

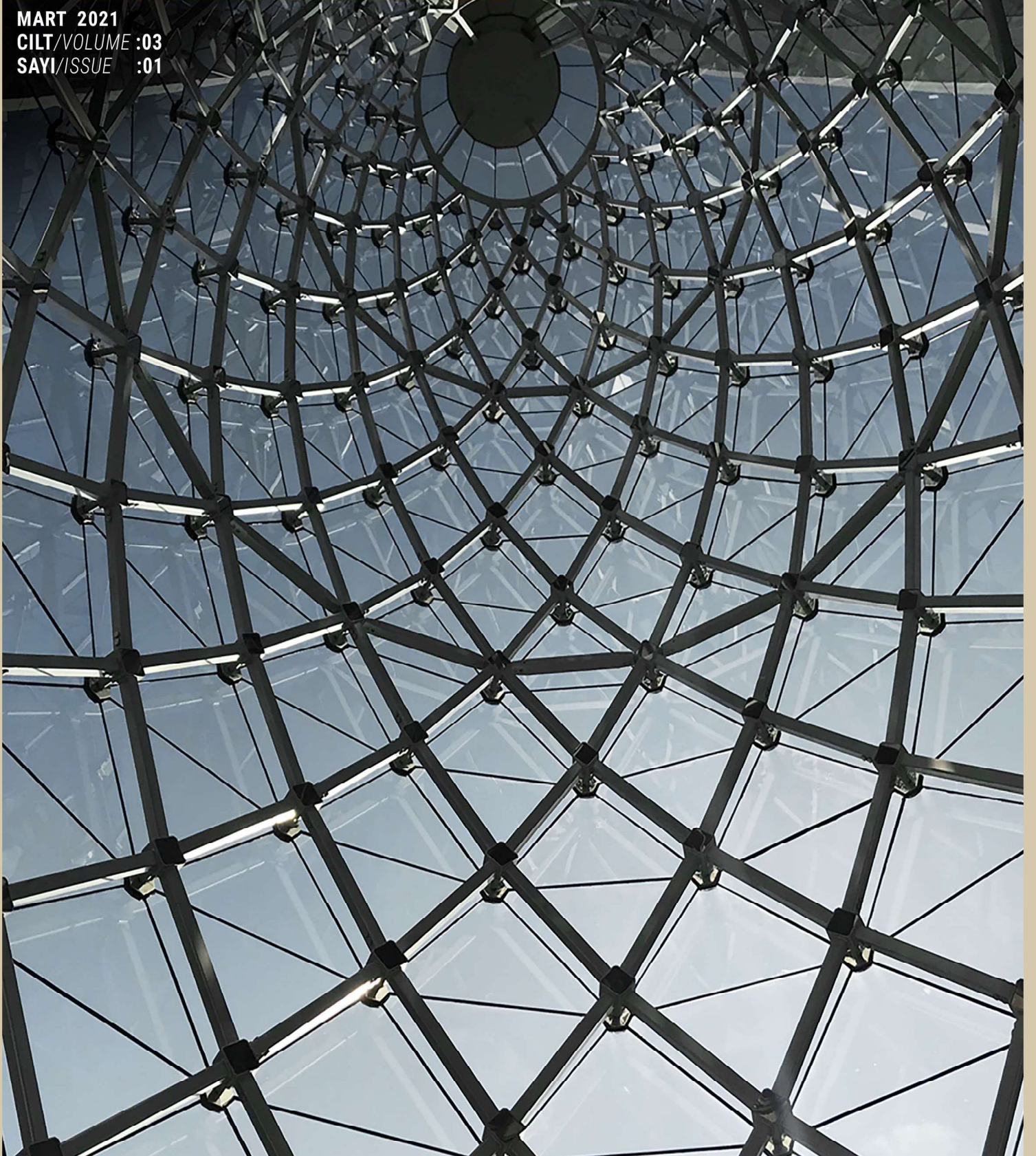
YAPI BİLGİ MODELLEME

ULUSLARARASI HAKEMLİ AKADEMİK DERGİ



MİMAR SİNAN
GÜZEL SANATLAR
ÜNİVERSİTESİ

MART 2021
CİLT/VOLUME :03
SAYI/ISSUE :01



İçindekiler

Editörden...

Yeraltı Metro İstasyon Yapılarında Algoritmik Tasarım ile Me- kan Yerleşim Kararlarının Geliştirilmesi	1
<i>Azize KARADOĞAN</i>	
AR/VR Destekli BIM Teknolojileri ile Tesis Yönetimi	12
<i>Gökçen Ezgi ŞEN</i>	
ERP Sisteminin BIM Veri Akışına Dahil Edilmesi ve Üretimsel Süreçlerle Entegrasyonu	23
<i>Süleyman EYİĞÜN</i>	
Yapı Bilgi Modeli ile Yürütülen Projelerde Değişikliklerin Yöne- timi için Bir Model Önerisi	35
<i>Tanem KÖTEŞLİ AYDIN, İlkay KOMAN</i>	

Editörden...

Sizlerle Yapı Bilgi Modelleme dergimizin bu sayısını paylaşmanın büyük heyecamı içerisindeyiz. Dergimiz hakemli bilimsel dergi statüsü ile yayınlanmaktadır.

Dergimizde bir yapının ön tasarımından yıkım aşamasına kadar uzanan yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen tüm süreçlerde etkin bilgi paylaşımı ve yönetimi sağlamak amacı ile geliştirilen, yapının 3B sayısal ikizi olarak tanımlanan Yapı Bilgi Modeli'nin oluşturulduğu ve Yapı Yaşam Döngüsüne ait farklı tasarım, analiz, hesaplama ve uygulamaların bu model üzerinden gerçekleştirildiği bir yaklaşım olan "Yapı Bilgi Modelleme" yaklaşımı ekseninde yer alan bilimsel araştırmaları yayınlamayı amaçlıyoruz. Bununla birlikte Bu yaklaşım ile yakın ilişki içerisinde olan bilgi sistemleri Yapı Bilgi Modelleme Sistemleri ve Coğrafi Bilgi Sistemlerini odak alanlarımız olarak görüyoruz.

Bu bağlamda dergimizde, sadece mikro (yapı) ve Mimari Enformatik odaklanması ile değil (makro) kent ölçeğinde yer alan, Akıllı Şehir ve Akıllı Yapılı Çevre konularını da kapsayan, Kentsel Enformatik odaklı çalışmalara da yer verme ilkesini benimsiyoruz. Böylece gerek mikro gerek ise makro seviyede bütünlük bir veri ve bilgi yönetiminin sağlayacağı imkânları siz okuyucularımız ile buluşturma şansını yakalayacağımıza inanıyoruz.

Her ne kadar ismi Yapı Bilgi Modelleme olsa dahi Mimari ve Kentsel Enformatik alanlarında geniş bir bilgi alanını kapsamına alan dergimizin ülkemiz akademik ve bilimsel hayatına katkı sağlamasını umut ediyorum. Bu bağlamda dergimizin, ülkemize, akademik ve bilimsel camiaya hayırlı olmasını diliyor, gelecek sayılarımızda sizlerin de makalelerini yayınlamak dileği ile saygılarımı sunuyorum.

Prof.Dr.Ümit İŞIKDAĞ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Enformatik Bölümü

YAPI BİLGİ MODELLEME

Uluslararası Hakemli Akademik Dergi

Mart 2021

Cilt : 03- Sayı : 01

ISSN 2687-4660

Sahibi

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Editörler

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Yardımcı Editör

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Editörler Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç.Dr.Bülent Onur Turan

Doç.Dr. Seher Başlık

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç.Dr.Bulent Onur Turan

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Dr.Öğr. Gör. Salih Akkemik

Dr.Öğr. Gör. Sertaç Karsan Erbaş

Hakem Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Burçin Arabacıoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç.Dr.Bülent Onur Turan

Doç.Dr. Seher Başlık

Doç. Dr. Çetin Tüker

Doç. Dr. Derya Güleç Özer

Doç. Dr. Ozan Özener

Doç. Dr. Levent Arıdağ

Dr. Öğr. Üye, Tigin Töre

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Dr. Öğr. Üyesi Belinda Torus

Dr. Öğr. Üyesi Türkan İrgin Uzun

Dr. Öğr. Üye, Suzan Girginkaya Akdağ

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Kurumsal Kimlik Sorumlusu:

Dr.Öğr.Gör. Salih Akkemik

Dergi Asistanı/Dergi Sekreteri:

Yeşim Sur

Dergi Yayın Koordinatörü:

Doç. Dr. Bülent Onur Turan

Hukuk Kurulu:

MSGSÜ Hukuk Müşavirliği

İngilizce Dil Editörü:

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Görsel Tasarım Sorumlusu:

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

İletişim

ADRES: MSGSÜ Enformatik Bölümü

MSGSÜ Bomonti Kampüsü - 6.Kat - Sağ Blok

Cumhuriyet Mh. Silahşör Cd. No: 89

Bomonti - Şişli / İstanbul

TELEFON : 0212 246 00 11 - 6100

E-POSTA : enformatik@msgsu.edu.tr

YERALTI METRO İSTASYON YAPILARINDA ALGORİTMİK TASARIM İLE MEKAN YERLEŞİM KARARLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Azize KARADOĞAN (ORCID: 0000-0001-5779-3222)
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: 20182109007@msgsu.edu.tr

ÖZET

Modern toplum altyapılarının önemli bir parçası olan yeraltı metro istasyonlarının geleneksel olarak çözümlenmiş plan tasarımı, gelişen teknolojinin sunduğu sayısal sonuçlara dayanan farklı yöntemler ile analiz edilebilir ve geliştirilebilir. Yeraltı metro istasyon yapıları, yapı sınırları ve mekân ihtiyaçları bakımından belli sınırları olan ve şartnameler ile ön koşulları belirlenmiş, birçok üst ve alt yapı projesine göre farklı bir tasarıma sahiptir. Üretken tasarımda kullanılan yöntemlerle yapının ihtiyaçları doğrultusunda oluşturulan kısıtlamalar sayesinde alternatif çözümler üretilebilir. Geleneksel mekân çözümünde ulaşılan alternatiflerden daha farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışma, metro istasyonları için üretken tasarım metodlarından faydalanılarak mekânı analiz edebilmeyi sağlayan sayısal bir tekniğin oluşturulması ile mekân diziminin oluşturulmasında kullanılan algoritma yaklaşımını açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı Metro İstasyon Yapıları; Üretken Tasarım, Parametrik Tasarım; Üretken Planlama, Mekân Dizimi.

