İnşaat Operasyonları Bina Bilgi Değişim (COBie) standardını kullanarak geliştirilen bir çalışmada BIM ve tesis yönetimi ilişkisi üç vaka çalışması üzerinden değerlendirilmiştir. Birinci çalışma olan üniversite ana binasında, proje özelinde seçilen ürünlerin özel bakım gerektirmesi, fakülte trafiğinin bakım faaliyetleri ve koordinasyonu gibi konularda tesis yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci çalışma olan sağlık merkezi A projesinde, ölümcül hastalıklara klinik teşhis ve araştırmalar laboratuvarlarda yapılmaktadır. Personellerin laboratuvarlara erişiminin kısıtlanması, laboratuvar odasından filtrelenen egzoz havasının dışarıya atılması gibi konularda tesis yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Üçüncü çalışma olan sağlık merkezi B projesinde ise, laboratuvar, derslik, konferans salonu ve açık alanların yönetimi, insan trafiğini verimli bir şekilde kullanmak, binadaki ekipmanların yerini ve özelliklerini bilmek gibi konularda tesis yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Vaka çalışmalarının üçünde de sözleşmede belirtilmediği için BIM yazılımları

kullanılmayarak işletme sırasında COBie ile tesis yönetimi başlatılmıştır. BIM kullanılmadığı için, bina programlama ve tasarım aşamalarında toplanan bilgiler COBie' ye aktarılamamaktadır. Bu nedenle veri tabanı formülasyon danışmanı işe alınmıştır. Ancak bu süreçte, tesis yönetimi departmanı veri tabanı formülasyonundaki planlama aşamasının bir parçası olmamıştır. Bu durumda da COBie veritabanı için kritik olan bina programlama tasarım ve inşaat sırasında toplanan bilgiler proje ile birleştirilememiştir. Bu çalışma, tesis yönetiminde veri tabanı oluşturmak için yapı bilgi modellemesi ve yapı bilgi değişiminin veri biçimlendirme aracı olarak kullanılması gerektiğinin bir örneğidir (ECPPM, 2014).

### **3.2.1.2 IFC**

IFC, veri alışverişi için aktif olarak kullanılabilen nesne tabanlı bir yapıya sahiptir ve ISO 16739 standardı olarak onaylanmıştır (Areo, 2016). BIM tabanlı modelleme araçları bilgileri orjinal içeriğin bir kopyası olarak IFC formatında dışarı aktarmaktadır. Aynı zamanda istenildiğinde BIM modelleme araçlarına IFC formatı dahil edilmektedir. IFC'nin çift yönlü çalışma özelliği Şekil 3.5'de gösterilmiştir (Baldwin, 2018). IFC 'yi içeri aktarmak için 30 yazılım aracı, dışarı aktarmak için 23, hem içeri hem dışarı aktarmak için ise 14 yazılım aracı sertifikalandırılmıştır (BuildingSMART, 2021b). Dışarı aktarılan IFC dosyası; görüntülenebilir ve çakışma testi ile maliyet tahminleri için ortam hazırlayabilir. Ayrıca IFC, BIM uyumlu CAFM yazılımları arasında köprü görevi görerek bina yaşam döngüsünde BIM tabanlı farklı yazılımların kullanılmasına imkan tanır (Froese, 2003). Dışarı - içeri aktarılan ve projenin orijinal bir kopyası olan IFC dosyaları, zamanlama ve aktivite gibi geometrik olmayan nesnelere de ilişkili olabilir ancak bilgi enformasyon yapısında değişiklik yapmak için tasarlanmamıştır.

IFC içeri aktarıldığında veri şemasındaki eksikliklerden ve çoklu eşleşmelerden dolayı, veri kaybı, anlamsal farklılıklar ve birlikte çalışabilirlik sorunlarının ortaya çıkabileceği savunulmaktadır (Lai ve Deng, 2018). IFC standardındaki sorunların önüne geçebilmek amacıyla bazı yöntemler geliştirilmektedir. Yöntemlerden bir tanesi, proxy nesnelere kullanarak ve gerekli ilişkiler kurularak, yeni bir sınıf oluşturmaktır. Bu yöntemde Express dil formatında oluşturulan IFC dosyası manuel olarak değiştirilerek ilişki yapısı düzenlenir (Motamedi ve diğerleri, 2016).



**Şekil 3.5 :** IFC ve BIM Tabanlı Modelleme Ortamı Veri Aktarımı (Baldwin, 2018).

### 3.2.2 Ticari Yazılımların Kullanımı

Bilgisayar Destekli Tesis Yönetimi (CAFM) ilk olarak CAD tabanlı yazılımları kullanabilmek amacıyla 1960'lı yıllarda ortaya çıkmıştır (May, 2013). CAD tabanlı olarak geliştirilen uygulamalar geleneksel metotlar uygulanarak kullanılmaktadır. İnşaat sektörünün gelişerek sayısallaşma sürecinin başlaması ile birlikte sayısal çözüm arayışına girilmiştir. Ancak mevcut uygulamaların birçoğu, TY için gerekli ve gereksiz çok miktarda bilgiyi analog sistemler aracılığıyla TY veri ekibine teslim etmektedir. TY veri ekibi ise, analog sistemlerden bilgi toplayarak, manuel olarak CAFM yazılımlarına TY verisini girmektedir (Teicholz, 2013). Bu sürecin; bina yaşam döngüsünün ilk aşamaları ile kıyaslandığında beş kat uzun sürdüğü yapılan araştırmalar tarafından ortaya konulmuştur (Eastman ve ark. 2011; Patacas ve ark. 2015).

BIM projenin başından itibaren TY yaklaşımının benimsenmesini mümkün kılan ve operasyon ihtiyaçlarını bilgi modeline entegre edebilmek için gelişmiş, sayısal bir çalışma ortamı sağlamaktadır. Bu sebeplerle, BIM ile veri alışverişinin sağlanabildiği TY yazılım araçları geliştirilmiştir. TY yazılımları, Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemleri (CMMS) ve Entegre İşyeri Yönetim Sistemleri (IWMS) gibi sistemlere ayrılarak yönetilmektedir.

CMMS ve IWMS yönetim sistemleri sayesinde; önleyici ve düzenleyici bakım süreçleri otomatik olarak yönetilir, veriler gerçek zamanlı olarak işlenerek, mahallerin kullanım ve doluluk bilgileri anlık olarak takip edilmektedir. Ayrıca, varlıklarda mahal ve lokasyon ilişkileri kurularak konum, kat planı ya da model üzerinden görüntüleme işlemi yapılmaktadır. Bu görüntüleme sayesinde kritik senaryolar çözülmektedir. Örneğin, takvim kullanarak varlıklar için periyodik, koruyucu bakım türleri ve uyarı sistemleri oluşturulur ve personel ataması yapılarak

senaryonun gelişim süresi sahada takip edilir. Aynı zamanda atanan personel dahil olmak üzere tüm yetki sahipleri ekipmanların garanti belgelerine, yedek parça ve kullanım kılavuzu gibi tedarikçi firmalara ait bilgilere kolaylıkla erişim sağlayabilir.

Kullanım kolaylığı, mobil uygulamasının olması ve yazılım sayesinde oluşturulan görevlerin varlık bakım periyotlarını sağlayarak ve kontrol süreçleri oluşturabilme kriterleri dikkate alınarak, ankette (4. Bölümde) uzmanlar tarafından önerilen Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops yazılımları alt başlıklarda anlatılmaktadır. BIM ile entegre olabilen CMMS ve IWMS sistemlerine ait yazılımlar incelenerek raylı sistemler özelinde oluşturulan vaka çalışmasında (5. Bölüm) test ortamı oluşturmak amacıyla seçilen yazılım üzerinden bir çalışma yapılacaktır.

### **3.2.2.1 IWMS**

Entegre İşyeri Yönetim Sistemleri (IWMS) yazılımları, gayrimenkul ve kiralama yönetimi, tesisler ve alan yönetimi, sermaye planlaması yönetimi, işletme ve bakım yönetimi, enerji ve çevresel sürdürülebilirlik yönetimi olmak üzere beş TY faaliyet alanını toplayan birleşik bir veritabanına sahiptir (Gartner, 2004). Alan yönetimi ile; personel sayısı, doluluk oranları, oda türleri, alanların sahip olduğu varlıklar ve çalışan açık pozisyonları kontrol altına alınarak yönetilmektedir. Bakım yönetimi ile CMMS sistemlerinde olduğu gibi varlık takibi, önleyici ve reaktif bakım, mobil iletişim, görev oluşturma gibi aktiviteler yönetilmektedir. Çevresel sürdürülebilirlik ile; klima, aydınlatma ve havalandırma sistemleri merkezi olarak yönetilerek enerji yönetimi yapılmaktadır. Son olarak sermaye yönetimi, yeni projenin yapılması ya da mevcut projelerin onarımlarının yapılmasına yönelik finansal muhasebe için bir çalışma ortamı oluşturur. Sektörde aktif bir şekilde kullanılan Archibus ve Ecodomus yazılımları bu sisteme örnek olarak gösterilebilir.

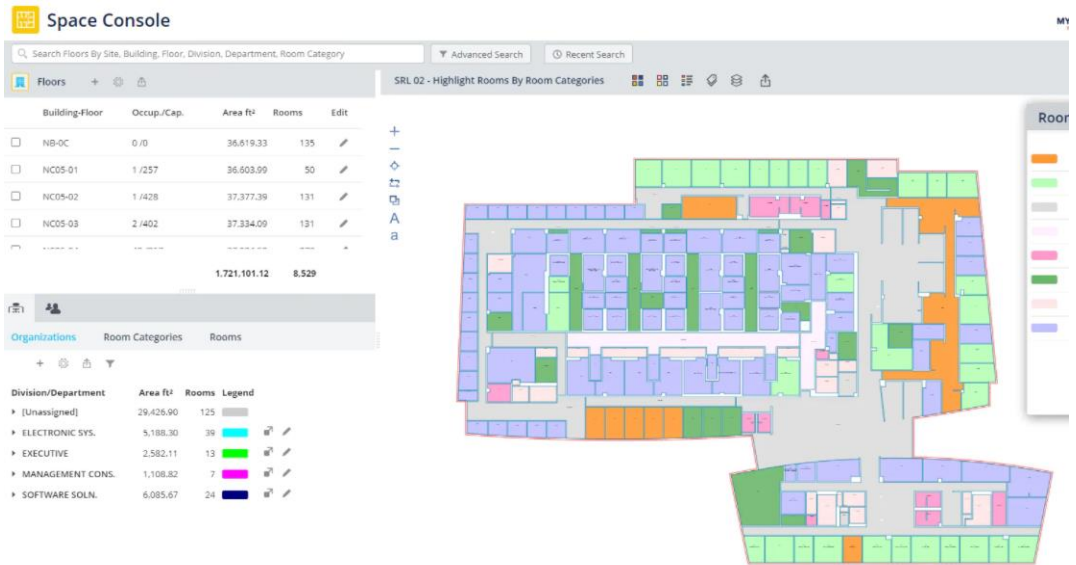
#### **Archibus:**

Birçok modülden oluşan ücretli bir yazılımdır ve Autodesk Revit ve CAD yazılımları ile çalışabilen BIM için yazılım modülü mevcuttur. Üç boyutlu görüntüleme ise farklı bir modül üzerinden yapılmaktadır. Önleyici bakım, varlık, alan ve personel yönetimi, sermaye bütçeleri ile acil durum senaryoları gibi tesis yönetiminin belirli alanlarında yoğunlaşmaktadır (Lee ve Akin, 2011). Arayüzünde gayrimenkul portföy yönetimi, proje yönetimi, alan planlama yönetimi, bina operasyonları, çevresel risk

yönetimi, işyeri hizmetleri ve teknoloji seçenekleri bulunmaktadır. Her aktivite, bir dizi süreç ve rolden oluşmaktadır. Örneğin, taşıma yönetimi için talep eden kişi, koordinatör, veri koordinatörü ve atanan personeller görevi ayrı menülere bölmektedir. Kullanıcılar yalnızca kendilerine atanan kısmı görebilmektedir.

Veri aktarımında ilk adım olarak BIM modelin sadeleştirilerek Archibus'a tanıtılması gerekir. Sonrasında, Archibus üzerinden yapının konum, alan ve kat bilgileri girilir. Kat planları seçiliyken oda verileri kataloglanır. Ardından ise varlıklar kataloglanmaktadır (Shalabi ve Turkan, 2017).

Archibus yazılımında oda/alan tipine göre incelemeler yapılmaktadır. Örneğin, bir metro istasyonunda yolcu, personel ve hem yolcu ile personelin kullandığı odalar işaretlenebilir. Bu durum, senaryo oluşturma ve analiz etme imkanı sağlar. Aynı zamanda mekanlara kişiler atanabilir ve mekanların kapasiteleri değerlendirilerek verimlilik artırılabilir. Örneğin, bir mekanın kullanım oranı ölçülerek kullanımın az veya fazla olması durumunda yer değişiklikleri yapılabilir. İncelemelerin yapılabildiği alan konsol arayüzü Şekil 3.6' da yer almaktadır.

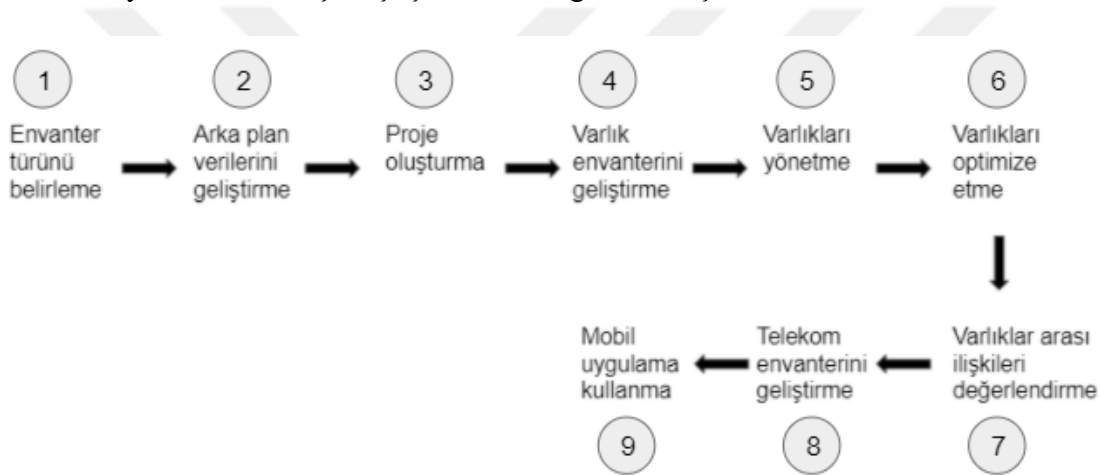


Şekil 3.6 : Alan Konsolu (Archibus, 2014).

Archibus varlık modülünde varlık verilerini inceleyerek varlıkları yönetmek ve varlıkları optimize etmek amaçlanmaktadır. Varlıklar alfanümerik veri tabanı kayıtlarıyla veya CAD çizimleriyle kayıt altına alınabilir. Sonrasında konum veya isteğe bağlı olarak standartlar arka plana eklenir. 3. aşamada, kat planları, ekip üyeleri ve varlık gereksinimleri eklenerek proje oluşturulur. 4. aşamada, CAD

dokümanları veya belge ekleyerek ya da varlık kayıt konsolundan varlıklara veri ekleyerek varlık envanterleri geliştirilir. 5. aşamada, mevcut faaliyetlere ve tüm işlem geçmişine erişerek varlıklar yönetilir. 6. aşamada, risk azaltma analizleri yapılarak ve kritik varlıklar belirli periyotlarla takip edilerek varlıklar optimize edilir. 7. aşamada, bakım, yenileme ve taşınma aktivitelerini değerlendirmek için varlıklara ait, ilişki atama ve ilişki analizleri yapılır. 8. aşamada, telefon, bilgisayar, WİFİ gibi iletişim araçları telekom konsolunda oluşturulduktan sonra kat planında varlık sembolü olarak gösterilir ve telekom envanteri geliştirilir. 9. aşamada, telefon tablet gibi araçlara Archibus mobil uygulaması indirilerek periyodik olarak sahaya yönelik kontroller yapılır.

Archibus yazılımına ait iş akışı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



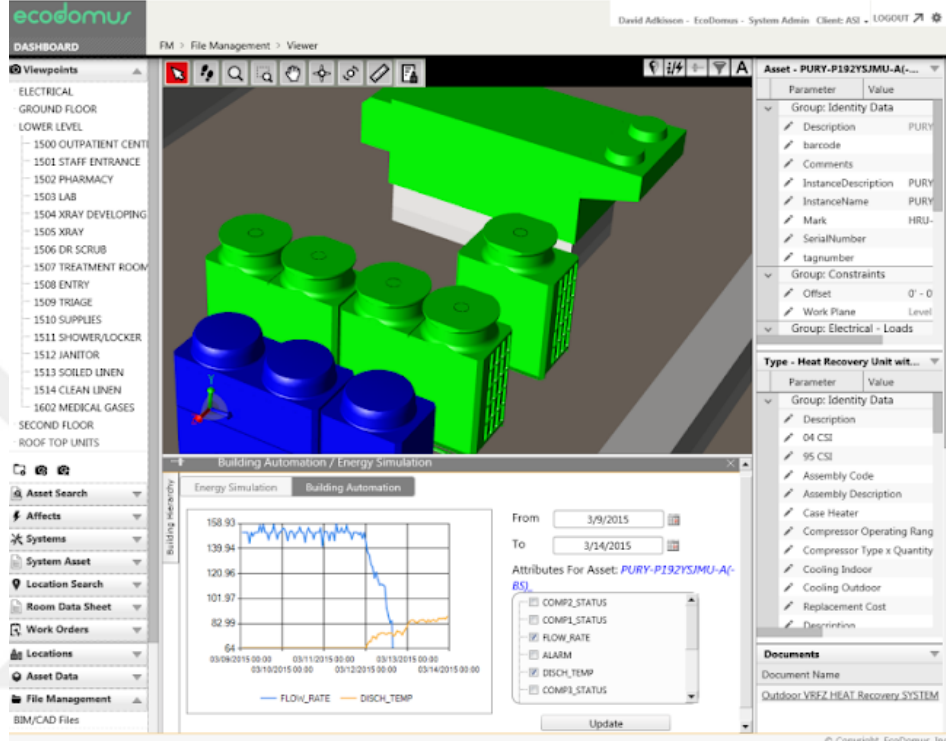
Şekil 3.7 : Varlık İş Akışı.

### Ecodomus:

Ecodomus yazılımı; BIM, Scada, Iot, GIS ve ERP sistemleri ile entegre olabilen ücretli bir yazılımdır. Aynı zamanda; IBM Maximo, Archibus gibi CMMS yazılımları ve Siemens, Honeywell, Johnson Controls gibi bina otomasyon sistemleri ile entegre olabilmektedir. Bu sebeple proje bilgi modeli her zaman güncel tutulmaktadır. Ortak veri ortamı ISO 19650 temelli BIM standardını destekler (Ecodomus, 2020) ve Revit ile COBie verilerini içe aktarma imkanı sağlar. İlk adım olarak BIM modelin sadeleştirilerek Ecodomus’a tanıtılması gerekir. Revit ve COBie verilerini içe aktarma imkanı sayesinde ise, projeye ait tesis, bölge, kat, sistem, alan, bileşen ve türlere ait özellikler Ecodomus’ a kolaylıkla aktarılır.

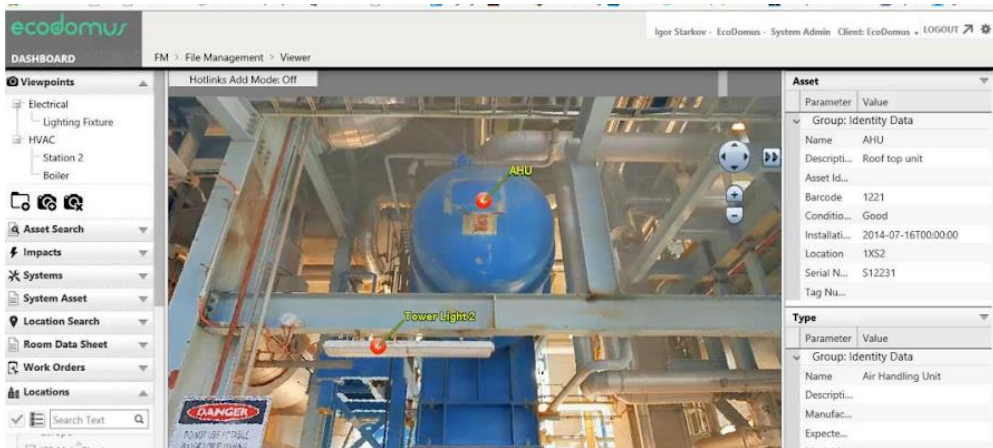
Ecodomus, Şekil 3.8’de gösterildiği üzere, veri toplama ve varlıkların bakım-onarımları için üç boyutlu görüntüleme imkanı sağlamaktadır. Üç boyutlu model

üzerinden seçili varlıklara ait fotoğraf veya ürün belgeleri görüntülenmektedir ve belgeler; varlık, konum ve sistemlere dahil edilmektedir. Ayrıca, model üzerinden yapı bakımında ihtiyaca yönelik analizler yapılmaktadır. Örneğin, yapıda boya yapılması planlanan yerlerin toplam yüzey alanı belirlenerek boya ihtiyacına göre satın alma işlemi yapılmaktadır.



Şekil 3.8 : Ecodomus BIM Arayüzü (Starkov, 2015).

Lazer tarama arayüzü sayesinde, BIM model ve lazer taramadan alınan lokasyon bilgileri karşılaştırılarak mukayese edilmektedir. Varlıklar nokta bulutu içinde etiketlenerek iki nokta arasındaki mesafeler ölçülmektedir. Lazer tarama arayüzü Şekil 3.9’de gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : Ecodomus Lazer Tarama Arayüzü (Starkov, 2015).

Web sürümüyle aynı sunucuya bağlı Ecodomus Mobil uygulaması üzerinden arıza bildirimleri takibi ve periyodik olarak sahaya yönelik kontroller yapılır. Sahadaki varlıkların üç boyutlu model üzerinden takibi barkod taraması ile gerçekleştirilir. Arıza bildirimlerinde teknik personeller ilgili alana atanır arıza giderildiğinde ise işlem kapatılır. Ecodomus'un mobil arayüzü Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Ecodomus Mobil Arayüzü (Starkov, 2015).

### 3.2.2.2 CMMS

BIM tabanlı CMMS yazılımları, varlıklardan elde edilen verimi artırarak, minimum maliyetle varlıkların ömrünü uzatmak amacıyla ilgili kuruluşa ait tüm varlıkları kontrol ederek, bakım programlarını yöneten bir sistemdir (IBM, 2020). Aynı zamanda, varlıklara ait kaynak, malzeme ve ekipmanları planlayıp takip eden bir veritabanına sahiptir. Sisteme ait yazılım araçları; üretici, seri numarası, varlık adı, bakım kılavuzları, sensör, performans, konum vb. parametreleri kullanarak varlık kaydını oluşturur. Görev numarası, açıklama, öncelik sıralaması, sipariş türü, görevlendirilen teknik personel, onarımda kullanılacak malzemeler vb. parametreler yardımıyla oluşturulan görev yönetilir. Sektörde aktif bir şekilde kullanılan BIM 360 Ops yazılımı bu sisteme örnek olarak gösterilebilir.

CMMS yazılım ile gerçekleştirilen çalışmaların ortak özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

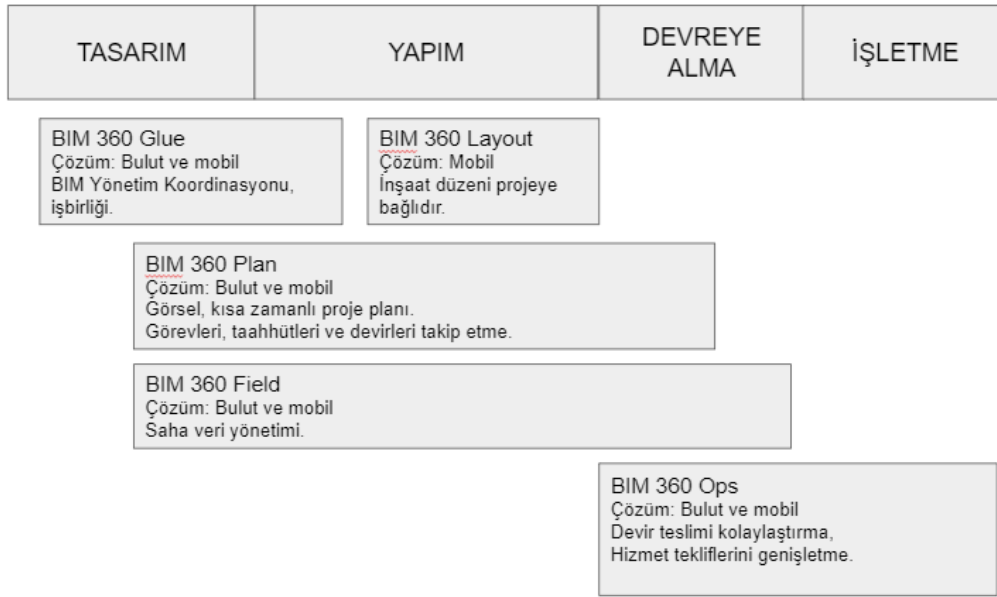
- Varlık takibi,
- Otomasyon,
- Önleyici ve reaktif bakım,
- Ekipmanlar özelinde stok takibi,
- Satın almaların gerçekleştirilmesi,
- Bakımlara yönelik görevlerin oluşturulması.
- Mobil iletişim,
- İş akış görünürlüğü.

### **BIM 360 Ops:**

Varlık ve bakım yönetimi yazılımıdır. Kullanıcılara lokasyon ve varlık verilerini yönetme imkanı sağlar. Kullanıcılar, ücretsiz olarak bir projede sınırsız kullanıcı ve depolama hakkına sahiptir. BIM yazılımları ile entegrasyonu projenin her aşamasında gerçekleştirilebilir.

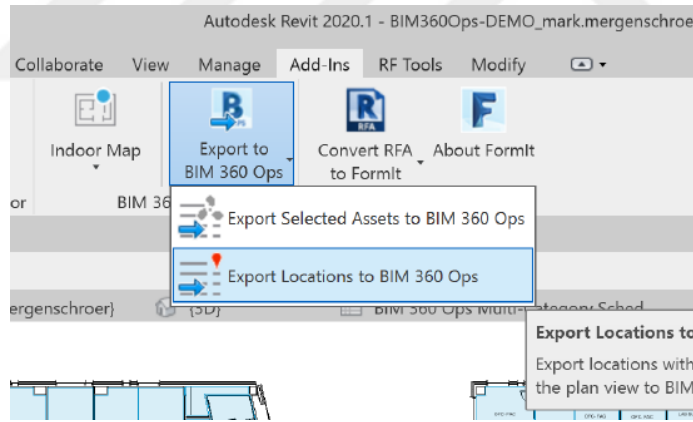
BIM 360 Ops, Autodesk Revit ve BIM 360 Field'dan veri aktarımları bilgi kaybı olmadan dışarı aktarmaktadır. BIM 360 Field, saha veri yönetimi, devreye alma ve devir teslimi amacıyla kullanılan bulut tabanlı bir yazılımdır. Pdf, fotoğraf veya videolar, BIM 360 Field ekipmanına dosya eki veya kitaplık referansı olarak BIM 360 Ops'ın ise galerisinde kayıt altına alınmaktadır. Lannen (2016) işlemiş olduğu BIM tabanlı olmayan bir vaka çalışmasında; 664 ekipman parçası, 256 ekipman kategorisi ve 1800 belge BIM 360 Field yazılımında oluşturularak, Field'dan Ops'a veri aktarılmıştır. Böylece, varlık verileri BIM 360 Ops'da kontrol altına alınarak yönetilmeye başlanmıştır.

BIM 360 yazılımı kullanılan bir projede; tasarım, yapım, devir teslim ve işletme aşamalarında bilgi kaybı olmaksızın BIM 360 Glue, BIM 360 Layout, BIM 360 Plan, BIM 360 Field ve BIM 360 Ops yazılımlarının hızlı ve kolay veri aktarımları sayesinde, varlık ve mekan verileri yönetilmektedir. Şekil 3.11'de tasarım, yapım, devreye alma ve işletme aşamalarında BIM 360 yazılım araçlarının kullanımları yer almaktadır.



**Şekil 3.11 :** Tasarım Aşamasından Operasyon – Bakım Aşamasına BIM 360 Kullanımı (Paula G., 2016).

Benzer bir durum Revit yazılımı için de geçerlidir. Bilgi aktarımları Revit yazılımı üzerinden Şekil 3.12’de gösterildiği gibi varlık ve konum olmak üzere iki şekilde sağlanmaktadır.



**Şekil 3.12 :** Autodesk Revit’den BIM 360 Ops’a Veri Aktarımı.

Veriler BIM 360 Ops’a BIM modelinden aktarılabilirdiği gibi CAFM yazılımlarından da .csv uzantılı olarak elektronik tablo biçiminde paylaşılabilir. Aynı zamanda veriler .csv uzantılı olarak dışarı da aktarılabilir. Bu durum paylaşım sürecini kısaltarak veri paylaşımını hızlandırmaktadır. Şekil 3.13’de BIM 360 Ops’dan verilerin CSV uzantılı olarak paylaşılması gösterilmektedir.



Şekil 3.13 : BIM 360 Ops .CSV uzantılı Veri Aktarımı.

Revit yazılımından BIM 360 Ops'a Revit model üzerinden seçim yaparak, metraj listelerini kullanarak veya bağımsız excel tabloları yardımıyla varlık aktarımı yapılabilir. Revit element, BIM 360 Ops'da varlıkların kategorisidir. Revit element türü veya adı, BIM 360 Ops'da varlık adı olarak; oda numarası ise konum olarak tanımlanır. Aynı zamanda, eleman resimleri BIM 360 Ops'ın galerisinde otomatik olarak kaydedilir ve URL'ye sahip parametreler BIM 360 Ops'da belge olarak kaydedilir.

Revit model BIM 360 Ops'a aktarılırken, dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda yer almaktadır.

- Öncelikle koordinasyon modelinin güncel olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- BIM 360 Ops'da doldurulması istenen "bar code, kurulum tarihi, üretici firma, ürün modeli, seri numarası, garanti sona erme tarihi gibi veriler girilmelidir.
- Arka plan dosyalarındaki (tedarikçilerden alınan dosyalar, kullanılmayan) veriler kaldırılarak, TY modeli arka plan dosyaları ile birleştirilmelidir.

Önleyici bakım, bakım kontrolü ve odalarda denetimler için zamanlanmış Görevler (task) oluşturulur. Görev için bakım sıklığı, tanımlanan kontrol listeleri (checklist) oluşturulur ve isteğe bağlı olarak kontrol listesine, fotoğraf veya belge eklenir. Görev tarafından görev açıklamasının yer aldığı bilet (ticket) oluşturulur. Bilet üzerinden görevin kim tarafından oluşturulduğu, görev statüsü, önceliği, teslim tarihi, varlığın konumu, tanımlanan işlem sırası v.b gibi bilgiler yer almaktadır. Varlıkları görevle ilişkilendirilmesi, bir varlık üzerinde gerçekleştirilen bakımın devam eden bir

geçmişini kontrol etmek için kullanışlıdır. Şekil 3.14’da 29 varlığa atanmış fan bakım görevi yer almaktadır.

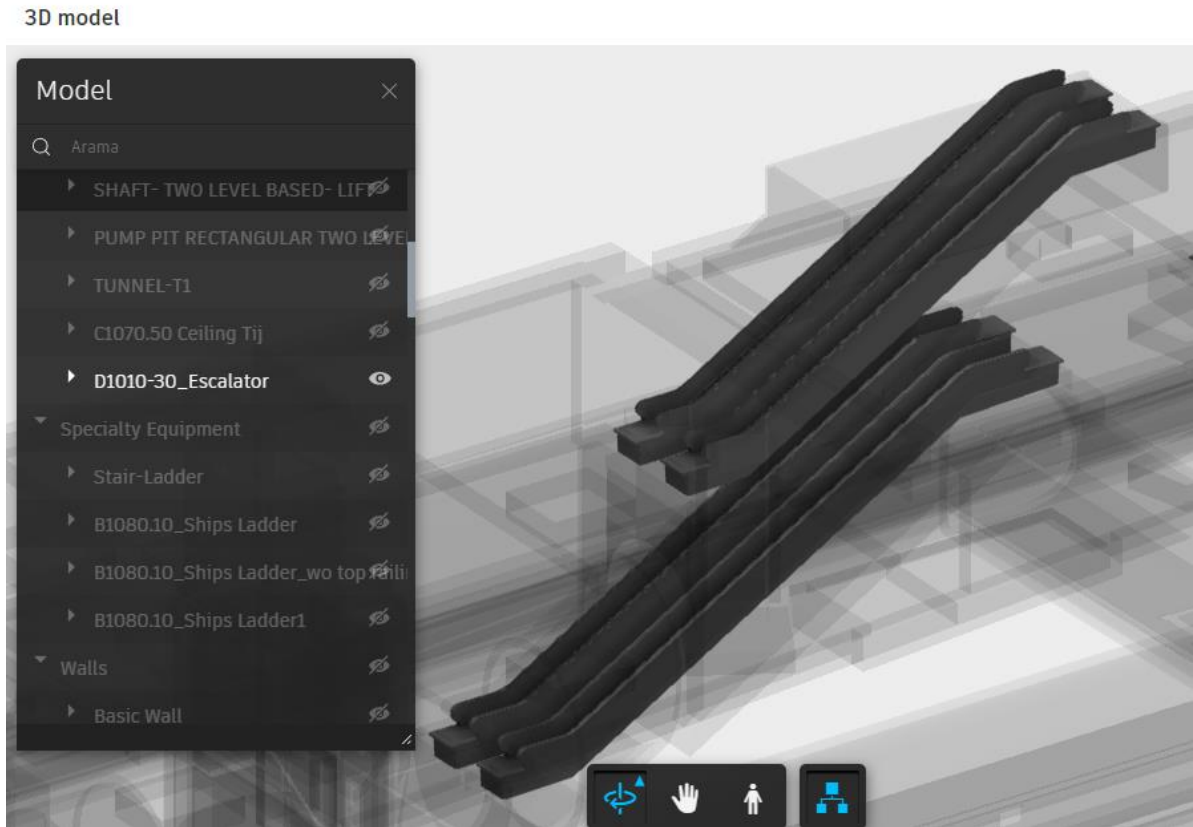
TASK-00001

Fan Bakım Şeması

add category		
created by gzmm.atalay@gmail.com	priority Medium	repeat every 1 Week(s)
checklist Fan Bakımı (Aylık)	create ticket 1 Week(s) before	cost 0.00
associated assets 29	associated locations None	history View

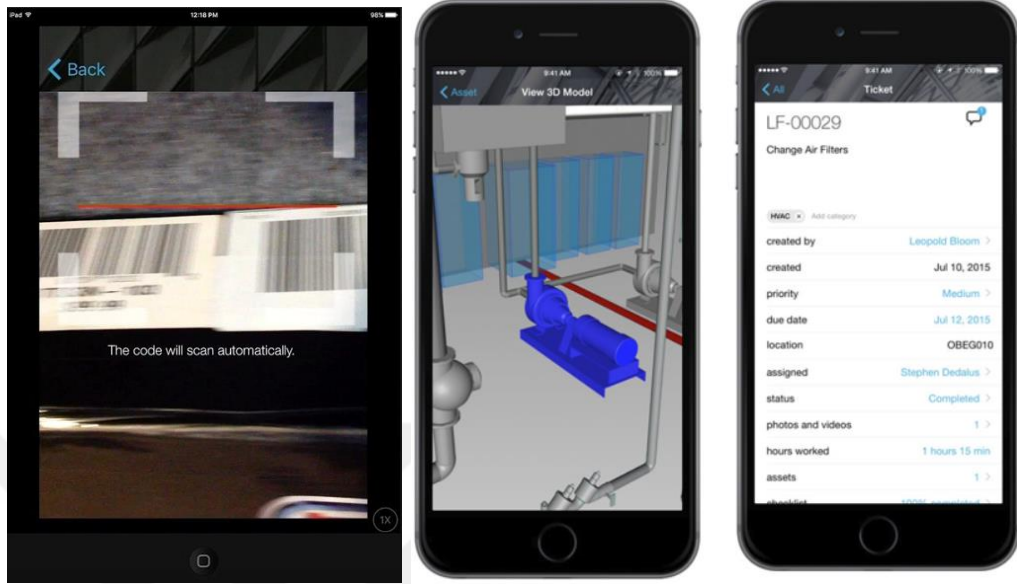
Şekil 3.14 : BIM 360 Ops’da Görev Oluşturma.

Kullanıcılar, Şekil 3.15’de gösterildiği gibi, liste olarak görüntüleyebildiği ve seçtiği (yürüyen merdiven) varlığı 3 boyutlu ortamda görüntüleyebilir ve nesne içinde saklanan bilgilere kolaylıkla erişebilir.



Şekil 3.15 : BIM 360 Ops’da Varlığın 3 Boyutlu Ortamda Görüntülenmesi.

Bakım ve onarım aşamaları sahadaki personellerle direk iletişim halinde olmayı gerektirmektedir. Bu sebeple sistemin mobil arayüzü kullanımına uygun olması sahayla iletişimi hızlandırmaktadır. Mobil arayüz Şekil 3.16’de gösterilmektedir.



Şekil 3.16 : BIM 360 Ops Mobil Arayüz.

### 3.3 ISO 19650 Tabanlı BIM Tesis Yönetimi

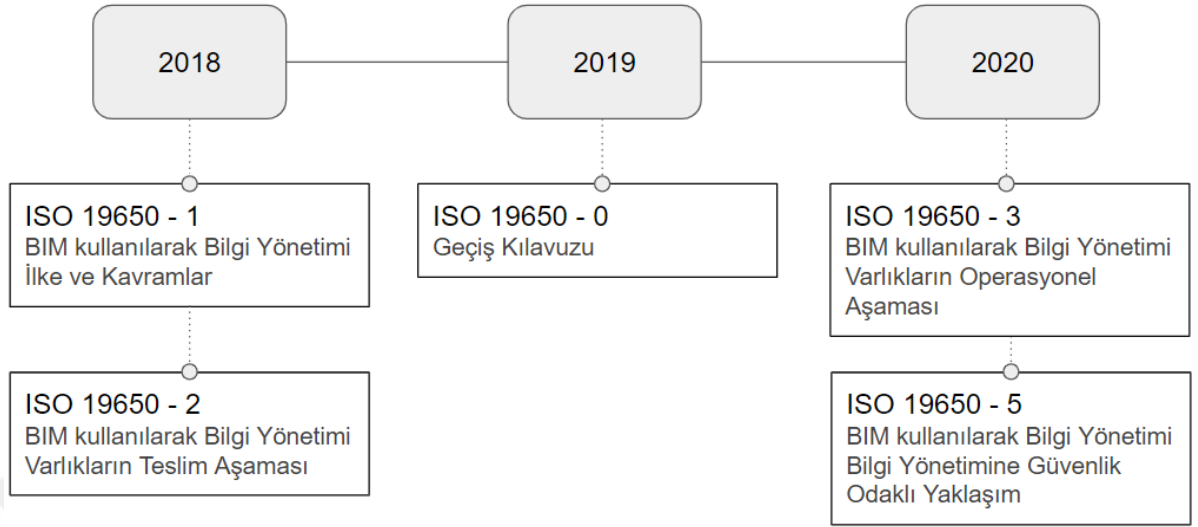
BIM, varlıklarda bilginin üretimi, tasarımı, yapımı ve yönetimi için bir sayısal ortam oluşturarak verimliliği arttırmayı desteklemektedir. Bilginin üretilip yönetilmesi sürecinde BIM’in her ülke tarafından farklı kullanılarak yorumlanması standartlaştırma ihtiyacını doğurmuştur ve Bölüm 2.1 de bahsedildiği üzere, İngiltere Hükümeti yapım projelerinde BIM Level 2’nin tanımı yapılarak belirli aralıklarla (2007-2018) BIM kullanımını destekleyen altı adet BS 1192 standardı yayınlanmıştır (Bertein, 2019). 2013 yılında İngiltere Hükümeti BIM Level 2 kriterlerine işletme performanslarını optimize etmek amacıyla Government Soft Landings (GSL) eklemiştir. GSL, kamu sektöründe müşterilere yönelik operasyonel süreçlerini desteklemek, maliyeti düşürmek ve performansı iyileştirmek için bir çerçeve sunmaktadır ve projenin başından itibaren müşterinin ihtiyaçlarına daha fazla odaklanmak, devir teslim aşamasını optimize etmek, teslim sonrası oluşan problemleri çözmek amacıyla geliştirilmiştir (Hosseini, 2021). Başlangıç ve özet, tasarım, geliştirme ve inceleme, teslim öncesi, ilk bakım ve genişletilmiş bakım-kullanım sonrası değerlendirme olmak üzere beş temel adımı içermektedir (BSI, 2018). İlk adımda, müşteri ihtiyaçları ve çıktılar belirlenir. İkinci adımda, TY ve bina

kullanıcıları ile ilgili olarak projeler gözden geçirilir. Üçüncü adımda, teslim öncesi işletmenin sistemleri anlaması sağlanır. Dördüncü adımda sistemlerin çalışabilirliği test edilir. Son olarak beşinci adımda operasyon süreçlerinde kullanım sonrası problemler belirlenerek performanslar test edilir, eğitimler verilerek çözüm önerileri geliştirilir. 2018 yılında BSRIA tarafından tasarım ve yapım süreçleri ayrılarak GSL güncellenmiştir ve altı aşamanın olduğu en son sürümü yayınlanmıştır (Philp ve ark., 2019).

BIM'in inşaat sektörüne ve tesis yönetim süreçlerine sağladığı katkıların, diğer ülkeler tarafından fark edilip benimsenmesi profesyonellere BS 1192 standardının uluslararası düzeyde yayınlanma isteğini uyandırmıştır (Shillcock, 2019). Böylece BS 1192 standart ailesi geri çekilerek, 2018 yılında BS1192 standardıyla uyumlu, ISO 19650 standardı yayınlanmıştır. BIM ve ISO 19650 standardı, kamu sektöründe süreçlerin detaylandırıldığı müşteri odaklı olarak geliştirilen GSL' yi desteklemektedir (Philp ve ark., 2019). Bu sebeple, ISO 19650 standardının sunmuş olduğu müşteri odaklı iş akış yapısı, kullanıcılara proje bilgilerini yayınlama, takibini yapma, yönetme, saklama ve güvence altına alma imkanı sağlamaktadır (Autodesk Construction, 2021). Ayrıca, operasyon bilgilerinin saklanarak yönetilmesi ile ilgili bilgi gereksinimlerini, süreç tanımlarını, paydaşların işbirlikçi bir düzende daha güvenli ve etkin bir çalışma ortamında bulunması için gerekli adımları içermektedir.