ABSTRACT

Traditionally resolved plan design of underground subway stations, which are an important part of modern society infrastructures can be analyzed and developed with different methods based on the numerical results presented by emerging technologies. Underground metro station structures have a different design according to many superstructure and infrastructure projects, which have certain boundaries in terms of building boundaries and space requirements, and have been determined with specifications and prerequisites. Alternative solutions can be produced thanks to the restrictions created in line with the needs of the building with the

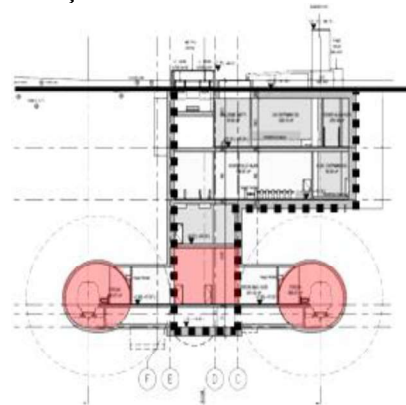
methods used in generative design. Different results can be obtained from the alternatives reached in the traditional space solution. This research proposes an algorithm approach by using the space syntax to form a numerical technique to analyze space by utilizing generative design methods for subway stations.

Keywords: Underground subway stations; Generative design, Parametric design; Generative planning; Space syntax.

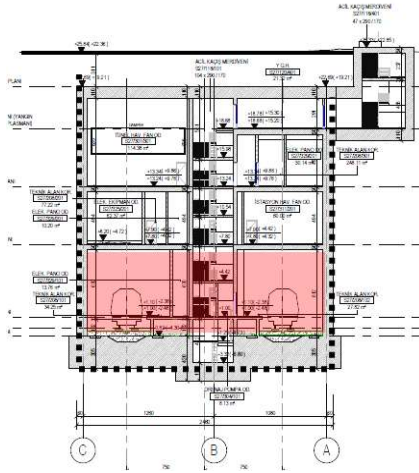
1.GİRİŞ

Yaşadığımız yüzyılda ekonomik, turistik, sosyal ve kültürel faaliyetlerin iyileştirilmesinde ulaştırma yapıları önemli bir yer tutmaktadır. Olumsuz çevresel koşullarına bağlı olarak artan nüfus, ulaşım zorluğu, trafik yoğunluğu gibi nedenler daha etkin ulaştırma hizmetlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ulaştırma hizmet yapıları arasında yer alan yeraltı metro istasyonları diğer kara ulaşımı yöntemlerine göre uğraş gerektiren, maliyetli bir sistem olsa da yer altında olduğundan diğer ulaşım araçları ve hava koşullarından etkilenmeyen, hızlı ve insan odaklı konforu arttıran bir sistemdir.

Yeraltı metro istasyonları, yapım yöntemi iki şekilde incelenebilir. Bunlardan birincisi peron yapım yöntemi olarak delme tünel diğeri ise aç-kapa (cut and cover) yapım yöntemidir. Bu yapım yöntemine göre peron platformu Şekil.1'deki gibi daire kesitli ve Şekilde.2'deki dikdörtgen kesitli formdan oluşur.



Şekil 1. Doğu Sanayi İstasyonu Kesiti



Şekil 2.Çobançeşme-Kuyumcukent İstasyonu Kesiti

1.1. Metro Yapılarında Tasarım Kriterleri

Yeraltı metro istasyonlarının yapım sonrası işletme süresi yaklaşık olarak yüz yıl olarak öngörülmüştür. Bugüne kadar yapılmış metro yapılarından elde edilen geleneksel tecrübelerle dayanarak metro istasyonlarında yardımcı bazı bölümler bulunmaktadır. Bu bölümler içerisinde, yolcuların treni beklediği alan olan peron platformu, bilet alış ve turnike geçiş alanının yer aldığı bilet holü katı, istasyon elektromekanik ve personel mahallerini kapsayan teknik alanlar, düşey sirkülasyonu sağlamaya yardımcı merdiven grupları ve asansörler bulunmaktadır.

Metro istasyonlarını oluşturulan bu yardımcı bölümler, çeşitli mahalleri barındırır. Bu mahallerin ihtiyaç gereksinimleri geleneksel yöntemlere dayanan hesaplar, standartlar ve şartnameden gelen veriler sonucunda belirlenmiştir. Hesaba dayalı istasyon kapasite değerlerinin alındığı geleneksel yöntemden Tablo.1’de gösterildiği gibi minimum peron alanı, bilet holünü, turnike sayısı, merdiven grubu genişlikleri ve adetleri alınır.

Tablo 8: İstasyon Dolaşım Gereksinimleri			
İSTASYON ADI	H. Ahmet Yesevi		
İSTASYON TİPİ	ORTA PERON, PERON TUNEL – BİLET HOLÜ AÇ-KAPA İSTASYON		
SEÇİLEN DORUK SAAT	(Sabah Doruk)		
TAHMİN YILI	2023		
DİZİ SÜRE ARALIĞI	(dak)	2	Teknik Şartname

	Birim			Toplam
		P1:	P2:	
Net Peron Alanı	(m ²)	308	308	616
Bilet Holü Alanı	(m ²)	Kontrolü:	100	306
		Kontrolsüz:	206	
Peron Merdiven Genişlikleri	(mm)	1800 + 1800		3600
Yürüyen Merdiven Genişliği	(mm)	1000		
Peron Yürüyen Merdiven Sayısı	(adet)	2	2	4
		0	0	
Peron Yürüyen Merdiven Sayısı (Yukarı) (0.65m/sn)	(adet)			2
Peron Yürüyen Merdiven Sayısı (Aşağı) (0.65m/sn)	(adet)			2
Turnike Sayısı	(adet)	4	1	5
		(Giriş)	(Çıkış)	
Geniş (Özel) Turnike Sayısı (*)	(adet)			1
Bilet Holü Merdiven Genişlikleri	(mm)	1800	0	1800
		0	0	
Bilet Holü Yürüyen Merdiven Sayısı	(adet)	2	0	2
		0	0	
Bilet Holü Yürüyen Merdiven Sayısı (Yukarı) (0.65m/sn)	(adet)			1
Bilet Holü Yürüyen Merdiven Sayısı (Aşağı) (0.65m/sn)	(adet)			1

Tablo 1.Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Dolaşım Gereksinim verileri

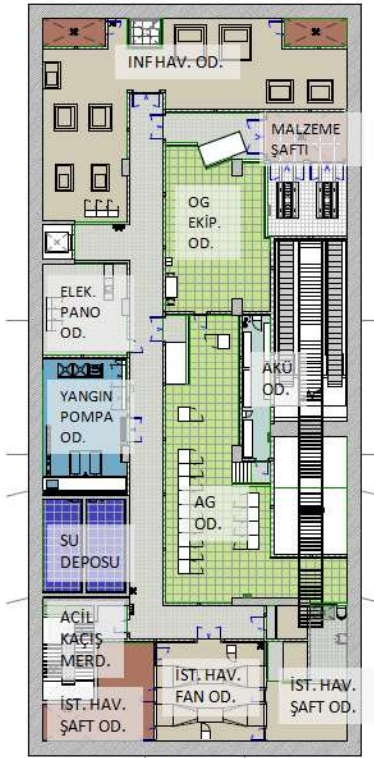
Standartlar ve proje şartnamesi verileri sonucunda ise teknik alan mahallerinin boyutları, yer alacağı kat, mahal adeti, mahallin yeri ile ilgili birçok tanım belirtilmiştir. Tablo.2’ de proje şartnamesindeki elektromekanik mahallerin birkaçının yer aldığı tanımlar gösterilmiştir.

Odamın İsmi	Odamın Bulunduğu Yapı	Tercih Edilen Konum	Oda Adedi	İstenen minimum oda alan/yükseklik
AG ekipman Odası	Tek konkorslu yapı	İstasyon Ortasında	1 Adet	100m ² , 5m
OG Ekipman Odası	Tek konkorslu yapı	İstasyon Ortasında	1 Adet	140 m ² , 5m
DC Ekipman Odası	Tek konkorslu yapı	Konkors Ortasında	1 Adet	90 m ² , 5m
OG Ekipman Odası	Çift konkorslu yapı	Konkors Ortasında	2 Adet	60m ² , 5m
DC Ekipman Odası	Çift konkorslu yapı	Konkors Ortasında	2 Adet	100m ² , 5m
AG ekipman Odası	Çift konkorslu yapı	Konkors Ortasında	2 Adet	140 m ² , 5m
Akü Odası	Tüm İstasyonlar	AG Ekipman odası içinde	1 adet	25 m ²

Tablo 2. Teknik Şartnamede yer alan mahal nitelik ve nicelik bilgileri

Tablo.2’de gösterildiği gibi metro tasarımında yer alan temel bölümler standart gereksinimleri,

şartname maddeleri ve işletme talepleri doğrultusunda alınan veriler doğrultusunda istasyon tasarımı yapılarak dış duvar sınırlarının belirlendiği bir şema üzerine mahal yerleşimi organize edilmektedir. Mahal yerleşimi organizasyonunda işletme talepleri doğrultusunda, istasyondaki personel ve güvenlik ihtiyacı gereksinimlerinden dolayı bazı mahallerin yan yana ve aynı kat içerisinde bulunması gerekmektedir. Bu sınırlamalar mahal yerleşiminde kimi zaman kolaylık sağlarken kimi zaman da bir bulmaca parçası sistemi oluşturduğundan zorluklar çıkarılabilir. Bu zorluklardan bazıları, kat sınırları içerisinde yer alan üstten ve alttan gelen şaft boşlukların mekânı bölmesi, asansör boşluğu, merdiven grubu altında kalan alanlar, ıslak hacim altında yer almaması gereken mahaller olarak sıralanabilir.



Şekil 3. Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik kat mahal yerleşimi

Şekil.3'te yer alan kat planında dış duvarlar ile çevrelenmiş sınırlar içerisinde alt kattan gelen şaft boşlukları korunarak yer alan plan üzerinde uygun görülen elektromekanik mahal yerleşimi yapılmıştır.

Yapılan bu yerleşim sonrasında farklı disiplinlerden mahal yerleşimleri ve mekân alanlarının yetersizliği ile ilgili Tablo.3' de yer almaktadır.

Mimari	Res_OG Odası	OG odasına rampa yerleşimi yapılarak mahal yerleşimi etüt edilmelidir.
Mekanik	Res_INF Odası	INF Havalandırma odası ekipman yerleşimleri için alan yetersiz görülmektedir. Yerleşim değerlendirilmelidir.
Mekanik	Res_YM Panoları	YM Panoları gerçek ebatları olacak şekilde oda için tefriş edilmelidir.
Elektrik	Res_OG Pano Grubu	Pano arkasında kapı istenmemektedir. Kapı yerleşimi düzeltilmelidir.
Elektrik	Res_YKP Panoları	Su Deposu içindeki pano tesisi müdahale için uygun değildir. Oda yerleşimi revize edilmelidir.

Tablo 3. BIM Koordinasyon Toplantısında alınan farklı disiplinlere ait mahal ile ilgili yorumlar

Mimarlar, ihtiyaç gereksinimlerini dikkate alarak uygun çözümün fonksiyonel olmasını dikkate alarak plan çözümünü yapmaya gayret gösterirler. Şekil.3'te yer alan plan çözümünde oda minimum gereksinimleri, oda içlerindeki ekipman yerleşimi ve bazı mahallerin birbiriyle olan yakınlık ilişkisi göz önünde bulundurularak herhangi bir üretken tasarım aracı kullanılmadan kat içinde yerleşim yapılmıştır.

Geçmişten günümüze gelen tecrübelerle dayalı bu plan çözümünün, günümüz tasarım teknolojisinin geldiği nokta düşünüldüğünde üretken tasarım metodlarından faydalanılarak uzun süre kalıcılığını koruması öngörülen metro yapıları ile ilgili farklı tasarım seçenekleri üretilebilir. Üretilen alternatif tasarımlar, tasarımcıya yeni yollar gösterirken ayrıca bu tasarım seçenekleri ile özellikle ön proje aşamasında genel taslağı oluştururken tasarımcıya kolaylık sağlayarak uygulama projesi aşamasında, tasarımcıyı plan çözmeye uğraştırmak yerine sadece uygulama projesinde yer alan detay projeleri ile ilgilenmesine yardımcı olur.

2. ÜRETKEN TASARIM (GENERATIVE DESIGN)

Üretken tasarım, yüksek seviyeli hedefleri ve kısıtlamaları tanımlamak, geniş bir tasarım alanını otomatik olarak araştırmak ve en iyi tasarım seçeneklerini tanımlamak için hesaplamaların gücünü kullanmaktır (Villagi ve Nagy, 2017).

Üretken sistemler, üründen çok süreç gelişimi ile ilgili olan metot veya metotlar bütünü olarak tanımlanabilir. Bilgisayar destekli üretken tasarım kavramı ise farklı çözüm alternatifleri oluşturmak

ve beklenmeyen alternatif çözümleri keşfetmek amacıyla olasılıklar üreten sistemler olarak hesaplamalı tasarım araçlarının kullanılmasıdır. Üretken tasarımda yer alan algoritmik yöntemler, oluşturulan belirli kısıtlamalar sayesinde tasarımcıya en uygun alternatifi seçmek için çözümler kümesi sunmak için kullanılır.

Geleneksel yaklaşımda hesaplamaların gücünü kullanmak, bilgisayar ortamından farklılık göstermektedir. Tasarımcı geleneksel tasarımda, tasarım düşüncesini çeşitli temsiller aracılığıyla görsel düşünme ve imgelem ile ifade etmektedir (Goldschmidt,1994). Bilgisayar ortamında ise gerçekleştirilen hesaplama ve algoritmaya dayalı bu yöntem, görsel düşünme ile algoritmik düşünme yaklaşımını da gerektirmektedir. Bu yüzden sayısal tabanlı tasarım ortamı, geleneksel tasarım ortamından farklılık göstererek tasarımcıya farklı tasarım seçenekleri imkânı sunmaya yardımcı olur.

Kavramsal olarak, bilgisayar destekli tasarımdan (CAD), bilgisayar destekli mimari tasarıma (CAAD) ve hesaplamalı tasarıma (computational design) doğru bir evrimin yaşanmaktadır. Bu durumda bilgisayarı, sadece görselleştirme aracı olmayıp sayısal tabanlı bir tasarım ortamı olarak düşünmek gerekmektedir (Akipek ve İnceoğlu,2007).

Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde, tasarım aşamasından önce sürecin tasarımı ve araştırılması önem kazanmaktadır. Bu durumda tasarım araştırma (design research) kavramı üzerinde durmak gerekebilir. Cross' a göre, bu kavram, tasarımcının, tasarladığı ortamın sınırlarını yeterli bulmayıp, tasarım alanları ile ortak bir dil geliştirmenin gerekliliğini vurgulamaktadır (Cross,1995).

2.1. Algoritmik Tasarım (Algorithmic Design)

Algoritma, bir problemin çözülmesi için sınırlı sayıda adımla gerçekleştirilebileceğini ifade eder. Algoritma mantığının oluşabilmesi için rasyonel düşünebilme ve sistematik yaklaşabilmek gerekmektedir. Bu düşünce sisteminin niteliği mimari tasarım düşüncesi ile örtüşmektedir. Algoritmik düşünce yapısı, geleneksel tasarımdan farklı olarak, tasarım problemini sayısal ortamda çözümler üretebilme ve sistematik yaklaşım niteliği ile önem kaydetmektedir (Çolakoğlu ve Yazar, 2007). Algoritmik düşünce yapısı bu özellikleri ile tasarımcıya, farklı alternatif seçeneklerini keşfetmesini ve bu seçenekleri geliştirmesini sağlamaktadır.

Kolarevic' e göre algoritmik düşünce yapısı, el-göz koordinasyonu dışında farklı geometrileri keşfetme,

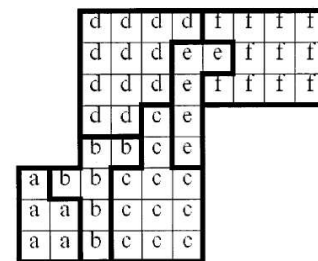
diğer bir yandan da oluşturulan tasarımlarda öngörülemezlikleri fark ederek, kontrol altına alabilme özelliğine sahiptir (Kolarevic,2003). Ayrıca tasarımcının algoritma kullanması, tasarımın problem çözümünde matematiksel yöntemlerden faydalanarak geleneksel tasarımdan önemli ölçüde ayrıldığını ve tasarım sonuçlarının kesinleşmesine yardımcı olduğu söylenebilir.

Bilgisayar destekli tasarım araçlarının arka planında algoritma kurgusu yatmaktadır. Bu sayede yazılımlar çalışır ve kullanılırlar. Tasarım araçları, tasarımcıya çözmesi gereken problemlere yönelik bazı nesne ve fonksiyonları hazır olarak sunmaktadır. Tasarımcı, yazılımın sunduğu nesne ve fonksiyonları değiştirmeye veya bu nesne ve fonksiyonları kendisi üretmeye başladığı zaman algoritmik düşünce yapısını özümsemeye başlar. Algoritmik düşünce yapısını kullanmaya ve geliştirmeye yönelik yazılımlar gün geçtikçe artmaktadır. Bu yazılımlar, tasarımcının problemleri çözmesinde problemlere yönelik sorunları tespit etmesini kolaylaştırarak bunları sayısal olarak sonuçlandırmaya yardımcı olur. Bu tasarım araçlarına Autodesk Dynamo ve Grasshopper 3D gibi yazılımlar örnek gösterilebilir. Autodesk Dynamo ve Grasshopper 3D gibi görsel programlama yazılımları, parametrik-algoritmik tasarıma imkân vermesi, tekrar eden işleri otomatikleştirme gibi özellikleri ile bilgisayar ortamında tasarım problemlerini gidermek amacıyla geliştirilmiş yazılım araçlarıdır.