ISO 19650 standardının yeni olması ve en son teknolojilerin barındığı bir çerçevede uygulanması; sayısal teknolojilerin hızla geliştiği inşaat sektöründe, sayısallaşmış bilgilerin kullanım ihtiyacını karşılayarak bu zamana kadar yayınlanan uygulama yöntemlerinin ve yayınların geçerliliğinin yitirilmesine sebep olmuştur. 2018 yılında yayınlanan ilk versiyonunda yapı sektörü BIM sürecinde bilgi yönetiminin ilke ve kavramları özetlenmektedir. Aynı yıl içerisinde BIM kullanılarak varlıkların teslim aşaması ve bilgi alışverişi yönetim süreçlerini konu alan ikinci versiyonu ve 2020 yılında varlıkların işletim aşamalarında bilgi yönetim süreçlerini konu alan üçüncü versiyon yayınlanmıştır. Son olarak ise, 2020 yılında bilgi yönetim sürecinde güvenlik odaklı yaklaşımı konu alan beşinci versiyon yayınlanmıştır. ISO 19650 standardının yayınlanan her versiyonunda, BIM yönetimi için birleşik bir yaklaşım oluşturarak inşaat sektörünün BIM tabanlı sayısallaştırılmasına yönelik bir çalışma biçimi sunmaktadır ve BIM aşamaları ile BIM tabanlı projelerin nasıl

uygulanacağına yönelik içeriği oluşturmaktadır. ISO 19650 standart ailesi Şekil 3.17’de yer almaktadır.



**Şekil 3.17 : ISO 19650 Standart Ailesi.**

ISO 19650 standart ailesi BIM tabanlı bilgi yönetimi, proje teslimi ve varlık yönetimi amacıyla, kullanıcılar için bir kılavuz görevi görmektedir. Bina yaşam döngüsünün her aşamasında kullanıcılar varlıklardan sorumludur. Yapım aşamasında yüklenicinin varlığı üreticiden satın alması ile başlayarak, varlık bilgilerinin oluşturulması, birleştirilmesi, bakım, onarım, arıza, değiştirilme ve elden çıkarılmasına kadar tüm süreçleri kapsamaktadır. ISO 19650 standart ailesinin, bilginin sınıflandırmasında tutarlı bir yaklaşım sergileyerek, bir kurallar bütünü oluşturması müşterilere standardize edilmiş varlık bilgi yönetim süreçlerini sunmaktadır (Bower ve ark., 2021). Ayrıca, varlığın muhafaza edilerek verimli çalışması hedeflenmektedir.

ISO 19650 standart ailesi işbirliği ve ekip çalışması üzerinde odaklanmıştır ve bilgi yönetimi amacıyla atayan taraf (iş veren) ve atanan taraflar terimleri kullanılarak, kullanıcıların kilit rollerini ve sorumluluklarını tanımlamıştır. Bilgi yönetimi sürecinde projenin başından varlık yönetimine kadar; atanan tarafın rollerinin belirlenerek bilgi kalitesinin artırılması, proje aşamalarında zamanın verimli kullanılması ve bilgi alışverişinin etkinliğinin artırılması hedeflenmektedir. Varlık bilgilerinin tanımlanması sürecinde; bilgi gereksinimleri atayan taraf tarafından belirlenerek, atanan taraf proje gereksinimleri doğrultusunda bilgileri adım adım tanımlar ve teslim ekipleri bilgilerin dağıtımını planlayarak süreci devralır. Bilgi üretimi ve alışverişlerinin ortak veri ortamında (CDE) yapılması istenmektedir.

Varlık bilgilerinin tanımlanmasında, yapı sınıflandırma sistemlerinin ve açık standartların BIM projeleri için bir gereklilik olduğundan bahsedilerek projenin başından itibaren çalışma prosedürlerinin belirlenmesi gerektiği üzerine durulmuştur. Çalışma prosedürleri varlık bilgi gereksinimleri (AIR) ve organizasyonel bilgi gereksinimleri (OIR) doğrultusunda ve işletme ile atayan tarafın kontrolünde oluşturularak varlık bilgi modeline (AIM) rehberlik sağlamalıdır. Sonrasında, atanan taraf işveren bilgi gereksinimleri (EIR) yerine getirmek için bilgi yönetimi için gerekli kaynakları, atayan tarafın belirlediği zamanlamayı ve görev atama planını dikkate alarak, BIM uygulama planı (BEP) oluşturulmaktadır (ISO 19650-3, 2020). Ayrıca çalışma prosedürlerine ek olarak bilgi modelinden elde edilen verimi artırmak amacıyla, sunulan her bilginin ayrıntı düzeyinin (LOID) tanımlanması gerekmektedir (Leite ve ark. 2011) ve ayrıntı düzeyi minimum bilgi ihtiyacı temel alınarak oluşturulmalıdır (ISO 19650-1,2018).

Bina yaşam döngüsünde kullanıcıların stratejik ihtiyaçlarıyla uyumlu bilgi çıktıları, proje bilgi modeli (PIM) ve varlık bilgi modeli (AIM) üretilmektedir. PIM, projenin başından itibaren üretilen ve ilgili tarafların bilgi gereksinimlerini (OIR - EIR) içeren BIM modelidir ve CDE’de yönetilmektedir. Ayrıca, proje teslim süreci ile AIM destekleyerek varlıklar için gerekli bilgiler PIM’den AIM’e aktarılmaktadır. AIM, atanan tarafların varlık bilgilerine ulaşması için oluşturulmuş varlık yönetim sürecini destekleyen ve CDE’de yönetilen sayısal bir modeldir. AIM’de varlıkların işletimi ile bakımı için gerekli olan bilgiler ilgili tarafların bilgi gereksinimleri (OIR-EIR) doğrultusunda ve AIR’e göre oluşturulmaktadır. Varlık yaşam döngüsünde tüm bilgilerin iç içe ve birbiriyle ilişkili olduğu bilgi gereksinim hiyerarşisi Şekil 3.18’de gösterilmiştir (ISO19650-1, 2018; Plannerly, 2021).



**Şekil 3.18 :** Bilgi Gereksinimi Hiyerarşisi (ISO 19650-1, 2018; Plannerly, 2021).

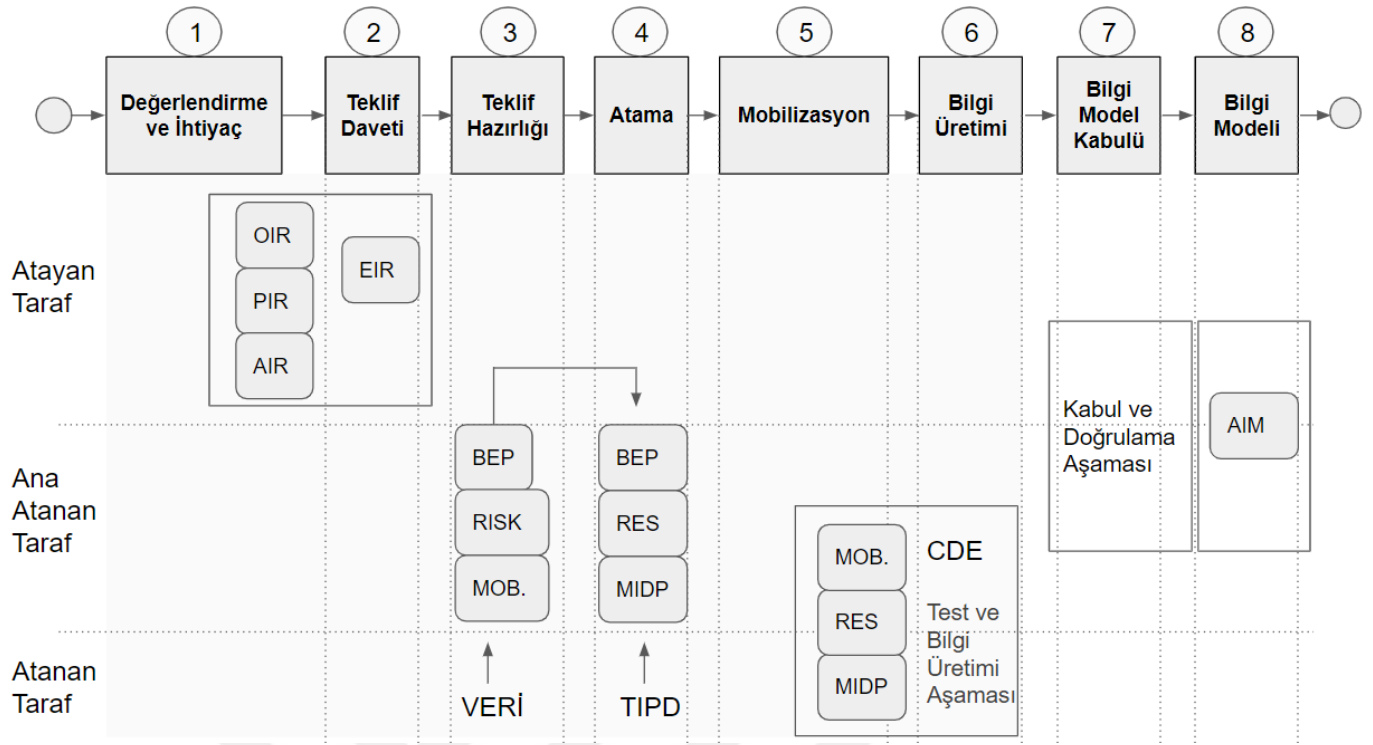
Projenin varlık yaşam döngüsü ile teslimat süreci ilişkisi Şekil 3.19'da gösterilmektedir (ISO19650-1, 2018). Turuncu bant, bir kalite yönetim sisteminin (ISO 9001) kullanıldığı en üst düzey kurumsal yönetimi, sarı bant projenin varlık yönetiminin stratejisini desteklemek amacıyla standart kullanımını (ISO 55000, ISO 21500) ve mavi bant, bilgi yönetimi destekleyen kuruluşu (ISO 19650) temsil etmektedir. Turuncu, sarı ve mavi bandın içerisinde ise, teslimat sürecinde varlıklarla ilgili bilgilerin PIM'den AIM'e aşamalı olarak (A-B-C) teslim edilmesi ifade edilmektedir.



**Şekil 3.19 :** Varlık Yaşam Döngüsü (ISO 19650 – 1, 2018).

AIM, varlıkların günlük ve stratejik ihtiyaçları doğrultusunda atanan taraf tarafından oluşturulmaktadır. Veri tipleri; geometrik ve geometrik olmayan ve varlık için gerekli belgeler (pdf, jpeg, excel vb.) olarak üç kategoride tanımlanmaktadır ve geometrik olmayan verinin içeriği, geometrik veriler kadar önemli kabul edilmektedir (ISO19650-1, 2018).

Varlıkların operasyonel aşamasını desteklemek için bilgi yönetim süreci Şekil 3.20'de gösterilerek rakamlarla ifade edilen sekiz bilgi yönetimi faaliyetinden oluşmaktadır (ISO 19650-3, 2020). Tüm adımlar bilgi modelinin ihale edilerek teslim edilmesine yönelik oluşturulmuştur. Varlıkların işletme aşamasında gerçekleştirilen faaliyetlerin tümü atayan tarafın kontrol ve yönetiminde, atanan tarafın işi gerçekleştirilmesi üzerine kurgulanmıştır.



MOB: Mobilizasyon Planı

RES: Sorumluluk Matrisi

BEP: BIM Uygulama Planı

RISK: Olası Risklerin Belirlenmesi

TIPD: Görev Bilgisi Teslim Planı

OIR: Kurumsal Bilgi Gereksinimleri

PIR: Proje Bilgi Gereksinimleri

AIR: Varlık Bilgi Gereksinimleri

EIR: Bilgi Alışveriş Gereksinimleri

MIDP: Ana Bilgi Teslim Planı

**Şekil 3.20 :** Varlıkların Operasyonel Aşamasını Desteklemek İçin Bilgi Yönetim Süreci (Ofluoğlu, 2021; Plannerly, 2021; ISO 19650-3,2020).

- Birinci adımda OIR, varlıklar, varlık bilgi gereksinimleri gibi bilgiler belirlenerek varlık bilgi modelinin ihtiyaç değerlendirilmesi yapılmaktadır.
- İkinci adımda atayan taraf, OIR, PIR ve AIR bir araya getirilerek bilgi alışveriş gereksinimlerini tanımlamaktadır.
- Üçüncü adımda, atama öncesi BIM Uygulama Planı, teslimat ekibinin mobilizasyon planı, teslimat ekibinin kabiliyet ve kapasitesi ve risk kayıtları oluşturulur.
- Dördüncü adımda, BIM uygulama planı onaylanır, sorumluluk matrisi, görev bilgisi dağıtım planı (TIDP), ana bilgi dağıtım planı (MIDP) oluşturularak, atanan tarafların atamaları tamamlanır.
- Beşinci adımda, yazılım tedarik edilerek, tayin eden tarafın CDE kullanımı, ekipler arası bilgi alışverişi ve atayan tarafla bilgi alışverişi test edilir.

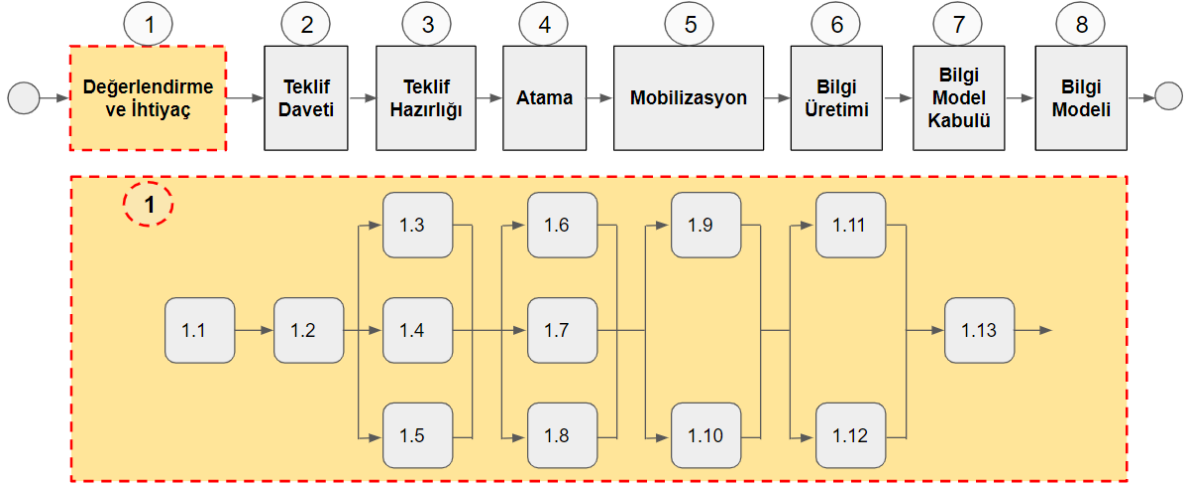
- Altıncı adımda, bilgi üretme, bilgileri gözden geçirerek paylaşımı onaylama ve görevlendirilen tarafa teslimat için bilgi modelini yetkilendirme işlemi yapılır.
- Yedinci adımda, tüm süreçler dikkate alınarak atayan taraf tarafından bilgi model kabulü gerçekleştirilir.
- Son olarak sekizinci adımda ise, varlık bilgi modeli oluşturulur.

### **3.4 Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması**

Planlama, tasarım ve inşaat aşamalarını kapsayan yapı işletmeye teslim edilmeden önceki süreçlerde BIM modelinde bina bileşenlerinden peyzaj düzenlemesine kadar çok fazla veri kullanımı ve ihtiyacı bulunmaktadır (Yang ve Ergan, 2017). İşletme tecrübelerini ve bilgi gereksinimlerini aktarabilmek amacıyla, TY projenin en başından itibaren projeye dahil edilmelidir (Liu ve Issa, 2016). Yapı işletmeye teslim edildikten sonraki süreçlerin verimini artırmak amacıyla, tasarım ve yapım aşamasında, varlık yönetimine yönelik yapılması ve uyulması gereken adımlar için ISO 19650-3 (2020) standart yaklaşımında bilgi yönetim süreci adımları incelenecektir.

ISO 19650- 3 standardı, işletme aşamasında BIM varlıklarına ait bilginin üretimi, bilginin etkin kullanılması ve bilginin yönetimini sağlayarak birimlerin görev dağılımlarına yardımcı olmayı hedeflemektedir. Atayan taraf işletme ile birlikte; varlıklarla ilişkili bilgileri, varlık kırılım yapısını, varlığın ticari faaliyet üzerine etkisini, temel işletme sürecinde varlığın kritikliğini ve varlık durumlarını dikkate alarak hangi varlıkları yöneteceğine karar verir. Şekil 3.21’de gösterilen, varlıkların operasyonel aşamasını desteklemek için bilgi yönetim sürecinin birinci adımında yer alan varlık bilgi modelinin ihtiyaç değerlendirilmesi doğrultusunda varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması sağlanmaktadır (ISO 19650-3, 2020).

**(1.1)** Bilgi yönetim görevini üstlenecek kişileri atama: İşletmede bulunan varlık ekipleri BIM süreçlerine hakim olmalı ve modelleme becerisine sahip olmalıdır (Korpela vd., 2015). Atayan taraf, atanmış kişilerin yetenek ve verimliliklerini ölçerek değerlendirir ve bilgi yönetim görevini üstlenecek kişileri atamaktadır.



**Şekil 3.21 :** Varlıkların Operasyonel Aşamasını Desteklemek İçin Bilgi Yönetim Süreci – Değerlendirme ve İhtiyaç (Ofloğlu, 2021; Plannerly, 2021; ISO 19650-3, 2020).

(1.2) Organizasyonel bilgi gereksinimlerini belirleme: İşletmenin stratejik ve operasyonel hedefleri kapsamında atanan tarafa yanıt vermek için gerekli bilgileri içermektedir. ISO 19650-3 (2020) standardına göre, bilginin kullanılma sıklığını ve paydaşları belirlemek amacıyla stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç kategoride incelenmelidir. Ancak işletme aşamasında bu üç kategori farklılık gösterebileceği için standartta gruplaması yapılmamıştır. OIR, atanan taraf tarafından belgelenmelidir. Aşağıdaki maddelerde örnek OIR yer almaktadır.

- Arayüz oluşturma,
- Varlık bilgilerinin yayınlanması,
- Varlık değişikliklerinin belirlenmesi,
- Varlıklara ait yedek parça, malzemelerin listelenmesi,
- Bilgi yönetimi,
- Varlık bakım, onarım performansları,
- Varlıklarla ilgili risklerin tanımlanması,
- Yüklenici- tedarikçi yönetimi,
- Müşteri beklenti politikasının oluşturulması,
- Varlık maliyeti,
- Varlık yönetiminin hizmet aşamaları.

(1.3) Bilgilerin yönetileceği varlıkları belirleme: OIR ve EIR doğrultusunda proje özelinde gerçekleştirilmelidir.

(1.4) Varlık bilgi gereksinimlerini belirleme: BIM objelerine ait veriler PIM’ de yer almaktadır.

ISO 19650-3 standardında (2020), AIM için gerekli olan parametreler yönetimsel, teknik, yasal, ticari ve finansal olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır. Bu parametreler aşağıdaki maddelerde yer almaktadır.

#### Yönetimsel Parametreler

- Benzersiz varlık tanımlayıcıları,
- Varlıkların konumu,
- Varlıklarla ilgili mekansal veriler,
- Garanti süreleri,
- Bakım ve muayene programı,
- Varlıklarla ilgili standart, prosedür ve süreçler,
- Planlama ve çalışma programlarına erişim.

#### Teknik Parametreler

- Tasarım Parametreleri,
- Mühendislik parametreleri,
- Devreye alma tarihleri,
- Performans özellikleri,

#### Yasal Parametreler

- Varlıklarla ilgili sözleşme parametreleri,
- Raporlama gereklilikleri,
- Görev risk değerlendirmeleri

#### Ticari Parametreler

- Varlık sistemlerinin tanımı,
- Varlıkların işlevi,

- Tedarikçiye ait bilgiler,
- Tedarikçinin varlık sağlama süresi,
- Yedek parça kimlikleri,
- Yedek parça depolama yerleri,
- Varlıkların durumu, görevi ve kullanım yoğunluğu.

#### Finansal Parametreler

- Orjinal satın alma/kiralama maliyeti,
- Planlı ve öngörülemeyen bakım görevlerinin maliyeti,
- Tedarik sürecinde aksamaların mali etkisi.

**(1.5)** Bilgilerin yönetilmesi için öngörülebilir tetikleyici olayları tanımlama: Tetikleyici olay türleri atanan tarafça belirlenmelidir ve öngörülebilir tetikleyici olaylar; işletmenin tecrübeleri baz alınarak analiz edilmektedir.

Aşağıda tetikleyici olay örnekleri yer almaktadır (ISO 19650-3).

- İşletmenin mevcut varlıklarla ilgili bilgileri yönetme kararı,
- Varlıkları performansına göre deneyimlemek, başka projelerde kullanılan varlıkların arıza eğilimleri
- Bir varlık üzerinde yapılan proaktif veya reaktif bakım çalışmaları,
- Mevcut bir varlık üzerinden yapılan küçük/büyük onarımlar,
- Yeni bir projeye başlamak,
- Yeni bir varlık ihtiyacı,
- Varlığın risk analizi,
- Varlığın tedarikçisindeki değişiklik,
- İşletme parametrelerinin değişmesi.

Yukarıdaki maddelerin her biri projenin başından itibaren tesis ve varlık yönetimi yapılmasını destekler niteliktedir. Örneğin, aynı marka modele sahip sahada aktif bir şekilde kullanılan ve belirli bir mahal ile konumda bulunan bir ekipmanın, bakım çalışmaları sonucunda arıza eğilimleri test edilebilir. Eğilimler kayıt altına alınır

ancak benzer durumlarla sık karşılaştırılması tetikleyici olayları bir sistematığe oturtma isteği uyandırmaktadır.

**(1.6)** Varlık bilgi standardını oluşturma: Atayan taraf; atanana taraf ve görevli tüm paydaşlar arasındaki bilgi alışverişini, bilginin sınıflandırılması için gerekli araçları, görevlendirme yöntemlerini, gelecekteki teslimat aşaması için bilgilerin kullanımını ve işletme aşamasında bilgilerin kullanımını dikkate alarak varlık bilgi standardı belirlenmektedir.

**(1.7)** Varlık bilgisi üretim yöntemlerini ve prosedürlerini oluşturma: Atayan taraf proje özeline gerekli görülen bilgi üretim, yöntem ve prosedürleri oluşturmaktadır. Atanan taraf ise, mevcut varlık bilgilerinin toplanmasına, yeni bilgilerin oluşturulmasına, bilgi güvenliğine ve mevcut durumda kullanılan programlarla uyumlu formatlarda çalışılarak bilginin atayana tarafa teslim edilmesini kontrol etmelidir.

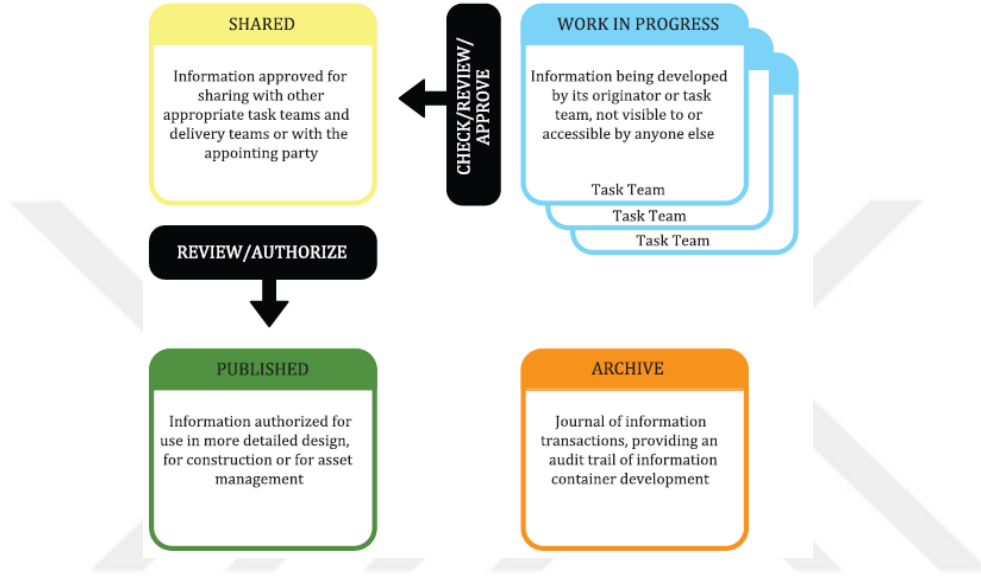
**(1.8)** Referans bilgileri ve paylaşılan kaynakları oluşturma: Atanan taraf, birlikte çalışabilirlik sorunlarını önlemek amacıyla kullanacağı referans bilgi ve kaynakları paylaşmaktadır.

**(1.9)** Ortak veri ortamının oluşturulması: PIM'den AIM'e bilgi aktarmak, işbirliğini desteklemek ve varlık yönetimi ile proje teslim süreçleri için Ortak Veri Ortamı (CDE) oluşturulmalıdır. Bilgi kapsayıcılarının (proje bilgilerinin) oluşturulması için gerekli zaman izelgesi EIR' de tanımlanmalıdır.

BIM tabanlı oluşturulan CDE aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (ISO 19650-3, 2020).

- Her bir bilgi kabının benzersiz bir kimliğinin olması,
- Durum, revizyon ve 19650-2 ye uygun sınıflandırma özelliklerine sahip bilgi kabı,
- Durumlar arası geçişin mümkün olması,
- Paylaşılan bilginin tarih ve saati, paylaşana kullanıcı adı gibi bilgilerin kaydedilmesi,
- Bilgilere kontrollü erişim sağlanması.

CDE bilgi kapsayıcılarının durumları Şekil 3.22’de gösterildiği gibi; devam eden çalışma (WIP), paylaşılan ve yayınlanan olmak üzere üç şekilde yapılmaktadır. Ayrıca, revizyonlar belirli aralıklarla arşivlenmeli ve durumlar arası geçişlerde atayan tarafından onayı alınarak, yetkilendirmeler yapılmalıdır. Bilgi kapsayıcıları, belirlenen sınıflandırma standardı doğrultusunda revizyon kodu ve durum kodu içermelidir. CDE ile oluşturulan sistemde, bilgi kapsayıcı özniteliklerini belirlenerek, veritabanı yönetim etkinliği artırılmış olur.



Şekil 3.22 : Ortak Veri Ortamı Konsepti (ISO 19650-1, 2018).

(1.10) Kurumsal sistemlerle bağlantı kurma: Varlık bilgileri saklamak amacıyla atayan taraf bu sistemdeki bilgi verimliliği ve güvenliği süreçlerini sağlamalıdır. Atanan taraf ise aşağıda yer alan sistemlerle bağlantı kurmalıdır.

- Doküman yönetimi,
- İş planlaması ve çizelge,
- Bilgisayar destekli tesis yönetimi,
- Malzeme yönetimi,
- Yedek parça envanteri,
- Satın alma,
- Tedarikçi ilişkileri yönetimi,
- Müşteri ilişkileri yönetimi,
- Denetim kontrolü ve veri toplama (Scada)

**(1.11)** Varlık bilgi modelinin oluşturulması: AIM' e yönelik BIM yazılımına işlenmesi gereken varlık verileri farklı süreçlerde, birçok disiplin ve firma tarafından aktarılır ve model bu veri akışı sebebiyle karmaşık bir yapıya dönüşmektedir. Varlık verileri, veriden sorumlu kişiler ve verinin sağlandığı proje aşamasının tanımlanması modelin hazırlanmasında önemli bir adımdır ve Çizelge 3.2'de varlıklar temelli değişiklikler yapılarak; parametreler, sorumlu taraf ve iş tanımları gösterilmektedir (Becerik-Gerber ve ark., 2012). almaktadır (BIM Forum, 2019).

Atayan taraf, mevcut bilgi sistemlerinin uygunluğunu, farklı bilgi sağlayıcılardan gelen içeriklerin sisteme entegre edilebilme yeteneğini, bilgilerin saklanmasıyla ilgili yasal gereklilikleri, bilgi modelini raporlayabilmek amacıyla teslim ekipleri tarafından güncellenen bilgilerden ayırabilme yeteneğini ve güvenlik odaklı yaklaşımı kontrol ederek dikkate almalıdır. Atanan taraf ise, farklı bilgi sağlayıcılardan gelen içerikleri alarak varlık bilgi modelini oluşturmaktadır.

**(1.12)** Varlık bilgi modelini (AIM) oluşturmak için süreçler oluşturma: Süreçlerden atanan taraf sorumludur ve süreçler aşağıdaki işlemleri içermelidir:

- Bilgilerin üretimi, bakım onarımı, depolanması, ilgili yerlere ulaşması ve arşivlenmesi amacıyla görev atama,
- İşverenin değişmesi durumunda varlık bilgi modelinin devredilmesi,
- Bilginin depolanması, aktarılması ve geri dönüşümü için gerekli ortamı ve formatı oluşturmak,
- Sistemlere ait sürüm kontrolünü yaparak bilgileri doğrulama ve modeli güncelleme,
- Bilgi verimini artırmak,
- Gereksiz bilgileri silmek ya da arşivlemek,

**(1.13)** Varlık Bilgileri Protokolünü Oluşturma: Atanan taraf, paydaşların haklarını belirlemek için varlık bilgi protokolünü oluşturacaktır. Atayan taraf ise, bilgilerin yönetimi ile ilgili haklar ve yükümlülükleri, varlık modeli ile ilgili garanti, sorumlulukları ve mülkiyet hakları, tüm referans kaynakların kullanımı, atama sırasında bilgilerin kullanılmasını ve tarafların fes etme durumunda bilgilerin geri dönüşümünü kontrol edecek ve dikkate alacaktır.

**Çizelge 3.2 : Proje Aşamalarına Göre Varlık Verileri ve Sorumlu Paydaşlar (Becerik Gerber ve ark., 2012).**

	<b>Varlık Verileri / Parametreleri</b>	<b>Sorumlu Taraf</b>	<b>İş tanımı</b>
<b>Tasarım Aşaması</b>	Varlık ID Varlık Adı Varlık Özellikleri ( <i>Birimler, Değerler, Açıklama</i> ) Varlık Nitelikleri ( <i>Yedek Parça, Performans, Ağırlık, Tüketim, Güç</i> )	Atanan Taraf Mimar / Mühendis	BIM Modele varlık verilerini işler.
	Varlık kaplama malzemesi Varlık tedarikçi bilgileri	Ana Atanan Taraf Atanan Taraf	Varlık verilerini tedarik ederek mal sahibi ve mimar/mühendis ile iş birliği yapar.
	Ekipman Özellikleri Üretici Verileri	Atayan Taraf/ İşletme	OIR doğrultusunda varlık gereksinimlerini tanımlar.
<b>Yapım Aşaması</b>		Atanan Taraf	Varlık verilerini güncelleyerek varlık tablolarını oluşturur.
	Model Seri Numarası Garanti başlangıç / bitiş tarihi Yedek Parça Özellikleri Varlıkların Alt Üst Limitleri	Ana Atanan Taraf Atanan Taraf	Üretici firmalara çalışma modeli sağlar ve elde edilen varlık verilerini BIM modele entegre etmekle sorumludur.
	Ekipman Toleransları Tercih edilen üretici verileri Bakım periyotları	Atayan Taraf / İşletme	Varlık kontrollerini yapar.
<b>Devreye Alma / Teslim Aşaması</b>	-	Atanan Taraf	Varlık kontrollerini yaparak modeli günceller.
	-	Ana Atanan Taraf Atanan Taraf	As built modeli oluşturarak varlık bilgileri ile birlikte TY modeli mal sahibine teslim eder.
	-	Atayan Taraf / İşletme	TY yazılımında varlık bilgilerini yükleyerek varlık veritabanını oluşturur.
<b>İşletme ve Bakım Aşaması</b>	-	Atanan Taraf	-
	-	Ana Atanan Taraf Atanan Taraf	-
	Teknik özellikler Aktivite durumu Bakım Durumu Bakım Geçmişi Üretici verileri Yedek parça verileri	Atayan Taraf / İşletme	TY yazılımında varlık bilgilerine güncelleyerek, varlıklara dair performans analizlerini gerçekleştirir.

#### **4. ANKET ÇALIŞMASI: TESİS YÖNETİMİ İÇİN RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE BIM KULLANIMI**

Raylı sistem yapılarında işlevselliğin gerektirdiği yolculu, personel ve teknik alanların karmaşık yapılandırılması ve uzun ömür kullanım beklentisi, metro istasyonlarının tesis yönetimi ile arasında ilişki kurulmasına sebep olmuştur ve metro istasyonları, tesis yönetiminin kullanılmasına yönelik araştırılarak makale ve tezlere birçok kez konu olmuştur. Ancak yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak metro istasyonlarının tesis yönetimi faaliyet alanlarını konu alarak, BIM - TY entegrasyonundan uzak bir yaklaşım sergilemektedir. Literatür araştırmasına göre metro istasyonları özelinde yapılan çalışmalar; güvenlik yönetimi amacıyla çok depolu araç yönlendirme optimizasyon uygulaması (Sadati ve ark, 2020), olası yangın risklerini değerlendirmek amacıyla yapılan yaya akış modelleme simülasyon çalışması (Huang ve ark. 2019), çok katlı otopark ve mülk geliştirme binası tesis yönetimi uygulaması (Mena Report ,2018), Huda şehir merkezi metro istasyonu tesis yönetim hizmetleri (Mena Report, 2018), risk ve acil durum tahliyeleri amacıyla metro güvenlik işaretleri analiz çalışmasıdır (Chen ve ark, 2020). BIM tabanlı olarak yapılan çalışmalar ise; enerji yönetimi amacıyla sensör kullanılarak alternatif yapı malzeme seçimi (Bapat ve ark., 2021), ve tesis bakım bilgilerini BIM modele entegre etmeyi hedefleyen (Xie ve Teci, 2015) TY çalışmasıdır. Ancak BIM TY entegrasyonu özelinde yapılan çalışmaların ikisinde de metro istasyonları konuları ilgili yeterli operasyon bilgisine rastlanmamıştır.

Dünyada kamu tarafından desteklenen birçok raylı sistemler projesinde operasyon süreçlerinin verimliliğini düşüren sorunların üstesinden gelmek amacıyla projenin başından itibaren BIM'i TYsüreçleri ile birleştiren uygulamalar benimsenerek bilgi yönetimleri gerçekleştirilmektedir. İngiltere hükümeti tarafından desteklenen Crossrail Metro Hattı sayısal süreçlerle demiryolu ağı oluşturmak amacıyla projenin en başından itibaren operasyon süreçleri ve varlıklar için gerekli geometrik olmayan bilgileri ortak veri ortamında oluşturarak, varlık yapısı ile uyumlu dijital şablonlar kullanmaktadır (Macharg ve Taylor, 2018). Benzer bir şekilde, Avustralya hükümeti tarafından desteklenen ve yapım süreci devam eden Melbourne Metro hattı projesi varlık verilerinin işlenmesini kolaylaştırmak, tesis verilerine güncelleme kolaylığı sağlamak, dijital ikiz ortamının yapılandırılarak TY bilgilerinin teslim edilmesini

sağlamak amacıyla projenin en başından itibaren TY aşamasını projeye dahil etmiştir (Karunaratne, 2021). Katar Emirlikleri tarafından desteklenen Doha Metro Hattı, üretici bilgileri, varlık performans değerleri gibi bakım ve onarım için gerekli olan bilgileri projenin en başından itibaren bilgi modeline entegre ederek uzaktan insan tabanlı bir sistem kurmuştur (Irfan, 2021).

Türkiye’de Ulaşım Bakanlığı ve Belediyeler tarafından desteklenen raylı sistemler metro projelerinde bilgiler çeşitli formatlarda ağırlıklı olarak analog sistemler aracılığıyla toplanarak TY yazılım sistemlerine işlenmektedir. Farklı veri türleri entegrasyonu yavaşlatarak, operasyon süreçlerini zorlaştırmaktadır. Ayrıca, projenin başından itibaren BIM kullanılmasına rağmen, tasarım aşamasına operasyon bilgilerin entegre edilmemesi, teslimlerin istenilen bilgilerden uzak, düşük kaliteli, takip edilmesi zor veri tiplerini içermesine sebep olmaktadır (Fallon, 2007). İşletme tarafından analog bilgiler ayıklanırken verilerin birçoğu kaybolmakta ve bilgilerin toplanma aşaması işletme verimini düşürerek zaman ve finansal kayıplara yol açmaktadır (Eastman ve ark. 2011).

Raylı sistemler özelinde yapılan yayınların çoğunun BIM yaklaşımından uzak olduğu ve BIM tabanlı olarak yapılan yayınların ise yeterli işletme bilgisine sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca dünyada kamu tarafından desteklenen raylı sistem projeleri BIM ve TY entegrasyonunu projenin başından itibaren benimsenmesine rağmen Türkiye’de TY entegrasyonu hala analog sistemler aracılığıyla çözülmektedir. Bu sebeplerle, Türkiye’de Tesis Yönetimi amacıyla, raylı ulaşım sistemi projelerinde BIM kullanımını için bir model geliştirmek amacıyla bir anket çalışması hazırlandı.

Dünyada raylı sistemler metro projeleri bünyesinde çalışan yükleniciler ile iletişime geçilerek tez çalışmasına yönelik İnternet ortamında, Google Form ile hazırlanan anketi cevaplamaları istenmiştir. Google Form aracı, soru cevap iletişimini mümkün kılması ve uzmanlar tarafından oluşturulan cevapların sisteme otomatik kayıt olması sebebiyle tercih edilmiştir. Ayrıca uzmanlar, LinkedIn veya mail ortamında gönderilen bağlantı linki ile anket çalışmasına saniyeler içinde ulaşılabilir. Geleneksel metot yerine Web üzerinden bir anket hazırlanması kişilere zaman, maliyet ve emek açısından fayda sağlamasına rağmen uzmanların geri dönüşlerin yetersiz olduğu gözlenmiştir (Diman, 200; Karakoyun F, Kavak M., 2008). Literatür araştırması sonucunda, Web anketin geleneksel metoda kıyasla katılımcıların geri dönüş oranlarının %17 olduğu tespit edilmiştir (Frippiat ve Markuis, 2009). Geri

dönüşlerin düşük olması sebebiyle anket soruları, devlet kurumları tarafından üstlenilen benzer kurumlara da iletilmiştir. Hem raylı sistemler hem de devlet kurumları bünyesinde çalışan uzmanlara belirli aralıklarla mail ve linkedin üzerinden iletişime geçilerek üç defa hatırlatma yapılarak geri dönüş sayısı artırılmıştır.

Dünyada raylı sistem ulaşım yapılarında BIM ve TY entegrasyonunu gerçekleştiren projeler araştırılmıştır ve Katar'da Doha Metro Hattı, İngiltere'de Crossrail Metro Hattı, Birleşik Arap Emirlikleri'nde Dubai Metro Hattı, Avustralya'da Melbourne Metro Hattı, Hong Kong'da Shenzhen Metro Hattı, Singapur'da Singapur Hızlı Transit Hattı, İsviçre'de Oslo Metro Hattı ve Hollanda'da M55 Metro Hattı ile bu entegrasyonun sağlandığı ortaya çıkmıştır. Bu sebeple, tespit edilen sekiz projenin raylı sistemlerinde görev alan kurumlarına ve tesis ve varlık yöneticisi gibi ilgili kişilerine LinkedIn üzerinden bağlantı kurularak anket çalışması yollandı. BIM ile tesis yönetimini birleştiren sekiz raylı sistem projesinden 30 kişiyle iletişime geçildi. Bu kişilerden; 12 kişi tesis yöneticisi, 15 kişi varlık yöneticisi, 1 kişi entegrasyon yöneticisi ve kalan 2 kişi ise BIM ile TY departmanında çalışan uzmanlardan oluşmaktadır. Katılımcılardan sadece Crossrail, Doha ve Melbourne Metro Hattı olmak üzere üç projenin tesis yöneticilerinden, bir başka deyişle %10'u geri dönüş sağlamıştır. Geri dönüşlerin yetersiz olması sebebiyle kalan 27 kişiye İnternet ortamından belirli aralıklarla (üçer kez) hatırlatma yapılmıştır. Bu süreçte, Dubai Metro Hattı bünyesinde çalışan bir uzmandan olumlu yanıt alınarak geri dönüş oranı %14' e yükselmiştir. Aynı zamanda bu süreçte, bir uzmandan olumsuz geri dönüş sağlanmıştır. Kalan 25 uzmandan ise olumlu ya da olumsuz yönde yanıt alınamamıştır. Nihai durumda katılımcı sayısı az olmasına rağmen, nitel yönünden faydalı veriler elde edilmiştir.

Raylı sistemler ile ilgili erişilen sayının sınırlı olması sebebiyle, anket çalışması devlet kurumları tarafından üstlenilen kamu ortaklığıyla gerçekleştirilen projelerde yer alan bazı firmaları da dahil ederek genişletilmiştir. Dahil edilen projeler özelinde toplamda 63 sayıda firmaya başvuruldu. Başvurulan firmalar ağırlıklı olarak havalimanı, üniversite, hastane, otel, belediye binası kompleksi ve müze gibi büyük ve kompleks yapıları projelendirmiştir. Anket çalışmasının gönderildiği kişilerin 12'si danışman, 34'ü uluslararası firmalarda tesis yöneticisi, ikisi profesör, beşi teknoloji firmasında yöneticisi, 10 kişi ise IFMA gibi önemli kuruluşlarda aktif rol almaktadır. Kişilerden dokuzu (%15'i) olumlu, 13'ü (%20'si) olumsuz yönde geri

dönüş yapmış, 41 firmadan ise olumlu ya da olumsuz yanıt alınamamıştır. Katılımcılardan beşi tesis yönetimi yapan öncü firmalarda çalışmakta ve eş zamanlı olarak danışmanlık yapmaktadır. Katılımcılardan ikisi IFMA gibi önemli kuruluş ile üniversitelerde eğitimlik yapmaktadır. Son katılımcı ise BIM ve TY entegrasyonunu sağlayan bilgi teknolojisi şirketinde yönetici olarak çalışmaktadır.