2.2. Mekân Konfigürasyonu

İnsan hareketlerine göre mekanların birbiriyle ilişkilendirildiği mimari tasarımda, mekânsal ilişkiler ve mekanlar soyut bir biçimde geometrik olarak çeşitli temsiller aracılığıyla ifade edilir. Mekânı tanımlamaya yardımcı bu çizgiler birbirleriyle sonsuz alternatifle bir araya gelebilir. Sonuç olarak çizgilerin birleşmesi, kopması veya kesişmesi ile fonksiyonel bir alan tanımlanır (Erman,2007).

Mekân konumuna göre bir yaklaşım, mevcut alanı bir dizi ızgara karesi olarak tanımlamak ve her bir kareyi belirli bir odaya ya da bölüme ayırmak için bir algoritma kullanmaktır (Michalek ve ark, 2002) (Şekil.4).

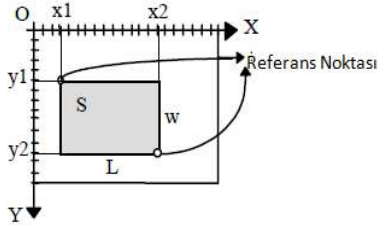


Şekil 4. Örnek sabit ızgara gösterimi

Bina düzeni tasarım alanını temsil etmenin diğer bir yaklaşımı, topoloji ve geometri olarak sorunu iki kısımda incelemektir. Topoloji, düzen bileşenleri arasındaki mantıksal ilişkileri ifade eder. Geometri ise düzendeki her bileşenin konumunu ve boyutunu ifade eder. Ayrıca topolojik kararlar geometrik tasarım alanı için kısıtlamalar tanımlar. Örneğin, metro yapısında teknik katta yer alan OG Ana dağıtım pano odası ile AG odası yan yana konumlandırılma zorunluluğu geometrik koordinatları sınırlar.

2.2.1 Geometri Optimizasyonu

Bilgisayar ortamında ortogonal geometriyi oluşturmak için, Şekil.5’ deki gibi uzaysal bir dikdörtgen çarşılır.

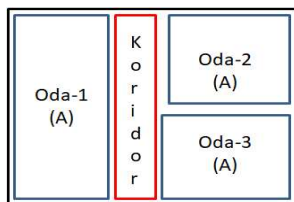


Şekil.5 Mekân sınıfının Geometrik Gösterimi

Bu sınıf, bir tanımlayıcı da iki referans noktası (x_1 , y_1) ve (x_2 , y_2) (dikdörtgenin tersi), bir uzunluk (L), bir genişlik (W) ve bir yüzey alanı (S) ile karakterize edilir. Tanımlayıcı hariç tüm bu özellikler, tam sayılarla kısıtlanmış değişkenlerdir (Medjdoub ve Yannou, 1999).

Birimler, işlevlerine göre çeşitli kategorilere ayrılır: Odalar, Sınırlar, Koridorlar ve Erişim Yolları. Bir Sınır, içinde barındırılan diğer Birimleri olan bir ana birimdir ve yaşama alanı birimi olarak kabul edilmemesi gerekir (Michalek ve ark, 2002).

Koridor, birimleri birbirine bağlayan ve birimlerin sınırları arasında kalmış olduğundan oda niteliği taşımayan bir bağlantı yoludur. Erişim yolu işlevi gören koridorlar, geometrik olarak iki birimi kesiştirmek ile sınırlandırılır. Erişim yolları genellikle küçük olmakla sınırlıdır ve diğer iki birimi kesiştirmek zorunda kalırlar.



Şekil.6 Dört farklı birimi gösteren örnek düzen şeması

Şekil.6’ da “A” etiketli üç birim birimler arasındaki bağlantıyı sağlayan bir koridora bağlıdır. Dış duvarlar boyunca bulunan oda birimlerinin doğal ışıklandırma için pencereleri de olabilir. Her oda birimi için pencere yüksekliği ayarlanabilir ve pencere genişliği bir değişkendir. w_N ; w_S ; w_E ; w_W kuzey, güney, doğu ve batı pencerelerinin genişliğini temsil eder.

2.2.2 Matematiksel Geometri Optimizasyon Modeli

Tasarım optimizasyon problemi, x 'in tasarım değişkenlerinin vektörü, n 'nin değişkenlerin sayısı ve $h(x)$ ve $g(x)$ eşitlik ve eşitsizlik kısıtlamalarının vektörleri olduğu en küçük duruma getirilerek formüle edilir.

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && f(x) \\ &\text{subject to} && h(x) = 0 \\ &&& g(x) \leq 0 \\ &&& x \in \mathbb{R}^n \end{aligned}$$

Şekil.7 Matematiksel geometri optimizasyon gösterimi

2.2.3 Tasarım Değişkeni

Her birime ait değişkenler, bir referans noktası konumunu içerir (x , y). Her duvara mesafeler (N , S , E , W) ve her üniteye eklenen herhangi bir pencerenin boyutu:

$$\begin{aligned} x &= \bigcup_{i=1}^n \{x_i, y_i, N_i, S_i, E_i, W_i, \omega_{N_i}, \omega_{S_i}, \omega_{E_i}, \omega_{W_i}\} \\ x_i, y_i, N_i, S_i, E_i, W_i &\in \mathbb{N}; \quad \omega_{N_i}, \omega_{S_i}, \omega_{E_i}, \omega_{W_i} \in \mathbb{R}_+ \end{aligned}$$

Pencere değişkenleri, belirli bir birim ve yön için pencere fiziksel olarak mevcut olmadığında açılır. Hesaplamaları ve gösterimi basitleştirmek için, tasarım değişkenlerinden kaynaklanan geometriyi tanımlamak için çeşitli “ara” değişkenler kullanılır. Aşağıdaki sonuç değişkenleri tasarım değişkenlerinden hesaplanır.

$$\begin{aligned} y_{N_i} &= y_i + N_i && \text{Birim kuzey duvar yeri} \\ y_{S_i} &= y_i - S_i && \text{Birim güney duvar yeri} \\ x_{E_i} &= x_i + E_i && \text{Birim doğu duvar yeri} \\ x_{W_i} &= x_i - W_i && \text{Birim batı duvar yeri} \\ l_i &= W_i + E_i && \text{Birim uzunluk} \\ w_i &= N_i + S_i && \text{Birim genişlik} \end{aligned}$$

Bu ilişkiler doğrusaldır, dolayısıyla bu ara değişkenlerin doğrusal fonksiyonları da orijinal değişkenlerin doğrusal işlevleridir.

2.2.4 Geometrik Tasarım Kısıtlamaları

Aşağıdaki kısıtlama grupları, belirli bir düzen problemi için uygun olan yerlerde uygulanabilecek bir kısıtlar araç kutusu oluşturur. Tasarımcı, kullandığı yazılıma oda, pencere vb. eklediğinde, varsayılan kısıtlamalar otomatik olarak modele eklenir. Tasarımcı ayrıca kısıtlamaları tek tek ekleyebilir, silebilir veya değiştirebilir.

Kısıtlama Kısıtı Grubu, Birlikleri ana bina Sınırına veya diğer gruplama Sınırlarına zorlar. Birim 'i'yi birim 'j' ye zorlamak için, aşağıdaki dört kısıtlamanın hepsinin karşılanması gerekir:

$$y_{N_i} \leq y_{N_j}, \quad y_{S_i} \leq y_{S_j}, \quad x_{E_i} \leq x_{E_j}, \quad \text{ve} \quad x_{W_i} \leq x_{W_j}$$

Yasak Kesişme Kısıtlaması, iki Birimi aynı alanı işgal etmesini önlemek için işlev görür. Varsayılan olarak, iki Birimi kesişmek zorunda kaldığı veya bir birimin bir diğerinin içine zorlandığı durumlar hariç olmak üzere, Oda, Koridor ve Erişim Yollarının her kombinasyonu için bir Yasak Kavşak Kısıtlaması eklenir. Birimi kesişen birim 'j' den korumak için, aşağıdaki sınırlamalardan en az biri karşılanmalıdır.

$$(x_{W_i} \geq x_{E_j}) \text{ veya } (x_{W_j} \geq x_{E_i}) \text{ veya } (y_{S_i} \geq y_{N_j}) \text{ veya } (y_{S_j} \geq y_{N_i})$$

Mantıksal bağlantı, bir min. işlevi kullanılarak negatif boş formda gösterilebilir.

$$\min(x_{E_j} - x_{W_i}, x_{E_i} - x_{W_j}, y_{N_j} - y_{S_i}, y_{N_i} - y_{S_j}) \leq 0$$

Kuvvet kesişimi sınırlama grubu, Birimler erişim sağlamak için (Bağlantı olarak) veya dikdörtgen Birimleri birleştirerek daha karmaşık bir geometrik şekil oluşturmak için kesişmek zorunda kaldığında kullanılır. Kesişimi zorlamak kesişmeyi yasaklamanın tam tersidir. Kuvvet kesişimi aşağıdaki kısıtlamaların birleşimiyle yazılabilir.