Anket toplamda dokuz sorudan oluşmaktadır ve katılımcıların doldurması beklenen her bir sorunun cevabı metin içeriklidir. Sorular ağırlıklı olarak katılımcıların kendi projelerinde BIM ve TY entegrasyonunu nasıl gerçekleştirdiğinin cevabını arayarak cevapların anket çalışmasına rehberlik etmesi öngörülmüştür. Bir başka deyişle, soruların her biri BIM TY entegrasyonunun niteliklerini ortaya çıkararak, bu entegrasyonda katılımcıların ağırlıklı olarak tercih ettiği araç, varlık, aşama, standart, yazılım, sınıflandırma sistemi gibi yöntemleri niceliksel olarak incelemektedir. Olumsuz yanıtlarda katılımcılar, anket sorularını yanıtlamak için yetersiz olduklarını ifade ederek geri dönüş sağlamıştır. Anket bulguları aşağıdaki kısımlarda beş başlıkta değerlendirilmiştir.

- İlk olarak, katılımcılara tesis yönetiminde BIM'in rolü ve önemi sorulmuştur. Ayrıca katılımcıların, projenin hangi aşamasında TY ile ilgili gereksinim ve hedefleri ifade ettiklerini cevaplamaları istenmiştir. Bu sorularla uzmanların TY'ye yönelik BIM yaklaşımları belirlenerek BIM' in tesis yönetimi ile entegrasyonunda işletmenin hangi aşamalarda projeye dahil olması gerektiği değerlendirilmiştir. (bkz. 4.1 başlığı).
- İkinci olarak, TY projesinin envanterini geliştirmek için hangi tür proje varlıkları seçtikleri sorulmuştur. Bu sorunun cevabı tesis yönetiminin önemli bir parçasını oluşturan varlıkların nasıl bir amaçla seçildiğine ve varlıkları yönetmek için oluşturulan yaklaşımlara açıklık getirmesi hedeflenmiştir. (bkz. 4.2 başlığı).
- Üçüncü olarak, projede TY verileri için herhangi bir bina sınıflandırma standardı/standartları veya tescilli bir standart kullanıp kullanılmadığı sorulmuştur. Ayrıca, proje varlıklarını ve alanlarını tanımlamak için herhangi bir adlandırma standardı/standartları kullanıp kullanmadıklarını cevaplamaları istenmiştir. Bu soruların cevabı ile uzmanların bilgi

yönetiminde izledikleri sistematik yaklaşımın belirlenmesi hedeflenmiştir. (bkz. 4.3 başlığı).

- Dördüncü olarak, katılımcılara TY amaçları için varlık ve alan bilgilerine hangi veri alanları eklendiği sorulmuştur. Bu sorunun cevabı ile, operasyon sürecine yönelik bakım ve kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla kullanılan parametrelerin belirlenmesi düşünülmüştür. (bkz. 4.4 başlığı).
- Beşinci olarak, katılımcılara proje boyunca TY bilgilerini nasıl topladıklarını ve TY verilerini toplamak için nasıl bir yol izledikleri, BIM model veri alışverişini nasıl sağladıkları, verileri aktarmak için kullandıkları TY yazılımları, son olarak ise herhangi bir açık standart kullanıp kullanmadıkları sorulmuştur. Bu sorular yaşam döngüsünde veri alışverişini mümkün kılan uygulamaları araştırarak uzmanların bilgi yönetiminde izledikleri yolu ortaya çıkarmaktadır. (bkz. 4.5 başlığı).
- Son olarak, uzmanların projede kullanılan BIM-TY yaklaşımının başarısını nasıl değerlendirdikleri ve yaklaşımın farklı şekilde nasıl yapılabileceği sorularak bölüm değerlendirmesi yapılmıştır. Aşağıdaki başlıklarda hem katılımcıların cevaplarının analiz edilmiş hali, hem de katılımcıların doğrudan alıntıları yer almaktadır. (bkz. 4.6 başlığı).

#### **4.1 Tesis Yönetiminde BIM'in Rolü ve Önemi**

Bu kategoride katılımcılar tesis yönetiminde BIM'in rolü ve önemini anlatarak kendi projeleri üzerinden deneyimlerini aktarmıştır. Anket soruları projelerde neden BIM özellikli bir TY yaklaşımı kullanıldığının cevabını aramaktadır. Tesis yönetiminde veri dolaşımını düzenlemek, veriyi doğrulamak, veri ulaşımını ve bilgi alışverişlerini kolaylaştırmak için BIM' in projeye dahil edildiği çıkarımının yapılmasını hedeflemektedir. Temel düşüncede, BIM' i projeye dahil etme amacı, yeni bir enformasyon yapısı oluşturmak değil, mevcut proje bilgilerini korumak ve yönetmek olmalıdır.

Katılımcıların bir çoğu tesis yönetiminde BIM'in kaliteli varlık verileri sunduğunu ve hata payını ortadan kaldırdığını savunmuştur. Bir katılımcı tesis yönetiminde BIM kullanımının *“Operasyonlardaki varlıkları optimize etmek, veri ulaşımını kolaylaştırmak ve varlık değiştirme projelerini yürütmek için gereken bilgilerin*

yerinde olduğundan emin olmak - bu, bilgi için hangi TY kriterlerinin gerekli olduğunu tanımlamayı gerektirir.” ifadesiyle varlıklar üzerinden BIM’in veri ulaşımını kolaylaştırarak bilgiye olan güveni artırdığını savunmuştur.

Başka bir katılımcı “.. Varlıklarla ilgili verilerin BIM kullanılarak bakım sistemine geçişinin sorunsuz olduğunu gördüm.” ifadesiyle BIM’in veriyi doğrulamak için güvenilir bir araç olduğunu savunmuştur.

Bir başka bir katılımcı da “BIM, sağlam bir veri modeli, tesis verilerinin doğruluğunu sağlamak ve hem yaşam döngüsü değişimi hem de operasyonel bakım için bir varlık yönetimi stratejisini kolaylaştırmak için kritik öneme sahiptir.” ifadesiyle BIM sayesinde verilerin doğruluğunun sağlandığını savunmuştur.

Bir katılımcı BIM’in dijitalleşme sürecinde ortaya çıkmasını tanımlayarak, BIM’in bir etiket, bir marka değil arkasında protokol, ifc gibi önemli kavramlar tarafından desteklendiğini belirterek BIM’de açık veri standart kullanımını ifade etmiştir. Ayrıca aşağıdaki cümlede belirtildiği üzere, BIM için “bilgi nesnelere” tanımını kullanmıştır. Bilgi nesnelere sayesinde tüm veriler daha sonra kullanılmak üzere saklanmaktadır. Böylece herkesin kolayca erişebileceği bir platform oluşturulur.

“ ... Bu IFC’lerde, yalnızca statik değil, dinamik süreçlerin bir parçası olarak tanımlanmış "bilgi nesnelere" vardır.”

Bir katılımcı, “BIM, sağlam bir veri modeli, tesis verilerinin doğruluğunu sağlamak ve hem yaşam döngüsü değişimi hem de operasyonel bakım için bir varlık yönetimi stratejisini kolaylaştırmak için kritik öneme sahiptir.” ifadesiyle BIM’in bilgi toplayıp, üretilebildiğini ve tesis yönetiminde bakım ile onarımı kolaylaştırdığını savunmuştur.

Ek olarak bir katılımcı, TY’deki BIM’in birden çok amaçla kullanılabileceğini belirtmiştir. Aşağıdaki ifadeleriyle; BIM’in, veri dolaşımını düzenleyerek süreci kolaylaştırdığını, benzersiz kimlik numarası ve bilgiye kontrollü erişim sayesinde ortak veri ortamının kurulmasına yardımcı olduğunu, revizyon gibi durumlar arası geçişi kolaylaştırdığını, farklı bilgi sağlayıcılardan gelen içerikler kullanılması ile güncel proje bilgi modelinin oluşturularak zamandan tasarruf edildiğini savunmuştur.

“ .... TY’deki BIM birden çok şey için kullanılabilir:

- Varlık verilerinin harmanlanmasını kolaylaştırmak,

- *Varlıkların, mekansal konumların ortak bir veri ortamının sağlanmasına yardımcı olmak,*
- *As-built çizimlere ve belgelere güncelleme kolaylığı sağlamak,*
- *Dijital ikiz ortamın yapılandırılmasını ve teslim edilmesini sağlamak,*
- *Çok sayıda çizim ve belge arasında geçiş yapmak zorunda kalmadan tesisin güncel bir modelini sağlayarak varlık mühendisinin işini kolaylaştırmak. ”*

Son olarak her katılımcı projenin en başından itibaren TY ile ilgili gereksinim ve hedeflerin belirlenmesi gerektiğini savunmuştur. Bir katılımcı ISO 19650 standart yaklaşımında olduğu gibi ihale aşamasında işverenin gereksinim ve şartnamesinin geliştirilmesi sırasında oluşturulması gerektiğini ifade ederek spesifik cümlelerle gereksinim aşamasını tanımlamıştır.

#### **4.2 Tesis Yönetimi Projesinin Envanteri İçin Seçilen Proje Varlıkları**

Projeye yönelik envanter oluşturmak bir tesisi yönetmenin önemli bir yönüdür. Bu sebeple katılımcılara TY projesinin envanterini geliştirmek için seçilen proje varlıkları sorulduğunda; ağırlıklı olarak projenin karmaşıklığına ve yönetim altındaki varlıkların kritik durumuna göre seçimin değişebileceğini ancak hareket etme, tamir ve onarım gerektirecek varlıklara öncelik verdiklerini söylemişlerdir. Anket soruları, katılımcıların projelerinde hangi proje varlıklarını seçtiklerinin cevabını arayarak projelerde seçilen varlıkların uyumluluk ve farklılıklarını ortaya çıkarmayı hedeflemektedir.

Katılımcılar, bakımı yapılabilir varlıkların seçilmesi üzerinde durmuş ve bu doğrultuda genel cevaplar verilmiştir. Bir katılımcı her varlığın TY için bir değeri olduğunu bazı varlıkların proaktif, bazılarının da reaktif bakım gerektirdiğini savunmuştur. Ayrıca, proaktif (önleyici) bakıma yönelik bakım kriterlerinin ve görevlerin oluşturularak personel atamalarının sağlanması gerektiğini vurgulamıştır. Bir katılımcı da “...- Bakımı yapılacak ekipman öğeleri- Korunması gereken mimari unsurlar“ ifadesiyle varlıkların bakım ve onarımı yapılabilir ve uzun ömürlü kullanımda korunması ve takip edilmesi gereken varlıklar olarak seçimi projelerinde sınıflandırdıklarını belirtmiştir. Bu doğrultuda önleyici ve reaktif bakım kriterleri de varlıklar özelinde değişmektedir.

Bir katılımcı varlık envanteri seçiminde varlıkların bilgi ihtiyaç düzeylerinin belirlenmesi gerektiğini vurgulayarak “*Varlık envanteri; ekipman, mekanlar, sistemler, bölgeler, ürünler ve mekan tiplerini içermelidir.*” ifadesini kullanmıştır. Ayrıca “*Yalnızca tanımlanabilir (adlandırılmış) varlıkların saklanması gerekir.*” ifadesiyle mevcut durumda kullanılan program formatına uyumlu varlık verileri tanımlanarak varlıklara erişilmesi üzerine durmuştur.

Metro istasyonu tesis yönetimi departmanında çalışan bir katılımcı ise, varlık seçiminin geniş kapsamlı olduğunu bu sebeple disiplinlere ayırarak değerlendirilmesi gerektiğini aşağıdaki ifadelerle savunmuştur.

*“Bu geniş kapsamlıdır. Üzerinde çalıştığım proje türünde (birden fazla yeni yeraltı istasyonuna sahip büyük bir yeraltı demiryolu döngüsü) aşağıdaki varlık türleri ele geçirilmiştir - ayrıca çok daha fazlası vardır, bunlar ana olanlar:*

- *Yapısal - Duvarlar, Kolonlar, Beton Döşemeler,*
- *Mimari/FFE - Sandalyeler, Banklar, Masalar, Döşeme, Boya kaplamaları, sanat eserleri,*
- *Elektrik AG - Ana Şalter panoları, Dağıtım Panoları, devre kesiciler, Oto Transfer Şalterleri, Jeneratörler, Aydınlatma, Acil Aydınlatma*
- *Elektrikli YG - Transformatörler, Ana Panolar, Kesiciler, Güç SCADA/PLC, Otomatik Transfer Anahtarları*
- *Mekanik - Soğutucular, Kazanlar, Fanlar, Mekanik hizmetler pompaları, Mekanik Hizmetler Anahtar Panoları, damperler, Fan Coil Üniteleri, Değişken Hava Hacmi kutuları, Kondenser Üniteleri vb.*
- *Hidrolik - Pompalar, Drenaj sistemleri, kanalizasyon sistemleri, Kazanlar*
- *Yangın - Ana Yangın paneli, duman/termal dedektörler, VESDA, söndürme sistemleri,*
- *Kontrol Sistemleri - Bina Yönetim sistemleri - PLC, kontrolörler, sunucular, saha sensörleri, anahtarlar, aktüatörler, kameralar vb.*
- *BT - Raflar, sunucular, ağ anahtarları, yazılım”*

Başka bir katılımcı TY’ye yönelik seçilen varlıklarda işveren ve işletmenin rolünün büyük olduğunu ifade etmiştir. İşletme operasyon süresi boyunca; varlıklarla ilişkili

bilgileri, varlık kırılım yapısını, varlığın ticari faaliyet üzerine etkisini, temel işletme sürecinde varlığın kritikliğini ve varlık durumlarını dikkate alarak değerlendirmektedir. Bu yaklaşım sonucunda hangi varlıkları yöneteceğine işveren kontrolünde işletme deneyimleri doğrultusunda karar verilmesi gerektiği savunulmaktadır.

### **4.3 Yapı Sınıflandırma ve Adlandırma Standartları**

Bina yaşam döngüsü boyunca verilerin depolanması, iletilmesi ve geri alınması gibi süreç aşamalarında oldukça fazla bilgi üretilir. Bilgi artışını kontrol etmek ve bilgileri standartlaştırmak amacıyla, inşaat sektöründe tüm bilgilerin kapsamını inceleyecek kurumsal standartlar geliştirilmiştir. Yapı sınıflandırma standartları (Omniclass, MasterFormat vb.) ve adlandırma standartları (NCS, ISO19650, BS1192 vb. gibi) varlık ve mekanla ilgili verileri tanımlamak ve standart hale getirmek için kullanılmaktadır. Çünkü projeler bir standardı ve aynı sınıf tanımları uyguladığı takdirde daha kolay mukayese edilerek saklanacaktır (ISO, 2011). Bu sebeple, katılımcılara projelerinde TY verileri için herhangi bir bina sınıflandırma standardı/standartları veya tescilli bir sistem kullanıp kullanmadıkları sorulmuştur. Aynı zamanda, proje varlıkları ile alanlarını tanımlamak için herhangi bir adlandırma standardı/standartları kullanıp kullanmadıkları sorulmuştur. Uzman cevapları doğrultusunda, bilgi değişimde kullanılan sistematik yaklaşımın belirlenmesi hususunda değerlendirme yapılacaktır.

Her bir katılımcı sınıflandırma standartlarının önemini vurgulamış ve çok çeşitli cevaplar vermişlerdir. Uzmanlar bilgileri sınıflandırmak için ağırlıklı olarak Masterformat, Unifomat, Omniclass ve Uniclass uluslararası standartları kullanmaktadır. Ancak metro istasyonları uygulamalarında varlıkları yönetmek için omniclass sınıflandırma standartlarını tercih ettikleri gözlenmiştir. Adlandırma standartları açısından çoğu katılımcı NCS, ISO 19650-2 ve NBS standartlarını tavsiye edilmektedir. Ancak bazı katılımcılar geri planda kalarak adlandırma standardına cevap vermemiştir.

Çoğu katılımcı inşaat sektöründe yer alan standartları tercih ederken yalnızca bir katılımcı projedeki varlıkları farklılaştırmak için benzersiz varlık kodlaması geliştirdiklerini ifade etmiştir.

#### 4.4 Varlık Parametreleri

Parametreler veya veri alanları, binalardaki bakım görevlerini kolaylaştırmak için varlıkların önemli özelliklerini tanımlamaktadır. Varlık parametreleri işletmeden işletmeye değişiklik göstermesine rağmen operasyon süreçlerinde varlıklara yönelik hangi parametrelerin kullanılması gerektiği tartışma konusudur. Yapılan araştırmalarda birçok işletmenin sahip oldukları varlığın performansını arttırarak yönetmek konusunda gerekli parametrelere sahip olmadıkları ifade edilmektedir (Futures, 2019). Bu konuya açıklık getirmek ve yapılan tartışmalara yön vermesi amacıyla, uzmanlara TY amaçları için varlık ve alan bilgilerine hangi veri alanları dahil edildiği sorulmuştur.

Bazı uzmanlar bu soruya parametrelerin kimler tarafından oluşturulması gerektiğinin yanıtını vermiştir. İki katılımcı, ihaleye girmeden önce varlıkların belirlenerek gerekli parametrelerin işveren ve işletme tarafından tanımlanması gerektiğini belirtmiştir. Bir katılımcı ise, TY ihtiyaçlarını karşılamak için operasyon ekipleriyle konuşularak parametrelerin tanımlanmasını ve bu süreçte yalnızca operasyon için gerekli bilgilerin aktarılması gerektiğini ifade etmiştir.

İki katılımcı varlık niteliklerinin varlıkları tanımlamada önemli olduğunu belirterek varlık türüne bağlı olarak nitelik parametrelerinin değişeceğini ifade etmiştir:

*“Varlık türüne göre değişebilen parametre örnekleri: Malzeme, çalışma gerilimi, çalışma frekansı gibi parametreler”*

*“...akış hızı pompalar özelinde önemli bir parametre olmasına rağmen masalar için bir şey ifade etmemektedir.”*

Bir katılımcı konum/lokasyon parametresinin TY aşamasına için önemli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, varlık konumlarını kullanmak için GIS koordinatlarını kullandıklarını, yeraltı varlıkları gibi GIS verilerinin mevcut olmadığı durumlarda ise BIM modelinin x,y,z koordinatlarından faydalandıklarını belirtmiştir. Ayrıca seri numarası ve devreye alma tarihinin elektromekanik disiplinlerin varlıkları açısından önemli parametreler olduğunu vurgulamıştır.

Başka bir uzman operasyon süreçleri için elektrik ve mekanik disiplinlere ait varlıkların maliyetli olması sebebiyle işletmeler için kritik öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, aşağıda listelenen parametrelerden barkod/QR kodun üretici

firmadan alındığı için varlıklara sonradan eklendiğini ve sahayla iletişimi sağlaması sebebiyle varlıkları tanımlamada önemini ifade etmiştir. Ayrıca, varlıkları tanımlamak için 50 kadar parametreden faydalandıklarını belirterek aşağıda parametre örneklerini (22 adet) paylaşmıştır.

*“Omniclass Ürün kodu, Omniclass Sistem Kodu, Barkod/QR Kodu, Alt varlıklar/Yedek Parça, Boyutlar, Malzeme Türü, Renk, Garanti Ayrıntıları, Beklenen Ömür Süresi, Mevcut Varlık Durumu, Güç Derecesi, Kalan Ömür, O/M Manuel Referansı, Varsa Tesis Kayıt Numarası, Satın Alma Maliyeti, Üretici Firma, Tedarikçi İletişim Bilgileri, Model Numarası, Seri Numarası, Kurulum Tarihi, Son Devreye Alma Tarihi, Firma Yazılım Sürümü.”*

Diğer katılımcılar benzersiz kimlik, varlık özellikleri, ekipman standartları, konum, seri numarası, üretici firma, kurulum tarihi, model numarası, bakım periyotları parametrelerin yönetilmesi gereken her varlıkta yer alması gerektiğinin önemini vurgulamıştır.

#### **4.5 Veri Değişimi**

Yaşam döngüsü bilgi üretiminin tek bir veritabanı üzerinden sağlanamaması sebebiyle, sektörde veri alışverişini mümkün kılan ve işbirlikçi yaklaşımı destekleyen veri değişim uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar IFC ve COBie gibi açık standartlar ile sağlanabildiği gibi BIM yazılımları ile entegre olabilen yazılım tabanlı veri değişim araçları ile sağlanabilmektedir. Yapılan araştırmalar birçok projede BIM ile TY entegrasyonu veri paylaşımlarının işbirlikçi çalışma ortamından uzak ve bilgi alışverişlerinin yetersiz olduğunu savunmaktadır (Azhar, 2011; Becerik Gerber, 2012; BIFM, 2013). Bu sebeple uzmanlara ilk olarak proje boyunca TY bilgilerini nasıl topladıklarını ve varlık verilerini aktarmak için herhangi bir açık standart kullanıp kullanmadıkları sorulmuştur. İkinci olarak ise BIM model verilerini aktarmak için hangi TY yazılımını tercih ettikleri sorulmuştur. Kullanıcıların hemen hepsi tasarım süreci bilgi modelinin Revit ile oluşturulduğunu belirtmiştir. Varlık yönetimine yönelik ise çeşitli cevaplar vermişlerdir. Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops yazılımlarının varlık verilerini aktarmada başarılı yazılım araçları olduğu ve ağırlıklı olarak bilgi gereksinimlerini karşılamak için ISO 19650 Standardını kullandıklarını ifade etmişlerdir. Ayrıca, yalnızca 3 katılımcı projelerinde açık standart tercih edildiğini belirtmiş ve cevapları “COBie” olmuştur.

Varlık yönetimi yazılım araçlarıyla ilgili olarak kullanıcılardan 2'si Archibus, 3'ü Ecodomus, 2'si BIM 360 Ops, 1 IBM Maximo, 1 NL/SfB, 1'i AssetWise/eB, 1 SAP, ve 2 katılımcı ise projenin en başında olduklarını ifade ederek karar verilmediğini belirtmiştir.

5 katılımcı varlık bilgilerini toplama aşamasında ISO 19650 standartlarında belirtilen bilgi gereksinimleri temel alınarak yönetim sürecini üstlendiklerini belirtmiştir ve standart ile ilgili aşağıdaki ifadeleri kullanmışlardır:

*"...Müşterilerin Proje Bilgi Gereksinimleri PIR, Varlık Bilgi Gereksinimlerini içermelidir AIR."*

*"Veriler, proje teslim ekibi tarafından BIM yürütme planına uygun olarak toplanmalıdır - Bu, müşteri tarafından OIR, AIR ve EIR'de (ISO 19650'da tanımlandığı gibi) belirtilen bilgi gereksinimlerini yansıtmalıdır."*

*"..Fiziksel yapı elemanları ile aynı ritimde dijital bilgi alımını organize edebilmek için ISO 19650 standardı"*

*"..Ecodomus - ISO 19650 Standardını destekler."*

*"ISO 19650 Standardı, planlar, gereksinimler, prosedürler ve rehberlik."*

Ayrıca bir katılımcı ISO 19650 standardı Ana Bilgi Dağıtım Planında (MIDP) benzer bir şekilde, ihaleye girmeden önce BIM'de hangi verilerin toplanıp yönetileceğine karar vermek amacıyla Dijital Mühendislik Yönetim Planı (DEMP) oluşturulduğunu ifade etmiştir. TY hizmet sağlayıcısının inşaat ekibine DEMP'de yakalanması planlanan varlık veri gereksinimlerini dahil etmesi hususunda bildirimde bulunmasının kritik öneme sahip olduğunun altını çizerek; tedarik, kurulum, devreye alma gibi verilerin projenin farklı aşamalarında toplandığını belirtmiştir. Ayrıca, TY sağlayıcısının TY aşamasında BIM dahil olmak üzere dijital verileri nasıl yöneteceğini ayrıntılarıyla anlatan ayrı bir DEMP oluşturularak yönetilmesi gerektiğini savunmaktadır.

#### **4.6 Bölüm Değerlendirmesi**

Anket soruları, katılımcıların dahil olduğu ve tez çalışmasına katkıda bulunması için seçtikleri BIM ile entegre TY projesi için hazırlanmıştır. Anket sorularına

katılımcılar kendi projelerinde edindikleri tecrübeler doğrultusunda yanıtlar vermiştir.

Anketin dikkate değer bulgularından biri, kişiler; anket çalışmasının BIM'in inşaat ve işletme aşamaları arasındaki devir sürecini iyileştirerek, TY ile ilgili görevler için eksiksiz proje bilgileri sunduğunu savunmaktadır. Ayrıca, TY'ye yönelik oluşturulan bilgi modelinde sistematik bir yaklaşım izlenerek, verileri tanımlamak ve standart haline getirmenin gerekliliği vurgulanarak 5 katılımcı tarafından ISO 19650 standart temelli bir yaklaşım izledikleri ortaya çıkmıştır. Anket sonucunda, araştırma yöntemine ikinci adımın (5. bölüm) eklenmesine karar verilmiştir. Anketten elde edilen bilgilerle varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanmasını sağlamak ve Türkiye'de Raylı Sistemler Devlet Kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için bir uygulama metodolojisi önermek amacıyla ISO 19650-3 standart yaklaşımı benimsenerek bir vaka çalışması geliştirilmesi hedeflenmektedir.

ISO 19650-3 standardı varlık bilgi yönetim süreci adımları takip edilerek, beş kategoride incelenen katılımcı cevaplarının uygulamaya yönelik seçimleri ve yaklaşımları oluşturması planlanmaktadır. Projede tercih edilen uygulamaların çeşitli olması durumunda seçimler üzerinden mukayese yapılarak raylı sistemler özelinde oluşturulan vaka çalışması için doğru yaklaşımın belirlenmesi sağlanmıştır.

Anketin 4.2 başlığında varlık seçiminin disiplinlere ayırarak değerlendirilmesi yaklaşımı izlenerek metro istasyonuna ait en kritik ve maliyetli varlıklar listelenecektir. Varlık bilgi ihtiyaç düzeylerinin belirlenmesi hususunda varlıklar; kontrol sistemleri, mekanik, elektrik ve mimari olmak üzere dört disipline ayrılarak vaka çalışmasında kullanılmak üzere seçilmesi ve mahal bazlı olarak değerlendirilmesi planlanmaktadır.

4.3 başlığı vaka çalışmasında bilgi değişiminde format ve altyapının belirlenmesinde sistematik yaklaşımı destekleyerek vaka çalışması özelinde uzmanlar tarafından en çok tercih edilen endüstriyel standartlar (Masterformat, Unifomat, Omniclass ve Uniclass) mukayese edilecektir. Ayrıca, bütüncül bir yaklaşım sergileyebilmek amacıyla adlandırma standardında ISO 19650-2 kullanılması planlanmaktadır.

4.4 başlığı, vaka çalışmasında metro istasyonu bakım görevlerini kolaylaştırmak için kullanılacak varlık parametreleri belirlenmektedir. Katılımcıların cevapları doğrultusunda, sahayla iletişimi sağlaması sebebiyle varlıkları tanımlamada önemli

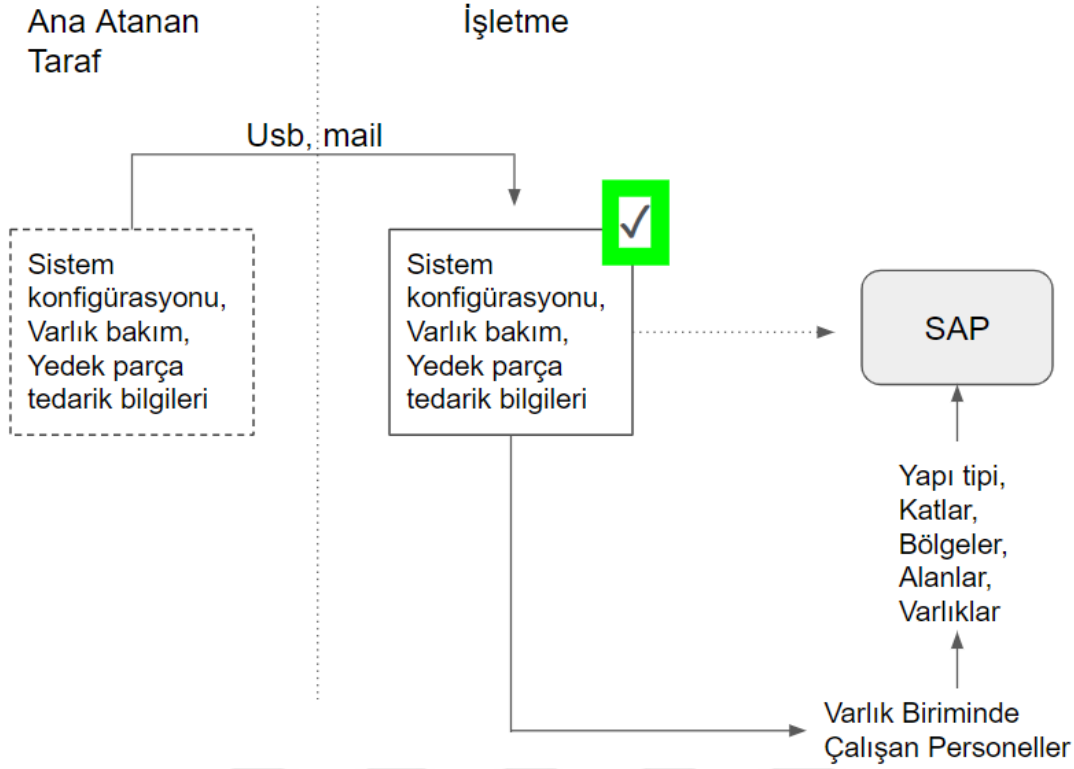
bir parametre olan barkod/QR kod parametresine, varlıkları sınıflandırmak için önemli bir parametre olan sınıflandırma ürün koduna, varlık takibinin gerçekleşmesi ve bakımlarının yapılabilmesi için üretici bilgileri, garanti bilgileri, kurulum tarihi, model numarası, varlık performans ve nitelik parametrelerine yer verilmesi planlanmaktadır.

4.5 başlığı, vaka çalışmasında bilgi değişim format ve altyapının belirlenmesinde sistematik yaklaşımı destekleyerek vaka çalışması varlık veri değişim aracı seçimine altlık oluşturmaktadır. Anket cevapları doğrultusunda uzmanlardan sadece 3'ünün açık standarda yer verdiği (COBie), bununla birlikte tüm katılımcıların bu süreci BIM ile entegre olan yazılım araçları ile gerçekleştirdiği gözlenmiştir. Uzmanlar tarafından en çok tercih edilen varlık yönetim (Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops) yazılım araçları vaka çalışmasında test ortamı oluşturmak amacıyla değerlendirilmektedir.

## 5. VAKA ÇALIŞMASI: İKİTELLİ ATAKÖY METRO HATTI BAHARİYE İSTASYONU

İşletme bakım, onarım ve kontrol süreçlerinin bağımlı kişiler işten ayrıldığında veya olmadığı süreçlerde sistemin kusursuz çalışabilmesi için insandan bağımsız olarak yürütülen otomatik bir işleyişi olması gerekir. Bu otomatik süreç aynı zamanda sisteme girilen veriler içinde geçerlidir. İşletme, teslim aşamasında projeye ait verileri manuel olarak işlemektedir. Bu süreçte en zor süreç analog sistemlerin ve geometrik olmayan bilgilerin; çizimler, bakım kılavuzları, garanti belgeleri ve ekipman özelliklerinin veri tabanına aktarılmasıdır.

İkitelli Ataköy Metro Hattı yapım işinde, işletme tarafından kullanılan TY yazılım aracı Sistem Analizi ve Program Geliştirme (SAP)' yazılımıdır. Geleneksel metodları ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen SAP'nin S/4HANA modülünde, operasyon bilgilerinin BIM yazılım araçlarıyla entegrasyonu sağlanabilmesine rağmen işletme tarafından bu entegrasyon tercih edilmeyerek operasyon bilgilerinin tasarım ve yapım işiyle bağlantısı sağlanmamaktadır. Mevcut durumda, yapı işletmeye teslim edildikten sonra Yükleniciden sistem konfigürasyonu, işletme, bakım, tamir ve yedek parça tedarikinin tüm aşamalarını etraflıca ele alan teknik kılavuzları usb ve mail ortamında kabul edilmektedir. Proje bilgilerini SAP'ye aktarırken, öncelikle yapı tipi olarak metro istasyonları seçmektedir. Sonrasında istasyonlar katlara bölünmekte ve istasyon büyük ebatlı olduğu için katlar bölgelere ayrılmaktadır. Sonrasında ise mahaller oluşturulmaktadır. Oluşturulan her alan için yapı tipi, kat, bölge ve mahal dahil olmak üzere SAP tarafından benzersiz kod atanmaktadır. Varlık biriminde çalışan personeller tarafından ekipmanlar listenerek, SAP ana veri ekibi yardımıyla ekipman ve varlık kodları oluşturulmaktadır. Böylece her bir varlığa ait varlık biriminde çalışan personeller tarafından doldurulan kartlar meydana gelir. Nihai durumda TY'ye yönelik veritabanı oluşturularak bakım, onarım ve kontrol gibi aşamalar yönetilebilir bir hale gelmektedir. Proje bilgilerinin SAP'ye aktarılma süreci Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.1 :** Proje Bilgilerinin SAP'ye Aktarılma Süreci.

Proje bilgilerinin SAP'ye aktarılma süreci tasarım ve yapım işinden bağımsız ilerlemektedir ve bilgilerin manuel olarak aktarılması zaman alan ve hata payı yüksek bir iştir. Ayrıca, bilgilerin toplanma sürecinde çoğu bilginin kaybolarak yanlış yorumlandığı gözlenmektedir. Kısa zamanda bilgileri aktarmakla yükümlü çalışanlar, her istasyon için aynı işi yaparak yaptığı bir işi tekrarlamak zorunda kalmaktadır. Bu durum çalışanların stresini ve iş yükünü artırır. Sonuç olarak, devir teslim süreçleri otomatikleştirilmediği için zaman aşımaları ve hatalar meydana gelmektedir. Bu sebeple, tesis yönetimi amacıyla raylı ulaşım sistemi projelerinde BIM kullanımının katmanlı ve paydaşlı yapısını ortaya koymak ve Türkiye'de devlet kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için bir uygulama metodolojisi önermek için yapım işi devam etmekte olan İkitelli Ataköy Metro Hattı Bahariye İstasyonu özelinde bir vaka çalışması hazırlanmıştır. Hattın 2021 Haziran ayında Masko ve Bahariye İstasyonları özelinde kısmi açılışı gerçekleşmiştir. Ancak saha eksikliklerine yönelik projeler Haziran ayından sonra da üretilmeye devam etmiştir. Bahariye İstasyonunun Masko İstasyonuna göre proje olarak daha ileride olması sebebiyle vaka çalışmasına yönelik Bahariye İstasyonu seçilmiştir.

## 5.1 Bahariye İstasyon Yapısı

İkitelli Ataköy Metro Hattı Bahariye İstasyonu, BIM ile yürütülen ve yapı işletmeye teslim edilmesine rağmen saha eksiklikleri sebebiyle tasarım - yapım aşaması devam eden bir istasyondur. Metro İstasyonuna giriş yapan yolcuların kısa süre zarfında perona ulaşabilmesi ve yine istasyondan ayrılan yolcuların kısa sürede istasyondan çıkış yapacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Trene binmek için peron bölgesine inen yolcuların homojen dağılımının sağlanarak acil durumda istasyonun hızlı bir şekilde boşaltılabilmesi için TS standartları ve teknik şartnamedeki gerekliliklere uygun şekilde yerleşimler yapılmıştır.

Bahariye İstasyonu, peron ve bilet holü olmak üzere iki katlı olarak tasarlanmıştır. Peron kattan bilet holü katına ulaşım 4 adet yürüyen, 2 adet sabit merdiven ve 1 adet asansör grubu ile sağlanmıştır. Bilet holü katından yüzey kotuna ulaşan 2 adet yürüyen merdiven, 1 adet sabit merdiven grubu ve 1 adet asansör yer almaktadır. Ayrıca peron katından 1 adet acil kaçış merdiveni düşey bir shaft ile perondan yüzeye ulaşacak şekilde tasarlanmıştır.

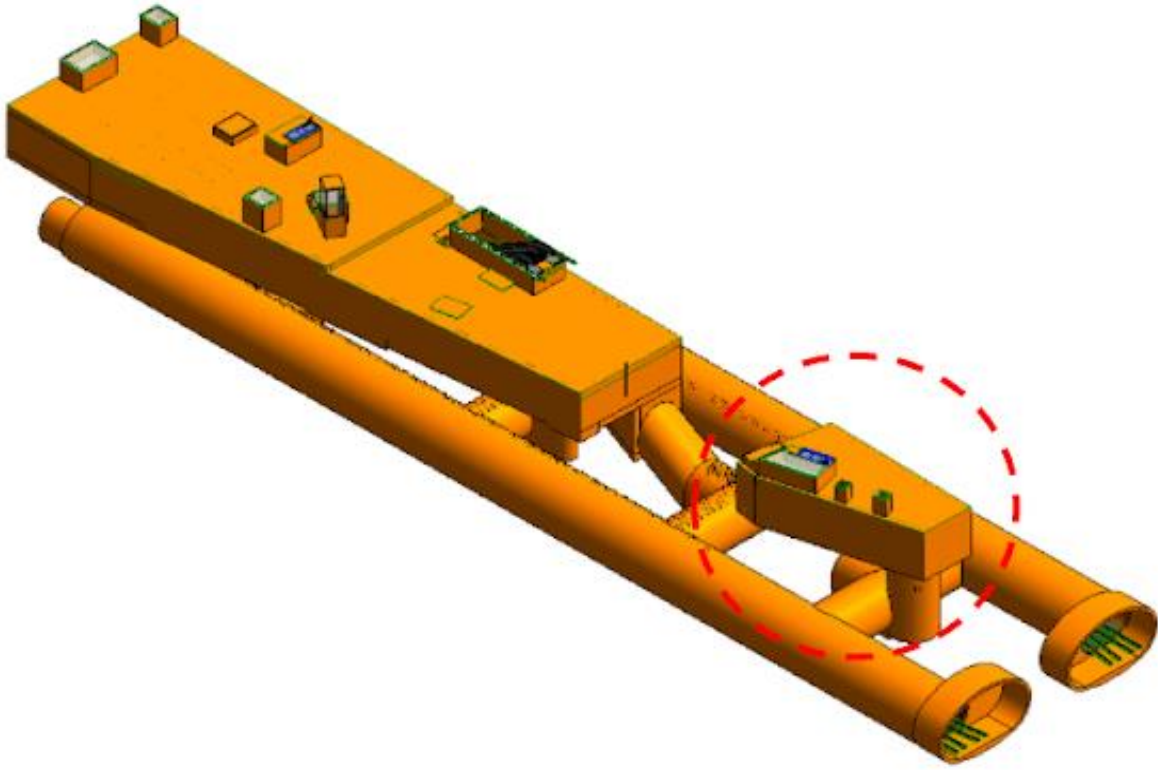
Aç-kapa yapısının bitişiğinde trafo binasının olması, batısında dere bulunması, kuzeyde sağlık ocağı olması ve bitişiğinden enerji ana iletim hattının geçmesi, bina sınırlarının bu alanda sabit kalmasına sebep olmuştur. Teknik Şartnameye göre istasyonların çift havalandırma sistemine sahip olması zorunludur. Bu sebeple TVF için ayrı bir aç-kapa yapısı tasarlanmıştır. TVF binasına yüzeyden ayrı bir giriş tasarlanmıştır. Yolcunun güney konkorsu bulunmaması ve kuzey konkorsun çalışma konsepti için tüm ihtiyaçları karşılaması sebebiyle, istasyonun güneyinde bulunan bu konkors yapısı tez çalışmasına dahil edilmemiştir (Şekil 5.2'de 3 boyutlu kırmızı kalem ile işaretlenen konkors yapısı).

Mekan organizasyonu açısından, bilet holü tek kontrollü alandan oluşmaktadır. Kontrollü alandan, kontrolsüz alana geçiş için 4 giriş, 6 çıkış ve 1 engelli olmak üzere toplamda 11 adet turnike teşkil edilmiştir. İstasyonun işletmesine ait bölümler ve halka açık mahaller bu katta planlanmıştır.

Bahariye İstasyonu bilet holü katında; su deposu, yangın pompa odası, akü odası, AG Odası, EXF odası, TVF odası, OG odası, INF odası, elektrik pano odası, personel ve teknik alan koridoru, yolculu alan, engelli wc, ofis, bay-bayan yolcu wc, istasyon kontrol odası (SOR), elektrik ekipman odası, gsm odası, fiberoptik odası, yangın

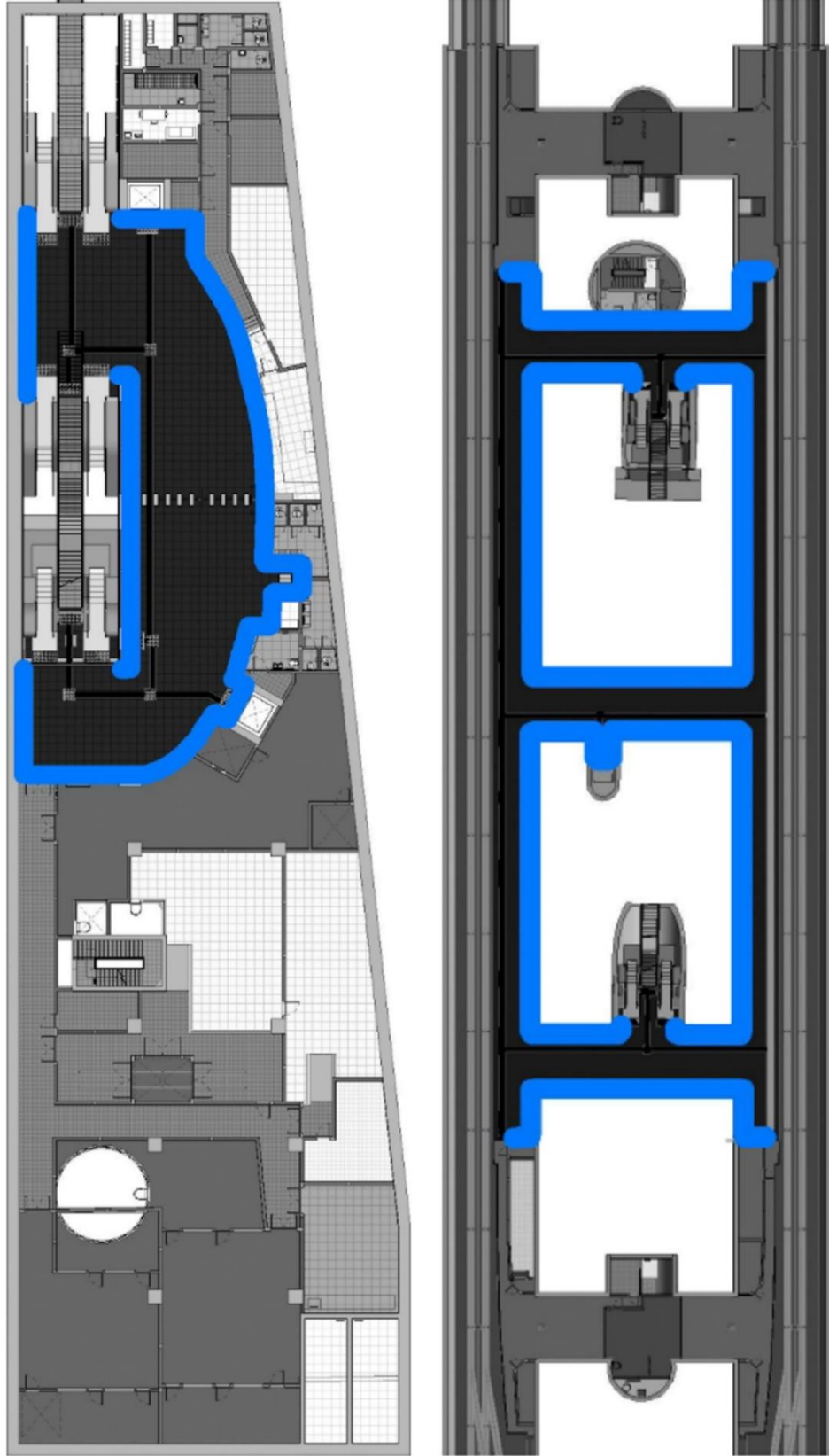
söndürme tüp odası, yürüyen merdiven pano odası, personel odası, bay-bayan personel wc, pis su pompa odası ve temizlik odası olmak üzere toplamda 26 mahal bulunmaktadır. Şekil 5.3’ deki kat planlarında maviyle işaretli bölge yolculu alanı, kalan alanlar ise teknik alanları ifade etmektedir.

Peron katta; elektrik pano, personel ve teknik alan koridoru, yolculu alan, sinyalizasyon odası, peron sonları cer gücü yardımcı pano odası (katener), yangın söndürme tüp odası ve drenaj pompa odası olmak üzere toplamda 7 mahal bulunmaktadır.



**Şekil 5.2 :** Bahariye İstasyonu 3 Boyut.

(Bahariye İstasyonu proje bilgileri ve bilgi modeli, Avrupa Yakası Raylı Sistem Müdürlüğü izni ile kullanılmıştır.)



Bilet Holü Kat Planı

Peron Kat Planı

**Şekil 5.3 : Bahariye İstasyonu Sadeleştirilmiş Kat Planları.**

(Bahariye İstasyonu kat planları Avrupa Yakası Sistem Müdürlüğü izni ile kullanılmıştır.)

## 5.2 Metodoloji

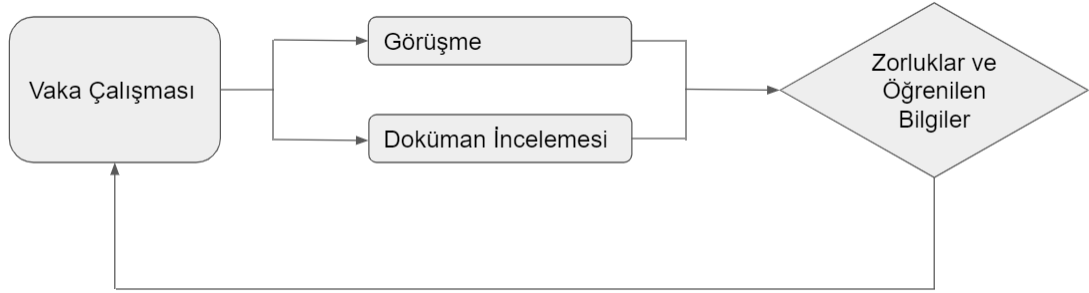
Literatür kapsamında raylı ulaşım sistemlerinde, tesis ve varlık yönetiminde BIM kullanımına ilişkin iki yayın (Xie ve Teci, 2015; Bapat ve ark., 2021) tespit edilmiştir. Bu yayınların ikisinde de metro istasyonları konuları ilgili hem kuramsal, hem de operasyonel bilgiyi harmanlayan yeterli tesis bilgisine rastlanmamıştır. Ayrıca, raylı sistemlerde tesis ve varlık yönetimine yönelik yapılan diğer yayınların (Sadati ve ark, 2020; Huang ve ark. 2019; Chen ve ark, 2020; Zhang ve ark., 2016; Seronna ve Yu, 2009; Xu ve ark, 2020; Sandeep ve ark, 2021) BIM yaklaşımından uzak olduğu gözlenmiştir.

Dünyada (Katar, İngiltere, Birleşik Arap Emirlikleri, Avustralya, Hong Kong, Singapur, İsviçre, Hollanda ülkelerinde) kamu tarafından desteklenen raylı sistem proje uygulamalarında ise BIM ve TY entegrasyonunun projenin en başından itibaren yapıldığı ve süreçlerin otomatikleştirildiği gözlemlenmektedir. Türkiye’de projenin en başından itibaren BIM kullanılmasına rağmen TY entegrasyonunun hala analog sistemler aracılığıyla çözülerek işletmeye teslim edilmesi ve operasyon süreçlerinin bilgi modelinden bağımsız, manuel olarak TY süreçlerine aktarılması sebebiyle BIM ile TY entegrasyonunu gerçekleştiren raylı sistem projelerinde çalışan uzmanların kendi projelerinde edindikleri tecrübelerden faydalanmak amacıyla Bölüm 4’de yer alan anket çalışması hazırlanmıştır.

Anket çalışmasında; uzmanların TY’ye yönelik oluşturduğu bilgi modelinde sistematik bir yaklaşım izlediği, varlıkları adlandırarak sınıflandırdıkları, ağırlıklı olarak bakım onarım gerektiren, maliyetli varlıkların seçildiği, işbirlikçi yaklaşımı destekleyen veri değişim uygulamaları tercih ettikleri ve birçoğunun (%40) ISO 19650 standart yaklaşımını benimsediği sonucuna varılmıştır. Uzmanların BIM-TY entegrasyonundaki tecrübeleri doğrultusunda, gerçek yaşamda uygulayıp incelemek ve bütüncül bir yaklaşım sergileyebilmek amacıyla bu bölümde bir pilot çalışma yer almaktadır. Tez çalışmasında, İkitelli Ataköy Metro Hattı’nın kısmi açılışı gerçekleşen ve projesel anlamda en ileride istasyon olan Bahariye İstasyonu’nu ISO 19650-3 temelli bir yaklaşımla, test ortamı olarak kullanarak varlık yönetimine yönelik BIM kullanımını incelenmektedir.

Vaka çalışmasına yönelik Bahariye İstasyonu bilgi modelinden faydalanabilmek için Avrupa Yakası Raylı Sistemler Müdürlüğü’nden izin alınarak İkitelli-Ataköy Metro

Hattına ait Sözleşme, BIM Uygulama Planı ve Teknik şartnameler incelendi. Ayrıca bir yılı aşkın bir süre boyunca, proje ile ilgili paylaşımlar, Bahariye İstasyonu BIM modeli ve tasarım aşamasından itibaren işletmeden gelen dokümanlara yönelik incelemeler yapılmıştır. Mevcut işleten firma ile tesis veri yönetim altyapısını anlayabilmek amacıyla gayriresmi görüşmeler yapıldı. Yapılan görüşmelerin detayları Çizelge 5.1’de, çalışmaya yönelik izlenen veri toplama metodolojisi ise Şekil 5.4’de yer almaktadır.



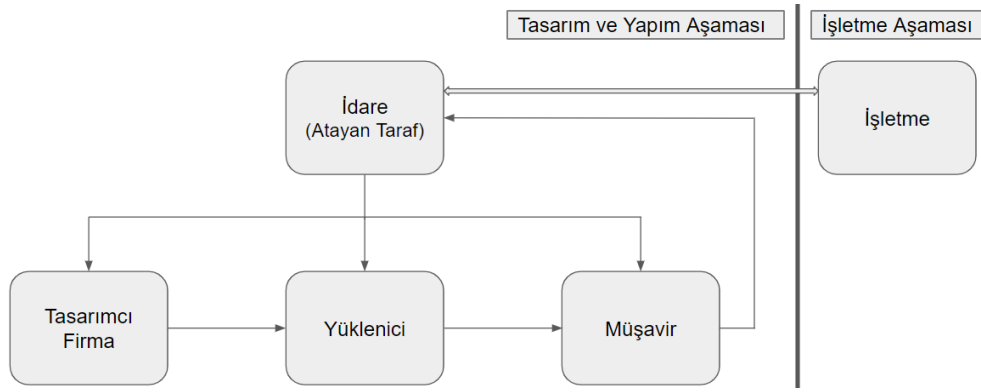
**Şekil 5.4 : Veri Toplama Metodolojisi.**

Bu kısımdaki görüşmelerle ilgili bilgi Bölüm 1’ deki araştırma yöntemlerinde de ifade edilmiştir.

**Çizelge 5.1 : İşletme ile Yapılan Görüşmeler.**

Görüşülen Kişi	Süre	Görüşme Tipi
Proje Mimarı	1 saat	Yüz yüze görüşüldü
Bakım-Onarım Departman Şefi	50 dk	Yüz yüze görüşüldü
Varlık Departmanı Şefi	25 dk	Yüz yüze görüşüldü

İkitelli - Ataköy Metro Hattında, projenin başında tasarımcı firma tarafından BIM araçları kullanımına yönelik müşavir, yüklenici ve idare çalışanlarına Revit, Navisworks, MS Project ve Tilos eğitimleri verilerek disiplin bazında ekipler oluşturulmuştur. Bu doğrultuda, tasarım ve yapım aşaması veri aktarımları her bir paydaş arasında şeffaf olarak ilerlerken işletme bu sürecin dışında kalmaktadır. Proje kapsamında, sözleşme ve teknik şartnamelerde tesis yönetimine yer verilmediği için yapı işletmeye teslim edildikten sonra tesis yönetimi yapılmakta ve bu sebeple tasarım ve yapım aşamalarında TY ekibi oluşturulmamaktadır. Şekil 5.5’ de yer alan dikey kalın çizgi işletme aşamasının tasarım ve yapım aşamalarından bağımsız ilerlediğini göstermektedir.



Şekil 5.5 : Paydaşlar Arası Veri Akışı.

### 5.3 Vaka Çalışması Sistem Şemasının Oluşturulması

Varlıkların işletme aşamasını desteklemek için ISO 19650 standart ailesi tarafından oluşturulan bilgi yönetim süreci, verilerin kurumsal sisteme aktarılmasından önce gerçekleşen sekiz adımlık bir sistematik yaklaşımı ifade eder. Vaka çalışmasında, varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması amacıyla, Şekil 5.6' da gösterilen ilk adım olan değerlendirme ve ihtiyaç adımları takip edilerek bu adıma ait aşamalar vaka çalışması sınırlayıcıları (5.3.1 alt başlığı) özelinde geliştirilmiştir. Vaka çalışması özelinde geliştirilen değerlendirme ve ihtiyaç adımı Şekil 5.6'da kırmızı kalem ile işaretlenen 5 aşamadan oluşmaktadır. Nihai durumda; OIR, varlıklar, AIR ve varlık bilgi standardı oluşturularak işveren format ve altyapısı tanımlanmaktadır.



Şekil 5.6 : Varlıkların Operasyonel Aşamasını Desteklemek İçin Bilgi Yönetim Süreci – Değerlendirme ve İhtiyaç (Ofloğlu, 2021; Plannerly, 2021; ISO 19650-3, 2020).

Değerlendirme ve ihtiyaç adımının alt başlıkları içinde çalışma adımları:

- (1.1) Bilgi yönetim görevini üstlenecek kişileri atama,

(1.2) Organizasyonel bilgi gereksinimlerini belirleme,

(1.3) Bilgilerin yönetileceği varlıkları belirleme,

(1.4) Varlık bilgi gereksinimlerini belirleme,

(1.5) Bilgilerin yönetilmesi için öngörülebilir tetikleyici olayları tanımlama,

(1.6) Varlık bilgi standardını oluşturma,

(1.7) Varlık bilgisi üretim yöntemlerini ve prosedürlerini oluşturma,

(1.8) Referans bilgileri ve paylaşılan kaynakları oluşturma,

(1.9) Ortak veri ortamının oluşturulması,

(1.10) Kurumsal sistemlerle bağlantı kurma,

(1.11) Varlık bilgi modelinin oluşturulması,

(1.12) Varlık bilgi modelini oluşturmak için süreçler oluşturma,

(1.13) Varlık bilgileri protokolünü oluşturma.

Vaka çalışmasına dahil edilen adımların (1.2, 1.3, 1.4, 1.6 ve 1.11) içerikleri aşağıda yer almaktadır.

1. aşamada (1.2 adımı), varlık performansını artırmak ve yönetebilmek için İkitelli Ataköy Metro Hattı yapım işi özelinde hazırlanması gereken organizasyonel bilgi gereksinimlerinin belirlenmesi (OIR) üzerine değerlendirme yapılmaktadır.

2. aşamada (1.3. adımı), uzmanların ankete verdiği cevaplar doğrultusunda, Bahariye İstasyonu varlık bilgi ihtiyaç düzeylerinin belirlenmesi hususunda varlıklar; kontrol sistemleri, mekanik, elektrik ve mimari olmak üzere 4 disipline ayrılarak vaka çalışmasında kullanılmak üzere seçilmesi ve mahal bazlı olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır.

3. aşamada, (1.4. adımı) uzmanların ankete verdiği cevaplar doğrultusunda Bahariye İstasyonunda bir önceki adımda seçilen (1.3) varlıklar üzerinden gereksinimler belirlenmektedir. Gereksinimler; üretici bilgileri, garanti

belgeleri, kurulum tarihi, varlık performans nitelikleri gibi parametreleri içermektedir.

4. aşamada (1.6 adımı), bilgi artışını kontrol etmek ve bilgileri standartlaştırmak amacıyla, endüstriyel sınıflandırma ve adlandırma kurallarını kapsayacak şekilde anlatılmaktadır. Ayrıca, bilgilerin PIM'den AIM'e aktarılması aşamasında veri değişim araçlarının belirsiz olması sebebiyle, varlık verilerini aktarmak için veri değişim araçlarını belirlemek amacıyla anket çalışmasında uzmanların vermiş olduğu cevaplardaki sistematik yaklaşım göz önünde bulundurularak bu başlığa yazılım tabanlı veri değişiminin eklenmesi hedeflenmektedir. Nihai durumda başlığın "Varlık Bilgi Standardını Oluşturma ve Bilgi Değişiminde Format ve Altyapının Belirlenmesi" olarak değiştirilmesine karar verilmiştir.

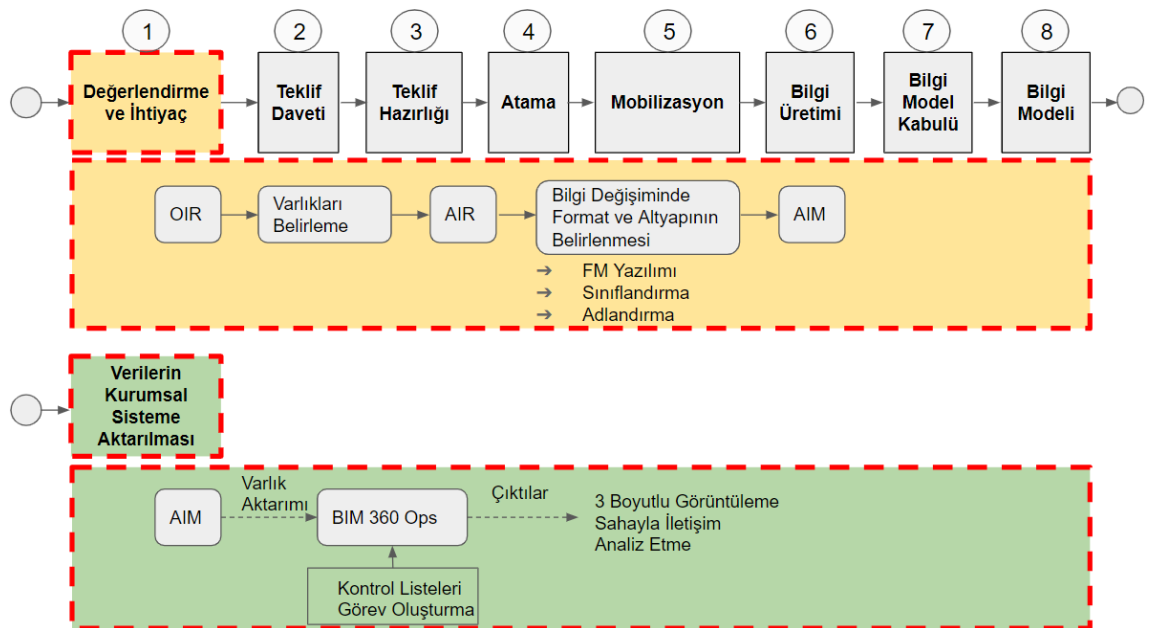
Bahariye İstasyonu'nda varlık verilerini aktarmak için veri değişim araçlarını belirlemek ve bilgileri standartlaştırmak amacıyla endüstriyel sınıflandırma ve adlandırma standartları ile yazılım tabanlı veri değişim araçları belirlenmektedir. Uzmanların ankete verdiği cevaplar doğrultusunda en çok tercih edilen endüstriyel standartlar, 2. Bölümde araştırılan Masterformat, Uniformat, Omniclass ve Uniclass'dır. Bu standartların büyük, karmaşık yapılarıdaki ve varlık sınıflandırmadaki uygunluğu tartışılarak Bahariye İstasyonu özelinde kullanılması için seçilmektedir. Anket çıkarımları sonucunda bütüncül bir yaklaşım sergileyebilmek amacıyla adlandırma standardında ISO 19650-2 kullanılması planlanmaktadır. Sonrasında, yazılım tabanlı veri değişim araçlarında en çok tercih edilen ve 3. Bölümde araştırılan Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops varlık yönetim yazılım araçları vaka çalışmasında test ortamı oluşturmak amacıyla Bahariye İstasyonu için uygunluğu tartışılmaktadır.

5. aşamada (1.11 adımı), Bahariye İstasyonu'nda PIM'den AIM'e varlık bilgilerini aktarmak üzere model sadeleştirilmesi yapılarak AIM hazırlanmaktadır.

Bilgi yönetim sürecinin sonraki adımları, bilgi model teslimi için teklif, kabul edilen teklife yönelik planlama ve bilgi üretimi aşamalarını kapsamaktadır. 2. adım olan teklif davetinde, atayan taraf AIRları karşılayacak OIRlara uygun EIRlar ile birlikte

bilgi alışverişi gereksinimleri tanımlanmaktadır. 3. adım olan teklif hazırlığında atanan taraf EIR gerekliliklerini yerine getirmek amacıyla sözleşme öncesi BIM Uygulama Planı oluşturmaktadır. 4. adım olan atamada, ayrıntılı görev ekibi sorumluluk matrisi oluşturularak, bilgi üretiminden sorumlu kişiler için iş bilgi teslim planı (TIDP) oluşturulmaktadır. Sonrasında, TIPD toplanarak ana bilgi teslim planı (MIDP) oluşturulmaktadır. Ayrıca bu aşamada BIM Uygulama Planı işveren tarafından onaylanmaktadır. 5. adım olan mobilizasyonda atanan taraf varlık bilgi üretim yöntem ve prosedürleri test etmektedir. 6. adım olan bilgi üretiminde, her bir görev ekibi tarafından TIDP'ye, varlık bilgi standardına, yöntem ve prosedürlerine uygun bilgi üretimi yapılmaktadır. 7. adım olan bilgi model tesliminde, AIR, EIR ve MIDP dikkate alınarak işveren tarafından 8. adımda bilgi modeli kabul edilmektedir. İlk adımda oluşturulan bilgi modeli (AIM) 8. adım kadar kapsamlı değildir. Oluşturulan her bir adım işletme süreçlerini destekleyerek bilgilerin tutarlı olmasını sağlar ve bilgi teslimini mümkün kılmaktadır.

Son olarak, vaka çalışması bilgi yönetim süreci sonucunda elde edilen bilgi modelindeki veriler kurumsal sisteme aktarılarak varlığın ömrünü uzatmak, performansını test etmek ve maksimum verimi alabilmek amacıyla önleyici bakım kriterleri oluşturulmuştur. Sahayla teknik personel aracılığıyla mobil iletişim sağlanarak TY yazılımında işin tamamlanma yüzdesi takip edilmiştir. Nihai durumda bilgi yönetim süreci oluşturularak verilerin kurumsal sisteme aktarılma süreci Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 : Vaka Çalışması Verilerin Kurumsal Sisteme Aktarılması Süreci.

### 5.3.1 Vaka Çalışması Sınırlayıcı Unsurları

Tesis yönetimi amacıyla raylı ulaşım sistemi projelerinde BIM kullanımını anlamaya yönelik geliştirilen sistem şemasının idare (atayan taraf) kontrolünde yapılmaması ve gizlilik sorunları sebebiyle gerekli izinlerin alınamaması tez çalışmasının temel sınırlayıcısıdır. Bu sebeple, idare kontrolünde yapılması gereken değerlendirme ve ihtiyaç bölümündeki adımlardan bazıları (1.1, 1.7, 1.8, 1.10, 1.12 ve 1.13) çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca, vaka çalışmasında bilgilerin PIM'den AIM'e aktarılarak varlık bakım ve onarımlar için test ortamı oluşturmaya odaklanılması sebebiyle 1.9 adımı (CDE) için uygun ortam hazırlanarak bu adım çalışmaya dahil edilmemiştir. Son olarak, 1.5 adımında seçilen varlıkları yönetmeye yönelik bir tetikleyici olay tanımlanması sebebiyle bu adım çalışmaya dahil edilmeyecektir. Dahil edilmeyen adımlar Çizelge 5.2 listelenmiştir.

**Çizelge 5.2 : Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması – Vaka Çalışmasına Dahil Edilmeyen Adımlar.**

1.1	Bilgi yönetim görevini üstlenecek kişileri atama: İşveren tarafından atama yapılacağı için bu adıma vaka çalışmasında yer verilmeyecektir.
1.5	Bulgilerin yönetilmesi için öngörülebilir tetikleyici olayları tanımlama: Seçilen varlıkları (1.3. adım) yönetmeye yönelik bir tetikleyici olay tanımlandığı için vaka çalışmasında bu adıma yer verilmeyecektir.
1.7	Varlık Bilgisi Üretim Yöntemlerini ve Prosedürlerini Oluşturma: İşveren taraf tarafından gerekli görülen bilgi üretim, yöntem ve prosedürlerin oluşturulması sebebiyle bu adıma yer verilmeyecektir.
1.8	Referans Bilgileri ve Paylaşılan Kaynakları Oluşturma: Birlikte çalışabilirlik sorunlarını önlemek amacıyla bilgi kaynakları paylaşılmalıdır. Ancak, referans ve kaynak bilgileri ile ilgili gerekli izinler alınmadığı için vaka çalışması kapsamına dahil edilmemiştir, yalnızca varlıklar üzerinden üretici bilgilerine yer verilecektir.
1.9	Ortak Veri Ortamının Oluşturulması (CDE): Bahariye İstasyonu'nun yapım sürecinde olmaması ve vaka çalışmasında bilgilerin PIM'den AIM'e aktarılarak varlık bakım ve onarımlar için test ortamı oluşturmaya odaklanılması sebebiyle bilgi değişiminde format ve altyapı belirlendikten sonra 3.4 başlığında belirtilen CDE'nin sahip olması gereken özellikler için uygun ortam hazırlanarak CDE'ye alt başlıklarda yer verilmeyecektir.
1.10	Kurumsal Sistemlerle Bağlantı Kurma: Doküman yönetim sistemi, müşteri ilişkileri yönetimi, denetim kontrolü ve veri toplama (Scada) gibi sistemlerle gizlilik sorunları sebebiyle bağlantı kurulamadığı için bu adıma vaka çalışmasında yer verilmeyecektir.
1.12	Varlık Bilgi Modelini (AIM) oluşturmak için Süreçler Oluşturma: Bulgilerin üretimi, bakım onarımı, depolanması, ilgili yerlere ulaşması ve arşivlenmesi amacıyla görev atama, işverenin değişmesi durumunda varlık bilgi modelinin devredilmesi, işin sonunda modeli arşivlemek gibi süreçler işverenin kontrolünde gerçekleşmesi sebebiyle vaka çalışmasında bu adıma yer verilmeyecektir.
1.13	Varlık Bilgileri Protokolünü Oluşturma: Haklar ve yükümlülükler, sorumlulukları ve mülkiyet hakları, fes etme durumunda bilgilerin geri dönüşümü ile ilgili konular işveren kapsamında değerlendirileceği için vaka çalışmasında bu adıma yer verilmeyecektir.

#### 5.4 Vaka Çalışmasının Test Edilmesi

Çalışma bulguları, üretilen model ve TY yaklaşımı hakkında geri dönüş sağlamak amacıyla, raylı sistem yapılarında işletme tarafında çalışan operasyon koordinatörü, varlık yöneticisi ve İkitelli Ataköy Metro Hattı kıdemli mühendislik proje müdürü olmak üzere 3 uzmana, iki buçuk saat süren bir toplantı ortamında sunulmuştur. Çalışma ile birlikte tesis yönetiminde BIM'in rolü ve önemi vurgulanarak katılımcılara devir teslim süreçlerinde yaşadıkları sıkıntılar sorulmuştur. Katılımcıların her biri, devir teslim süreçlerinde kullanılan geleneksel yöntemlerin dezavantajlarını vurgulayarak, projeyi teslim alırken hat bilgilerinin tekrar oluşma sürecinde zaman kayıpları ve hatalı verilerin sıkça meydana geldiğini belirtmiştir. Bir katılımcı, BIM zorunluluğu getirilmeden önce (2014 öncesi) SAP ile oluşturulan hatlardan örnek vererek, istasyon genelinde varlık sayısının belirsiz olduğunu bu sebeple varlıklara yönelik oluşturulan iş emirlerinden bekledikleri sonucu alamadıklarını ve bazı varlıkların takibini sağlayamadıklarını dile getirmiştir. Ayrıca başka bir katılımcı, başka bir istasyondan örnek vererek, personelin manuel bilgi girerek oluşturduğu 4250 varlık olduğunu ancak varlık sayısından emin olmadıklarını ve arıza bildirimleri sırasında hala daha hatalı bilgiler ile karşılaştığını, bu noktada teknik personelin tecrübelerinin önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Bu sebeple her bir katılımcı, varlık verisinin sistematik bir yaklaşım benimsenerek hazırlandığı vaka çalışmasında, ISO 19650 yaklaşımıyla oluşturulan BIM - TY entegrasyonu ile bilgi aktarma problemlerinin önüne geçilebileceğini ve üretilen çalışmanın faydalı bir çalışma olduğunu savunmuşlardır.

Ek olarak katılımcılardan, vaka çalışmasında verilerin kurumsal sisteme aktarılmasından sonra oluşturulan görev ve atamaların, SAP ile oluşturulan sistem ile kıyaslaması istenmiştir. Katılımcılar vaka çalışmasıyla oluşturulan sistemin varlıklara yönelik arıza ve bakımları karşılayacağını ancak, SAP yazılımında oluşturulan atamaların daha gelişmiş olduğunu, ilgili kişinin arıza durumlarını bildirim türüne göre filtreleyebildiğini veya parça değişimi söz konusu olduğunda kolaylıkla üretici firma ile iletişime geçerek sipariş verdiğini belirtmiştir.

## 5.5 Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması

Bahariye İstasyonu özelinde PIM'den AIM'e varlık bilgilerinin aktarılması süresince ISO 19650-3 standardında bulunan varlıkların operasyonel aşamasını desteklemek için değerlendirme ve ihtiyaç faaliyeti bilgi yönetim süreç adımları vaka çalışması sistem şemasında (5.3 başlığı) belirtilen sınırlamalar çerçevesinde anlatılmaktadır. Sistem şeması Çizelge 5.3'de listelenmiştir.

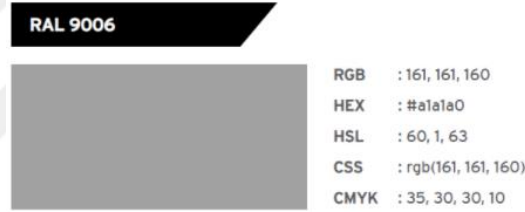
**Çizelge 5.3 :** Varlık Verisinin BIM Ortamı İçin Hazırlanması – Vaka Çalışmasına Dahil Edilen Adımlar (ISO 19650-3, 2020).

1.2	Organizasyonel Bilgi Gereksinimlerinin Değerlendirilmesi
1.3	Bilgilerin Yönetileceği Varlıkları Belirleme
1.4	Varlık Bilgi Gereksinimlerini Belirleme (AIR)
1.6	Varlık Bilgi Standardını Oluşturma ve Bilgi Değişiminde Format ve Altyapının Belirlenmesi
1.11	Varlık Bilgi Modelinin Oluşturulması (AIM)

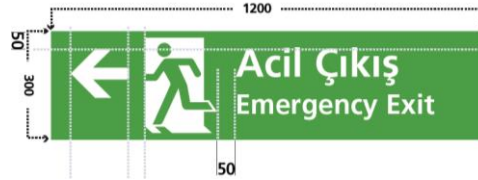
### 5.5.1 Organizasyonel Bilgi Gereksinimlerinin Değerlendirilmesi (OIR)

OIR'a dair birçok bilgi işletmeden talep edilmektedir. ISO 19650 standart ailesinde (2018-2020) organizasyonel fonksiyonların ve varlık yönetim sisteminin ihtiyaçlarını karşılamak için OIR'ın tanımlanması gerektiğini vurgulamıştır. OIR'ın amacı, varlık yönetimi veya diğer organizasyon görevleri için gereksinimleri belirleyerek bu bilgilerin oluşmasına yardımcı olmaktır. OIR alt çalışma grubu üyesi olan Scottish Futures Trust (2019), birçok işletmenin sahip oldukları varlığın performansını artırarak, yönetmek konusunda gerekli bilgiye sahip olmadıklarını ifade ederek, varlık yönetiminin tesisin önemli bir parçasını oluşturduğunu vurgulamıştır. Bu sebeple, varlık bilgi gereksinimleri tesis yönetimi ile birlikte değerlendirilmelidir. Örneğin, sahada bir arıza talebine yönlendirilen teknik personel bakım faaliyetlerini gerçekleştirerek varlığın performansını kontrol eder. Varlıklarla ilgili teknik bilgileri ve garanti tarihlerine uygunluğunu kontrol ederek varlık için gerekli verileri toplamaktadır. Bu bilgiler sistem bilgileriyle birlikte değerlendirildiğinde varlık için önemli analizleri ifade etmektedir. Kullanıcılar varlıklarla ilgili doğru bilgi girdiği müddetçe, bir yapının sahip olduğu bilgilerin tüm yaşam döngüsü boyunca saklı kalarak korunduğu dijital bir kayıt niteliği taşımaktadır.

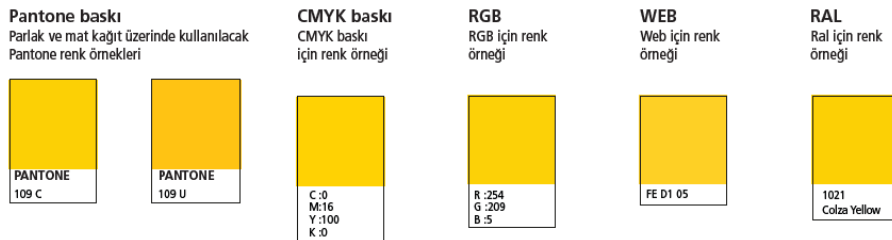
İşletmeler OIR' a ait tüm bilgi ve tecrübeye sahiptir. Ancak varlık ve tesis yönetimi ile ilgili bilgileri bir sistematığe oturmadıkları için bu bilgiler varlığın performansını artırmaya yönelik bir nitelik taşımamaktadır. Türkiye'de raylı sistemlerde ve İkitelli-Ataköy Metro Hattı kapsamında OIR paylaşımı yapılmamaktadır. Ancak, yapım aşamasında yapılan toplantılara işletme davet edilerek tesis yönetimi, varlık bakım onarımları, varlık değişiklikleri, varlıklarla ilgili tercih edilen malzemeler ve müşteri beklenti politikaları hakkında genel bilgiler edilerek tasarıma yansıtılmaktadır. Ayrıca, işletme mail ortamında varlıklarla ve varlıkların kullanımlarıyla ilgili dokümanlar paylaşmaktadır. Örneğin, yapılan toplantılarda işletme tarafından, OG Odasında bulunan trafoların bir arıza durumunda malzeme şaftından taşındığı, bu sebeple trafoların bulunduğu zeminin sert bir malzemeden yapılması istenmiş ve bu beklenti tasarıma yansıtılmıştır. Bu sayede trafoların taşınma aşamasında zeminde oluşturabileceği tahribatların önüne geçilmiştir. Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10' da işletme tarafından varlıklarla ilgili paylaşılan örnekler yer almaktadır.



Şekil 5.8 : Hat genelinde Kepenk Ral Kodu.



Şekil 5.9 : Acil Çıkış Yönlendirme Tableası.



Şekil 5.10 : İkitelli Ataköy Hattı Renk Kartelası.

Paylaşımlar ağırlıklı olarak metro yapım işi ile ilgilidir. İşletmenin varlıklara dair kazandığı tecrübeler, tesis bilgi yönetimi, varlık bakım ve onarım aşamaları, varlık performansları, risk değerlendirmeleri ve bakım periyotları gibi OIR’ da yer alması beklenen bilgiler paylaşılmamaktadır. Bu sebeple, her istasyonun devir aşamasında benzer sorunlarla karşılaşmaktadır. Örneğin, işletme kullanımına yönelik satın alınan varlıklardan bazıları performans açısından yetersiz bulunmaktadır veya tasarım aşamasında manuel ve dijital ortamda turnike sayıları hesaplanmasına rağmen işletme aşamasında bu sayılar yetersiz bulunmaktadır. Varlıklara dair bilgiler önceden teslim edilmediği ve tasarım aşamasında belirtildiği için projelerde revizyonlara gidilmekte ve iş akışındaki teslim süreçleri uzamaktadır.

OIR projenin türüne göre değişkenlik gösterir. Bu sebeple proje özelinde hazırlanması gerekir ve modelin tesis yönetimi için hazırlanmasında hangi bilgilerin çıkarılıp hangi bilgilerin dahil edileceği noktasında alınan kararları netleştirmektedir. OIR bilgileri, Şekil 5.11’de belirtildiği üzere; portfolyo planlaması, varlık yönetimi ve iş operasyonları olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmaktadır (Plannerly, 2021). Bu doğrultuda, İkitelli - Ataköy Metro Hattı yapım işine yönelik Plannerly (2021) Web sitesinde her bir sınıfa yönelik hazırlanan şablonlar Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’ de yer almaktadır.

PORTFOLYO PLANLAMASI	VARLIK YÖNETİMİ	İŞ OPERASYONLARI
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yasal onaylar</li> <li>• Bakım</li> <li>• Operasyonlar</li> <li>• Alan kullanımı</li> <li>• Portfolyo değişiklikleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varlık tescili</li> <li>• Yaşam döngü maliyeti</li> <li>• Risk değerlendirme</li> <li>• Varlığın değiştirilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İş sağlığı ve güvenliği</li> <li>• Çevre</li> <li>• Sürdürülebilirlik</li> <li>• Sermaye yatırımı</li> </ul>

Şekil 5.11 : OIR Bilgi Sınıflandırması (Plannerly, 2021).

2.3 Risk Değerlendirmesi



IN PROGRESS

TÜR	BİLGİ İHTİYAÇ SEBEBİ - RİSK DEĞERLENDİRMESİ	BİLGİNİN AMACI
KULLANICI	Yangın riski	Yolcuların peronu 4dk'da, istasyonu 6 dk içerisinde tahliye etmesi amaçlanmaktadır (NFPA 130, TS12127).
AKIŞ	Mevcut akışın aksama riski	
TEKNOLOJİ	Yolcu simülasyon hesabı	Yangın perdesi yerleşimi

Şekil 5.12 : Risk Değerlendirmesi (Plannerly, 2021).

TÜR	BİLGİ İHTİYAÇ SEBEBİ - İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ	BİLGİNİN AMACI
KULLANICI		
AKIŞ	Tüm potansiyel risklerin çalışanlara raporlanması	Aylık iç iş sağlığı ve güvenliği raporlamasının yapılması
TEKNOLOJİ	Tüm risklerin tanım, etki, olabilirlik, önem, azaltma, sahibi ve kaynak listelerinin hazırlanması	3 aylık dönemlerde yapılan Kurumsal raporlama

Şekil 5.13 : İş Sağlığı ve Güvenliği (Plannerly, 2021).

TÜR	BİLGİ İHTİYAÇ SEBEBİ - SAHA KULLANIMI	BİLGİNİN AMACI
KULLANICI:	Saha giriş hakları ve güvenlik seviyeleri	İzinsiz girişleri önlemek
AKIŞ:		
TEKNOLOJİ:	Dijital kat planları	CAFM sistemi tarafından kullanması

Şekil 5.14 : Alan Kullanımı (Plannerly, 2021).

### 5.5.2 Bahariye İstasyonu Bilgilerin Yönetileceği Varlıkları Belirleme

Metro İstasyonları karmaşık ve büyük ölçekli bir yapıya sahiptir ve metro yapılarında normal ve acil durum senaryoları için gerekli birçok envanter bulunmaktadır ve tesis yönetimi yaparken, hangi varlıkların yönetileceğine projenin başında karar vermek gerekir (Liu ve Issa, 2016). Anket çalışmasında envanter seçimine yönelik uzman cevaplarının yer aldığı 4.2 başlığında; uzmanlar projenin karmaşıklığına ve yönetim altındaki varlıkların kritik durumuna göre seçimin değişebileceğini, ancak yönetilecek varlıkların hareket etme, tamir ve onarım gerektirme gibi özelliklerin en az birine sahip olması gerektiğini savunmuşlardır. Metro projesinde çalışan bir uzman, metro istasyonlarının karmaşıklığının üstesinden gelmek için varlıkların disiplinlere ayrılarak yönetilmesi gerektiğini savunmuştur. Anket görüşleri dikkate alınarak varlıkların disiplinlere ayrılarak belirlenmesine ve döşeme, duvar, kolon gibi sabit varlıklara sahip yapısal disipline ait varlıkların vaka çalışmasından çıkarılmasına karar verilmiştir.

Varlıkların kritikliği göz önünde bulundurulduğunda Bahariye İstasyonu'na ait üretici dokümanları incelendiğinde, elektrik ve mekanik disiplinlere ait fan, kanal, pano, trafo, sıhhi tesisat gibi varlıkların bakım ve onarım periyotlarının sıklıkla gerçekleştiği ve maliyetli olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, mimari disipline ait kapılar acil durum senaryosu gereği; kart okuyucu, hidrolik kapı itici, manyetik kontak,

manyetik kilit ve kapı açma butonu gibi özelliklere sahiptir. Metro istasyonlarında kapıların güvenlik amaçlı kritik bir pozisyonda olması ve sık bakım gerektiren elektrik ve mekanik disiplinlere ait varlıkların (fan, kanal, pano, trafo, sıhhi tesisat) vaka çalışmasında yönetilmesine karar verilmiştir. Son olarak, RTU bağlantılı Bahariye istasyonunda bulunan bazı saha ekipmanlarından gelen arıza bildirimleri gerçek zamanlı sunucular tarafından scada üzerinden kontrol edilmektedir. Arıza bildirimlerinin kontrol edilmesi sebebiyle kontrol sistem varlıklarının da vaka çalışmasına eklenmesine karar verilmiştir.

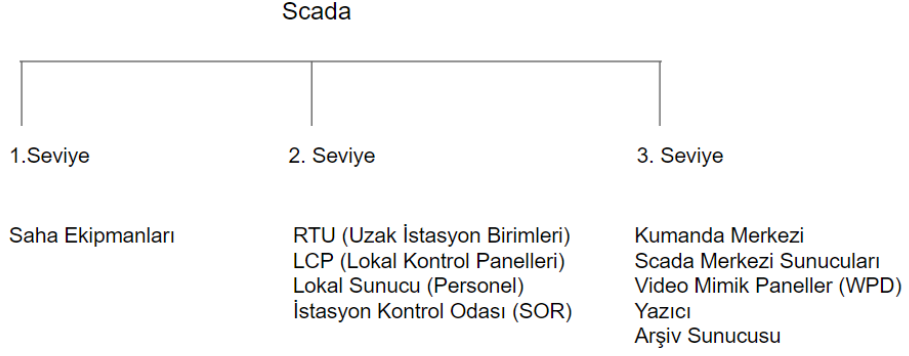
Varlık verisi, belirli dönemlerde onarım gerektiren ekipmanlara ait niteliksel veri ile bunların tesisteki konumsal verileridir. Her bir varlığın ilişkili olduğu alan, bölge, oda veya mahal vardır. Takip edilmesi planlanan varlıklar mahal bazlı olarak incelenmesi planlanmaktadır.

Böylece takibin kolaylaştırılması hedeflenmektedir. Bahariye İstasyonu özelinde; kontrol sistem varlıkları, mekanik sistem varlıkları, elektrik sistem varlıkları ve mimari sistem varlıkları olmak üzere 4 disiplin altında toplanarak EK A'da, tablolar halinde mahal bazlı olarak listelenmiştir.