$$y_{S_i} \leq y_{N_j}, \quad y_{S_j} \leq y_{N_i}, \quad x_{W_i} \leq x_{E_j}, \quad \text{ve} \quad x_{W_j} \leq x_{E_i}$$

Bu kısıtlamalar, iki birimin kesişiminin sağlanmasına rağmen, bir noktada kesişmesine izin verirler. Mimarlar genellikle bir kapı veya açıklık için yeterli alan sağlayan bağlantı ile ilgilenir.

$$y_{N_j} - y_{S_i} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim } i, \text{ Birim } j' \text{ nin kuzey duvarını ile örtüşür;}$$

$$y_{N_i} - y_{S_j} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim } i, \text{ Birim } j' \text{ nin güney duvarını ile örtüşür;}$$

$$x_{E_j} - x_{W_i} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim } i, \text{ Birim } j' \text{ nin doğu duvarını ile örtüşür;}$$

$$x_{E_i} - x_{W_j} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim } i, \text{ Birim } j' \text{ nin batı duvarını ile örtüşür;}$$

Bunu modellemek için, en azından kapı veya açıklık kadar büyük olan Kartezyen yönlere birinde çakışmayı sağlamak için ek bir kısıtlama bulunmaktadır. Bu nedenle, kesişime ek olarak, aşağıdaki koşullardan en az biri karşılanmalıdır.

$$\min\{\max(d_i, d_j) - x_{E_j} + x_{W_i}, \max(d_i, d_j) - x_{E_i} + x_{W_j}, \max(d_i, d_j) - y_{N_j} + y_{S_i}, \max(d_i, d_j) - y_{N_i} + y_{S_j}\} \leq 0$$

Burada, birim 'i'deki bir kapı veya açıklık için minimum boyuttur. Bu ayrıştırıcı kısıtlama kümesi, eşdeğerlere benzer bir min. işlevi kullanılarak negatif boş formda gösterilebilir.

Kenara zorlayarak yapılan kısıtlamalarda, bir birimi bir pencere veya dış kapı nedeniyle bir sınırın kenarına zorlamak için kullanılır. Birinci birimin, birim 'j'ye zaten başka bir kısıtlama tarafından zorlandığı varsayılmaktadır. Bir Birimi belirli bir duvara zorlamak için, aşağıdaki kısıtlamalardan biri uygun şekilde eklenebilir.

$$y_{N_i} = y_{N_j}, \quad y_{S_i} = y_{S_j}, \quad x_{E_i} = x_{E_j}, \quad \text{veya} \quad x_{W_i} = x_{W_j}$$

Bir kenara bağlantı sağlanıp diğer kenarlara bağlı sağlamak zorunlu değilse, o zaman eşitlikteki ayrılmayı temsil etmek için aşağıdaki kısıtlama eklenebilir.

$$\min\{(x_{E_i} - x_{E_j})^2, (x_{W_i} - x_{W_j})^2, (y_{S_i} - y_{S_j})^2, (y_{N_i} - y_{N_j})^2\} = 0$$

2.2.5 Boyut Tanımlarına Bağlı Sınırlamalar Grubu

Üç tür sınırlama grubu içerir; minimum alan, minimum uzunluk ve genişlik, maksimum uzunluk ve genişlik.

$A_{\min} - l_i w_i \leq 0$	Minimum alan
$l_{\min} - l_i \leq 0$ and $l_{\min} - w_i \leq 0$	Minimum uzunluk/genişlik
$l_i - l_{\max} \leq 0$ and $w_i - l_{\max} \leq 0$	Maksimum uzunluk/genişlik

Minimum Oran Kısıtlama Grubu, istenen fonksiyonelliği sağlamak veya kullanılmayacak uzun ve dar odaları önlemek için kullanılabilir. Minimum Oran Kısıtlama Grubu iki sınırlamadan oluşur.

$$R_{\min} l_i - w_i \leq 0 \quad \text{ve} \quad R_{\min} w_i - l_i \leq 0$$

2.2.6 Geometrik Tasarım Hedefleri

Minimize edilmiş bağlantı hedefi, bağlı birimleri bir araya getirir. Birimlerin bir arada tutulması için girişlerin küçük olması kısıtlanabilir. Alternatif olarak, Minimize edilmiş bağlantı hedefi, mümkünse birimleri bir araya getirmek için kullanılabilir, ancak aralarında bir bağlantı olması kaydıyla gerekirse ayrılmalarına izin verilir. Bu yöntem, tasarım durumuna bağlı olarak bağlantıların koridorlara benzer şekilde çalışmasını sağlar. Amaç şu şekilde formüle edilmiştir;

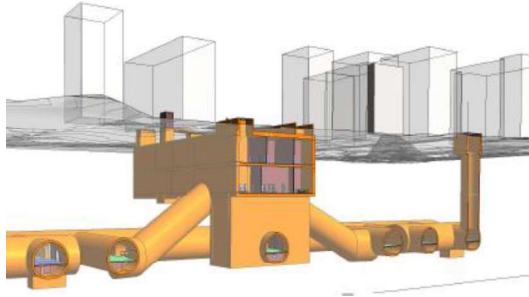
$$\text{minimize} \left(\sum_{i \in \text{Accessways}} l_i w_i \right)$$

İleri algoritmaların kullanımıyla, uygulanacak projenin niteliğine göre kullanılan bu kısıtlamalar değişkenlik gösterebilir. Örneğin, plan düzleminde yer alan odaların birbirleriyle ilişkileri her yapı türünde aynı değildir. Buna göre kullanılacak algoritma kısıtlayıcısı da değişecektir. Plan düzleminde mekanlar arası optimizasyon için farklı yöntemler de uygulanabilir. Kullanılacak yöntemlerden biri sayısal tabanlı yazılım araç içerisinde ileri algoritmalar kullanmaktır. İleri algoritma kullanabilmek için ileri düzey yazılım ve algoritma bilgisine sahip olmak gerekmektedir. Diğer bir yöntem olarak, görsel program araçlarında mekanlar arası ilişki kurulduktan sonra generative design (üretken tasarım) yapabilen yazılımlardan faydalanmak olabilir.

3.METROLARDA ÜRETKEN SİSTEMLERİN KULLANIMI

Bu makalede, mekân dizimi optimizasyon yaklaşımını açıklamak için Hoca Ahmet Yesevi metro istasyonu seçilmiştir. Burada, mekanların birbirleriyle ilişkileri ve nitelikleri üzerine durulup kısıtlayıcılar, başlıklar altında incelenecektir.

Mekân dizimin de kullanılacak kısıtlayıcıları kullanmak üzere teknik kat planı uygun görülmüştür. İstasyon peron kat, bilet holü katı ve teknik kat olmak üzere üç kattan oluşmaktadır. (Şekil.8)

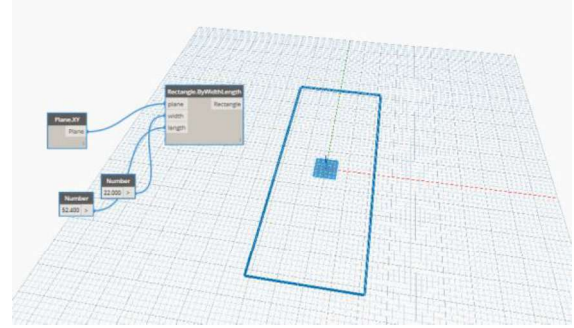


Şekil.8 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Perspektif Modeli

Teknik katta çoğunlukla elektromekanik mahaller bulunmaktadır. Bu mahallerin bazılarının birbiriyle yakınlık ilişkisi bulunurken bazıları ise konumları üst kat ve alt kat ile ilişkili olduğundan sabittir. Teknik katta yer alan Tablo.4'deki mahaller, istasyon mimarisi ve yerleşim sınırının büyüklüğüne göre diğer istasyonlarda farklılık gösterebilir.

Bu çalışmada; görsel programlama yazılımlarından, Autodesk Dynamo' dan faydalanılmıştır. Görsel Programlama aracında kısıtlayıcılar alt başlıklara göre oluşturulmuştur. Şekil.9' de teknik kata ait dış

sınırlar bilgisayar ortamında en ve uzunluk girilerek oluşturulmuştur. Bilgisayar ortamında soyut olarak oluşturulan bu plan düzleminin merkez koordinatları, yazılım aracındaki düzlemin orijin noktası ile örtüşmektedir.



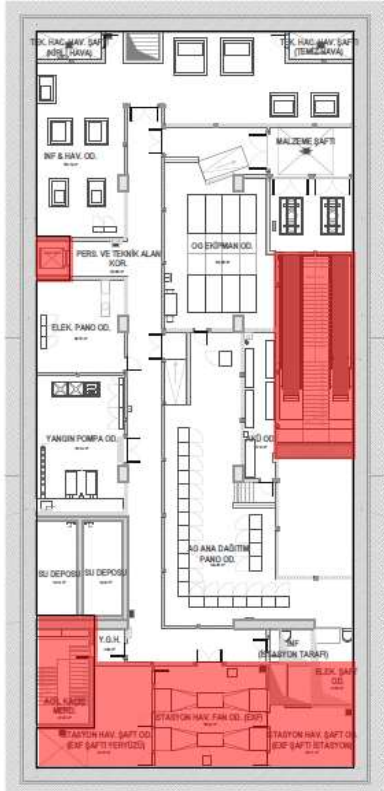
Şekil.9 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat Dış Sınırı

3.1 Mekân Konumlarına bağlı kısıtlamalar

Mekân yerleşimde, konuma bağlı bazı kısıtlamalar yer almaktadır. Bazı mahallerin konumu alt kat ve üst tabliye planına göre sabit kalmıştır. Bazı mahaller ise dış duvar sınırları içerisinde konum yönüyle değişkenlik gösterebilir.