#### **5.5.2.1 Kontrol Sistem Varlıkları**

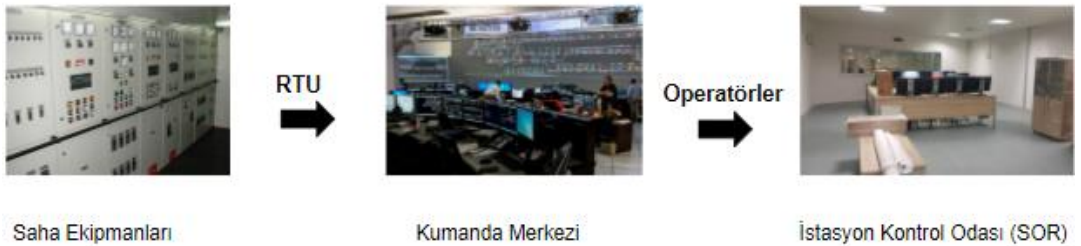
Metro hatlarının mevcut ilerlemesinde Scada ile bir kontrol ve takip sistemi oluşturulmuştur ve bu sistem, bina yaşam döngüsünde sadece işletme aşamasında aktif olarak çalışmaktadır. Scada Sistemleri, tüm elektrik, elektronik ve elektromekanik sistemlerinin uzaktan izlenmesi ve kumandasını gerçekleştirecek olan kontrol ve veri toplama sistemini içermektedir. Ayrıca, tüm elektromekanik alt sistemlerin, çevresel kontrol sisteminin ve güç temini alt sistemlerinin uzaktan izlenmesini ve kontrolünü sağlamaktadır. İkitelli-Ataköy Metro Hattı'nda Scada Sistemi, Şekil 5.15' de belirtildiği gibi üç seviyeden oluşmaktadır.

Bahariye İstasyonu' nda 1 . seviye olan saha ekipmanları ile Scada kontrol sistemleri arasındaki bağlantıyı RTU'lar sağlamaktadır. RTU'lar, saha ekipmanlarından gelen verileri alarak, 3. seviye olan kumanda merkezine ve 2 . seviye olan istasyon kontrol odasına (SOR) iletmek üzere depolamaktadır. RTUlar metro hatları gibi tek bir merkezden yönetilmesi planlanan tesislerde tercih edilmektedir.



**Şekil 5.15 : ATİ Scada Seviyeleri.**

RTU'ların saha ekipmanı arası veri iletişimi; ölçüm, alarm, hata ve durum bilgisi temini ve kumanda sinyallerini kapsamaktadır. Veri temini durumlarında, Scada Kontrol Sistemleri; ekipman arızası, kablo kopması, kart arızalanması, kontak röle arızası gibi sahada oluşabilecek herhangi bir olumsuz durumu operatöre alarm olarak sunmaktadır. RTU'lar aracılığıyla temin edilen veriler, 3. seviye olan Kumanda Merkezinde gerçek zamanlı sunucular tarafından derlenip kayda geçirilinceye kadar, RTU' nun hafızasında kalmaktadır. 3. seviyede bulunan gerçek zamanlı sunucular, tüm uzak RTU'lar ile haberleşmeyi kontrol eden bir haberleşme işleticisi fonksiyonunu üstlenmektedir. Şekil 5.16'da bilginin mevcut durumda ilerlemesi gösterilmektedir. Saha ekipmanlarından alınan bilgi merkezde gerçek sunucular (operatörler) tarafından manuel olarak değerlendirilerek Bahariye İstasyonu bilet holü katında bulunan İstasyon kontrol odasına (SOR) aktarılmaktadır. SOR odasında tek ekranlı bilgisayar tarafından istasyon özeti, sistem özeti, sistem bazlı detaylı gösterimler ve alanlar takip edilmektedir. Kısacası bu oda, normal işletme koşullarında merkezi sunucuya bağlı hizmet konsolu olarak görev yapmaktadır. Merkezi sunucu arızası veya iletim sistemi arızası durumunda ise, istasyon kontrol odası lokal sunucu üzerinden çalışmaktadır. Merkezi sunucu arızası giderildiğinde lokal sunucu arıza süresince kaydetmiş olduğu durum ve alarm bilgilerini veri kaybı olmaksızın merkezi sunucuya iletmektedir. kontrolünü sağlamaktadır.



**Şekil 5.16 : Arıza Durumunda Bilginin İlerlemesi.**

Varlıklara yönelik oluşturulan bakım ve onarımlar, sahadaki teknik personel tarafından, üretici firma tarafından temin edilen tarih aralıklarında veya önleyici bakım periyotlarında yapılmaktadır. Scada sisteminde ise sadece saha ekipmanlarından gelen arıza bildirimleri ile varlıklara müdahale edilmektedir. Projenin başından itibaren bilgilerin korunmasını hedefleyen bu tez çalışmasında tesis yönetiminin Scada sistemi ile bir arayüz oluşturularak entegre çalışması önerilerek kontrol sistem varlıkları Ek A1' de listelenmiştir.

### **5.5.2.2 Mekanik Sistem Varlıkları**

Teknik Şartnamede mekanik sistem varlıkları; ısıtma, havalandırma - iklimlendirme ve sıhhi tesisat gibi alanlara ayrılmıştır. Gerekli ana malzemeler, yardımcı malzemeler ve işçiliğinin sağlanması set fiyat tariflerine ve şartnamelerine uygun olarak yapıp bitirilmesi amaçlanmıştır. Vaka çalışmasına yönelik, kanal, fan ve musluk, süzgeç, ızgara gibi sıhhi tesisat varlıklarının takibinin yapılarak projenin başından itibaren yönetilmesi planlanmaktadır.

#### **Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (HVAC) Sistem Varlıkları:**

İstasyonları havalandırmak amacıyla tünel havalandırma (TVF), istasyon havalandırma (EXF) ve INF olmak üzere üç farklı mahal ve yardımcı elemanlar bulunmaktadır.

Tünel havalandırma sistemi (TVF) normal, sıkışık ve olağanüstü durumlarda tünel ortam şartlarını kontrol üzere kullanılmaktadır. İkitelli Ataköy Metro Hattı Teknik Şartnamesine göre, her istasyonun iki ucunda tünel havalandırma fanları ile şaftlar bulunmalı ve acil ihtiyaç durumlarda istasyon veya yakınındaki tüneller havalandırılmalıdır. Bahariye İstasyonu'nda her şafta iki adet tersine dönebilen TVF fanı ve yalıtım damperleri monte edilerek bu koşul sağlanmıştır.

İstasyon çevresel kontrol sistemleri, tünel havalandırma sistemi ile birlikte aşağıda belirtilen amaçlara hizmet edecek şekilde tasarlanmaktadır:

- İstasyonlarda ısının tahliyesi,
- İstasyonlarda termal konforun sağlanması,
- İstasyonlara taze hava sağlanması,
- İstasyonlardan kirli havanın atılması,

- Yangın anında duman kontrolünün sağlanması.

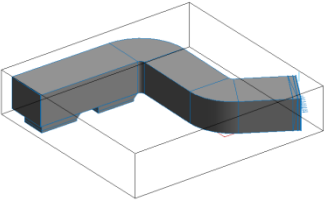
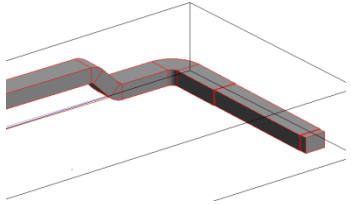
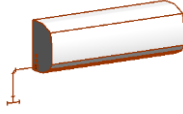
Aksiyel tipteki fanlar (EXF) istasyonda yolculu alanları havalandırmaktadır. Hem besleme hem de boşaltma kapasitesi açısından eşit performansa sahip olarak, dönüş yönleri değiştirebilecek şekilde tasarlanmaktadır.

INF ve EXF gibi tüm genel alanlar havalandırması, tünel havalandırma sistemi ile tam olarak senkronize edilmektedir. Peron genel alanlarına hizmet eden toplam iki adet ve yedeksiz olmak üzere temiz hava santral hücresi (INF) bulunmaktadır. Peronun hava açığı, taze hava fanlarına bağlı (INF) peron hava besleme sistemi vasıtasıyla sağlanacaktır. Her iki uçtaki taze hava sisteminde, taze hava fanları (INF) sisteme hizmet etmektedir.

İkitelli Ataköy Teknik Şartnamesine göre (2016), her genel alanlar sisteminde bir dizi kanal tesisatı, hava menfezleri, susturucular, fanlar, hava filtreleri, kontrol damperleri, motor kontrol paneli, Çevresel Kontrol Sistemi RTU'su, duman ve ısı tespit sistemleri, elektrik ve kontrol şebekeleri bulunur. Mevcut durumda, genel alanlar sistemindeki tüm varlıklar veya varlıkların bir kısmı işletme aşamasında yönetilebilir. Vaka çalışmasında kanal tesisatı ve fanların projenin başından itibaren yönetilmesi planlanmaktadır.

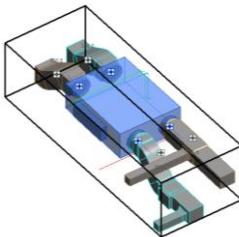
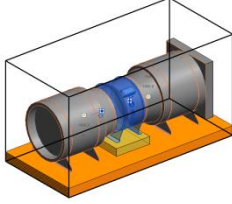
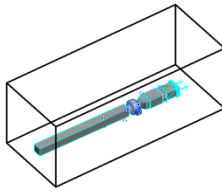
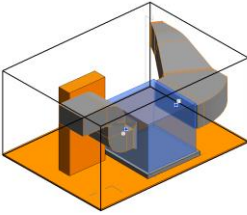
İkitelli Ataköy Metro Hattı Teknik Şartnamesine göre, tüm yolculu alanlarda, sadece kirli hava ve duman atımı yapılacaktır. Sinyalizasyon, haberleşme, paks pano, fiber optik, akü odaları, personel bulunan bütün mahaller ve soğutma gerektiren ekipmanların konulduğu odalar iklimlendirilecektir. Bunların dışındaki bütün yerlerde mekanik havalandırma olacaktır. İstasyonların yolcuya açık alanlarında iklimlendirme yapılmayacaktır. Personel bulunan mahallerin iklimlendirmesi, elektrik odalarının iklimlendirilmesinden bağımsız hücreli havalandırma cihazları ile havalandırılacaktır. Bunun haricindeki elektrik pano odaları, pompa odaları, ıslak hacimler kanal tipi fanlar ile havalandırılacaktır. Ayrıca, tünellerde havalandırma, trenin piston etkisi ile sağlanacaktır. Bahariye İstasyonu'nda ait kanal tipleri mahal bazlı olarak Ek A2'de ve 3 boyutlu gösterimi Çizelge 5.4'de yer almaktadır.

**Çizelge 5.4 : Bahariye İstasyonu Kanal Tipi 3 Boyutlu Gösterimi.**

Temiz Hava Kanalı	Kirli Hava Kanalı	Klima
		

İkitelli Ataköy Metro hattında; HRV, aksiyel, kanal ve hücreli olmak üzere dört çeşit fan bulunmaktadır. Fanlar normal ve acil durumlarda hava akışına yardımcı olma görevi yapacaktır. Aksiyel tipteki fanlar (EXF), istasyonda yolculu alanları havalandırmaktadır. Hem besleme hem de boşaltma kapasitesi açısından eşit performansla sahip olarak, dönüş yönleri değiştirebilecek şekilde tasarlanmaktadır. Sadece personel bulunan mahallere kanal tipi ısı geri kazanımlı havalandırma cihazı (HRV) konulacaktır. Tünel Havalandırma fanları ise, besleme ya da emme durumunda çalışabilen tamamen tersine çevrilebilir aksiyel akışa sahip olacaktır. Bahariye İstasyonu'nda ait fan tipleri mahal bazlı olarak Ek A3'de ve üç boyutlu gösterimi Çizelge 5.5'de yer almaktadır.

**Çizelge 5.5 : Bahariye İstasyonu Fan Çeşitleri 3 Boyutlu Gösterimi.**


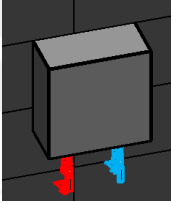
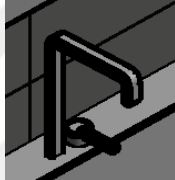


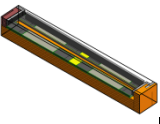
HRV	Aksiyel Fan - EXF	Kanal Tipi Fan	Hücreli Fan
			

#### **Sıhhi Tesisat Sistem Varlıkları:**

İstasyon içinde sızabilecek suların tahliyesi için bir drenaj sistemi öngörülmektedir. Bahariye İstasyonu'nda drenajın toplanacağı çukurlar, peron katta istasyonların iki ucunda konumlandırılmıştır. Her bir merdiven grubunun alt kotlarına drenaj ızgarası yapılacaktır. Yürüyen merdiven ve asansör çukurları, kat döşemelerindeki drenaj ızgaraları, teknik alan döşemelerindeki süzgeçler ve üzeri yağmura açık havalandırma şaftlarının zeminindeki süzgeçlerin drenaj suyu, drenaj çukurlarına akıtılmaktadır.

Bilet holünde bulunan yolcu ve personel WC'lerde sıcak su ve soğuk su tesisatı yapılmaktadır. Sıcak su gereksinimleri duvara monte edilecek depolu elektrikli ısıtıcılarla sağlanmaktadır. Akü odalarına göz yıkama ünitesi konularak temiz su beslemesi yapılmaktadır. Ayrıca, yolculu alan tuvaletlerinde, personel tuvaletlerinde ve temizlik odasında lavabo ile musluk tasarlanmaktadır. Tez çalışmasında sıhhi tesisat sistem varlıklarından; lavabo, elektrikli su ısıtıcısı, musluk, acil göz yıkama, süzgeç ve ızgaraların projenin başından itibaren yönetilmesi planlanmaktadır. Bahariye İstasyonu'na ait lavabo, elektrikli su ısıtıcısı, musluk, acil göz yıkama, süzgeç ve ızgaralar mahal bazlı olarak Ek A4'de ve üç boyutlu gösterimi Çizelge 5.6'da yer almaktadır.

**Çizelge 5.6 : Bahariye İstasyonu Sıhhi Tesisat 3 Boyutlu Gösterimi.**

Lavabo	Elek.Su Isıtıcısı	Musluk	Acil Göz Yıkama	Süzgeç	Izgara
					

### 5.5.2.3 Elektrik Sistem Varlıkları:

Ataköy-İkitelli Metro hattında elektrik enerjisi, Yerel Elektrik Dağıtım Şirketi tarafından tahsis edilecek Çobançeşme istasyonu OG ekipman merkezinden sağlanacaktır. Temin edilen enerjinin metro hattında kullanımı için her yolcu istasyonunda istasyon iç ihtiyaçları için yardımcı güç trafoları tesis edilecektir. Orta gerilim güç dağıtım şebekesi üzerinde istasyon içinde cer gücü ve/veya yardımcı güç trafo merkezleri oluşturulacaktır. En üst düzeyde bir güvenilirlik için 34,5 kV'luk orta gerilim güç kabloları askılar üzerinde döşenecektir. Ayrıca tüm panoların ayaklı bir sehpa üzerine vidalarla tutturulmuş ve ayakta duran bir insanın müdahale edebileceği şekilde yerleştirilmesi istenmektedir (Teknik Şartname, 2016). Bütün panolarda genel arıza bilgisi hem pano üzerindeki sinyal lambasına hem de Scada'ya taşınmaktadır.

İstasyonun orta gerilim ve alçak gerilimi için gerekli pano, trafo, UPS, redresör, scada paneli ve aküler Bahariye İstasyonu'nda mahal bazlı olarak değerlendirilerek bu varlıkların projenin başından itibaren yönetilmesi planlanmaktadır.

### **OG Cer Gücü Odası:**

Teknik Şartnameye göre tek konkorslu cer ekipmansız istasyonlarda, istasyonun ortasına 1 adet, min. 140 m<sup>2</sup> ve 5 m yüksekliğinde OG Ekipman Odası istenmektedir. Bu sebeple, Bahariye İstasyonu bilek holü katının orta bölgesine 173 m<sup>2</sup> ve 6,5 m yüksekliğinde OG Ekipman Odası tasarlanmıştır. OG odasında altı adet orta gerilim hücresi - pano bulunmaktadır. Bu panolar, orta gerilim motorlarının ve trafoların güç ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır ve hücre yerleşimleri kablo güzergahları dikkate alınarak yapılmaktadır. Ayrıca, OG odasında iki adet trafo (power transformers) bulunmaktadır. Bu trafolar aletlerin düşük gerilimle çalışmasını sağlamaktadır. Bakım - onarım gerektirmesi durumunda bu trafolar raylar ile taşınabilmektedir. İleride yeni hücrelerin eklenmesi veya çıkartılmasını kolay kılacak modüler bir yapıya sahip olarak tasarlanması işletme tarafından istenmektedir. Ayrıca, duvar ile ekipmanların arka kısımları arasında, personelin rahatlıkla çalışabileceği kadar yeterli boşluk bırakılarak tasarlanması istenmektedir. Bahariye İstasyonu, OG odası ekipman listesi Ek A5'de, plan yerleşimi ise Şekil 5.17'de gösterilmiştir.

Hücrelerde/panolarda, kesici bölmesi, fider bölmesi, ana bara bölmesi, kumanda ve kontrol bölmesi olmak üzere birbirinden bağımsız dört bölüm bulunmaktadır. Ancak bu detayda modelleme yapılmamıştır. OG-AG ekipman odaları içindeki bütün OG, AG sistemlerine ait analog değerlerin okunması gerekli ölçü aletleri, Scada üzerinden yapılmaktadır.



**Şekil 5.17 : OG Odası Plan Yerleşimi.**

OG panolarının teknik özellikleri Çizelge 5.7’de belirtilmiştir.

**Çizelge 5.7 : Bahariye İstasyonu OG Pano Teknik Özellikleri.**

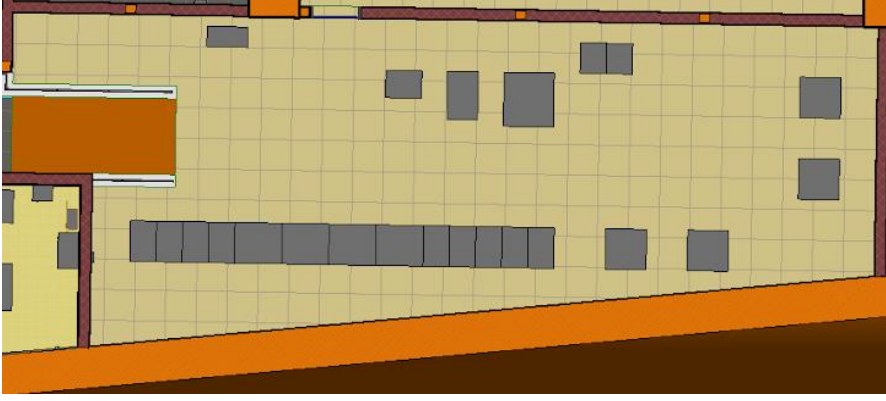
Standart	TSE EN 62271-200
Çevre Koşulları	-5 °C min., +40 °C maks., %95 nem oranı
Koruma Sınıfı	Dış gövde: IP 4x; hücre içi : IP 2x
İşletme Gerilimi	34,5 kV
Temel İzolasyon Seviyesi	170/70 kV
Kısa Devre Dayanımı	Anma kısa devre akımına en az 1 sn süre ile dayanacaktır.

### **AG Odası:**

İstasyonlardaki tesisatlar için gerekli güç, istasyonların OG Ekipman odalarında tesis edilmiş olan ve 34,5 / 0,4 kV iç ihtiyaç trafolarından beslenen LVS ana dağıtım panolarının (AG Odası) çıkışlarından sağlanmaktadır. Pano iç elemanları, bitişik bölmelere ark atlamaları nedeniyle bir arıza oluşumu önlenmiş şekilde yerleştirilmektedir. Herhangi bir pano içi bölmesi içindeki arıza, diğer bölmeleri etkilememesi beklenmektedir.

Bahariye İstasyonu AG Odasında; 19 LVS pano, 1 UPS, 1 Trafo ve 1 redresör cihazı bulunmaktadır ve bu odaya giriş personel ve teknik alan koridorundan sağlanmaktadır. LVS Pano elektrik enerjisinin ana dağıtımının yapıldığı panolardır. Scada PCS Paneli, saha ekipmanlarından gelen verileri alarak, kumanda merkezi ve istasyon kontrol odası birimlerine iletmek üzere depolamaktadır. UPS, elektrik kaynağının kesilmesi ya da bozulması durumunda güç sağlamaktadır ve herhangi birinin dışarıdan denetimini gerektirmeksizin çalışmaktadır. Trafolar, taşıma ve montaj kolaylığı açısından tekerlekli olacak, işletme anında bu tekerlekler depreme uygun takozlar konularak sabitlenecektir. Redresör ise, akü üreticilerinin optimal şarj akım-gerilim karakteristikleri göz önüne alarak akü grubunu şarj edecek yapıda bulunmaktadır.

AG ana dağıtım panolarından çıkan kablolar yürüyen merdiven ve asansör panolarını, sinyalizasyon odası ekipmanlarını, tünel ve istasyon priz ile armatürlerini, tünel havalandırma fanlarını, istasyon emiş ve üfleme fanlarını, drenaj pompasını, yangın söndürme panolarını beslemektedir. Bahariye İstasyonu, AG odası ekipman listesi Ek A6’ da plan yerleşimi ise Şekil 5.18’de gösterilmiştir.

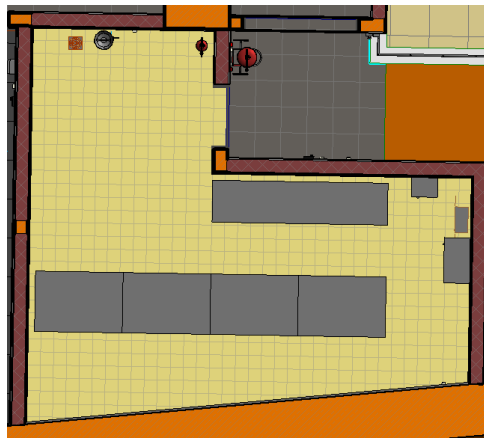


**Şekil 5.18 : AG Odası Plan Yerleşimi.**

#### **Akü Odası:**

Bahariye İstasyonu dahil tüm istasyonlarda akü odası AG odasının bitişiğinde tasarlanmaktadır ve bu odaya giriş AG odasının içinden geçiş kapısı yardımıyla yapılmaktadır. Teknik Şartnameye göre, hattın her istasyonunda AG ekipman odası bitişiğinde ayrı bir mahal olarak tasarlanan akü odasında, bir set halinde iki adet akü şarj cihazları ve aküleri temin ve tesis edilmesi istenmektedir. Bu sebeple, Akü grubu bu oda içinde özel taşıyıcı sehpalara üzerinde yerleştirilmektedir ve sürekli şarjlı vaziyette tutulmaktadır. Herhangi bir arıza sebebiyle şarj durumunun kesilmesi durumunda Scada'ya ihbar giderek gerekli tedbirlerin akülerin tamamen boşalmasına fırsat verilmeden alınması sağlanacaktır.

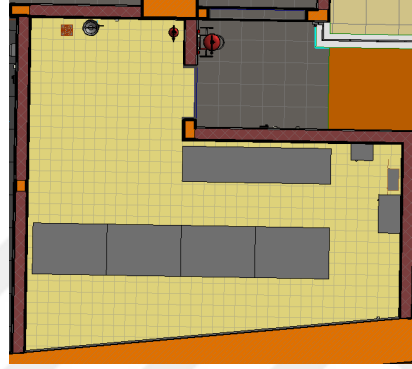
Akülerin ömür beklentisi en az 20 yıldır. Bahariye İstasyonu'nda akü yerleşimi dört adet raf , bir basamak ve iki aydınlatma priz panelinden oluşmaktadır. Bahariye İstasyonu, akü odası ekipman listesi Ek A7'de, plan yerleşimi ise Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.19 : Akü Odası Plan Yerleşimi.**

### **Elektrik Odası:**

Aydınlatma ve priz panoları tek pano olarak elektrik pano odası mahal adıyla elektriğin istasyona ait sistemlere dağıtımında kullanılan malzemelerin ve kabloların birleştiği kabindir ve her katta elektrik dağıtımı açısından uygun noktalarda tasarlanmaktadır. Bilet holü katında bir adet, peron katta ise eşit dağılım sağlanarak dört adet elektrik pano odası tasarlanmıştır. Odaya erişim her katta personel ve teknik alan koridorundan yapılmaktadır. Bahariye İstasyonu, elektrik odası ekipman listesi Ek A8’de, plan yerleşimi ise Şekil 5.20’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.20 :** Elektrik Odası Plan Yerleşimi: Bilet Holü Kat Planı

Projelerde tesis edilecek kablolar, otomatik şalterler, kontaktörler, röleler, sigortalar, devre kesiciler vs. gibi şalt ekipmanların varlık takibi yapılmayacaktır.

### **5.5.2.4 Mimari Sistem Varlıkları**

Teknik Şartnamede mimari sistem varlıkları ince işlerin altındadır. Yapıların ince işlerinin, gerekli ana malzemeler, yardımcı malzemeler ve işçiliğinin sağlanması Birim fiyat tariflerine ve şartnamelerine uygun olarak yapıp bitirilmesi amaçlanmıştır. Vaka çalışmasına yönelik, kapı ve pencerenin takibinin yapılarak projenin başından itibaren yönetilmesi planlanmaktadır.

### **Kapı:**

Kapılar Revit ailesi içerisinde oluşturulmuştur ve duvarlar üzerinde tanımlıdır. İkitelli Ataköy Metro Hattında, mimari uygulama projeleri paketi içinde kapı listesi sunulmaktadır ve tüm mahallere ait kapılarda kapı kodu ve kapı stili gösterilmektedir. Proje kapsamında beş farklı ölçüde kapı bulunmaktadır. Kanat sayısı tek olan kapı ölçüsü “1000 mm x 2200 mm”, çift olan kapı ölçüsü ise “1800 mm x 2200 mm” ‘dir. Yolcu ve personel tuvaletlerinde “800 mm x 2100 mm” kapılar kullanılmaktadır. Peron sonu kapıları ise 850 mm x 2050 mm ‘dir. Son

olarak, malzeme şaftı kapı yüksekliği trafo geçişi sağlamak amacıyla “2500 mm x 3500 mm” olarak tasarlanmaktadır.

İşletmenin görüşü doğrultusunda yolcu tuvaletlerinin sistem çözümünde, ofis odası; tüm ıslak alan (engelli wc, bebek bakım dahil) kapılarını görebilecek şekilde konumlandırılmaktadır. Ayrıca toplantılarda alınan karar doğrultusunda yolcu tuvaletlerinin ana girişi kapısız olarak tasarlanmıştır. Ek A9’da, Bahariye İstasyonu’na ait kapıların özellikleri bulunmaktadır.

#### **Pencere:**

Yer altında tasarlanan metro istasyonlarında sadece istasyon kontrol ve ofis odalarında toplamda iki adet pencere bulunmaktadır. İşletmenin görüşü doğrultusunda, istasyon kontrol odasında ve ofiste bulunan pencereler, turnike geçişlerinde yeterli görüş açısına sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bahariye İstasyonu pencere listesi Ek A10’da yer almaktadır.

#### **5.5.3 Varlık Bilgi Gereksinimlerini Belirleme (AIR)**

Yönetilecek varlıklara karar verdikten sonra bir sonraki aşama varlık bilgi gereksinimlerini belirlemektir. Parametreler veya veri alanları, binalardaki bakım görevlerini sağlamak için varlıkların özelliklerini tanımlamaktadır. ISO 19650-3 standardında (2020), AIM için gerekli olan parametreler yönetimsel, teknik, yasal, ticari ve finansal olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır ve varlık yönetim amacına göre varlık bilgi ihtiyacı düzeyinin minimum bilgi miktarına göre belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Varlık yönetimi amacıyla varlıkların bakım ve onarımlarına odaklanan vaka çalışmasında yönetimsel parametrelerin kullanılmasına karar verilmiştir.


#### **Yönetimsel Parametreler**

- Benzersiz varlık tanımlayıcıları
- Varlıkların konumu (coğrafi bilgi sistemleri veya mekansal referans kullanılır.)
- Varlıklarla ilgili mekansal veriler (oda boyutu, uzunluk vb.)
- Garanti süreleri
- Varlıklarla ilgili standart, prosedür ve süreçler,

- Bakım ve muayene programı.

Anket sonucunda varlık parametrelerin işletmeden işletmeye değişiklik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Ancak her katılımcı; benzersiz kimlik, varlık özellikleri, ekipman standartları, konum, seri numarası, üretici firma, kurulum tarihi, model numarası, bakım periyotları parametrelerin yönetilmesi gereken her varlıkta yer alması gerektiğini savunmuştur. Bu doğrultuda Bahariye İstasyonu özelinde seçilen varlıklardan dikdörtgen kanal tipi fan, kuru tip trafo ve redresör örneğinde oluşturulan varlık bilgi gereksinimleri Çizelge 5.8, Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da listelenmiştir.

**Çizelge 5.8 : Dikdörtgen Kanal Tipi Fan Varlık Bilgi Gereksinimleri**

Varlık Adı	Dikdörtgen Kanal Tipi Fan	
Varlık ID	S20-FS-202/203-1	
Boyut	1000x800 mm	
Akış	16000.0000 m3/h	
Varlık Konumu	M09/S20/352/202	
Omniclass Number	23.80.10.10.11	
Malzeme	Galvaniz	
Bakım Periyodu	3 ay	
Üretici Firma	Termofan	
Yedek Parça Stok Kodu	AGHJLNW5	
Seri Numarası/Barkod	FD603583467845	
Model	FDKF60-35A	
Kurulum Tarihi	01.07.2021	
Garanti Başlangıç Tarihi	01.07.2021	
Garanti Bitiş Tarihi	01.07.2023	

**Çizelge 5.9 : Kuru Tip Trafo Varlık Bilgi Gereksinimleri**

Varlık Adı	Kuru Tip Trafo	
Varlık ID	S20/ATR/202	
Çalışma Gerilimi	48V dc %80-125	
Çalışma Frekansı	47-63Hz (Input)	
Varlık Konumu	S20/345/201	
Omniclass Numarası	23.80.10.14.11	
Bakım Periyodu	6 ay	
Üretici Firma	ABB	
Yedek Parça Stok Kodu	PTLKYZWLU	
Seri Numarası/Barkod	SD173048030253	
Model	SD3048-30	
Kurulum Tarihi	03.07.2021	
Garanti Başlangıç Tarihi	03.07.2021	
Garanti Bitiş Tarihi	03.07.2023	

**Çizelge 5.10 : Redresör Varlık Bilgi Gereksinimleri**

Varlık Adı	Redresör	
Varlık ID	S20/BCB/201	
Kutu Rengi	RAL7035	
Kutu Boyutları	SR2x600x600x1300	
Çalışma Sıcaklığı	0C/+40C	
Varlık Konumu	S20/352/201	
Omniclass Numarası	23.80.10.17.11	
Malzeme	Galvaniz Sac 1.5mm	
Bakım Periyodu	3 ay	
Üretici Firma	EPC	
Yedek Parça Stok Kodu	RDNIPCZW3	
Seri Numarası/Barkod	SD133110030001	
Model	SD3110-030	
Kurulum Tarihi	01.07.2021	
Garanti Başlangıç Tarihi	01.07.2021	
Garanti Bitiş Tarihi	01.07.2023	

#### **5.5.4 Varlık Bilgi Standardını Oluşturma ve Bilgi Değişimde Format ve Altyapının Belirlenmesi**

Bina yaşam döngüsü boyunca verilerin depolanması, iletilmesi ve geri alınması gibi süreç aşamalarında oldukça fazla bilgi üretilir (Yang ve Ergan, 2017). BIM ve inşaat piyasasında meydana gelen teknolojik gelişmeler, üretilen ve dönüştürülen verilerin varlık olarak kullanma ihtiyacını artırarak bu konudaki beklentiyi de yükseltmiştir. Bilgi artışını kontrol etmek ve AEC endüstrisinin güvenini kazanmak amacıyla, inşaat sektöründe tüm bilgilerin kapsamını inceleyecek bir kurumsal standart gereklidir (Akçamete, 2011). BIM kullanılan bir projede varlık bilgi modeli proje ortakları, alt taşeronlar ve ürün tedarikçileri ile paylaşılır. Paylaşılan bilginin tutarsız olması ve bir standarda bağlanmaması ekipler arasındaki iletişimi zorlaştırmaktadır. Howard ve Keijer'e göre bilgileri sistematik bir şekilde düzenlemek, verimi artırmak da önemli bir adımdır (2001). Bu amaçla farklı ülkelerde, farklı sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. Bilgi alışverişinin fazla olması ve projede yer alan ekiplerin arasındaki iletişimi kolaylaştırmak amacıyla, verinin bina yaşam döngüsü boyunca uluslararası seviyede kullanma ihtiyacını ortaya koymaktadır. Anket çalışmasında BIM tabanlı TY uygulamalarında çalışan uzmanlar tarafından en çok uluslararası standartların (Masterformat, Unifomat, Omniclass ve Uniclass) kullanıldığı ortaya çıkmıştır. Bu sebeple, aşağıdaki başlıklarda uluslararası standartların vaka çalışması için uygunluğu tartışılacaktır.

Bilgi artışını sistematik bir şekilde düzenleyerek projeye dair bilgilerin tutarlı, öngörülebilir ve doğru içeriğe sahip olmasını sağlayan bir diğer araç ise adlandırma kurallarıdır. Literatür araştırması Bölüm 2'de yer verilen adlandırma kuralları, varlıkları tanımlayarak kullanıcıların bilgi erişimini kolaylaştırmaktadır. Projeye özel geliştirilebileceği gibi, BuildingSMART gibi özel kuruluşlar tarafından standartlar geliştirilerek standartlaştırılmıştır. Anket sonucunda belirtildiği üzere, vaka çalışmasında bütüncül bir yaklaşım sergileyebilmek amacıyla ISO 19650-2 adlandırma standardının kullanılmasına karar verilmiştir. İkitelli Ataköy Metro Hattı yapım işinde ISO 19650-2 standardı kullanılması sebebiyle aşağıdaki başlıklarda adlandırma kurallarındaki mevcut durum analiz edilecektir.

Bina yaşam döngüsünde, tek bir yazılım veya veritabanıyla projenin her aşamasında eşit derecede katkı sağlamak mümkün değildir. Bu sebeple, yazılımlar arası bilgi entegrasyonları sağlanmalıdır. Proje bilgi enformasyonunun aktarılabilmesi için, TY

kurumsal sistemleri projenin en başından itibaren kullanılan BIM yazılımları ile uyumlu olmalıdır (Kiviniemi ve Codinhoto, 2014). Bölüm 3.2 de belirtildiği üzere, inşaat sektöründe veri alışverişini mümkün kılan ve işbirlikçi yaklaşımı destekleyen veri değişim uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar IFC ve COBie gibi açık ve tarafsız standartlar olabileceği gibi, yazılım tabanlı veri değişim araçları olabilmektedir. Anket çalışmasında, her katılımcının BIM ile veri alışverişinin sağlanabildiği TY yazılım araçlarını tercih ettiği ve yalnızca 3 katılımcının projelerinde açık standart kullandığı ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda, en çok tercih edilen yazılım araçlarının (Archibus, Ecodomus, BIM 360 Ops) vaka çalışmasında uygunluğu tartışılarak varlık yönetimine yönelik test ortamı oluşturulacaktır.

#### **5.5.4.1 Bahariye İstasyonu Sınıflandırma Standardı Önerisi**

Bahariye İstasyonu' nda BIM Uygulama Planı ve Teknik Şartnamelerde sınıflandırma standartları hakkında bir yönlendirme yapılmamıştır. Başlıca uluslararası yapı sınıflandırma standartlarının literatür araştırması 2.6'da yapılmıştır ve AIM'e yönelik sınıflandırma standartlarında olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır (Keady, 2013).

- Standardın güncellenebilir açık bir standart olması,
- Nesne tabanlı bir standart olması,
- Uluslararası standartlara uygun olması,
- Farklı birimler tarafından kolaylıkla kullanılabilmesi,
- BIM ile uyumlu olması,
- İşlev odaklı olması.

Bölüm 2.6'da bahsedildiği üzere uluslararası piyasada, hiyerarşik ve yönlü (faceted) olmak üzere iki çeşit sınıflandırma tekniği tercih edilmektedir. Hiyerarşik sınıflandırma tekniğinde bir tesisat borusu yalnızca sıhhi tesisat altında gruplandırılabilir. Ancak yönlü sınıflandırma tekniğinde yapı sistemlerinden sıhhi tesisata kadar bir gruplandırma yapılmaktadır. Yangından korunma sisteminde aynı boruyu temsil eden bir nesne var ise yönlü sınıflandırmada bu iki sistem birleştirilerek sınıflandırılabilir. Ancak hiyerarşik sınıflandırma tekniğinde bu mümkün değildir (Ekholm, 1996). Bir başka deyişle, aynı sınıflandırma sisteminde gruplandırılan nesnelere farklı gruplarda sınıf olmamaktadır. Bu sebeple; hiyerarşik

sınıflandırma tekniğine sahip Masterformat ve Uniformat, uluslararası bir standart olmasına rağmen TY sınıflandırma sistem niteliği taşımamaktadır. Uniformat, ISO 12006-2 standartlarında belirtilen çerçeveye uyması sebebiyle, Masterformat' dan ayrılır. Ancak, Uniformat, Omniclass ve Uniclass ile karşılaştırıldığında, Omniclass ve Uniclass'ın eleman kodlama sayısı yedi kat daha fazladır (Afsari ve Eastman, 2016; Lou ve ark. 2008). Uniformat kullanılması durumunda, yeni elemanların eklenmesi ile birlikte sistem projeye özgü olarak geliştirilecektir. Bu durum, farklı birimler arası veri alışverişine engel olmaktadır. Bu özelliğiyle de uluslararası bir standart olmasına rağmen TY sınıflandırma sistem niteliği taşımamaktadır (Afsari ve Eastman, 2016).

Uniclass ve Omniclass nesne tabanlı sınıflandırmaya uygundur ve yapının tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar tüm aşamalarını sınıflandıran bir sistemdir. Nesne tabanlı olmaları BIM ile uyumlu olmasını kolaylaştırmaktadır. Her iki sınıflandırma sisteminde yönlü sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Bu sebeple, yeni eleman eklemeye uygun bir yapısı vardır. Böylece, farklı birimler tarafından kolaylıkla kullanılabilir. Tabloları varlık ve tesis yönetimi için tasarlanmıştır. Ayrıca her iki standartta, güncellenebilir açık standart özelliği taşımaktadır. Sonuç olarak, TY'ye yönelik sınıflandırma standartlarında olması gereken özellikleri karşılamaktadır (Kula ve Ergen, 2018).

Omniclass, hiyerarşik sınıflandırma tekniğine sahip Masterformat ve Uniformat tablolarını içermektedir. Omniclass'ın asıl amacı nesnelere koordineli tablolara ayırmaktadır. Ayrıca, tüm sınıflandırmalara benzersiz tanımlayıcı atamaktadır. Varlıkları sınıflandırma da daha güçlü tablolara sahiptir (Omniclass, 2019). Bakım ve onarım dokümanlarının devir aşamasını yapılandırmak için kullanılmaktadır. Bu sebeple Bahariye İstasyonu özelinde sınıflandırma sistemi olarak Omniclass kullanılacaktır. Bahariye İstasyonu özelinde seçilen varlıklardan; kuru tip trafo, UPS, Akü Grubu ve Redresör Cihazına ait omniclass tanımlayıcıları Revit Classification Manager ile oluşturularak Çizelge 5.11' de gösterilmektedir.

**Çizelge 5.11 : Bahariye İstasyonu Özelinde Seçilen Varlıkların Omniclass Tanımlayıcı Örneği.**

<b>Varlık</b>	<b>Omiclass Başlığı</b>	<b>Omiclass Numarası</b>
Kuru Tip Trafo	Power Transformers	23.80.10.14.11
UPS	Uninterrupted Power Supply (UPS) Units	23.80.10.24.17
Akü Grubu	Battery Racks	23.80.10.24.11.11
Redresör Cihazı	Static Rectifiers	23.80.10.17.11

#### **5.5.4.2 Bahariye İstasyonu Adlandırma Standardının Değerlendirilmesi**

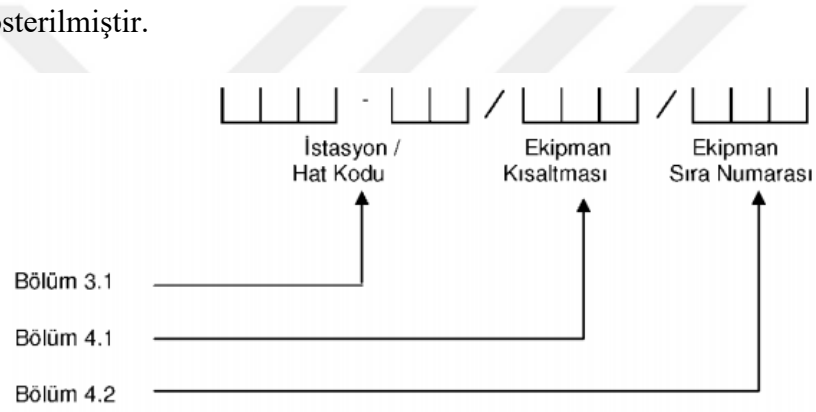
Varlıkları yönetmenin temel adımı onları isimlendirerek sınıflandırmaktır. BIM modelinde oluşturulan sanal varlıkları bina yaşam döngüsünde takip edebilmek amacıyla varlıklara ait parametre, açıklama ve adlandırmaların bir kural düzleminde yapılması ve bina yaşam döngüsünde bilgilerin tutarlı olabilmesi için standardizasyonun varlık parametrelerini de kapsamaması gerekmektedir. Ayrıca, bilgi alışverişinin daha verimli olması amacıyla, üretici firmadan gelen teknik veriler, garanti belgeleri, bakım onarım periyotları gibi bilgiler projenin en başından itibaren belirlenen adlandırma kuralı doğrultusunda varlıklara işlenmelidir (NBS, 2021).

ISO 19650-2 standart yapısına uygun İkitelli Ataköy Metro Hattı'nda adlandırmaya yönelik doküman kodlama raporu, mahal ve varlık kodlamaları geliştirilmiştir.

Doküman kodlama sistemi, tüm çizim ve yazılı belgeleri alanlara ayırarak düzenlemektedir ve Şekil 5.21'de gösterilmektedir. 1. Alan, hat numarası olup ATİ kapsamında "M09" olarak belirlenmiştir. 2. Alan, hattın, ana yapılarına ait genel tanımlayıcıdır (istasyon, viyadük, araç bakım atölyesi vs.). Alfabetik karakterlerden oluşur. 3. Alan, 2. Alana ait sıralamaları belirtir ve nümerik karakterlerden oluşur. 4. Alan, bilgi niteliğinde olup doküman kodlamada yazılmadan geçilecektir. 5. Alan, 4. Alana ait yapının alt yapılarını (alt bölgeler, kırılımlar; istasyon kontrol odası, engelli WC, elektrik pano odası vs.) belirtir ve alfanümerik karakterlerden oluşur. 6. Alan, seviye ve ray hattına dair bilgileri (peron katı, bilet holü katı vs.) belirtir ve alfanümerik karakterlerden oluşur. 7. Alan, sistemleri (mimari ve ince işler, kaba inşaat işleri vs.) belirtir ve alfabetik karakterlerden oluşur. 8. Alan, 7. Alandaki sistemlere ait alt sistemleri belirtir (boya, panolar, kablolar vs.) ve nümerik



Varlık kodlama sistemi, ATİ kapsamında kullanılacak olan varlık numaralandırılması için gerekli kodlama kurallarını tanımlamaktadır. Kodlama, alfanümerik 3 alt alandan oluşur. 1. Alan, diğer kodlamalarda olduğu gibi istasyon/hat kodudur. 2. Alan ekipman kısaltması, dört haneli alfanümerik kodlama ile tanımlanan kısımdır. Metro İstasyonlarında kullanılan ekipmanlar için ekipman kısaltılması geliştirilmiştir. 3. Alan mahal sıra numarası, mahal kodlama sisteminde olduğu gibi numerik üç hane ile tariflenir ve mahalın istasyon içindeki lokasyonunu tarifler. Ekipman numaralandırmada 10'u aşan ekipmanlar, bir önceki hanede yer alan yön kodlarının üstüne eklenerek devam eder. Bu kodlama kuzey için 01'den başlayarak 49'a kadar, güney için 51'den 99'a kadar çıkabilir. Ekipman adetine göre değişen kodlama sistemini yönetmek kolay değildir. ATİ varlık kodlama sistemi Şekil 5.23'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.23 :** Onaylı ATİ Varlık Kodlama Sistemi.

Mevcut durumda doküman kodlama sistemi; hattı, istasyonu, projeyi, sistemleri ve revizyonları tanımlayarak projeleri birbirinden ayırt etmeyi ve klasörleri düzenlemeyi kolaylaştıran bir kodlama yapısına sahiptir. Mahal kodlama sistemi, hattı, istasyonu ve bulunduğu odayı ayırt etmeyi sağlayan ve bir istasyonun birden fazla aynı mahali içermesi durumunda odaları sıralayan bir kodlama yapısına sahiptir. Bu sebeple her iki adlandırma kuralı da önerilmektedir. Varlık kodlama sistemi ise; hattı, istasyonu, ekipman kısaltmasını ve bir istasyonun birden fazla aynı ekipmanı içermesine yönelik ekipmanları sıralayan bir kodlama yapısına sahiptir. Mevcut durumdaki varlık kodlama sistemi ATİ hattı kapsamında varlıkları isimlendirme ve sıralamada yeteriyken ekipman kısaltmalarının yalnızca ATİ ekipmanlarını kapsaması sebebiyle hatlar genelinde yetersizdir. Aynı durum, Bahariye İstasyonu'nda işletme tarafından başka bir ekipmanın gerekli görülmesi veya satın alınması için de geçerlidir. 2. Alan olan Ekipman kısaltmalarının

genişletilerek hat genelinde uygulanması ve 2. alandan sonra farklı birimler tarafından kolaylıkla kullanılması ve nesne tabanlı olması sebebiyle omniclass sınıflandırma numarasının kullanılması önerilmektedir. Çizelge 5.12’de önerilen varlık kodlama sistemi ve Çizelge 5.13’de kuru tip trafo örneği üzerinden adlandırma tanımlaması gösterilmiştir.

**Çizelge 5.12 : Nihai durumda Yapılan Varlık Kodlama Sistemi.**

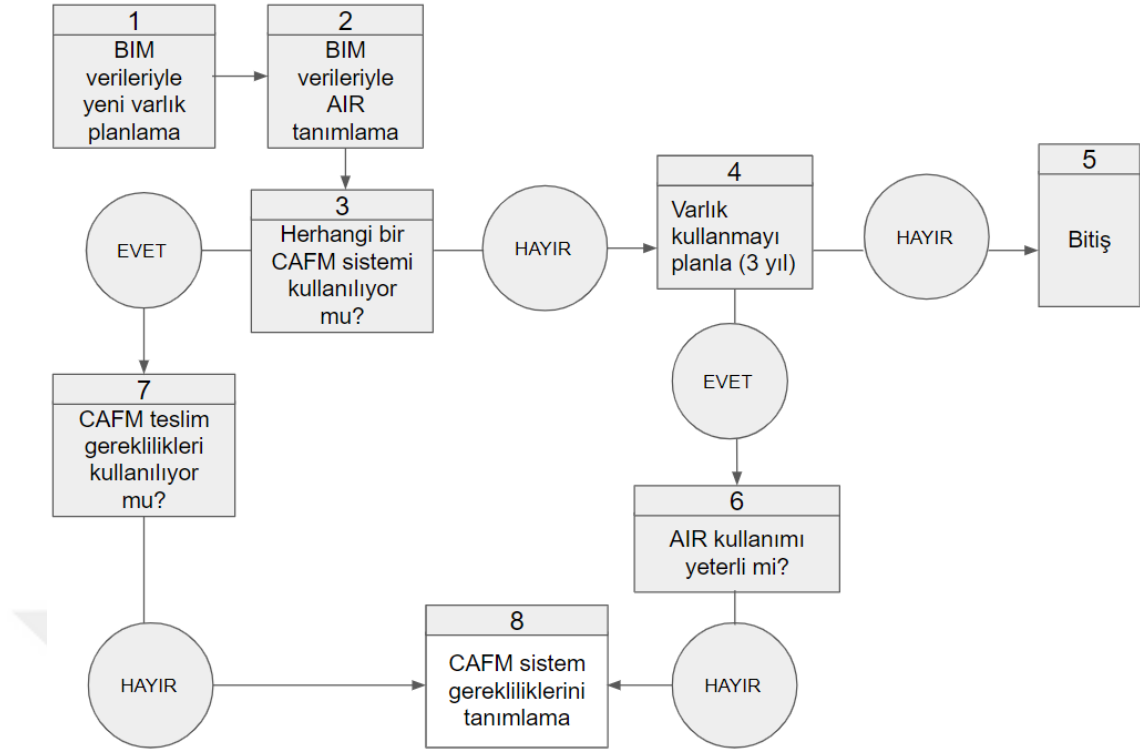
Hat Kodu	İstasyon Kodu	Ekipman Kısaltması	Omniclass Numarası	Ekipman Sıra Numarası
----------	---------------	--------------------	--------------------	-----------------------

**Çizelge 5.13 : Bilet Holü Katı OG odasında bulunan Kuru Tip Trafonun Adlandırılması.**

M09	S20	ATR	23.80.10.14.11	202
-----	-----	-----	----------------	-----

#### **5.5.4.3 Bahariye İstasyonu Tesis Yönetimi Yazılım Önerisi**

Bahariye İstasyonu’nda bilgi modeli BIM tabanlı parametrik bir yazılım olan Revit ile oluşturulmaktadır. Koordinasyon süreci Navisworks, planlama MS Project ve Tilos yazılımları ile yürütölmektedir. Nihai durumda, vaka çalışmasına yönelik üretici bilgileri, bakım onarım periyotları, varlık performans özellikleri, sınıflandırma sistem tanımlayıcıları gibi geometrik olmayan bilgilerin de projeye eklenmesi ile yönetilmesi zor bir bilgi modeli meydana gelmektedir. Bir yapıda yapılması gereken temel işlerin ve insan yaşamının verimliliğini arttırmak için insanları, aktiviteleri ve zamanı bütünleştiren işbirlikçi çalışma ortamına ihtiyaç duyulmaktadır. İşveren eş zamanlı görevlendirmelerde bilgi üretiminin koordineli olmasını istemektedir (ISO 19650-3, 2020). Bu koordineli çalışma ortamı BIM yazılımıyla entegre olabilen TY yazılım araçları ile sağlanabilmektedir. Şekil 5.24’de bilgisayar destekli tesis yönetimi (CAFM) sistem gerekliliğine ait akış şemasının bir kısmı yer almaktadır (Thomas, 2017).

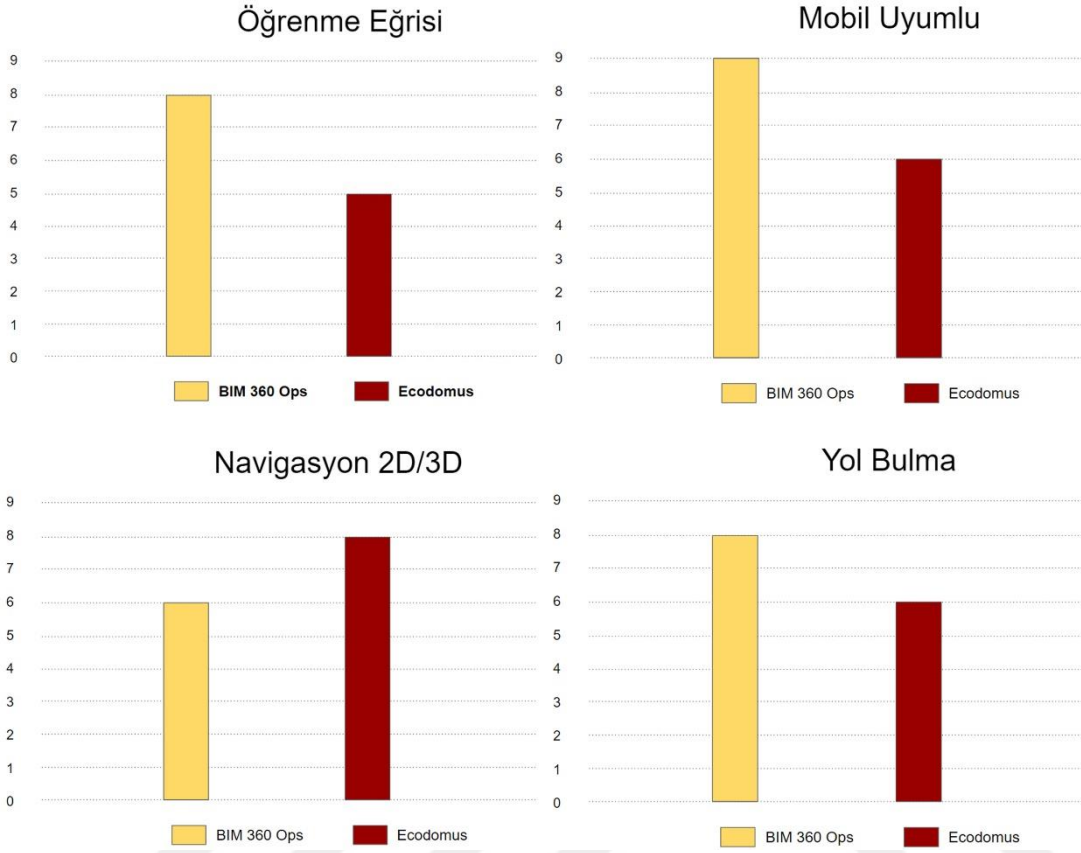


**Şekil 5.24 :** CAFM Sistem Gerekliliği Akış Şeması (Thomas, 2017).

BIM yazılımları ile entegre olabilen ve tesis veri kaynaklarını içererek veriler arasında ilişki kurabilen TY yazılımları sayesinde bakım ve onarım gerektiren envanterler yönetilmektedir. Literatür araştırmasında Bölüm 3.2.2’ de yer verilen Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops yazılım tabanlı veri değişim araçları varlıkları ve alanları izleyerek kontrol etme, yönetme ve bakımını yapma olanağı sunmaktadır. Her üç yazılımla da önleyici bakım senaryoları oluşturularak bakım yönetimi programları iyileştirilir ve proje yaşam döngüsü boyunca aktif olarak rol alırlar. Bu durumda maliyetleri düşürerek verimin artmasına sebep olmaktadır. Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops’un özellikleri Çizelge 5.14’de gösterilmektedir.

Yapılan bir araştırmada, BIM tabanlı varlık yönetiminde BIM 360 Ops ve Ecodomus’un projenin ölçeğine ve büyüklüğüne bakılarak değerlendirilmesi yapılmıştır (Stone, 2019). Fan, sıhhi tesisat, sprinkler, yangın alarm panelleri gibi varlıklar üzerinden hem BIM 360 Ops, hem de Ecodomus yazılımlarında görevler oluşturularak teknik personeller görevlere atanmıştır. Analizlerin sonunda, BIM 360 Ops yazılımının kullanım kolaylığı, mobil uygulamasının başarılı olması ve yazılım sayesinde oluşturulan görevlerin varlık bakım periyotlarını sağlayarak kontrol süreçlerini hızlandırdığı belirtilmiştir. Ecodomus’un ise üç boyutlu görüntüleme ile iki boyutta varlık kontrolü ve alan planlamasında BIM 360 Ops’a kıyasla daha

verimli olduğu vurgulanmıştır. Şekil 5.25’de çıkarılan sonuçlar grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.25 : BIM 360 Ops ve Ecodomus Analiz Grafikleri (Stone D., 2019).

Bölüm 3.2.2’de yapılan literatür araştırması doğrultusunda Ecodomus, Archibus ve BIM 360 Ops yazılımlarının işletme aşamasında TY yazılımlarından beklenen fiyatlandırma, sistem, üç boyutlu görüntüleme, veri takibi, rapor oluşturma vb. özellik değerlendirmesi Çizelge 5.14’de listelenmiştir. Tablo, üç yazılımın da TY’ ye yönelik beklenen özellikleri karşıladığını göstermiştir. Ancak, fiyatlandırma konusu ayırt edici bir unsurdur. IWMS yazılım sistemine ait Archibus’ın içeriğinde, 250’den fazla eş zamanlı kullanıcı gerektiren ve raylı sistemler gibi büyük ölçekli projelerde ikinci bir Archibus Web Central kurulumunun satın alınması beklenmektedir (Lasalle J., 2021). Bu durumda müşteriler için ekstra maliyete sebep olmaktadır. Benzer bir durum yine IWMS yazılım sistemine ait Ecodomus için de geçerli olup kullanıcı kişi sayısına göre maliyetlendirme yapılmaktadır. BIM 360 Ops yazılımı ise, bir projede sınırsız depolama ve kullanıcı imkanı sunmaktadır.

**Çizelge 5.14 : Ecodomus, Archibus ve BIM 360 Ops Yazılım Özellikleri.**

	<b>Ecodomus</b>	<b>Archibus</b>	<b>BIM 360 Ops</b>
Fiyatlandırma	Ücretli	Ücretli	Ücretsiz - 1 projede sınırsız depolama ve kullanıcı imkanı
Sistem	IWMS	IWMS	CMMS
3D BIM	✓	✓	✓
BIM Yazılımları ile Entegrasyon	✓	✓	✓
Mobil BIM	✓	✓	✓
Varlık Görünümü	✓	✓	✓
Çevrimiçi 3D Navigasyon	✓	✓	✓
3D Veri Takibi	✓	✓	✓
Rapor Oluşturma	✓	✓	✓
Ortak Veri Ortamı (CDE)	✓	✓	✓
BIM Veri Kalitesi ve Kontrolü	✓	✓	✓
Önleyici Bakım Otomasyonu	✓	✓	✓
İş Ataması ve Takibi	✓	✓	✓
Bakım Talep Yönetimi	✓	✓	✓
Sorun Yönetimi	✓	✓	✓
Dışarı Aktarma Seçenekleri	COBie excel xml .csv	.cvs SFTP (SSH Dosya Aktarım Protokolü veya Güvenli Dosya Aktarım Protokolü)	.cvs xml
Özel Entegrasyonlar	API	API	API
Sersör Sistemi	✓	✓	✓

BIM 360 Ops'un geliştiricilerinden Winstanley (2016) piyasadaki diğer TY yazılımların üç eksiğinden bahsetmektedir. TY yazılımlarının ücretli olmaları, dağıtımlarının pahalı ve zaman alıcı olması, son olarak ise çoğunun yanlış insanlara hizmet ettiğini ifade etmektedir. Tesis yönetimine yönelik Archibus, Ecodomus gibi

IWMS yazılımları modüler olarak çalışır ve ücretlidir. Proje sahipleri her modül için ödeme yapmaktadır. Winstanley (2016), proje sahiplerinin ihtiyaç duymadıkları her modül için ödeme yaptıklarını ve sistemi kurmak için çok zaman harcadıklarını vurgulamaktadır. Royal BAM Group tarafından yönetilen BAM İrlanda okul projesinde varlıkların bakım ve onarımı amacıyla BIM 360 Ops kullanılmıştır. Royal BAM Group diğer CAFM yazılımları ile kıyaslayarak okul projesinin sistem kurulumunda 18.000 dolar tasarruf ettiklerini belirtmiştir. Ayrıca, BIM modelinden BIM 360 Ops yazılımına sadece 15 dk içinde, 9.000 varlık aktarabildiklerini ve eski projelerinde verileri CAFM yazılımlarına aktarmanın aylar sürdüğünü ifade edilmiştir (Murff, 2017).

BIM 360 Ops'un ücretsiz, kolay ulaşılabilir ve özelleştirilmesi kolay olması, varlık temelli bir yaklaşım sergilemesi ve projenin her aşamasında bilgi alışverişini sağlayarak süreçleri kolaylaştırması göz önünde bulundurulduğunda Bahariye İstasyonu'nda BIM 360 Ops kullanılarak vaka çalışmasına yönelik test ortamı oluşturulmasına karar verilmiştir.

#### **5.5.5 Varlık Bilgi Modelinin Oluşturulması (AIM)**

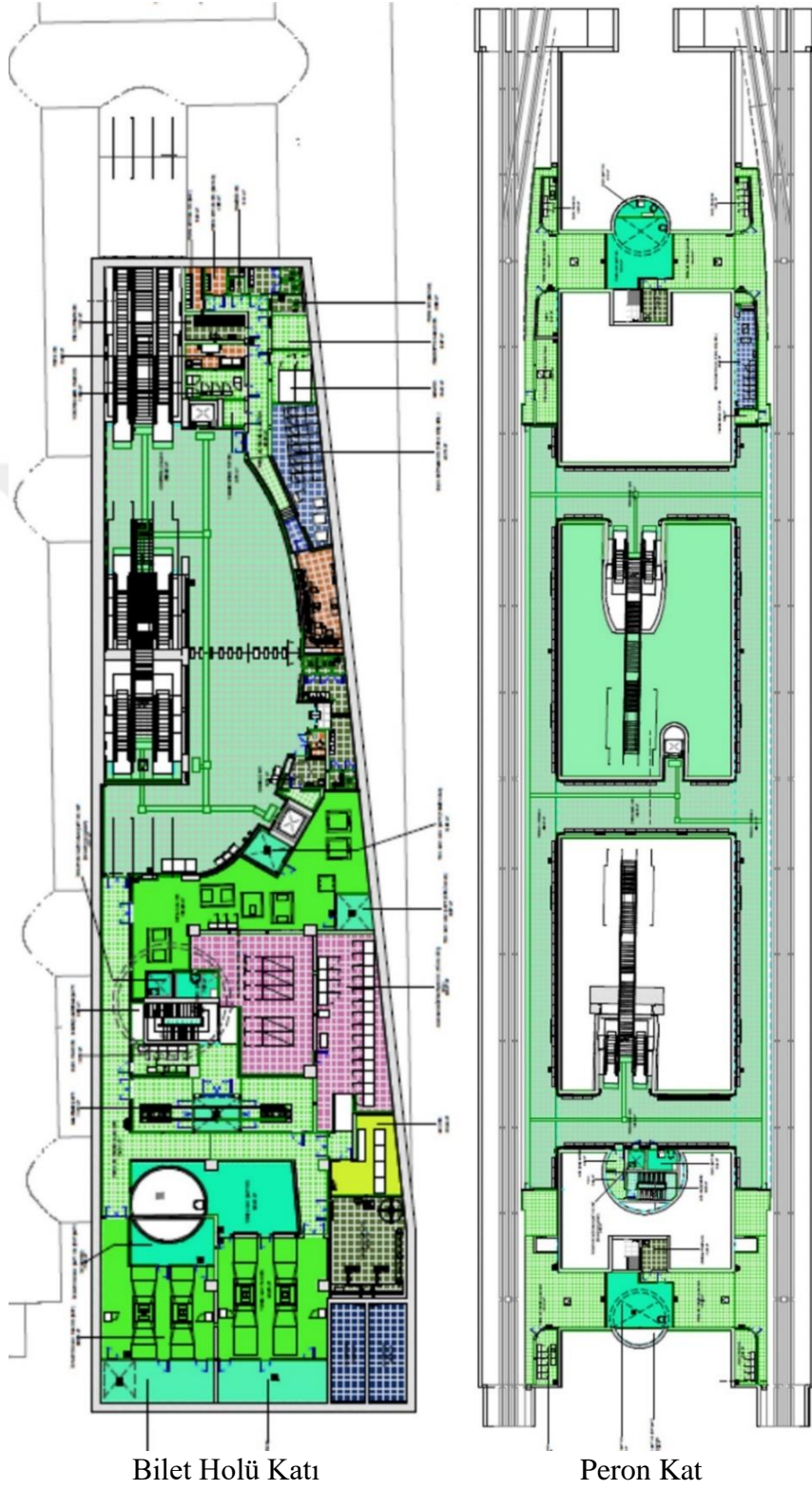
Bilgi toplayıp, üretilebilen, analiz edilip paydaşlar arasında paylaşılan BIM verileri, entegre çalışma sağlamak, zamandan tasarruf etmek ve iletişimi kolaylaştırmak gibi sebeplerle bina yaşam döngüsü boyunca transfer edilerek spesifik alanlarda kullanılmaktadır. BIM ile hazırlanan yapı bilgi modeli konsept, tasarım, yapım, maliyet, işletme ve yönetim bilgilerinin tamamını içermektedir. Ancak projeyi geliştirmek veya spesifik alanlarda kullanmak için bu bilgilerin tamamını kullanmaya gerek yoktur. Lawrence (2019), BIM'in başarılı olmasını tasarımcı ile işletmenin birbirlerinin düşünce yapısını kavramaları ile ilgili olduğunu vurgulayarak işletmenin kullanımına uygun olmayan detaylı ve karmaşık bir modelin teslim edilmemesi gerektiğini, modelin tesis yönetimine ve ihtiyaçlara uygun olarak sadeleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Projenin başından itibaren birçok bilgiyi barındıran ve bir bilgi deposuna dönüşen BIM Modellerinin, yapı işletmeye teslim edildikten sonra bilgi verimini artırmak amacıyla, varlık bilgi gereksinimleri için belirlenen koşulları koruyarak, bazı bilgilerin arşivlenmesi ve modelin sadeleştirilmesi gerekir. Aşağıdaki maddelerde bilgi modelini AIM'e aktarma aşamasında geliştirilen adımlar sırasıyla yer almaktadır.

- İlk olarak Revit model merkez dosyadan ayrılarak geçici bir konuma kaydedilmelidir.
- Manage Links sekmesinde tesis modeli için gerekli olmayan bağlantılar kaldırılmalıdır. Örneğin, yer altı yapılarında arazi modeli.
- View sekmesinde revizyonlar komutu seçilerek daha önceki revizyonlar kaldırılmalıdır.
- Her kat ve tavan planında Görünürlük (Visibility) sayfasından, çalışma setlerinin(workset) görünürlüğü açılarak, tüm filtreler kaldırılmalıdır.
- Revizyon bulutu, ölçülendirmeler, akslar, açıklamalar, notlar kaldırılmalıdır.
- Tesis modelinde kontrol edilmesi planlanmayan varlıkların görünümü kaldırılmalıdır.
- Project browser'da yalnızca her seviye için kat ve tavan plan görünümü kalacak şekilde diğer tüm görünümler kaldırılmalıdır. (Kategori değil yalnızca görünüm)
- Mahal etiketleri oluşturulmalıdır.
- Model görünümü "coarse" olarak değiştirilmelidir.
- Kullanılmayan tüm programlar kaldırılmalıdır.
- Manage sekmesinden "purge - temizle" seçilerek kullanılmayan tüm öğeler arka plandan kaldırılmalıdır.
- Merkezi bir dosya oluşturmak amacıyla, dosyayı sıkıştırma seçeneği seçilerek farklı kaydedilmelidir.

Tesis yönetimi amacıyla, Bahariye İstasyonu özelinde hazırlanan BIM modelin sadeleştirme işlemi sistem şemasında yer alan Bilgi Değişiminde Format ve Altyapının Belirlenmesi, Organizasyonel Bilgi Gereksinimlerinin Belirlenmesi, Bahariye İstasyonu Varlık Verilerinin Listelenmesi" alt başlıkları baz alınarak yapılmaktadır. Tesis yönetimi için sadeleştirilmiş modele ait kat planları Şekil 5.26' da yer almaktadır.

BIM 360 Ops'un varlık sayfasında barcode / QR code, üretici, model, seri numarası, kim tarafından yüklendiği, kurulum tarihi ve garanti bitiş tarihi parametrelerin

tanımlanması beklenmektedir. Bu parametreler revit üzerinden doldurulmuştur ancak BIM 360 Ops yazılımından da eklenebilir ya da değişiklik yapılabilir.

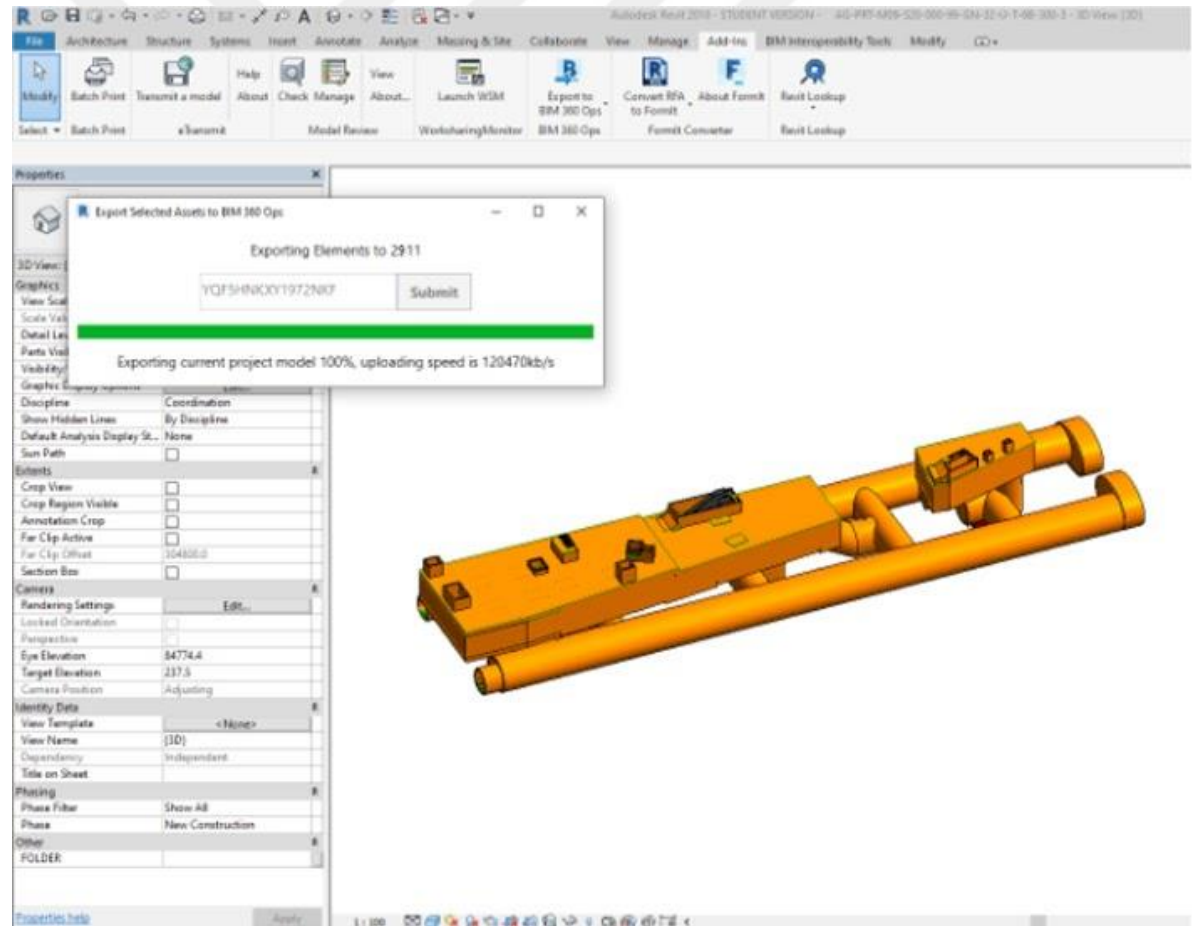


Şekil 5.26 : Bahariye İstasyonu AIM'e yönelik Hazırlanan Kat Planları.

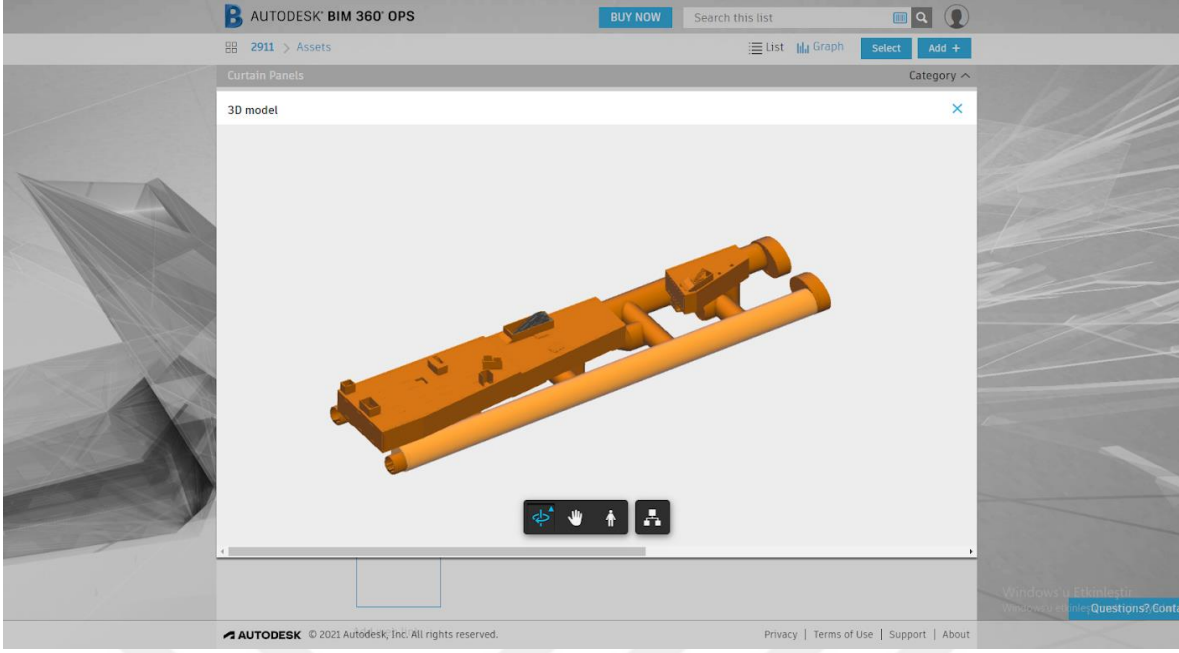
(Bahariye İstasyonu bilgi modeli, Avrupa Yakası Raylı Sistem Müdürlüğü izni ile kullanılmıştır.)

## 5.6 Verilerin Kurumsal Sisteme Aktarılması

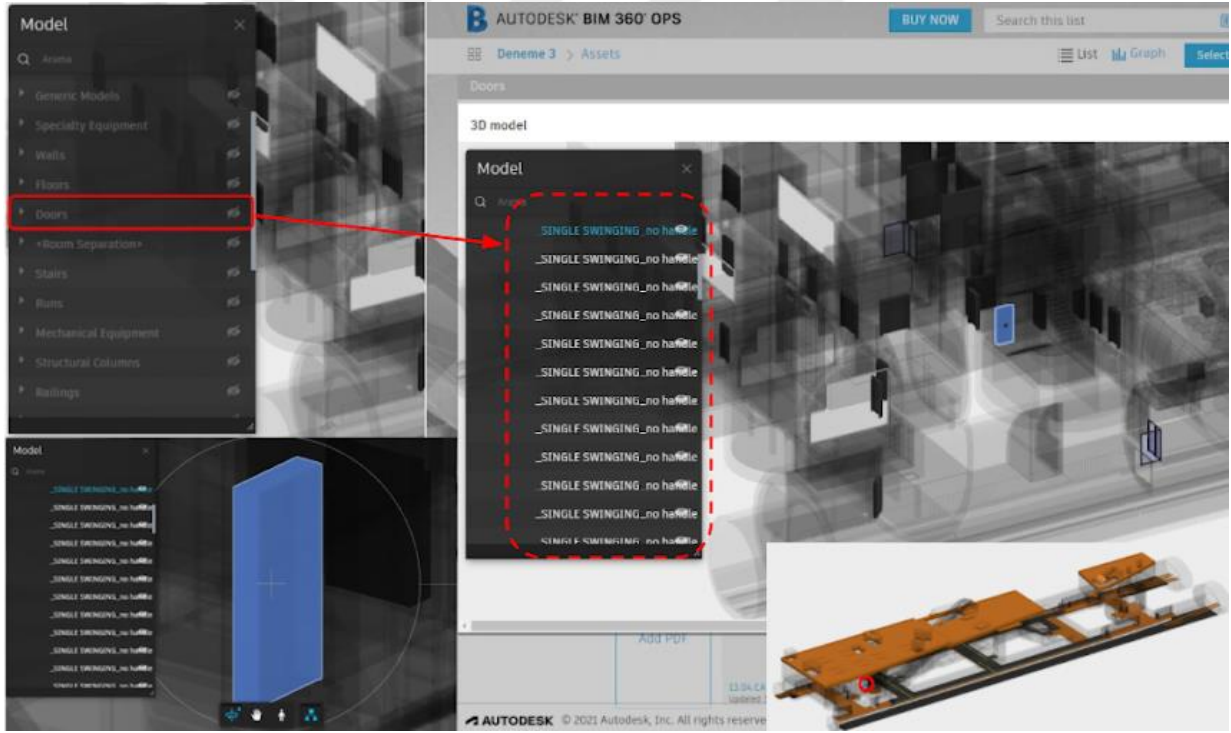
AIM'e yönelik hazırlanan BIM modeli, Revit yazılımından BIM 360 Ops'a varlık ve lokasyon aktarımı olmak üzere iki şekilde aktarılmaktadır. Bu sayede, işletme personelleri üç boyutlu modelde dolaşarak varlıkları görüntüleyebilir ve listede seçilen varlığı üç boyutta inceleyebilir. Model sadeleştirme işlemi yapıldığı için tüm model varlık aktarımı seçilerek Şekil 5.27'da gösterdiği gibi BIM 360 Ops'a tek seferde 30 dk'da aktarılmıştır. Nihai durumda modelin BIM 360 Ops'daki görünümü, Şekil 5.28'deki gibidir. BIM 360 Ops'da bölge, kat, mahal, konum, varlıklar, omniclass kodu ve bununla birlikte TY'ye yönelik oluşturulan varlık parametreleri Revit yazılımından BIM 360 Ops veritabanına otomatik olarak işlenmiştir. Listede seçilen bir varlığın (kapı) model görüntüleri Şekil 5.29'de verilmiştir.



Şekil 5.27 : Revit Yazılımından BIM 360 Ops'a Model Aktarımı



Şekil 5.28 : Bahariye İstasyonu 3 Boyutlu Modelin BIM 360 Ops’da Görünümü.



Şekil 5.29 : Bahariye İstasyonu, Seçili Kapı Varlığının BIM 360 Ops Model Görünümü.

Her varlığa BIM 360 Ops tarafından otomatik olarak varlık kodu atanmaktadır. Listedeki seçilen varlıkların bilgileri ilgili sayfanın altında 5 kategoride görüntülenmektedir. BK 07 numaralı kapı örneği üzerinden kategori bilgileri aşağıda yer almaktadır.

1. kategoride, bakım denetimleri için oluşturulan görev atamalarına ait bilgiler, lokasyon bilgisi, atama bilgisi, model görünümü, BK 07 kapısıyla ilgili geçmiş adımlar görüntülenmektedir ve Şekil 5.30'da yer almaktadır.

BK 07      \_DOUBLE SWINGING\_no handle: INT HOLLOW METAL BK 07      status In Use >

doors x add category

barcode / QR code MK657889321 <a href="#">Add &gt;</a>	associated schedules None	location <a href="#">S20/208/201 PERS. VE TEKNİK ALAN KOR. &gt;</a>
3D model <a href="#">View &gt;</a>	associated tickets <a href="#">1 &gt;</a>	assigned <a href="#">diidempll@gmail.com &gt;</a> x
history <a href="#">View &gt;</a>		

Şekil 5.30 : B07 Kapısı 1. Kategori Bilgileri.

2. kategoride, varlığa ait fotoğraf veya videolar eklenmektedir. Şekil 5.31'da gösterilmiştir.

#### Photos and Videos

Add Photo or Video



MKS Metal - MFD 45...      MKS Metal - MFD 4...

Şekil 5.31 : B07 Kapısı 2. Kategori Bilgileri.

3. kategoride; garanti belgeleri, teknik dokümanlar, varlıkla ilgili manuel içerikli bilgiler yüklenerek görüntülenmektedir ve Şekil 5.32'de yer almaktadır.

#### Documents and Manuals

Add PDF



ATI-AS-TR-PM-5...  
Updated: Nov 28, 20...

13.04.CD  
Updated: Sep 20, 20...

MKS METAL

Şekil 5.32 : B07 Kapısı 3. Kategori Bilgileri.

4. kategoride; varlıklarla ilgili üretici, model, seri numarası, varlığın kim tarafından yüklendiği, kurulum tarihi, garanti süre erme tarihi ve otomatik olarak atılan kimlik kategorisi yer almaktadır. Şekil 5.33'de gösterilmiştir.

Details	<b>manufacturer</b> MKS Metal	<b>model</b> MFD-45	<b>serial number</b> SE-646241974
	<b>installed by</b> gzmm.atalay@gmail.com	<b>installation date</b> Jun 15, 2021	<b>warranty expiration</b> Jun 15, 2023
	<b>categoryid</b> -2000023		

less ^

**Şekil 5.33** : B07 Kapısı 4. Kategori Bilgileri.

Son olarak 5. kategoride ise varlıkla ilgili yorumlar yapılmaktadır. Bu kategorilere ait bilgiler gerekli durumlarda BIM 360 ops üzerinden değiştirilip güncellenmektedir. Şekil 5.34’de gösterilmiştir.

Comments <sup>2</sup> Add comment

Add + 280 characters remaining

By Date v

Kart okuyucu, hidrolik kapı itici, manyetik kontak, manyetik kilit, kapı açma butonu

gzmm.atalay@gmail.com Now, editable until 9:55 PM

more v

**Şekil 5.34** : B07 Kapısı 5. Kategori Bilgileri.

### 5.6.1 Bakım Kriterleri (Kontrol Listesi – Checklist) Oluşturma

Bakım kriterleri, bakım ve onarım gerektiren varlıkların bozulma ve arızalarını minimuma indirmek amacıyla, ekipmanın koşullarına göre veya belirli periyotlarda bakım rutinlerini içeren işletmeye yönelik sistematik bir yaklaşımdır. Varlığın ömrünü uzatarak varlıktan elde edilen verimi arttırmaktadır. Ayrıca maliyetleri düşürerek, enerji tüketimini azaltmak hedeflenmektedir.

Sahadaki teknik personeli yönlendirmek ve işi tamamlama yüzdesini takip edebilmek amacıyla, bakıma yönelik kontrol listeleri oluşturulmaktadır. Önleyici bakımda oluşturulan kontrol listeleri ağırlıklı olarak aşağıdaki maddeleri gerçekleştirmeyi hedefler:


- Varlık kontrollerinin belirli periyotlarda ve zamanda yapılmasını sağlamak,
- Varlıkların temizlenmesini sağlayarak tozlanmadan doğacak olası arızaları önlemek,

- Varlıklara ait hareketli parçaların yağlanarak aşınmasını önlemek,
- Performans kontrolleri sağlamak,
- Arıza parçaların onarılması veya yenisiyle değiştirilmesini sağlamak.


İşletme sürecinde, proaktif (önleyici) ve reaktif bakım türleri bulunmaktadır. Reaktif bakımlar, ekipmanların koşullarına göre yapılmaktadır ve herhangi bir arıza ve ikaz durumunda ekipmana anında müdahale edilmektedir. Ekipmana yağ eklentisi yapılması, filtresinin değiştirilmesi, yedek parçasının değiştirilmesi, vb. gibi kritik adımlar ile bakım gerçekleştirilir. Önleyici bakım ise, varlığın performansını test etmek veya küçük onarım ve ayarlamaları yapabilmek amacıyla günlük, haftalık veya aylık olarak planlanan bakımlardır. Kritik varlıkların bakım periyotlarını artırılarak ömürlerinin uzatılmasını sağlamak hedeflenmektedir.

Bir varlık için bakıma yönelik farklı periyotlarda, birden fazla kontrol listesi oluşturulabilir. Bakım periyot süresi arttıkça kontrol adımlarının önem derecesi de artmaktadır. BIM 360 Ops’ da her iki durum için de checklist oluşturularak bakım kriterleri oluşturulmuştur. Hücreli fanlar, ana dağıtım panosu LSV, akü, transformatör, lavabo vitriyiye özelinde farklı periyotlarda oluşturulan kontrol listeleri bulunmaktadır. Oluşturulan kontrol listeleri Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17, Çizelge 5.18, ayrıca ekte yer alan Çizelge A11, Çizelge A12, Çizelge A13, Çizelge A14, Çizelge A15, Çizelge A16, Çizelge A17 ve Çizelge A18’de gösterilmektedir.