TEKNİK KATTA YER ALAN MAHALLER		
Mahal İsimleri	Adet	Konumları
INF Havalandırma odası	1	Değişken
OG Ekipman odası	1	Değişken
AG Ekipman odası	1	Değişken
Akü odası	1	Değişken
Elektrik Pano odası	1	Değişken
Yangın Pompa odası	1	Değişken
Su deposu	2	Değişken
Teknik alan Koridoru	1	Değişken
Asansör	1	Sabit
Merdiven grubu şaftı	1	Sabit
İstasyon Havalandırma Odası	1	Sabit
Acil Kaçış merdiveni	1	Sabit

Tablo.4 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat mahalleri adet ve konum bilgileri

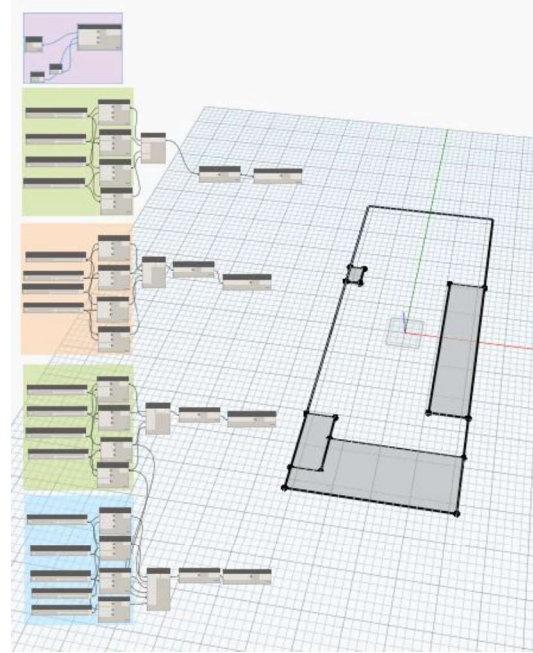


Şekil.10 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat planında konuma göre sabit mekanların gösterimi

Yukarıdaki şekilde konumu sabit bırakılan mahallerin kırmızı renkle ifade edilmiştir. (Şekil.10)

Asansör, bilet holü katı olan alt kattan yolcu yüzeye çıkarmak amacıyla konumlandırılmış olup yeri sabitlenmiştir. Merdiven grubu şaftını yukarı ve aşağı yürüyen merdiven ile sabit merdiven oluşturur. Yine asansör gibi bilet holündeki yolcunun yüzeye ulaştırma görevi vardır. Acil kaçış merdiveni, yangın tahliye senaryosu için tasarlanmış olup, yangın anında perondaki yolcu yüzeye ulaştırmaktadır. İstasyon havalandırma odası ise, kendi içinde perondan gelen ve yüzeye çıkan şaft boşlukları bulundurmaktadır. Perondaki kirli havayı çekerek yüzeye pompalamakla görevlidir. Şekil.11' de kat içinde konumu sabit kalan mahallerden asansör, merdiven grubu şaftı, acil kaçış merdiveni ve istasyon havalandırma odasına ait mahal koordinatları dış sınır referans alınarak bilgisayar ortamında node'lar yardımıyla gösterilmiştir.

Görsel programlama aracı node'lar ile yapılmak istenen yazılım kütüphane kısmından seçilerek birbirine bağlanır. Şekil.11' de yer alan görselde mahallerin köşe koordinatları girilerek noktalar oluşturulduktan sonra bu noktalardan yüzey alanı oluşturulmuştur.



Şekil.11 Görsel Programlama Yazılımında sabit kalan mahallerin gösterimi

3.2 Mekân Boyutlarına bağlı kısıtlamalar

Teknik katta yer alan mahallerin alan boyutları mahal türüne göre değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki tabloda asansör, acil kaçış merdiveni ve merdiven grubu şaftı alan boyutları sabit iken diğer mahallerin minimum yüzey alanı verileri gösterilmiştir.

TEKNİK KATTA YER ALAN MAHALLER	
Minimum Alan verisine sahip Mahaller	Yüzey alanı
INF Havalandırma odası	160 m ²
OG Ekipman odası	140 m ²
AG Ekipman odası	100 m ²
Akü odası	25 m ²
Elektrik Pano odası	15 m ²
Yangın Pompa odası	35 m ²
Su deposu	20 m ³
Teknik alan Koridoru	100 m ²
İstasyon Havalandırma Odası	100 m ²
Sabit Alan verisine sahip Mahaller	Yüzey alanı
Acil Kaçış merdiveni	25 m ²
Asansör	5 m ²
Merdiven grubu şaftı	70 m ²

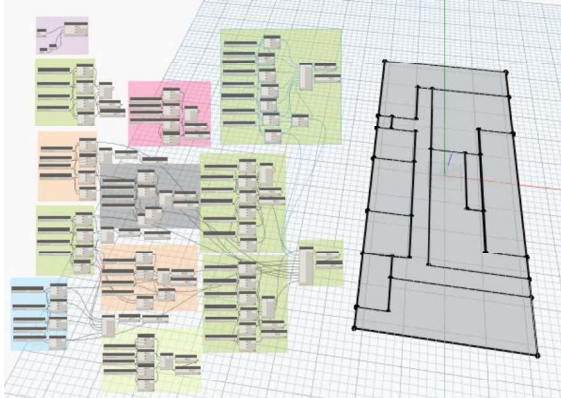
Tablo.5 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat mahalleri yüzey alanı verileri

Yukarıda yer alan mahallere ait minimum alan verileri şartnameden alınmıştır. Şartnamede istasyon yapısına göre mahal nitelikleri Tablo.2' de gösterilmiştir.



Şekil.12 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat yüzey alan verileri belirli ve konumu değişen mahallerin farklı renklerde plan üzerinde gösterimi

Yukarıdaki şekilde mahaller plan düzleminde farklı renklerle ifade edilerek odaların konumlarının değişken olduğu ifade edilmek istenmiştir.



Şekil.13 Görsel Programlama Yazılımında mekân boyutlarına bağlı mahallerin gösterimi

Plan düzleminde yer alan mekânların görsel programlama aracında oluşturulduğu Şekil.13’ de konumu değişen mekânlar plan gözüktüğü gibi yazılım aracında oluşturulduktan sonra generatif design aracında girilen koordinatlar, çalıştırılarak mekânların konumdan bağımsız olarak değişmesi planlanmaktadır. Burada “Koridor” mahalli diğer mekânlara bağlı olarak değişkenlik göstermesi beklendiği için koridora bağlı her bir nokta bitimindeki mekânın noktasına bağlanmıştır.

3.3 Yakınlık İlişisine bağlı kısıtlamalar

Aşağıdaki tabloda yer alan mahallerin birbiri ile yakınlık ilişkisi bulunmaktadır. Bu mahaller, işletme talebi doğrultusunda birbiri ile yakın ilişkisi bulunan mahallerdir.

YAKINLIK İLİŞKİSİ BULUNAN MAHALLER		
Su Deposu	Yangın Pompa Odası	
AG Ekipman Odası	OG Ekipman Odası	Akü Odası

Tablo.6 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Katta yakınlık ilişkisi bulunan mahaller

Görsel programlama aracında mahaller arası yakınlık ilişkisi kurarken, iki mahallin iki noktası birbirine bağlanarak kısıtlayıcısı oluşturulur. Bu şekilde generatif tasarım aracında optimizasyon sağlanırken bir mahallin genişlik veya uzunluğunun değişmesi diğer mahalli de etkileyerek mahaller arası yakınlık ilişkisi kurulacaktır.



Şekil.14 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Katta yakınlık ilişkisi bulunan mahallerin aynı renk tonları ile plan üzerinde gösterimi

Bu makalede, görsel programlama aracında mekânlar arasındaki ilişkiler oluşturulmuştur. Oluşturulan ilişkilerden kısıtlayıcılar tanımlanmış ve görsel programlama aracı olan Autodesk Dynamo’ dan yararlanılmıştır. Kullanılan bu kısıtlayıcılar, plan çözümü problemini oluşturan probleme ait tespit noktalarını oluşturmaktadır. Bilgisayar

ortamında mekân dizimi oluştururken detaylar göz önünde bulundurmamıştır. Bu detaylardan bazıları iç duvar kalınlıkları, son bitiş katman payları, perde duvarlar ve kapı genişlikleri olarak sayılabilir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, yeraltı metro istasyonları özelinde seçilen bir kata ait mekanların birbirleriyle ilişkileri ve mekanlara ait özelliklere dayanarak mekân dizimi için bilgisayar ortamında kullanılabilir temel algoritma yaklaşımını açıklamaktır. Mekanlara ait özelliklerin, metro istasyonlara özgü olduğu ve metro istasyonunu oluşturan mekanların diğer yapı türlerinden farklı olduğu açıklanmaktadır. Yeraltı metro istasyonlarının geçici yapı türlerinden farklı olarak yerin altında inşa edilmesi ve bu yapılarının kalıcılığının sağlanması için proje aşaması ve yapım sürecinde buna yönelik önlemlerin alınmasıyla birlikte farklı yöntemlerin uygulanabilir olma bilinçliliği gereklidir. Uzun süre kalıcı olması planlanan bu yapı türünde, plan çözümlerinin de kullanım bakımından fonksiyonelliğinin düşünülmüş olması ve plan optimizasyonda uygun görülen alternatifin uygulanması yapının kullanılabilirliğini arttıracaktır düşünülmektedir.