**Çizelge 5.15 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (Haftalık).**

<b>Hücreli Fan Bakım - Haftalık Bakım</b>	
1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli bütün şalterler ve kesiciler off konumuna getirilip kilitlenmelidir. Ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.	
2. Filtrelerin temizliğini kontrol edin, eğer kirlenmişse temizleyin veya değiştirin.	
3. Soğutma serpantini varsa kondens tavası ve drenajın çalışmasını kontrol edin; tavayı ve drenaj borusunu temizleyin.	
4. Gücü açarak LED’in yeşile döndüğünü doğrulayın.	


**Çizelge 5.16 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (Aylık).**

<p>1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli bütün şalterler ve kesiciler off konumuna getirilip kilitlenmelidir. Ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.</p>	
<p>2. Vantilatör kayışlarını kayış gerginliği ve gönyesinde olup olmaması açısından kontrol edin, gerekirse düzeltin.</p>	
<p>3. Servis kapılarının menteşelerini ve kapı contalarını kontrol edin.</p>	
<p>4. Gücü açarak LED’in yeşile döndüğünü doğrulayın.</p>	

**Çizelge 5.17 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (6 Aylık).**

<p>1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli bütün şalterler ve kesiciler off konumuna getirilip kilitlenmelidir. Ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.</p>	
<p>2. Motorların çektiği akımları kontrol edin.</p>	
<p>3. Fan ve motorların rulmanlarını aşırı ısınmaya ve ses durumuna karşı kontrol edin.</p>	
<p>4. Otomatik kontrol cihazlarının fonksiyonlarını kontrol edin.</p>	
<p>5. Isıtma ve soğutma serpantinleri su giriş hatları üzerindeki filtreleri temizleyin.</p>	
<p>6. Boru donanımını kaçak ve hasarlı izolasyon açısından kontrol edin, gerekli tamiratları yapın.</p>	
<p>7. Kimyasal karışım kullanan serpantin, örneğin etilen glikollü serpantin sistemleri varsa akışkanın “baume” derecesini kontrol edin.</p>	
<p>8. Gücü açarak LED’in yeşile döndüğünü doğrulayın.</p>	

**Çizelge 5.18 : Hücreli Fan Kontrol Listesi (Yıllık).**

<b>Hücreli Fan Bakım - Yıllık Bakım</b>	
1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli bütün şalterler ve kesiciler off konumuna getirilip kilitlenmelidir. Ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.	
2. Filtre kızaklarını veya filtre kasalarını kontrol edin.	
3. Panel filtrelerdeki sentetik elemanları yenileyin.	
4. Isıtma ve soğutma serpantinlerini kontrol edin, gerekirse temizleyin.	
5. Serpantinleri kaçaklara karşı kontrol edin.	
6. Serpantinlerin hava tahliye sübaplarını açarak birikmesi muhtemel havayı tahliye edin.	
7. Vantilatör kayışlarını değiştirin.	
8. Hava damperlerini kontrol edin.	
9. Bütün elektrik tesisatı elemanlarını, kabloları, kanal-cihaz bağlantılarını kontrol edin.	
10. Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.	

### **5.6.2 Bakım Denetimleri İçin Görev Oluşturma**

Operasyon süreçlerinde sık tekrar eden varlıklara ait arıza gibi sorunların üstesinden gelmek ve süreçleri optimize edebilmek amacıyla zamana bağlı önleyici bakım uygulanarak bakım denetimleri otomatikleştirilmektedir.

BIM 360 Ops'un ana sayfasından belirli bir varlık/varlıklar veya konumlar üzerinden zamanlanmış iş emri oluşturulabilir. Her bir varlık bulunduğu konumla ilişkilidir. Atama işlemi bir personele yapılmaktadır ve atama sonrası ilgili personele mail ortamından bilgilendirme yapılmaktadır. Aylık hücreli fan bakımına yönelik oluşturulan görev atamaları 3 aşamaya ayrılarak aşağıda sırasıyla yer almaktadır.

1. aşamada görevin kim tarafından oluşturulduğu sistem tarafından otomatik olarak atanır. Görevin önem derecesi, bakım sıklığı, önleyici bakım kontrol listesi (5.2.3.1) ve görevle ilişkilendirilecek varlık/varlıklar seçilir. 13 hücreli fan görevle ilişkilendirilmiştir ve farklı konumlara ait fanların seçilmesi sebebiyle konum ilişkisi kurulamamıştır. Hücreli fan bakımına yönelik görev oluşturmanın ilk aşaması Şekil 5.35'de gösterilmiştir.

Hücreli Fan Aylık Bakım 117 characters remaining

add category

**4 Items**

Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli bütün şalterler ve kesiciler off konumuna getirilip kilitlemelidir. Ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya "DİKKAT BAKIM VAR" levhaları asılmalıdır.

Vantilatör kayışlarını kayış gerginliği ve gönyesinde olup olmaması açısından kontrol edin, gerekirse düzeltin.

Servis kapılarının menteşelerini ve kapı contalarını kontrol edin.

Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.

TASK-00003 FAN Bakım Periyodu scheduled 2 of 13

add category

created by gzmm.atalay@gmail.com	priority Medium	repeat every 1 Month(s)
checklist Hücreli Fan Aylık Bakım	create ticket 1 Week(s) before	cost 0.00
associated assets 13	associated locations None	history View

Photos and Videos



Şekil 5.35 : Görev Oluşturma 1. Aşama.

2. aşamada, oluşturulan göreve yönelik personel atama işlemleri yapılmaktadır. 821 kodlu fan üzerinden görev gösterilmiştir ancak atanmış personel için personel atama ve görevin biteceği tarih doldurulmalıdır. Hücreli fan bakımına yönelik görev oluşturmanın ikinci aşaması Şekil 5.36'da gösterilmiştir.

Asset	Associated Item Type	
821	FAN Bakım Periyodu	ticket due on Dec 2, 2021
assigned diidempll@gmail.com	building Deneme 3	location 01 FFL PERON KAT
associated task TASK-00003	associated tickets None	history View

Şekil 5.36 : Görev Oluşturma 2. Aşama.

3. aşamada, varlık sayfasından 821 kodlu fan bilgilerine tekrar bakıldığında, bir önceki aşamada oluşturulan görevde yapılan personel atamasında bakım sıklığı dikkate alınarak, personele yönelik otomatik biletler / kartlar oluşturulduğu dikkat çekmektedir. Hücreli fan bakımına yönelik görev oluşturmanın üçüncü aşaması olan bilet oluşturma Şekil 5.37’de gösterilmiştir.

821	FAN Bakım Periyodu	ticket due on Dec 2, 2021
assigned diidempl@gmail.com > x	building Deneme 3	location None
associated task TASK-00003 >	associated tickets 1 >	history View >

Şekil 5.37 : 3. Aşama Bilet Oluşturma.

Nihai durumda atanmış kişi sahada mobil ortamda oluşturulan kartları Şekil 5.38’deki gibi görmektedir. Kontrol listesinden her bir adımın gerçekleşmesi maddelerle orantılı olarak %25’i ifade etmektedir. Atanan kişi 821 kodlu fanın bakımıyla ilgili manuel notlarını, kullandığı tamir alet bilgisini, bakım ile ilgili fotoğraf ve videoları, bakım maliyeti ve çalışırken geçirilen süreyi doldurarak görevi belirtilen süreden önce tamamlamakla yükümlüdür.

13:11 4G

ADS-02224 Ticket

D3-00057 [821] FAN Bakım Periyodu

Add category

created by gzm.atalay@gmail.com >

created Today

priority Medium >

due date (Scheduled) 2 Dec 2021

location 01 FFL PERON KAT

assigned diidempl@gmail.com >

status Assigned >

photos and videos None >

documents and manuals None >

hours worked 00 hours > 00 minutes >

cost 0,00

assets 821 >

checklist 0% completed >

Hücreli Fan Aylık Bakım

117 characters remaining

Add category

Bütün elektrikli ana tablodan kesilmeli bütün şalterler ve kesiciler off konumuna getirilip kilitlemelidir. Ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya "DİKKAT BAKIM VAR" levhaları asılmalıdır.

Vantilatör kayışlarını kayış gerginliği ve gönyesinde olup olmaması açısından kontrol edin, gerekirse düzeltin.

Servis kapılarının menteşelerini ve kapı contalarını kontrol edin.

Güçü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.

Şekil 5.38 : Sahadaki Teknik Personelin Görüntülediği Bilet/Kart

Atayan kişi oluşturduğu bileti Şekil 5.39'daki gibi görüntülemektedir ve ilgili bileti izlemesini istediği kişiye atama yaparak (işaretili kısım) farklı biletlerle ilişki kurulabilir. Ayrıca, atanan kişinin işi bitirme yüzdesi, varlık geçmişi, çalışırken geçirilen süre, biletin hangi varlıkla ilişkili olduğunun bilgisi, önem derecesi, durum bilgisi gibi bilgiler takip edilmektedir.

D3-00057 [821] FAN Bakım Periyodu status Assigned >

add category

created by gzmm.atalay@gmail.com >	priority Medium >	location Add floor or room
created Today 12:28 PM	due date (Scheduled) Dec 2, 2021	assigned diidempl@gmail.com > × Add
checklist 0% completed >	associated assets 821 >	follow-up tickets Add >
history View >	hours worked 0 hours 0 minutes >	cost 0.00

Şekil 5.39 : Atayan Kişi Tarafından Oluşturulan Bilet.

## 5.7 Bölüm Değerlendirilmesi

İkitelli Ataköy Metro yapım işinde proje bilgilerinin işletme süreçlerine entegre olmaması ve aktarılma sürecinin analog sistemler aracılığıyla yürütülmesi işletme tarafından birçok hatalı veya eksik bilginin kullanılmasına yol açmaktadır. Bu sebeple tesis yönetim süreçlerine kılavuz olması ve veri yönetimini etkinleştirilmesi amacıyla anket çalışması hazırlanmıştır ve yapılan anket çalışması sonucunda İkitelli Ataköy Metro Hattı Bahariye İstasyonu özelinde ISO 19650 temelli vaka çalışması hazırlanmasına karar verilmiştir. ISO 19650 -3 standardında BIM tabanlı bilgi yönetimi, proje teslimi ve varlık yönetimi amacıyla geliştirilen bilgi yönetim süreci 8 adımdan oluşmaktadır. Vaka çalışmasında ilk adım olan değerlendirme ve ihtiyaç adımı geliştirilerek varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması sağlanmıştır.

Varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması sürecinde, 1. aşamada organizasyonel bilgi gereksinimleri (OIR) değerlendirilmektedir. İkitelli Ataköy Metro yapım işinde işletmenin projeye katkısı tasarım ağırlıklıdır ve tesis ile varlıklara ait OIR' da yer alması beklenen bilgiler paylaşılmamaktadır. Bu sebeple vaka çalışması için; portfolyo planlaması, varlık yönetimi ve iş operasyonları olmak üzere üç kategoride sınıflandırılan OIR bilgilerine ait şablonlar oluşturulmuştur (Plannerly, 2021).

2. aşamada anket cevapları doğrultusunda TY sürecinde kullanılmak üzere yönetilecek varlıklar belirlenmiştir. Anket çalışması sonucunda katılımcıların projelerinde yönetilecek varlıkları seçerken en kritik ve maliyetli varlıklara öncelik verdiği ve varlıkları disiplinlere ayırdığı ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda varlıklar; mimari, mekanik, elektrik ve kontrol olmak üzere 4 disiplin altında toplanarak tablolar halinde listelenmiştir. Elektrik ve mekanik disiplinlere ait fan, kanal, pano, trafo, sıhhi tesisat gibi varlıkların bakım ve onarım periyotlarının sıklıkla gerçekleştiği ve maliyetli olduğu gözlenmiştir. Benzer bir şekilde mimari disipline ait kapıların; kart okuyucu, hidrolik kapı itici, manyetik kontak, manyetik kilit ve kapı açma butonu gibi özelliklere sahip olması acil durum senaryosu bakımından kritikliğini ortaya koymaktadır. Ek olarak, RTU bağlantılı Bahariye istasyonunda bulunan bazı saha ekipmanlarından gelen arıza bildirimleri gerçek zamanlı sunucular tarafından scada üzerinden kontrol edilmesi sebebiyle PCS ve EMS panelleri eklenmiştir.

3. aşamada, bir önceki aşamada belirlenen varlıklar özelinde varlık bilgi gereksinimleri belirlenmektedir. Anket cevapları doğrultusunda katılımcıların ISO 19650 standardında yer alan parametrelere öncelik verdiği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda, varlık yönetimi amacıyla varlıkların bakım ve onarımlarına odaklanan vaka çalışmasında yönetsel parametrelerin kullanılmasına karar verilmiştir. Revit modelleme aracında; benzersiz varlık tanımlayıcıları, varlıkların konumu, varlıklarla ilgili mekansal veriler, garanti süreleri ve bakım ve muayene programı tanımlanmıştır.

4. aşamada, varlık bilgi standardı ile bilgi değişiminde format ve alt yapı belirlenmektedir. İlk olarak, TY sınıflandırma sistem niteliğinin yönlü sınıflandırma tekniği kullanılarak sağlandığı ortaya çıkmıştır. Masterformat ve Uniformatın uluslararası standartlar olmalarına rağmen hiyerarşik sınıflandırma tekniğine sahip olması sebebiyle tercih edilmemiştir. Uniclass ile kıyaslandığında Omniclass, varlıkları sınıflandırmada daha güçlü tablolara sahip olması ve metro projelerinde çalışan uzmanlar tarafından tercih edilmesi sebebiyle varlık bilgi standardını oluşturmak için kullanılmıştır. İkinci olarak, ISO 19650-2 standart yapısına uygun İkitelli Ataköy Metro Hattı'nda adlandırmaya yönelik doküman kodlama raporu, mahal ve varlık kodlamaları geliştirilmiştir. Doküman ve mahal kodlama sisteminin proje ve mahalleri ayırt etmeyi sağlayan bir kodlama yapısına sahip olduğu

gözenmiştir. Ancak varlık kodlama sistemi, ATİ hattı kapsamında varlıkları isimlendirme ve sıralamada yeterliken ekipman kısaltmalarının yalnızca ATİ ekipmanlarını kapsaması sebebiyle hatlar genelinde yetersiz olduğu gözlenmiştir. Benzer bir şekilde, Bahariye İstasyonu'nda işletme tarafından başka bir ekipmanın gerekli görülmesi veya satın alınması için de geçerlidir. 2. Alan olan ekipman kısaltmalarının genişletilerek hat genelinde uygulanması ve 2. alandan sonra, farklı birimler tarafından kolaylıkla kullanılarak nesne tabanlı bir yapıya sahip olması sebebiyle vaka çalışması için seçilen omniclass sınıflandırma numarasının eklenmesi önerilmektedir. Üçüncü olarak, Archibus, Ecodomus ve BIM 360 Ops varlık yönetim yazılım araçları vaka çalışmasında test ortamı oluşturmak amacıyla Bahariye İstasyonu için uygunluğunu belirlemek üzere tartışılmıştır. BIM 360 Ops'un ücretsiz, kolay ulaşılabilir ve özelleştirilmesi kolay olması, varlık temelli bir yaklaşım sergilemesi ve projenin her aşamasında bilgi alışverişini sağlayarak süreçleri kolaylaştırması göz önünde bulundurulduğunda Bahariye İstasyonu'nda BIM 360 Ops kullanılarak vaka çalışmasına yönelik test ortamı oluşturulmasına karar verilmiştir.

5. aşamada, bilgi modelini AIM'e aktarma aşamasında geliştirilen adımlar sırasıyla uygulanarak gerekli sadeleştirme işlemi yapılmıştır ve varlık bilgi modeli elde edilmiştir.

Türkiye'de kamu tarafından desteklenen metro yapım işinde ihale öncesinde, İdare tarafından yalnızca sözleşme ve teknik şartnameler oluşturulmaktadır. Sözleşme ve teknik şartnameler teslimat ekipleri tarafından uygulanacak yöntem ve prosedürlerini kısmen karşılamasına rağmen, PIR'ı cevaplamak için gerekli ayrıntı seviyesine sahip değildir. İhale öncesinde tutarlı ve koordineli bilgi gereksinim aşamaları oluşturmak amacıyla Çizelge 5.19'daki bilgi gereksinim kaynaklarının oluşturulması gerekmektedir (ISO 19650-1, 2018).

ISO 19650 - 3 standardı 8 adımlık varlık bilgi yönetim süreci sonunda, operasyon süreçlerinde kullanılmak üzere bir bilgi modeli (AIM) elde edilmektedir ve bilgi model paylaşımlarının tek bir platform üzerinden yürütülememesi sebebiyle işbirlikçi çalışma ortamını destekleyen veri değişim araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Anket çalışması sonucunda katılımcıların çoğunlukla veri değişim aracı olarak ticari yazılım araçlarını tercih ettiği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple, verilerin kurumsal sisteme aktarılma sürecinin ticari yazılım aracılığıyla yapılmasına karar verilerek

katılımcılar tarafından ağırlıklı olarak tercih edilen 3 yazılım (Ecodomus, Archibus, BIM 360 Ops) arasından pilot proje uygulaması için en uygun yazılım araştırılmıştır ve literatür araştırması sonucunda değerlendirilen diğer yazılımlardan farklı olarak ücretsiz depolama, kullanıcı imkanı ve kullanım kolaylığı sunması sebebiyle test ortamı oluşturmak için BIM 360 Ops yazılımının kullanılmasına karar verilmiştir. Böylece, varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması sürecinde varlık yönetimi amacıyla elde edilen bilgiler Revit yazılımından BIM 360 Ops'a tek seferde aktarılmıştır.

**Çizelge 5.19 : Verilerin Kurumsal Sistemlere Aktarılması İçin Bilgi Gereksinim Kaynakları (Plannerly, 2021).**

Organizasyonel Bilgi Gereksinimleri (OIR)	Organizasyonel fonksiyonların ve varlık yönetim sisteminin ihtiyaçlarını tanımlamaktadır.
Proje Bilgi Gereksinimleri (PIR)	Projenin hedeflerini, proje bilgi ve yönetim sürecini, karar mekanizmalarını ve proje beklentilerini tanımlamaktadır.
Değişim Bilgi Gereksinimleri (EIR)	Proje bilgilerinin üretilmesi için İşveren bilgi gereksinimlerini tanımlamaktadır.
Varlık Bilgi Gereksinimleri (AIR)	OIR, PIR ve EIR hedefleri ile uyumlu varlık bilgi gereksinimlerini tanımlamaktadır.
Sorumluluk Matrisi	Atanan taraf ve her bir görev ekibi için görev ve amaçları tanımlamaktadır.
Bilgi Teslimi Kilometre Taşları	Bilgi paylaşımlarının amacını tanımlamaktadır.
Bilgi Protokolü	Tüm taraflar için yasal yükümlülükleri tanımlamaktadır.

Aktarma işlemi tamamlandığında, herhangi bir müdahale yapılmadan BIM 360 Ops yazılımının veritabanına bölge, kat, mahal, konum, varlık, varlık parametreleri gibi bilgilerin otomatik olarak işlendiği ve bilgi kayıplarının yaşanmadığı dikkat çekmektedir. Sonraki aşamada, BIM 360 Ops yazılımının ana sayfasından sahadaki teknik personeli yönlendirmek, bakım-arıza durumlarında işi tamamlama yüzdesini takip edebilmek ve iş emirlerinde kullanmak amacıyla seçilen varlıklar özelinde, üretici dokümanları incelenerek bakım kriterleri oluşturulmuştur. Son olarak ise, atayan ve atanan kişiler tarafından takip edilebilen varlıklara yönelik zamanlanmış iş emirleri oluşturulmuştur. Varlıklar özelinde oluşturulan iş emirleri sonucunda atanan kişi; bakım ile ilgili manuel notları, kullandığı tamir alet bilgisi, bakım ile ilgili

fotoğraf veya videoları, bakım maliyeti, çalışırken geçirilen süre, işi tamamlama yüzdesi gibi bilgileri görev bitiş tarihine kadar doldurmak ile yükümlüdür. Atayan kişi ise; varlık geçmişi, çalışırken geçirilen süre, biletin ilişkili olduğu varlık bilgisi, görev önem derecesi, görev durum bilgisi, işin bitirilme yüzdesi gibi bilgileri takip edip yönetmektedir. Nihai durumda 3 boyutlu görüntüleme, sahayla iletişim ve verilerin analiz edilebildiği varlık yönetimi için uygun ortam oluşturularak tüm süreçler otomatikleştirilmiş ve mevcut durumda analog sistemlerin sebep olduğu bilgi kayıplarının önüne geçilmiştir.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez, birbirine bağılı iki amaç çerçevesinde oluşturulmuştur. Raylı ulaşım sistemi projelerinde tesis yönetimi amacıyla BIM kullanımının çok katmanlı ve paydaşlı yapısını ortaya koymak (1) ve Türkiye'de raylı ulaşım sistemi projelerinde kullanılabilir varlık yönetiminde sistematik bir yaklaşım sergileyerek bir uygulama metodolojisi önermeyi amaçlamaktadır (2). Birinci amaca ulaşmak için raylı sistem metro projeleri bünyesinde ilgili departmanlarda çalışan kişiler ile iletişime geçilerek tez çalışmasına yönelik İnternet ortamında hazırlanan anketi cevaplamaları istenmiştir. Uzman yanıtları ve literatür taraması sonucunda; varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması için gerekli bilgiler elde edilerek, varlıkların operasyon bilgi yönetim süreçlerini konu alan ISO 19650-3 standart yaklaşımının benimsenerek uygulama metodolojisinin oluşturulmasına ve vaka çalışması hazırlanmasına karar verilmiştir. Vaka çalışmasında bilgi toplama süreci; işletmenin varlıklar ile ilgili departmanlarındaki uzmanlar ve hattın teknik şartname, BIM uygulama planı, üretici bilgileri gibi dokümanlara erişerek gerçekleştirilmiştir.

Literatür taramasında, tesis yönetimi ile ilgili olarak kavram, geleneksel ve sayısal yöntemler, faaliyet alanları, endüstriyel sınıflandırma sistemleri, adlandırma kuralları ve raylı sistemlerde kullanımları araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda;

- bina yaşam döngüsünde çok fazla bilgi üretilmesi,
- tesis yönetiminden bağımsız bir projenin işletmeye teslim edilmesi,
- işletim görevini üstlenen firmaların bilgi paylaşımlarının düzensiz olması,
- işletme tarafından süreçler arası geçişlerde iş akışları arasında devamlılığı sağlamanın ve gerekli bilgiyi ayıklamanın zorlaşması,
- teslimlerin istenilen bilgilerden uzak, düşük kaliteli, takip edilmesi, anlaşılması zor analog sistemler aracılığıyla yapılması.

gibi sorunların üstesinden gelmek amacıyla projelerde BIM kullanımının gerekliliği önem kazanmış ve tesis yönetiminin devir teslim aşamasından sonra yapılmasının yetersiz olduğu, projenin en başından itibaren sürece entegre edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Tesis yönetimi ile ilgili araştırılan çalışmaların temel odağı BIM ve TY entegrasyonudur. Geçmiş çalışmalarda BIM kullanımıyla; tesis yönetimi için toplanacak enformasyon altyapısının doğruluğunun artacağını, inşaa etmek için

gereken zamanın kısaldığını, maliyetten tasarruf edildiğini, tek bir güncel kaynak üzerinden paydaşların çözüme yönelik kararları hızlı ve doğru bir şekilde alabileceğini, bilgi kalitesini arttırdığını ve yapının tüm yaşam döngüsünde planlamasının önceden kurgulanabileceğini vurgulanmıştır.

TY süreçleri için gerekli geometrik olmayan veriler, işbirlikçi bir çalışma prensibi benimsenerek işletme aşamasında kullanılması için projenin başında bilgi modeline işlenmelidir. Ancak bilgiler tek bir veritabanı üzerinden aktarılamamaktadır. İncelenen çalışmalarda, BIM ve TY veri alışverişlerinde açık standartlar ve yazılım tabanlı veri değişim araçları olmak üzere iki yöntemin kullanıldığı görülmüştür. İlk yöntem verilerin çift yönlü çalışmasına izin vererek enformasyon alt yapısını bozmadan bilgi aktarılmasına yardımcı olan IFC ve COBie gibi açık standartlardır. COBie, bir yapının tesis yönetimi boyunca gerekli bilginin kullanıldığı bir alışveriş şemasıdır. IFC ise, projenin orijinal bir kopyasını oluşturan nesne tabanlı bir yapıya sahiptir. İkinci yöntemde ise, BIM ile veri alışverişi doğrudan sağlanarak CMMS ve IWMS gibi yazılım sistemlerine aktarılmaktadır. Sistemlere ait yazılım araçları varlıklar için gerekli üretici bilgisi, seri numarası, varlık adı, bakım kılavuzları, sensör, performans, konum vb. parametreleri kullanarak varlık kaydını oluşturmaktadır. Her iki yöntemde, projenin başından itibaren TY yaklaşımının benimsenmesini mümkün kılan ve operasyon ihtiyaçlarını bilgi modeline entegre edebilmek için gelişmiş, dijital bir çalışma ortamı sağlamaktadır.

BIM'in inşaat sektörüne ve tesis yönetim süreçlerine sağladığı katkılar sonucunda uluslararası düzeyde yayınlanan ISO 19650 standart ailesinin, oldukça yeni olması sebebiyle, en son teknolojilerin barındığı bir çerçevede uygulanması, inşaat sektörünün sayısallaştırılmasına yönelik bir çalışma biçimi sunması ve varlık yönetimine yönelik bilginin sınıflandırmasında tutarlı bir yaklaşım sergileyerek bir kurallar bütünü oluşturması bakımından literatür araştırmasına eklenmiştir. ISO 19650 standart ailesi işbirliği ve ekip çalışması üzerinde odaklanarak bilgi yönetimi amacıyla atayan ve atanana taraflar terimleri kullanılarak, kullanıcıların kilit rollerini ve sorumluluklarını tanımlamıştır. Benzer bir şekilde, bina yaşam döngüsünde kullanıcıların stratejik ihtiyaçlarıyla uyumlu OIR, AIR, EIR, AIM, PIM vb. bilgi tanımları yapılmaktadır.

Dünyada devlet kurumları tarafından üstlenilen raylı sistem yapıları, yüksek nüfusa hitap eden, yoğun kullanımlara sahip ve işlevselliğin gerektirdiği karmaşık

tasarımları sebebiyle tesis yönetimlerinin çok hassas ve doğru bir şekilde işletimini zorunlu hale getirmektedir. Literatür taramasında metro istasyonları özelinde yapılan çalışmaların;

- BIM yaklaşımından uzak, otomasyon sistemlerin kullanıldığı veya simülasyon analizlerinden oluşarak TY faaliyet alanlarını konu alan çalışmalar olduğu,
- BIM tabanlı olarak yapılan çalışmaların sayıca yetersiz ve hem kuramsal, hem de operasyonel bilgiyi harmanlayan yeterli operasyon bilgisine sahip olmadığı gözlenmiştir.

Ayrıca, dünyada raylı sistem proje uygulamalarının BIM ve TY entegrasyonunu projenin başından itibaren benimseyerek süreçleri dijitalleştirilmesine rağmen, Türkiye’de projenin başından itibaren BIM kullanıldığı ancak TY entegrasyonunun hala analog sistemler aracılığıyla çözüldüğü gözlenmiştir. Bu sebeplerle; Katar, İngiltere, Birleşik Arap Emirlikleri, Avustralya, Hong Kong, Singapur, İsviçre ve Hollanda gibi BIM ve TY entegrasyonunu gerçekleştirerek süreçleri dijitalleştiren ülkelerin, sekiz raylı sistem projesinden 30 kişiyle iletişime geçilerek hazırlanan anketi cevaplamaları istenmiştir. Katılımcılar, TY’ye yönelik oluşturulan bilgi modelinde sistematik bir yaklaşım izlenerek, verileri tanımlamak ve standart haline getirmenin gerekliliği vurgulanarak 5 katılımcı tarafından ISO 19650 standart temelli bir yaklaşım izledikleri ortaya çıkmıştır ve anket bulguları aşağıda sıralanan beş kategoride incelenerek, araştırma yöntemine anketten elde edilen bilgilerle varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanmasını sağlamak ve Türkiye’de Raylı Sistemler Devlet Kurumları tarafından üstlenilen benzer projeler için bir uygulama metodolojisi önermek amacıyla ISO 19650-3 standart yaklaşımı benimsenerek bir vaka çalışması geliştirilmesine karar verilmiştir.

- Tesis yönetiminde BIM’in rolü ile önemi,
- TY projesinin envanterini geliştirmek için seçilen proje varlıkları,
- Yapı sınıflandırma ve adlandırma standartları,
- Varlık Parametreleri,
- Veri Değişimi.

Anket çalışmasının ardından bir uygulama metodolojisi önermek amacıyla, İkitelli Ataköy Metro yapım işinde ISO 19650-3 temelli bir vaka çalışması hazırlanmasına karar verilmiştir. Vaka çalışmasında uzmanlar tarafından; en kritik ve maliyetli varlıkların, uluslararası standartların, ISO 19650 standardında yer alan yönetsel parametrelerin ve veri değişim aracı olarak TY yazılım araçlarının tercih edildiği ortaya çıkmıştır. Katılımcı yanıtları ve literatür taraması sonucunda ilk olarak vaka çalışması için seçilen Bahariye İstasyon yapısı tanıtılarak vaka çalışması için sistem şeması oluşturulmuştur. ISO 19650-3 standardında varlıkların işletme aşamasını desteklemek için 8 adımlık BIM tabanlı bilgi yönetim süreci önerilmektedir. Bilgi yönetim sürecinin ilk adımında yer alan “değerlendirme ve ihtiyaç faaliyeti” varlık verisinin BIM ortamı için hazırlanması için tutarlı bir çerçeve sunması sebebiyle Bahariye İstasyonu özelinde incelenmiştir. Çalışmanın idare (işveren) kontrolünde yapılmaması ve gizlilik sorunları sebebiyle bilgi yönetim sürecinin bazı adımları çalışmaya dahil edilmemiştir. Dahil edilen adımlar aşağıda sırasıyla yer almaktadır.

1. Organizasyonel bilgi gereksinimlerini belirleme,

İkitelli Ataköy Metro Hattı'nda işletme, OIR' a ait tüm bilgi ve tecrübeye sahip olmasına rağmen varlık ve tesis yönetimi ile ilgili bilgileri bir sistematığe oturmadiğı için bu bilgiler varlığın performansını artırmaya yönelik bir nitelik taşımamaktadır. Varlık performansını artırmak ve yönetebilmek için Metro hattı yapım işi özelinde organizasyonel bilgi gereksinimleri (OIR) belirlenmelidir. Bu sebeple, OIR bilgi sınıflandırması dikkate alınarak vaka çalışması özelinde şablonlar oluşturulmuştur.

2. Bilgilerin yönetileceği varlıkları belirleme,

OIR ve EIR doğrultusunda atayan taraf ve işletme tarafından proje özelinde gerçekleştirilmelidir. Katılımcıların görüşleri doğrultusunda, varlıkların kritikliği göz önünde bulundurularak Bahariye İstasyonu'na ait varlıklar kontrol sistemleri, mekanik, elektrik ve mimari olmak üzere 4 disipline ayrılarak seçilmiştir. Varlıkların kritikliği üretici dokümanları incelenerek tespit edilmiştir.

3. Varlık bilgi gereksinimlerini belirleme,

Anket cevapları doğrultusunda varlıkların bakım onarımlarına odaklanan vaka çalışmasında ISO 19650-3 standardında belirtilen yönetimsel parametrelerin kullanılmasına karar verilmiştir.

4. Varlık bilgi standardını oluşturma ve Bilgi Değişiminde Format ve Altyapının Oluşturulması,

Bilgi değişimde format ve altyapı ankette katılımcıların cevapları doğrultusunda ve literatür araştırması yapılarak; sınıflandırma, adlandırma ve TY yazılım araçları incelenerek belirlenmiştir. Anket çalışmasında BIM tabanlı TY uygulamalarında çalışan uzmanlar tarafından en çok uluslararası standartların (Masterformat, Uniformat, Omniclass ve Uniclass) kullanıldığı ortaya çıkmıştır ve literatür araştırması sonucunda bakım ve onarım dokümanlarının devir aşamasını yapılandırmak için kullanılan yönlü sınıflandırma tekniğine sahip Omniclass sınıflandırma sisteminin kullanılmasına karar verilmiştir. İkinci olarak, vaka çalışmasında bütüncül bir yaklaşım sergileyebilmek amacıyla ISO 19650-2 adlandırma standardının kullanılmasına karar verilmiştir. Son olarak, ücretsiz olması ve projenin her aşamasında bilgi alışverişini sağlayarak süreçleri kolaylaştırması göz önünde bulundurulduğunda test ortamı oluşturmak için BIM 360 Ops yazılımının kullanılmasına karar verilmiştir.

5. Varlık bilgi modelinin oluşturulması.

Atanan taraf farklı bilgi sağlayıcılardan gelen içerikleri alarak varlık bilgi modelini oluşturacaktır. Atayan taraf ise modelin kontrolünden sorumludur. Bahariye İstasyonu proje bilgi modeline çalışmaya dahil edilen adımlar eklenerek ve gerekli sadeleştirme işlemleri yapılarak AIM oluşturulmuştur.

Vaka çalışması özelinde geliştirilen bilgi yönetim süreci sonunda elde edilen bilgi modeli, varlık verilerinin kurumsal sisteme (BIM 360 Ops) aktarılmasında kullanılmıştır. Sonraki aşamada, önleyici bakım kriterleri ve kriterlere bağlı olarak bakım denetimleri oluşturulmuştur. Bakım denetimlerinin işi atayan ve atanan/atananlar personel arasında gerçekleşmesi karışıklığı ortadan kaldırarak çözüme hızlı bir şekilde gidilmesine yol açmaktadır. Benzer bir şekilde, atanan personelin her bir adımının atayan kişi tarafından kontrol edilmesi denetimdeki iş

akışlarını şeffaflaştırarak hata payını önlemektedir. Bu süreçte bakıma yönelik personel tarafından yapılan paylaşımların varlık niteliklerinin belirlenmesinde önemli bir payı olduğu gözlenmiştir. Çünkü, varlıkların bakım onarım ve arıza durumlarında girilen her bir not, resim, video, arıza periyodu vb. içerikler varlıklara dair önemli bilgilerin arşivlenmesine sebep olmaktadır. Arşivlenen her bilgi istenildiği zaman kullanıcılar tarafından takip edilmektedir.

Çalışma bulgularında, bina yaşam döngüsü boyunca bilgi artışını kontrol etmek, bilgi paylaşımlarının tutarlı olmasını sağlamak, analog sistemler aracılığıyla yapılan yöntemlerin ve AIM'e yönelik gereksiz bilgi paylaşımlarının önüne geçmek amacıyla; sınıflandırma, adlandırma standartlarının, BIM tabanlı veri değişim araçlarının, AIR, OIR gibi kavramların projenin başından itibaren belirlenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşımla, raylı sistemler metro projelerinde TY'ye yönelik sistematik yaklaşımların idare, işletme ve danışman firma tarafından belirlenmesi ve atanan, görevlendirilen firmalar tarafından bilgi gereksinimlerinin karşılanması gereklidir. Raylı sistem metro projelerinde bilgi gereksinimlerinin ihale aşamasında yayınlanarak, idare onayının alınması TY ve varlık süreçlerini resmileştirecektir. Çalışmanın sonunda raylı sistem yapılarında çalışan operasyon koordinatörü, varlık yöneticisi ve ATİ kıdemli mühendislik proje müdürü ile iletişime geçilerek tez çalışması test edilmiştir ve katılımcıların yanıtları çalışma bulgularını desteklemektedir. Mevcut işletme süreçlerinden farklı olarak tez çalışması ile, verilerin analiz edilebildiği varlık yönetimi için uygun ortam oluşturularak tüm süreçler otomatikleştirilmiştir. Ayrıca çalışma mevcut durumdan farklı olarak işletme aşamasına yönelik 3 boyutlu görüntüleme imkanı sağlamaktadır. Bu durum kullanıcılar için anlaşılabilirliği artırarak, varlıkları takip etme ve süreçleri analiz etme imkanı sağlamaktadır.

Çalışma, tesis yönetimi amacıyla BIM tabanlı projelerde çalışmak isteyen ve özellikle devlet destekli, raylı sistemler metro projeleri gibi büyük ölçekli projelerde uygulamak isteyen kişiler tarafından kullanılabilir ve müşterilerin bilgi gereksinimlerinin belirlenmesine yardımcı olabilir.

BIM TY entegrasyonları, sensör teknolojisi kullanılarak arıza talepleri, risk analizleri, enerji kullanımları ile ilgili olarak otomatik bilet oluşturularak geliştirilebilir. Benzer bir şekilde, toplanan sensör verilerini görüntülemek veya arızaların kritikliğine yönelik bilgilendirme yöntemleri geliştirmek ve varlık

sürümlerini yönetmek için API eklentisi kullanılabilir. Aynı zamanda, Primavera gibi yazılımlar ile entegre ederek rol, kaynak optimizasyonu ve kapasite planlamaları yapılabilir.



## KAYNAKLAR

- Afsari, K., & Eastman, C. M.** (2016). A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models. 52nd ASC Annual International Conference Proceedings, (2001), 1–8.
- AIA, A. I. of A.** (2008). “AIA Document E202 TM – 2008.” Building Information Modeling Protocol Exhibit, (10), 1–9.
- Akcamete, A., Akinci, B., and Garrett, J. H.** (2010). “*Potential utilization of building information models for planning maintenance activities.*” Proc., Int. Conf. on Computing in Civil and Building Engineering, W. Tizani, ed., Nottingham University Press, Nottingham, U.K., 151–157.
- Aldaham, O., Gonzalez, J., Grant, I., Harper, K., Kruger, A., Nannis, S., Snedeker, L.,** (2013), “Case Study 1: Mathworks,” , IFMA (Ed.), BIM for Facility Managers, Wiley, Hoboken, N.J., 147–163.
- Altunlu K.** (2019, Haziran). Dosya Klasörleme Sistemi ve Model/Doküman İsimlendirmesi <https://www.marte.com.tr/post/2019/06/07/dosya-klas%C3%B6rleme-sistemi-ve-modeldok%C3%BCman-i%CC%87simlendirmesi-cde-pas-1192-iso-19650> Erişim Tarihi: 15.01.2021
- Anna-Liisa Lindholm,** (2005). Public Facilities Management Services in Local Government, International Experience, Master Thesis, Department of Surveying, Institute of Real Estate Studies, Helsinki University of Technology
- Arayici, Y., Onyenobi, T., & Egbu, C.** (2012). Building information modelling (BIM) for facilities management (FM): The MediaCity case study approach. International Journal of 3-D Information Modeling (IJ3DIM), 1(1), 55-73.
- Archibus,** (2014). Explore the Space Console, [https://www.archibus.net/ai/abizfiles/v21.2\\_help/archibus\\_help/Subsystems/quick\\_start/Content/space/general\\_tools/space\\_console\\_overview.htm](https://www.archibus.net/ai/abizfiles/v21.2_help/archibus_help/Subsystems/quick_start/Content/space/general_tools/space_console_overview.htm) Erişim Tarihi: 04.02.2021
- Archibus Help,** (2021). What is Archibus? [https://www.archibus.net/ai/abizfiles/v20.2\\_help/archibus\\_help/archibus\\_Left.htm#CSHID=result\\_intro%2Fdocumentation.htm|StartTopic=Content%2Fresult\\_intro%2Fdocumentation.htm|SkinName=NewHelpSkinBlue](https://www.archibus.net/ai/abizfiles/v20.2_help/archibus_help/archibus_Left.htm#CSHID=result_intro%2Fdocumentation.htm|StartTopic=Content%2Fresult_intro%2Fdocumentation.htm|SkinName=NewHelpSkinBlue) Erişim Tarihi: 04.02.2021
- Ashworth, S., Tucker, M., & Druhmman, C.** (2016). The Role of FM in Preparing a BIM Strategy and Employer’s Information Requirements (EIR) to Align with Client Asset Management Strategy Risk management of water systems in residential homes: The “process” of Legionella prevention View project Current rese, (June), 11–42. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/301776904>
- Autodesk Construction** (2021). Willow the first organization in the United States to achieve BIM Kitemark™ to reflect ISO 19650, PR Newswire, PR Newswire US.

- Azhar, S.** (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *ASCE Journal of Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241-252.
- Baccarini, D.** (1999) The Logical Framework Method for Defining Project Success. *Project Management Institute*, 30 (4), pp.25-32.
- Bapat, H., Sarkar, D., & Gujar, R.** (2021). Application of integrated fuzzy FCM-BIM-IoT for sustainable material selection and energy management of metro rail station box project in western India. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(2).
- BCA,** (2021). <https://www.qbcc.qld.gov.au/building-codes-australia-bca-classes-buildings> Erişim Tarihi: 09.05.2021
- Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G.** (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(3), 431–442. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000433](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000433)
- Berstein, P.** (2019, Mayıs) How the U.K. forged a path to global BIM standards <https://www.archpaper.com/2019/05/global-bim-standards-building-information-modeling/> Erişim Tarihi: 20.10.2021
- Bhamra S. ve Georgaras M** (2018). Integration testing and commissioning at Crossrail <https://learninglegacy.crossrail.co.uk/documents/integration-testing-commissioning-crossrail/> Erişim Tarihi: 13.12.2020
- BIFM,** (2013). Bishop’s Stortford, Hertfordshire, UK.: British Institute of Facilities Management.
- BIM4Design** (2021). BIM4Design comparative analysis and usage of drawing naming order in accordance with BS EN ISO 19650-2:2018 <https://www.ukbimalliance.org/wp-content/uploads/2020/09/BIM4Design-comparative-analysis-and-usage-of-drawing-naming-order-in-accordance-with-BS-EN-ISO-19650-22018.pdf> Erişim Tarihi: 15.01.2021
- BIM Forum,** (2019). Level Of Development (LOD) Specification Part 1 Commentary For Building Information Models and Data, [https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum\\_LOD\\_2019\\_reprint.pdf](https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum_LOD_2019_reprint.pdf) Erişim Tarihi: 21.12.2021
- BIMICON** (2021). A Simple BIM Naming Convention Based On ISO 19650 Part 2 [https://bim2.ngbailey.co.uk/wiki/index.php/NGB\\_Standards:File\\_Naming/Drawing\\_Numbering\\_Conventions](https://bim2.ngbailey.co.uk/wiki/index.php/NGB_Standards:File_Naming/Drawing_Numbering_Conventions) Erişim Tarihi: 16.01.2021
- BIM Readiness of Owners and Facility Managers in Singapore :** Institutional Case study.” (October), 259–270.
- Broadbent** (2018) Proving the ROI for BIM for FM - Pilot Approach. AEC Next Conference, June 5-7 2018 Anaheim CA.
- Broughton, V.** (2006), “The need for a faceted classification as the basis of all methods of information retrieval”, *ASLIB Proceedings: New Information Perspectives*, 58(1/2), 49-72.