Tasarımcının, plan optimizasyonu için sayısal tabanlı tasarım süreçlerinden faydalanabileceği belirtilmektedir. Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde, bilgisayar ortamında plan düzleminde yer alan mekanların diziminde eğer kısıtlamalar yoksa çok sayıda çözüme ulaşabilir. Fakat mekanlara ait kısıtlayıcı özellikler varsa, bu çözümler azalarak tasarımcının uygun bulacağı çözüme ulaşmasında daha kısa sonuçlar ortaya çıkabilir.

Hoca Ahmet Yesevi istasyonu için çeşitli kısıtlayıcı özellikler bulunmaktadır. Bunlar; mekanların konumu, boyutları ve birbirleri ile yakınlık ilişkisi kurulanlar olmak üzere üç adettir. Bu kısıtlayıcılar mekânın niteliklerine değiştirilebilir veya artırılabilir. Örneği, yeraltı yapısı yerine üst yapı olarak değerlendirilirse mekanların güneş alması için pencere konumlarına bağlı bir kısıtlayıcı oluşturabilir.

Plan optimizasyonu için ise görsel programlama aracı içerisinde nesne tabanlı programlardan yararlanılarak ileri algoritmalar yardımıyla mekanlar çalıştırılabilir veya generatif tasarım yazılımlarından biri olan Project Fractal' dan faydalanılarak mekân optimize edilebilir. Tasarım düzenini optimize etmek amacıyla oluşturulan bu yöntemin tasarımcının farklı tasarım seçeneklerini fark etmesinde faydalı olduğu düşünülmektedir.

İleriye yönelik yapılacak çalışmalarda insanların daha kolay kullanabileceği ara yüz ve özelliklere sahip mekân çözümüne yardımcı basit yazılımlar geliştirilebilir. Hatta bu yazılımlar, sadece metro yapısı değil, bina değil basit bir konut yapısına ait bir oda içerisinde yer alan tefriş elemanlarının farklı kombinasyonlarını oluşturarak kullanıcıya alternatif çözümler sunabilir.

Yapılan bu çalışmada net sonuçlara ulaşmak zor görünse de yapının niteliği düşünüldüğünde en uygun çözümünün üretilebilir olması, yapının kalıcılığının sağlanmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Sanal ortamda gerçekleştirilen bu çalışma, tasarım problemlerinin kısıtlayıcılarla keşfedilmesini sağlamaktadır. Tıpkı bir yapboz düzenindeki ilişkilerinin sağlanıp farklı alternatiflerinin keşfedilmesine yardımcı olur.

5.KAYNAKLAR

Akipek, F. Ö, İnceoğlu N. (2007). Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları, YTÜ Arch. Fac. E-Journal Cilt 2, Sayı 4, 2007 Volume 2, Issue 4, 2007)

Cross, N. (1999), "Design Research: A Disciplined Conversation", Design Issues, Vol. 15, No. 2, 5-10,1999

Çolakoğlu, B., Yazar, T. (2007). Mimarlık eğitiminde algoritma: Stüdyo uygulamaları. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 22(3), 379–385

Erman, O. (2017). Mekansal Komşuluk Kavramı Üzerinden Mimari Mekânın Analizi Abstract, 32(March), 165–176.

Goldschmidt, G., (1994), "On Visual DesignThinking: the viz kids of architecture", Journal Offprint Paper: Design Studies, Vol:15

Kaufmann & Wagner, (2001), "Drawing Graphs Methods and Models," Lecture Notes in Computer Science, Lect.Notes Computer. Tutorial, Springer

Knecht, K., Koenig, R. (2010). Generating floor plan layouts with k-d trees and evolutionary algorithms. 13th Generative Art Conference GA2010, 238–253.

Kolarevic, B., (2003). Architecture in the Digital Age, Design and Manufacturing, Spoon Press.

Michalek, J. J., Choudhary, R., Papalambros, P. Y. (2002). Architectural layout design optimization. *Engineering Optimization*, 34(5), 461–484.

Parish Y., Muller P., (2001). Procedural modeling of cities, SIGGRAPH'01 Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM New York, NY, USA

Şahin K., Turan B. O. (2017). “Mimar Adaylarının Parametrik Tasarım Yaklaşım Tercihlerinin Proje Değerlendirmesine Etkisi”, *ACTA Infologica*, Cilt:1, Sayı:1,Haziran

Villaggi, L., Nagy, D. (2017). AS124721 Generative Design for Architectural Space Planning: The Case of the Autodesk University 2017, Autodesk University, <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Generative-Design-Architectural-Space-Planning-Case-Autodesk-University-2017-Layout-2017> (Erişim Tarihi 22.3.2021)

AR/VR DESTEKLİ BIM TEKNOLOJİLERİ İLE TESİS YÖNETİMİ

Gökçen Ezgi ŞEN (ORCID: 0000-0002-7576-3390)
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: gokcenezgisen@gmail.com

ÖZET

Bu makalede AR (Augmented Reality- Arttırılmış Gerçeklik) / VR (Virtual Reality- Sanal Gerçeklik) destekli BIM (Building Information Modeling-Yapı Bilgi Modeli) Teknolojileri'nde meydana gelen gelişim ve yeniliklerin Tesis Yönetimi açısından getirdiği kolaylıklar incelenmiştir. Ayrıca bu teknolojilerin bina yaşam sürecinin disiplinler arası iletişim gerektiren Tesis Yönetimi (FM-Facility Management) evresinde nasıl kullanılabilceği, ne gibi etkileşimler sonucunda sürece katkı sağlayabileceği gibi soruların cevapları araştırılarak, AR/VR Teknolojileri ile BIM ve Tesis Yönetimi konularının birbirleri ile ilişkileri ve gelişimleri anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: BIM; Arttırılmış Gerçeklik; Sanal Gerçeklik; Tesis Yönetimi; Sanal Mimarlık

ABSTRACT

In this article, the developments and innovations in AR (Augmented Reality) / VR (Virtual Reality) supported BIM (Building Information Model) Technologies; ease of architecture, construction and facilities management. In addition, the answers of the questions such as the use of these technologies in interdisciplinary communication in the FM-Facility Management phase and how they can contribute to the process as a result of interactions, and the relationship between AR / VR Technologies and BIM and Facility Management are explained.

Key Words: BIM; Augmented Reality (AR); Virtual Reality (VR); Facility Management; Virtual Architecture

1.GİRİŞ

Her bir tesisin tasarım, yapım, yaşam ve yıkım periyodu olmak üzere dört ana evresi bulunmaktadır. Bir tesisin en uzun ve en önemli evresi ise yaşam periyodudur. Tesis Yönetimi (FM-Facility Management) faaliyetleri de bu süreç boyunca yapılmaktadır. “Tesis Yönetimi terimi, bina, alan veya altyapının İşletme Aşaması sırasında gerçekleştirilen disiplinler arası faaliyetlerini ifade etmektedir. Tesis Yönetimi faaliyetleri tipik olarak operasyon, kiralama, kullanım, bakım, temizlik vb. faaliyetleri içerir” (BIM Dictionary, 2019). Tesis Yönetimi; hava alanları, hastaneler, alışveriş merkezleri, bankalar, okullar, kongre merkezleri, ofisler, oteller, fabrikalar gibi işletme fonksiyonlarına sahip yapıların, mekânsal alanların, altyapının ve çalışan personelin yönetimine yönelik disiplinler arası çalışma düzeni gerektiren bir uzmanlık alanıdır.

Tesis Yönetimi; yönetim, denetim, teknik kontroller, bakım, onarım, atık yönetimi, peyzaj, finans, bilişim, eğitim, danışmanlık vb. hizmetler ile asansör, yürüyen merdiven, dış cephe temizlik üniteleri, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, tesisatlar, görüntüleme ve güvenlik sistemleri, enerji sistemleri, yangın sistemleri, dekorasyon malzemeleri vb. gibi pek çok farklı disiplin ürünlerini içeren çok geniş kapsamlı bir faaliyet alanıdır (Alatlı, 2019).

Tesis Yönetimi'nde araştırma ve uygulama, son yıllarda önemli bir artış göstermiştir. Birçok kuruluş, maliyetlerini azaltmaya ve binalardaki yatırımların geri dönüşlerini en iyi hale getirerek performanslarını iyileştirmeye yardımcı olmak için Tesis Yönetimi departmanlarında yeni bilişim teknolojilerini uygulamaya başlamışlardır. (Dennis, 2003; Johnston, 2001). Verimli bir Tesis Yönetimi için farklı bilgi teknolojilerinin yararlılığını inceleyen bir anket ile çeşitli bilgi teknolojisi çözümlerinin kullanım oranları tanımlanmıştır (Johnson, vd., 1999): E-posta: %83, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD): %68, Bilgisayar Destekli FM (CAFM): %49, CAD standartları: %46 ve paylaşılan veri tabanları: %46

Yöneticiler, tesis bilgilerinin izlenmesi ve depolanması için verimli sistemlerin yanı sıra

planlama ve yönetim için destek sistemlerinin de gerekli olduğunu düşünmektedirler. Tesis işlevinin verimli olarak yürütülebilmesi amacıyla yapılabilecek periyodik planlamalar ve tesisin yaşam sürecinin yönetilmesi konuları bu gerekliliği perçinlemektedir. Bu desteklerin başında ise BIM teknolojileri gelmektedir.