- Bruno, S., De Fino, M., and Fatiguso, F.** (2018). "Historic Building Information Modelling: performance assessment for diagnosis-aided information modelling and management." *Automation in Construction*, Elsevier, 86(December 2017), 256–276.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M.** (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International journal of project management*, 31(7), 971-980.
- BU Data Services,** (2021). Designing A Naming Convention. <https://www.bu.edu/data/manage/naming-convention/> Erişim Tarihi: 08.06.2021
- BuildingSMART** (2013). COBie [http://docs.buildingsmartalliance.org/MVD\\_COBIE/](http://docs.buildingsmartalliance.org/MVD_COBIE/) Erişim Tarihi: 22.01.2021
- BuildingSMART** (2021a). OpenBIM <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> Erişim Tarihi: 16.10.2021
- BuildingSMART** (2021b). IFC Certification Participants <https://technical.buildingsmart.org/services/certification/ifc-certification-participants/> Erişim Tarihi: 08.10.2021
- Butt, T.E., Francis, T.J. and Greenwood, D.** (2015) The role of BIM in tackling obsolescence, climate change, and sustainability. *WIT Transactions on The Built Environment*, 149, pp.555-565.
- Cann, J., & Services, N. B. S.** (1964). Principles of classification. *Nature*, 201(4915), 137. <https://doi.org/10.1038/201137d0>
- Cavka, H. B., Staub-French, S., and Poirier, E. A.** (2017). "Developing owner information requirements for BIM-enabled project delivery and asset management." *Automation in Construction*, Elsevier, 83(September 2016), 169–183.
- Charette, R. P. and Marshall, H. E.** (1999). *UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications Cost Estimating, and Cost Analysis*.
- Chen, K., Lu, W., Wang, H., Niu, Y., & Huang, G.G.** (2017). Naming Objects in BIM: A Convention and a Semiautomatic Approach. *Journal of Construction Engineering and Management-ASCE*, 143, 06017001.
- Chen, Na, Ming Zhao, Kun Gao, and Jun Zhao.** (2020). "The Physiological Experimental Study on the Effect of Different Color of Safety Signs on a Virtual Subway Fire Escape—An Exploratory Case Study of Zijing Mountain Subway Station" *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17, no. 16: 5903. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165903>
- Clayton, M. J., Johnson, R. E., & Song, Y.** (1999). Operations documents: Addressing the information needs of facility managers. *Durability of building materials and components*, 8(4), 2441-2451.
- Codinhoto, R., & Kiviniemi, A.** (2014). BIM for FM: A Case Support for Business Life Cycle. *The IFIP WG5.1 11th International Conference on*

Product Lifecycle Management – PLM14. Yokohama, Japan, 7th – 9th July 2014: IFIP International Federation for Information Processing.

- Construction Specification Institute.** (2013). What is MasterFormat? <https://4bt.us/wp-content/uploads/2016/02/2013-07-17-MasterFormat.pdf> Erişim Tarihi: 25.05.2021
- Consultoria,** (2021). Ecodomus, (<https://www.app-consultoria.com/ecodomus/>) Erişim Tarihi: 05.02.2021
- Cotton, B. and Oliver, R.** (1994), *The Cyberspace Lexicon: An Illustrated Dictionary of Terms from Multimedia to Virtual Reality*, Phaidon Press Ltd.
- Creating an IWMS Implementation Plan.** (2012). <https://www.horizantsolutions.com/wp-content/uploads/2017/11/IWMS-Archibus-White-Paper.pdf> Erişim Tarihi: 06.02.2021
- CSI,** (2021), <https://www.csiresources.org/standards/uniformat> Erişim Tarihi: 27.05.2021
- CSI,** (2021). About Omniclass™ <https://www.csiresources.org/standards/omniclass/standards-omniclass-about> Erişim Tarihi: 28.05.2021
- CSI and CSC.** (2004). MasterFormat 2004 edition numbers & titles. The Construction Specifications Institute (CSI) and Construction Specifications Canada (CSC). [http://courses.washington.edu/arch478/CSI\\_Format\\_2004.pdf](http://courses.washington.edu/arch478/CSI_Format_2004.pdf) Erişim Tarihi: 15.07.2021
- Delany S.** (2021). What is Uniclass 2015 <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-uniclass-2015> Erişim Tarihi: 22.05.2021
- Designing Buildings The Construction Wiki,** (2020, Ekim). Omniclass <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/OmniClass> Erişim Tarihi: 06.06.2021
- Designing Buildings** (2021). NBS National BIM Report (2020) [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/NBS\\_National\\_BIM\\_Report\\_2020](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/NBS_National_BIM_Report_2020). Erişim Tarihi: 17.01.2021
- Dias, P., and Ergan, S.** (2016). “The Need for Representing Facility Information with Customized LOD for Specific FM Tasks.” Construction Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan - Proceedings of the 2016 Construction Research Congress, CRC 2016, 2563–2572.
- Dilman, A.,** (2000). Tailored Design of Mail and Other Self - Administrated Surveys John Wiley Co. Newyork, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/mimarsinan-ebooks/detail.action?docID=1762797>.
- Eadie, R., McLernon, T. and Patton, A.** (2015) An investigation into legal issues relating to building information modelling (BIM). The Australasian Universities’ Building Educators Association Conference. Sydney.

- Ecodomus**, (2020, Temmuz). ISO 19650-3 yayınlandı <https://www.ecodomus.com/post/iso-19650-3-is-published> Erişim Tarihi: 02.02.2021
- Ekholm , A.** (1996). *Co-ordination of classifications for product modelling and established building*. Proceedings of CIB W78 Workshop at the 8dbmc conference. Vancouver, Canada; May 30-June3.
- Ekholm, A., & Häggström, L.** (2011). Building classification for BIM – Reconsidering the framework. Proceedings of the CIB W078-W102: 2011 Joint International Conference. Sophia Antipolis, France; 26-28 October.
- East, E. W., Nisbet, N., & Liebich, T.,** (2013), “Facility Management Handover Model View,” , Journal Of Computing In Civil Engineering, January/February 2013, 61 – 67.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K.** (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Facility management services for pd area at huda city centre metro station** [tender documents : T434744420]. (2018). MENA Report, Retrieved from <https://www.proquest.com/trade-journals/facility-management-services-pd-area-at-huda-city/docview/2058364054/se-2?accountid=16568>
- Facility management service of multi level parking and property development building at new delhi metro station airport line [tender documentTender documents : T439577090, A439577090, G439577090, X439577090].** (2018). MENA Report, Retrieved from <https://www.proquest.com/trade-journals/facility-management-service-multi-level-parking/docview/2155339049/se-2?accountid=16568>
- Fallon, K., & Palmer, M. E.** (2007). *General buildings information handover guide* : <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.7417>
- FMM** (2020). <https://fmm.com.qa/project/doha-metro-outside-stations/> Erişim Tarihi: 15.12.2020
- Frippiat, D. & Marquis, N.** (2010). Web surveys in the social sciences an overview, Population- E (English Edition), 65 (2), ss. 285-312.
- Froese, T.** (2003). Future directions for IFC-based interoperability. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 8(17), 231-246.
- FT Maintenance** (2021). How To Create Your Own Asset Naming Convention <https://ftmaintenance.com/implementing-cmms-software/how-to-create-your-own-asset-naming-convention/> Erişim Tarihi: 17.01.2021
- Gallaher, M. P., O’Connor, A. C., John L. Dettbarn, J., and Gilday, L. T.** (2004) ‘Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry’, National Institute of Standards and Technology (NIST)

- Gelder, J.** (2011). Unifying Uniclass. <http://www.thenbs.com/topics/practicemanagement/articles/unifyingUniclass.asp> Erişim Tarihi: 03.04.2021
- Gelder, J.** (2013, Mayıs). OmniClass: a critique. <http://www.thenbs.com/topics/PracticeManagement/articles/OmniClassCritique.asp> Erişim Tarihi: 28.05.2021
- Giertz, L. M.** (1995), “Integrated Construction Information Efforts Since 1945”, Integrated Construction Information, E&FN Spon, London.
- Giuda Di G.M., Giana P.E., Schievano M., Paleari F.** (2020) Guidelines to Integrate BIM for Asset and Facility Management of a Public University. In: Daniotti B., Gianinetto M., Della Torre S. (eds) Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment. Research for Development. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-33570-0_28)
- Grieves, M.** (2016). Origin of The Digital Twin Concept. Florida Institute of Technology. Working Paper.
- Grilo, A., Jardim Goncalves, R.** (2010). Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, 19(5), 522–530. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.003>
- GSA,** (2021). BIM Technical Standards: Naming <https://www.gsa.gov/> Erişim Tarihi: 08.06.2021
- Hamil S.** (2018, Ekim). What is COBie? <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-cobie> Erişim Tarihi: 21.01.2021
- Hesam Sadati, M. E., Aksen, D., & Aras, N.** (2020). A trilevel r-interdiction selective multi-depot vehicle routing problem with depot protection. *Computers and Operations Research*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.104996>
- Howard, R.** (2001). *Classification of building information- European and IT systems*. In B. F. Coetzee G (Ed.), Proceedings of IT in construction in Africa. Mpumalunga, South Africa; 30 May - 1 June. Retrieved from ITC Digital Library: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2001-12.content.pdf> Erişim Tarihi: 08.07.2021
- Hoare, P.** (1998), “The development of a European information society”, *Library Review*, 47(8), 377-382.
- Huang, D., Lo, S., Chen, J., Fu, Z., Zheng, Y., Luo, L., Zhuang, Y., Cheng, H., & Yang, L.** (2019). Mapping fire risk of passenger-carried fire load in metro system via floor field cellular automaton. *Automation in Construction*, 100, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.021>
- Ideate Software,** (2021). Excel Naming Conventions for Revit Projects with Ideate BIMLink, <https://ideatesoftware.com/support/help/ideate-bimlink/working-in-excel/excel-naming-conventions> Erişim Tarihi: 13.01.2021

- IFMA**, (2016). Bim For Facility Management 20[https://it.ifma.org/wp-content/uploads/2019/04/BIM-FM-Consortium-BIM-Guide-v2\\_1.pdf](https://it.ifma.org/wp-content/uploads/2019/04/BIM-FM-Consortium-BIM-Guide-v2_1.pdf) Erişim Tarihi: 12.01.2021
- IFMA** (International Facility Management Association) (2021). "What is FM?". <https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management> Erişim Tarihi: 07.09.2021
- Ilter, D., & Ergen, E.** (2015). BIM for building refurbishment and maintenance: current status and research directions. *Structural Survey*, 33(3), 228-256.
- International Organization for Standardization.** (2018). ISO 19650-1:2018: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts, and principles.
- International Organization for Standardization.** (2018). ISO 19650-2:2018: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets.
- International Organization for Standardization.** (2020). ISO 19650-3:2020: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling - Part 3: Operational phase of the asset.
- ISO 41001**, (2018). <https://www.iso.org/standard/68021.html> Erişim Tarihi: 15.02.2021
- JD Edwards** (2020). ARCHIBUS Fundamentals Training *Environmental Health & Safety-Injury Reporting*. [https://info.serraview.com/hubfs/Archibus%20Files/EHS%20Training%20Guides/V24\\_EH&S\\_PPE\\_Train\\_Monitor.pdf](https://info.serraview.com/hubfs/Archibus%20Files/EHS%20Training%20Guides/V24_EH&S_PPE_Train_Monitor.pdf) Erişim Tarihi: 04.02.2021
- Jeffrey R. Yost**, (2017). "Managing Facilities: Electronic Data Systems, 1962–1984," in *Making IT Work: A History of the Computer Services Industry*, MIT Press, pp.135-151.
- Johnson, R. W.** (2008). Classifying product information. CSRF- the Construction Sciences Research Foundation
- Jordani, D. A.** (2010). BIM and FM: the portal to lifecycle facility management, *Journal of Building Information* 6 13-16.
- Kang, L. S., & Paulson, B. C.** (2000). Information classification for civil engineering projects by Uniclass. *Journal of Construction Engineering and Management*, 158-167.
- Keady, R. A.** (2013). *Equipment Inventories for Owners and Facility Managers*, Chapter 4: Industry Standards. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Kincaid D.** (1994), - Integrated facilities management, Vol. 12 No 8, pp. 20-23

- Krämer, M., & Besenyői, Z.** (2018). Towards Digitalization of Building Operations with BIM. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing Ltd. Volume 365.
- Kula, B., & Ergen, E.** (2018). Review of Classification Systems for Facilities Management. BIM-Classification, (September), 12–14.
- Lannen J.,** (2016). BIM 360 Field to Building Ops—Lessons Learned in the Setup of a Project <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/BIM-360-Field-Building-Ops-Lessons-Learned-Setup-Project-2016#presentation> Erişim Tarihi: 05.02.2021
- Lasalle J.,** (2021). Archibus Enterprise IWMS (Integrated Workplace Management System) <https://www.digitalmarketplace.service.gov.uk/g-cloud/services/843834734281118> Erişim Tarihi: 06.02.2021
- Lee S. ve Akin Ö.,** (2011). Augmented reality-based computational fieldwork support for equipment operations and maintenance Automation in Construction 20(4) 338-352
- Lee S.-K., An, H.-K., Yu J.-H.,** (2012) An Extension of the Technology Acceptance Model for BIM-based FM, Construction Research Congress 2012 Construction Challenges in a Flat World, ASCE, 602-611.
- Levainen, K. I.** (1997). Building sites as a city facility. Facilities management: European practice. Netherlands: Arko Publishers, 44–47.
- Lewis, A.,** (2013), “Case Study 6: University of Chicago Administration Building Renovation”, IFMA (Ed.), BIM for Facility Managers, Wiley, Hoboken, N.J., 294 – 313.
- Liao, L.; Teo, E. A. L.** 2017. Critical success factors for enhancing the building information modelling implementation in building projects in Singapore, Journal of Civil Engineering and Management 23(8): 1029–1044. <https://doi.org/10.3846/13923730.2017.1374300>
- Lijun, S., Edirisinghe, R., and Goh, Y. M.** (2016). “An Investigation of BIM Readiness of Owners and Facility Managers in Singapore : Institutional Case Study An Investigation
- Linda Tay & Joseph T.L.** (2001). Ooi, Facilities Management: “Jack of all trades”, Facilities Journal, Vol.19, Number 10, pp.357-362.
- Lou, E. C. W. and Goulding, J. S.** (2008). *Building and Construction Classification Systems*. Architectural Engineering and Design Management, Vol. 4:3-4, pp. 206-220.
- Macharg, W., & Taylor, M.** (2018). Crossrail : Building the Project Overview of Presentation. BIM-Project, (August).
- Mass,** (2014). ARCHIBUS Mobile Framework in a nutshell <http://www.mass-plc.com/blog/122/archibus-mobile-framework-in-a-nutshell> Erişim Tarihi: 04.02.2021
- May, M.,** (2013). CAFM-Handbuch: IT im Facility Management erfolgreich einsetzen. 3. Auflage, Springer Verlag: Heidelberg, S.12.

- McPhee, A.** (2014). *"The Nature of Naming. Practical BIM."*  
[http://practicalbim.blogspot.hk/2014/08/the\\_nature\\_of\\_naming.html](http://practicalbim.blogspot.hk/2014/08/the_nature_of_naming.html)  
 Erişim Tarihi: 12.04.2021
- MeLampy, M. F.** (2007). Specifications and MasterFormat 2004. PACE. SSPC.
- Metro İstanbul,** (2021). Metro Hatları,  
<https://www.metro.istanbul/Hatlarimiz?hatturu=metro> Erişim Tarihi:  
 21.12.2021
- MetroTunnel** (2018, Şubat). Tunnel and Stations Public Private Partnership Project Summary  
<https://www.dtf.vic.gov.au/sites/default/files/2018-02/Metro%20Tunnel%20PPP%20Project%20Summary%20-%2021%20February%202018.pdf> Erişim Tarihi: 14.12.2020
- Meyer, B., Systems, F. M., Applications, S., & Primary, E.** (2008). *Revit Modeling for Successful Facilities Management.*
- Mitchell, S.** (2006). Standards in facilities management. <https://key.fm/operational-efficiency-iso-41001/> Erişim Tarihi: 02.03.2021
- Mohanta, A., Mohanta, A., & Das, S.** (2016). *BIM as Facilities Management Tool: A brief review Conservation of Laterite Stone monuments (MHRD, India) View project Disaster management plan for Guwahati View project BIM as Facilities Management Tool: A brief review.*  
<https://www.researchgate.net/publication/311953693>
- Motawa, I., & Almarshad, A.** (2013). A knowledge-based BIM system for building maintenance. *Automation in Construction*, 29, 173-182.
- Murff K.** (2017, 14 Aralık). BAM FM's BIM for FM story: Part I, Measures of Success <https://www.autodesk.com/bim-360/facilities-management-software/bam-fms-bim-for-fm-story-part-i-measures-of-success/>  
 Erişim Tarihi: 11.10.2021
- NBS,** (2021). NBS BIM Object Standard <https://www.thenbs.com/our-tools/nbs-bim-object-standard> Erişim Tarihi: 17.01.2021
- NBIMS-US2,** (2012). National BIM Standard - United States™ Version 2.
- NBIMS-V3,** (2015). Information Exchange Standards.  
[https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US\\_V3\\_4.2\\_COBie.pdf](https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_V3_4.2_COBie.pdf) Erişim Tarihi: 23.02.2021
- NBIMS-V3,** (2015b). Reference Standards: Omniclass  
[https://classes.engr.oregonstate.edu/cce/winter2018/cce203/NBIMS-US\\_V3/NBIMS-US\\_V3\\_2.4.4.1\\_OmniClass\\_Table\\_11\\_Construction\\_Entities\\_by\\_Function.pdf](https://classes.engr.oregonstate.edu/cce/winter2018/cce203/NBIMS-US_V3/NBIMS-US_V3_2.4.4.1_OmniClass_Table_11_Construction_Entities_by_Function.pdf) Erişim Tarihi: 06.06.2021
- NFMT,** (2015). Bim For FM Case Studies,  
[http://www.nfmt.com/handouts/orlando/2015/T3\\_31B.pdf](http://www.nfmt.com/handouts/orlando/2015/T3_31B.pdf) Erişim Tarihi: 23.01.2021
- Nutt, B.** (2000), "Four competing futures for facility management", *Facilities*, Vol. 18 No. 3/4, pp. 124-132. <https://doi.org/10.1108/02632770010315670>

- OBOS**, (2018, Ekim). An international standard for object developers. [http://www.iibh.org/pdf/icis/OBOS\(The%20Open%20BIM%20Object%20standard\)\\_V1.0\\_2018.pdf](http://www.iibh.org/pdf/icis/OBOS(The%20Open%20BIM%20Object%20standard)_V1.0_2018.pdf) Erişim Tarihi: 10.01.2021
- OmniClass<sup>TM</sup>** (2006), Strategy for Classifying the Built Environment : Introduction and User's Guide, Edition 1.0, Release 2006-03-28, Ontario, Canada.
- OmniClass.** (2021). OmniClass Introduction and User's Guide. <http://www.omniclass.org/> Erişim Tarihi: 06.06.2021
- Öner F.** (2019). İBB Raylı Sistem Projelerinde BIM Uygulamaları <https://rayhaber.com/wp-content/uploads/2019/10/1.-FAHRETTiN-oNER-iBB-RAYLI-SiSTEM-PROJELERiNDE-BIM-UYGULAMALARI.pdf> Erişim Tarihi: 26.10.2020
- PAS 1192-3**, (2020, Eylül). [https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/PAS\\_1192-3](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/PAS_1192-3) Erişim Tarihi: 13.06.2021
- Patacas J. , N. Dawood, V. Vukovic, M. Kassem**, (2015). BIM for facilities management: evaluating BIM standards in asset register creation and service life. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Volume 20 , 313-331.
- Paula G.** (2016). BIM 360 expande para apoiar a colaboração da equipe de projeto, <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/bim-360-expande-se-para-apoiar-a-colaboracao-equipe-de-projeto/> Erişim Tarihi: 06.02.2021
- Pavan, A., Daniotti, B., Cecconi, F. R., Maltese, S., Spagnolo, S. L., Caffi, V., Chiozzi, M., & Pasini, D.** (2014). INNOVance: Italian BIM database for construction process management. *Computing in Civil and Building Engineering - Proceedings of the 2014 International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, 641–648. <https://doi.org/10.1061/9780784413616.080>
- Philp, D., Churcher, D., & Davidson, S.** (2019). Government Soft Landings. <https://doi.org/10.17863/CAM.45315>
- Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X., Eastman, C., and Self, A. P.** (2018). “Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM).” *Automation in Construction*, Elsevier, 87(February 2017), 22–38.
- Plannerly** (2021). <https://app.plannerly.com/projects/01a5040a-f336-4f01-ab4a-a845ba69b247/plan> Erişim Tarihi: 13.12.2021
- Qatar Rail** (2020). <https://corp.qr.com.qa/English/Procurement/Tenders/Pages/FutureTenders.aspx> Erişim Tarihi: 15.12.2020
- Sandeep M., Johan N., Lauri V., Yongjian K., Shankar S.**, (2021). An exploratory study of the use of social media to assess benefits realization in transport infrastructure projects, In *Project Leadership and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2021.100010>
- Sapp D.** (2017). Facilities Operations Maintenance - An Overview <https://www.wbdg.org/facilities-operations-maintenance> Erişim Tarihi: 21.01.2021

- Sawhney, A., & Royal Institution of Chartered Surveyors.** (2015). *International BIM implementation guide*. <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/construction/international-bim-implementation-guide-1st-edition-rics.pdf> Erişim Tarihi: 17.10.2021
- SERRONA, K. R., & YU, J. soo.** (2009). Finding urban waste management solutions and policies: Waste-to-energy development and livelihood support system in Payatas, Metro Manila, Philippines. *Journal of Environmental Sciences*, 21(SUPPL. 1), S40–S43.
- Shalabi F., ve Turkan Y.** (2017). IFC BIM-based facility management approach to optimize data collection for corrective maintenance J. of performance of constructed facilities 31(1) 04016081
- Shillcock, P.** (2019) From BS 1192 to ISO 19650 and everything in between <https://www.thenbs.com/knowledge/from-bs-1192-to-iso-19650-and-everything-in-between> Erişim Tarihi: 28.05.2021
- Singh, H., Smith, D. K., & Przybyla, J. M.** (2009). Reducing facility management costs through integration of COBIE and LEED-EB. *Journal of Building Information Modeling Spring*, 21-23.
- Stanford University** (2014). <https://web.stanford.edu/dept/pres-provost/cgi-bin/dg/wordpress/data-naming-standards/> Erişim Tarihi: 14.01.2021
- Stephens R.** (2021). The Difference Between Hard and Soft Facilities Management (FM) Services <https://www.cloudapper.com/facility-management/the-difference-between-hard-and-soft-facilities-management-fm-services/> Erişim Tarihi: 06.09.2021
- Stirzaker** (2020). Crossrail Learning Legacy <https://learninglegacy.crossrail.co.uk/documents/crossrail-management-system/> Erişim Tarihi: 12.12.2020
- Stone D.,** (2019). Does Bim Based Facility Management Work for Small Project [https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/forge-content/au\\_class-urn%3Aadsk.content%3Acontent%3A5d19ba01-4dce-45ee-9bb9-d37106be040b#handout](https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/forge-content/au_class-urn%3Aadsk.content%3Acontent%3A5d19ba01-4dce-45ee-9bb9-d37106be040b#handout) Erişim Tarihi: 24.10.2021
- Stowe, K., Teizer, J., & Zhang, S.** (2014). Capturing the Return on Investment of All-In Building Information Modeling: Structured Approach. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, Vol. 20, Issue 1
- Tarandi, V.** (2012). The BIM collaboration hub supporting IDDS: research issues and their current status. In *European Conference on Product and Process Modelling, ECPPM 2012*; Reykjavik; (pp. 819-824). Taylor & Francis Group.
- Taylor, M.** (2017). Crossrail project: Building a virtual version of London's Elizabeth line. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering*, 170(6), 56–63. <https://doi.org/10.1680/jcien.17.00022>
- Teicholz, P.** (2013). *BIM for facility managers*. John Wiley & Sons, New Jersey, U.S.
- Thabet, W., Lucas, J., and Johnston, S.** (2016). "A Case Study for Improving BIM-FM Handover for a Large Educational Institution." *Construction*

Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan - Proceedings of the 2016 Construction Research Congress, CRC 2016, 2177–2186.

- Thomas, P.** (2017) The role of FM in BIM projects <https://www.iwfm.org.uk/resource/the-role-of-fm-in-bim-projects.html> Erişim Tarihi: 23.11.2021
- UGL,** (2020). <https://www.ugllimited.com/en/case-studies/current/metro-trains-melbourne> Erişim Tarihi: 13.12.2020
- UKBimFramework,** (2021). [https://www.ukbimframework.org/wp-content/uploads/2021/08/UKBIMF-UKBIMF-XX-XX-IM-PT-000001-UKBIMFramework\\_Infographic.pdf](https://www.ukbimframework.org/wp-content/uploads/2021/08/UKBIMF-UKBIMF-XX-XX-IM-PT-000001-UKBIMFramework_Infographic.pdf) Erişim Tarihi: 26.11.2021
- Uniclass 2015,** (2021). <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass-2015> Erişim Tarihi: 22.05.2021
- Uniformat II,** (2021), <https://www.uniformat.com/index.php/unifrmt-ii/astm-standards> Erişim Tarihi: 27.05.2021
- United States National CAD Standard Version 4** (2007). A Consensus Standard Incorporating Industry Publications. [https://web.itu.edu.tr/~yamanhak/ders/mcs/U\\_S\\_N\\_C\\_S-v4.pdf](https://web.itu.edu.tr/~yamanhak/ders/mcs/U_S_N_C_S-v4.pdf) Erişim Tarihi: 01.02.2021
- Vanlande, R., Nicolle, C., & Cruz, C.** (2008). IFC and building lifecycle management. *Automation in Construction*, 18(1), 70–78.
- Ventovuori, T.** (2007). Analysis of supply models and FM service market trends in Finland, *Journal of Facilities Management* 5(1): 37–48. <http://dx.doi.org/10.1108/14725960710726337>
- Venugopal, M., Eastman, C. M., Sacks, R., and Teizer, J.** (2012). “*Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema.*” *Adv. Eng. Inform*, 26(2), 411-428.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F.** (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.
- WBDG** (2021). Construction-Operations Building Information Exchange (COBie). <https://www.wbdg.org/bim/cobie> Erişim Tarihi: 22.01.2021
- Wikforss, Ö.** (2003). Byggandets informationsteknologi: så används och utvecklas IT i byggandet. *Svensk byggtjänst*.
- Wikipedia** (2021). COBie, <https://en.wikipedia.org/wiki/COBie> Erişim Tarihi: 08.03.2021
- Wing E.** (2018). Learning BIM 360 Ops, <https://trainingvideocenter.com/lynda-learning-bim-360-building-ops/> Erişim Tarihi: 06.02.2021
- Winstanley J.** (2016, 06 Nisan). Why we made Autodesk Bim 360 Ops <https://www.autodesk.com/bim-360/facilities-management-software/why-we-made-autodesk-bim-360-ops/> Erişim Tarihi: 08.09.2021

- WSP** (2021). <https://www.wsp.com/en-KW/insights/implementing-sustainable-design-for-city-rail-link> Erişim Tarihi: 03.01.2021
- Xie, X. Y., & Xie, T. C.** (2015). Research for Framework of BIM-Based Platform on Facility Maintenance Management on the Operating Stage in Metro Station. *Applied Mechanics and Materials*, 743, 702–710. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.743.702>
- Xu, J., Chen, K., Xue, F., & Lu, W.** (2021). Proceedings of the 23rd International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate. Proceedings of the 23rd International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate, (February).
- Yang, X., & Ergan, S.** (2017). BIM for FM: Information Requirements to Support HVAC-Related Corrective Maintenance. *Journal of Architectural Engineering*, 23(4), 04017023.
- Young, N. W., Jones, S. A., & Bernstein, H. M.** (2008). SmartMarket Report, Building Information Modeling. McGraw Hill Construction.


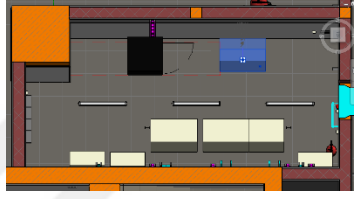

## **EKLER**

**EK A : Varlık Listeleri**



## EK A: Varlık Listeleri

**Çizelge A1:** Bahariye İstasyonu Kontrol Sistem Varlıkları Mahal Bazlı Listelenmesi.

Mahal	Kontrol Sistem Varlığı	Adet	Model Görünümü
AG Odası	Scada PCS Paneli	1	
Elektrik Odası Bilet Holü Katı	Scada EMS Paneli	1	
Elektrik Odası Peron Kat	Scada EMS Paneli	1	

**Çizelge A2: Bahariye İstasyonu Kontrol Sistem Varlıkları Mahal Bazlı Listelenmesi.**

Mahaller	Üfleme (Temiz Hava - Supply Air)	Emiş (Kirli Hava - Exhaust Air)	Klima (Split Air Condination)
İstasyon Kontrol Od.	✓	✓	✓
Elektronik Ekipman Od.	✓		✓
OG ve AG Odaları	✓	✓	
Akü Odası	✓	✓	✓
Fiberoptik Odası	✓		✓
Sinyalizasyon Od.	✓		✓
Peron Sonu Cer Od.		✓	
Elektrik-Yürüyen Merdiven Pano Od.		✓	
TVF, EXF, INF Od.	✓	✓	
Yangın Pompa Od.	✓	✓	
Yangın Tüp Od.	✓	✓	
Yedek Oda	✓	✓	
Teknik alan Kor.	✓/-	✓/-	
GSM Od.	✓	✓	
Temizlik Od.	✓	✓	
Personel soyunma Od.	✓	✓	
Personel Od.	✓	✓	✓
Ofis	✓	✓	✓
Yolcu ve Personel WC		✓	
Pis Su Pompa Od.		✓	
Drenaj Pompa Od.		✓	
Bilet Holü Yolculu Alan		✓	
Peron Yolculu Alan	✓	✓	

✓/- Üfleme veya emiş


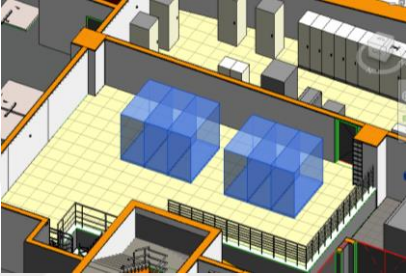
**Çizelge A3: Bahariye İstasyonu Fan Çeşitleri Mahal Bazlı Listelenmesi.**

<b>Mahaller</b>	<b>HRV Fan</b>	<b>Aksiyel Fan (EXF)</b>	<b>Kanal Tipi Fanlar (kirli)</b>	<b>Hücreli Fan (Temiz Hava)</b>
İstasyon Kontrol Od.	✓			
Elektronik Ekipman Od.				✓
OG ve AG Odaları				✓
Akü Odası			✓	✓
Fiberoptik Odası			✓	✓
Sinyalizasyon Od.				
Peron Sonu Cer Od.			✓	✓
Elektrik-Yürüyen Merdiven Pano Od.			✓	✓
TVF, EXF, INF Od.			✓	✓
Yangın Pompa Od.			✓	✓
Yangın Tüp Od.			✓	✓
Yedek Oda			✓	✓
Teknik alan Kor.			✓	✓
GSM Od.	✓		✓	✓
Temizlik Od.			✓	
Personel soyunma Od.	✓			
Personel Od.	✓			
Ofis	✓			
Yolcu ve Personel WC			✓	
Pis Su Pompa Od.				
Drenaj Pompa Od.				
Bilet Holü Yolculu Alan		✓		
Peron Yolculu Alan		✓		

**Çizelge A4: Bahariye İstasyonu Sıhhi Tesisat Mahal Bazlı Listelenmesi.**

<b>Mahaller</b>	<b>Lavabo</b>	<b>Elek.Su Isıtıcı</b>	<b>Musluk</b>	<b>Acil Göz Yıkama</b>	<b>Süzgeç</b>	<b>Izgara</b>
İstasyon Kontrol Od.	-	-	-	-	-	-
Elektronik Ekipman Od.	-	-	-	-	-	-
OG ve AG Od.	-	-	-	-	-	-
Akü Odası	-	-	-	✓	✓	-
Fiberoptik Od.	-	-	-	-	-	-
Sinyalizasyon Od.	-	-	-	-	-	-
Peron Sonu Cer Od.	-	-	-	-	-	-
Elektrik-Yürüyen Merdiven Pano Od.	-	-	-	-	-	-
TVF, EXF, INF Od.	-	-	-	-	✓	-
Yangın Pompa Od.	-	-	-	-	-	✓
Yangın Tüp Od.	-	-	-	-	-	-
Yedek Oda	-	-	-	-	-	-
Teknik alan Kor.	-	-	-	-	✓	-
GSM Od.	-	-	-	-	-	-
Temizlik Od.	✓	✓	✓	-	✓	-
Personel soyunma Od.	-	-	-	-	-	-
Personel Od.	✓	✓	-	-	-	-
Ofis	-	-	-	-	-	-
Yolcu ve Personel WC	✓	✓	-	-	✓	-
Pis Su Pompa Od.	✓	✓	-	-	-	-
Drenaj Pompa Od.	-	-	✓	-	-	-
Bilet Holü Yolculu Alan	-	-	-	-	✓	✓
Peron Yolculu Alan	-	-	-	-	✓	✓




**Çizelge A5: Bahariye İstasyonu OG Odası Ekipman Listesi.**

<b>OG Cer Gücü Odası</b>		
<b>Ekipman</b>	<b>Adet</b>	<b>Model Görünümü</b>
Kuru Tip Trafo	2	
OG Hücre/Pano	6	









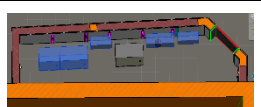

**Çizelge A6: Bahariye İstasyonu AG Odası Ekipman Listesi.**

<b>AG Odası</b>		
<b>Ekipman</b>	<b>Adet</b>	<b>Model Görünümü</b>
LVS Pano	19	
UPS	1	
Kuru Tip Trafo	1	
Redresör Cihazı	1 set	

**Çizelge A7:** Bahariye İstasyonu Akü Odası Ekipman Listesi.

<b>Akü Odası</b>		
<b>Ekipman</b>	<b>Adet</b>	<b>Model Görünümü</b>
Akü	4 raf	
Akü Şarj Cihazı	1 basamak	
Aydınlatma Priz Paneli	2 adet	

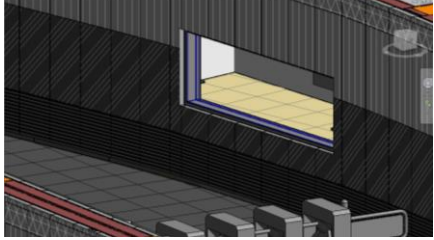
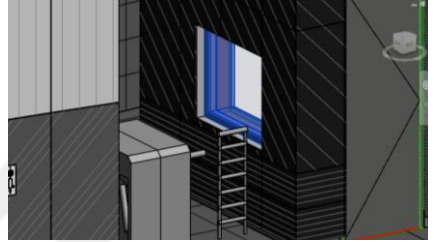
**Çizelge A8: Bahariye İstasyonu Elektrik Odası Ekipman Listesi.**

<b>Elektrik Odası</b>			
<b>Ekipman</b>	<b>Adet</b>	<b>Bulunduğu kat</b>	<b>Model Görünümü</b>
Aydınlatma Priz Paneli	5	Bilet Holü Katı	
Bilgi Kabini	1	Bilet Holü Katı	
Mekanik Yük Kabini	1	Bilet Holü Katı	
Aydınlatma Priz Paneli	3	Peron Kat S20/329/102	
Mekanik Yük Kabini	1	Peron Kat S20/329/102	
Aydınlatma Priz Paneli	4	Peron Kat S20/329/101	
Aydınlatma Priz Paneli	3	Peron Kat S20/329/151	
Mekanik Yük Kabini	1	Peron Kat S20/329/151	
Aydınlatma Priz Paneli	5	Peron Kat S20/329/152	
Mekanik Yük Paneli	1	Peron Kat S20/329/152	


**Çizelge A9: Bahariye İstasyonu Kapı Listesi.**

Mahaller	Kanat Sayısı	Yangın Dayanımı	Gözetleme Cam Menfez	Panik Bar	Kart Okuyucu	Hidrolik Kapı İtici	Manyetik Kontak	Manyetik Kilit	Kapı Açma Butonu
İstasyon Kontrol Od.	TEK				✓	✓	✓	✓	✓
Elektronik Ekipman Od.	TEK	90	25cm x 40cm		✓	✓	✓	✓	✓
OG ve AG Od.	ÇİFT	90	25cm x 40cm	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Akü Odası	TEK	90					✓		
Fiberoptik Od.	TEK						✓	✓	
Sinyalizasyon Od.	TEK	90	25cm x 40cm		✓	✓	✓	✓	✓
Peron Sonu Cer Od.	TEK	60					✓		
Elektrik-Yürüyen Merdiven Pano Od.	TEK	60					✓		
TVF, EXF, INF Od.	ÇİFT	90					✓		
Yangın Pompa Od.	ÇİFT	60					✓		
Yangın Tüp Od.	TEK	60					✓		
Yedek Oda	TEK						✓		
Peron Sonu Kapısı	TEK		66cm x 177cm	✓	✓		✓	✓	
GSM Od.	TEK						✓	✓	
Temizlik Od.	TEK						✓		
Personel soyunma Od.	TEK					✓			
Personel Od.	TEK				✓	✓	✓		
Ofis	TEK						✓		
Yolcu ve Personel WC	TEK					✓			
Pis Su Pompa Od.	TEK						✓		
Drenaj Pompa Od.	TEK						✓		


**Çizelge A10: Bahariye İstasyonu Pencere Listesi.**

Pencere		
Mahal	Adet	Model Görünümü
İstasyon Kontrol Odası	1	
Ofis	1	


**Çizelge A11: AG Dağıtım Panosu Kontrol Listesi (3 Aylık).**

Ana Dağıtım Panosu LSV (3 aylık Bakım)	
<p>1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.</p>	
<p>2. Kablo ve baralardaki olası ısınma belirtilerini (renk değişikliği, erime, kavrulma vb.) kontrol edin. Varsa hasarlı parçayı yenisi ile değiştirin.</p>	
<p>3. Açık tip şalterlerin ark söndürme hücrelerini ısınma belirtileri bakımından kontrol edin.</p>	
<p>4. Şalterlerin kumanda kablo bağlantılarındaki varsa gevşemeleri uygun tornavida ile sıkıştırın.</p>	
<p>5. Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.</p>	


**Çizelge A12: AG Dağıtım Panosu Kontrol Listesi (6 Aylık).**

<b>Ana Dağıtım Panosu LSV (6 aylık Bakım)</b>	
1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.	
2. Açık tip şalterlerin açma fonksiyonlarını harici güç kaynağı kullanarak kontrol edin.	
3. Kompakt tip şalterlerin üzerlerindeki test butonu ile açma fonksiyonunu kontrol edin.	
4. Dış kapı ve örtü sacı topraklamalarındaki sürekliliği buzzer yardımıyla kontrol edin, varsa gevşemiş bağlantıları sıkın.	
5. Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.	


**Çizelge A13: AG Dağıtım Panosu Kontrol Listesi (Yıllık).**

<b>Ana Dağıtım Panosu LSV (1 yıllık Bakım)</b>	
1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.	
2. 110VDC Kumanda enerjisini verip lamba test butonuna basarak tüm sinyal lambalarının çalışır durumda olduklarını kontrol edin.	
3. Panoya 400VAC enerjisi verip TPM-04 SH enerji analizöründen ve voltmetre üzerinden gerilim değerini okuyun.	
4. Elektriksel kilitlerin, projede gösterilmiş lojik şemaya uygun olduğunu çekmeceli şalterleri çekmece içindeki işletme pozisyonuna alıp pano üzerindeki kumanda butonlarından kontrol edin.	
5. Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.	


**Çizelge A14: VRLA, NiCD Tip Akü Kontrol Listesi (6 Aylık).**

<b>VRLA, NiCD Tip Akü (6 aylık Bakım)</b>	
1. Akü gerilimlerinin kontrolünü yapın.	


**Çizelge A15: Trafo Kontrol Listesi (6 Aylık).**

<b>Trafo (6 aylık Bakım)</b>	
1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.	
2. Trafo ve diğer parçaların dış yüzeyleri temizlenir.	
3. Ark boynuzları kontrol edilir gerekiyorsa düzenleme yapılır.	
4. Bağlantı elemanlarının gevşeme kontrolü yapılır.	
5. Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.	

**Çizelge A16: Trafo Kontrol Listesi (Yıllık).**

<b>Trafo (Yıllık Bakım)</b>	
1. Bütün elektrikler ana tablodan kesilmeli ana tablo ve bakımın yapıldığı odaya “DİKKAT BAKIM VAR” levhaları asılmalıdır.	
2. Ayırıcı ve kesici izolasyon testi yapılır.	
3. Kesici mekanik bakımı yapılır.	
4. Gerekirse yağ kesici yağ değişimi yapılır.	
5. Kontakların aşınma durumu tespit edilir.	
6. Gücü açarak LED'in yeşile döndüğünü doğrulayın.	

**Çizelge A17: OG Ekipman Pano Kontrol Listesi (3 Aylık).**

<b>OG Ekipman Pano Bakım - 3 Aylık Bakım</b>	
1. Pano kapağını açın.	
2. Termal kamera ölçümü yapın.	
3. Klemens, sigorta ve bara vidalarında ısınma var ise bu parçalar sıkılmalıdır.	
4. Kablolarda ısınma var ise kablo kesiti büyütülmelidir.	
5. Pano kapağını kapatın.	

**Çizelge A18: Lavabo Vitrikiye Kontrol Listesi (Zorunlu Bakım).**

<b>Lavabo Vitrikiye - Reaktif Bakım</b>	
1. Onarılması planlanan parçanın sökme işlemini yapın.	
2. Yerine yedek parçayı yerleştirin.	
3. Batarya sıcak-soğuk su bağlantı kontrolünü yapın.	
4. Batarya sızdırma kontrolünü yapın.	