BIM teknolojileri sayesinde elde edilen modeller, haritalar ve resimler, bir tesisin 3 boyutlu modelini oluşturmak için kullanılmakta ve mekânsal olarak entegre edilmektedir. 3 boyutlu modeller ise, maliyet ve zamanlama bilgileri ile entegre edilip izleme cihazları ve kablosuz iletişim ile donatılmış mobil bilgisayarları kullanarak inceleme verilerini toplamak için kullanılmaktadır.

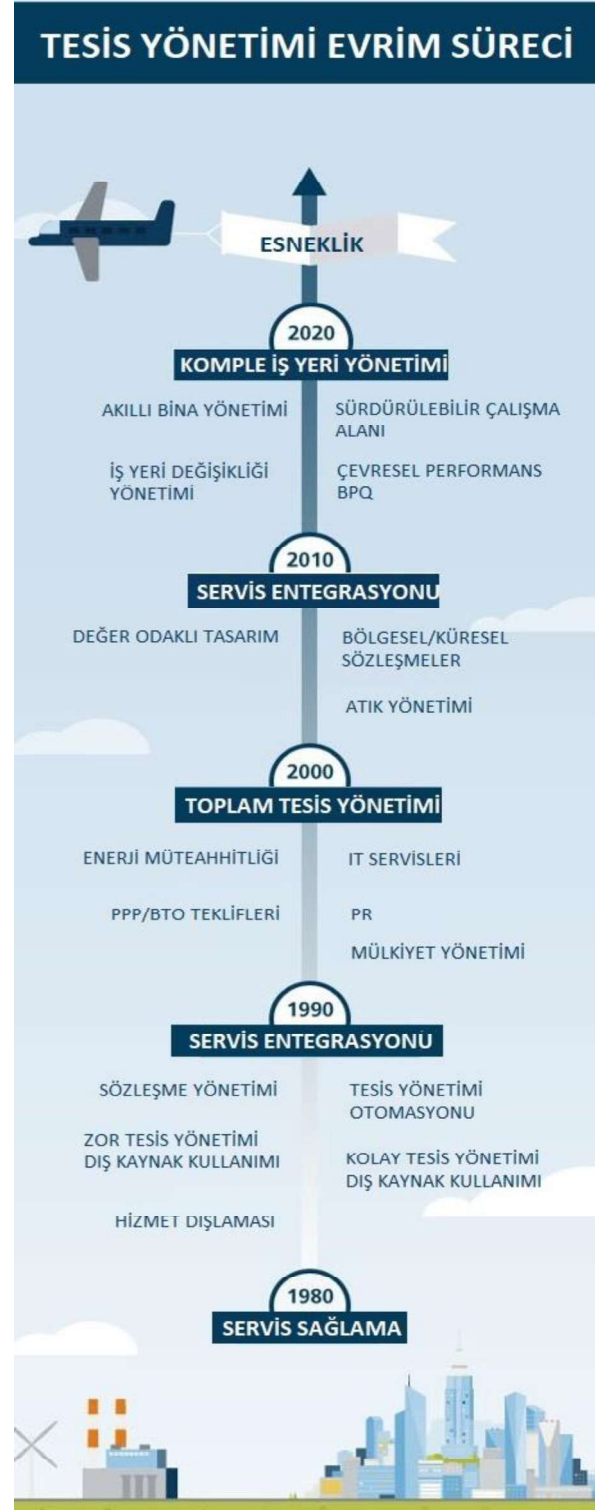
Tesisler için 3D modelleme ve çeşitli iletişim ağları kullanan Tesis Yönetim Bilgi Sistemleri, maliyetleri düşürmenin ve bina sistemlerinin performansını iyileştirmenin beklenen faydaları nedeniyle özellikle entegre Tesis Yönetim Bilgi Sistemi ya da bir bulut teknolojisi üzerinden ulaşılabilen sistemler tercih edilmektedir. Böylece sistem üzerindeki tüm kullanıcılar potansiyel olarak tüm verilere tek ve ortak bir veri kaynağı üzerinden, yani tesislerin 3D modelinden ulaşıp disiplinler arası paylaşım yapabilmektedirler. Ayrıca bu sayede tüm verilerin bilgisayar ortamı üzerinden kontrolü ve denetlenmesi de mümkündür. Bilgisayarlar, bu kontrol ve denetim verilerini toplamakla beraber otomatik olarak FM modelleri ile bağlayabilmektedir. Sistemlerin birlikte çalışabilirliği, mekânsal ve zamansal olarak dağılmış bir şekilde çok sayıda grup tarafından geliştirilebilmesi ve kullanılması ihtiyacı sebebiyle büyük önem taşımaktadır.

Bu makalede, Tesis Yönetimi konusu dahilinde bilgilerin bütünleştirilmesi ve görselleştirilmesi için geliştirilen ve kullanılan yenilikçi yöntemler anlatılmaktadır. Bu alanda AR/VR Teknolojilerinin gelişim ve etkilerinden faydalanılarak Tesis Yönetimi sürecinin kolaylaştırılması amaçlanmaktadır.

2. TESİS YÖNETİMİ'NDE GENEL EĞİLİMLER

1980'lerin başlarında mütevazı bir şekilde ortaya çıkan Tesis Yönetimi kavramı başlarda, şirketlerin hizmetlerin dışsallaştırılmasının yanı sıra dış kaynak kullanımı arayışında olan tesislerin hizmet paketi konsepti ile başlamıştır (Suby vd., 2013). Bu başlangıca paralel olarak emlak sektöründeki hızlı gelişmeyle genişleyen bina stoku binaların niteliklerinde de önemli değişimler ortaya çıkarmıştır. Gerek alışveriş merkezleri ile ofis ve rezidansların bir arada bulunduğu karma projelerin

yaygınlaşması, gerekse otomasyonun öne çıktığı akıllı binaların çoğalması; maliyetlerin ölçülmesi ve yönetilmesinde profesyonel yaklaşımlara ihtiyacı artırmıştır. Buna bağlı olarak teknik bileşenlerin, insan kaynaklarının, yasal yükümlülüklerin ve bu unsurların finansmanının tek elden yönetildiği uygulamaların paydaşlara sağladığı avantajlar görünür hale gelmiştir.



Şekil 1. Tesis Yönetimi gelişim süreci illüstrasyonu (Suby vd., 2013)

Tesis Yönetimi kavramlaşma sürecinin öncesinde güvenlik ve temizlik sektöründe taşeron olarak hizmet veren firmaların, değişen koşullara uyum sağlamaya çalışarak hizmet yelpazelerini genişlettiği ve bir bölümünün zamanla “Tesis Yönetimi” başlığı altında değerlendirilebilecek kuruluşlara dönüştüğü izlenmiştir (Suby vd., 2013).

Gelişim sürecinde ise bahsi geçen tüm kavramlar endüstriyel teknolojinin gelişmesi ile Servis Entegrasyonu, Sürdürülebilirlik Yönetimi ve Tam İşyeri Yönetimi gibi farklı dönüşümler geçirerek ilerlemiştir (Şekil 1). Günümüz gelişmeleri sonucunda FM endüstrisi, hizmet sunumuna yönelik müşteri odaklı yaklaşımlar sağlamak için faaliyetlerini daha iyi merkezlendirmesi gerekliliğini fark etmiştir.

Uluslararası Tesis Yönetimi Birliği (IFMA) gibi kuruluşlar, Tesis Yönetimi konusunda, eğitimler vermekte, kuruluşlar için referanslar oluşturmakta, çeşitli araçlar ve kaynaklar geliştirmektedir. Uluslararası Bina Sahipleri ve Yöneticileri Derneği (BOMA International) gibi diğer kuruluşlar ise, alanların tutarlı bir şekilde ölçülmesi gibi Tesis Yönetiminin belirli yönlerinde kullanım için özel standartlar oluşturmuşlardır.

Şekil 1’deki akış çizgisinin gösterdiği gibi, Tesis Yönetimi gelişim sürecindeki her adım esnekliğe doğru ilerlemektedir. Süreç sözleşme ve çeşitli dokümantasyon süreçleri yönetimi ile başlarken zamanla enerji müteahhitliği, değer odaklı tasarım, akıllı bina yönetimi gibi özelleşmiş alanlarda verilen hizmetlere evrilmiştir. Bu özelleşme, teknolojinin getirisini sonucu gerçekleşmiş olup, teknolojik gelişim devam ettiği sürece de ilerleyerek devam edecektir. Bu nedenle, geleceğin hizmet merkezli işyeri yöneticileri ve FM sağlayıcıları, kuruluşlarının karşılaştığı fırsat ve zorlukları anlayarak, tesislerin işleyiş devamlılığını sağlamak, hızlı değişen küreselleşmiş bir ekonomide hedeflerini daha kolay belirleyebilmek amacıyla Tesis Yönetim süreçlerinde çeşitli standardizasyonlar yapmakta ve BIM gibi destekler kullanmaktadır.

Uluslararası düzeyde, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) da tesis ile ilgili birtakım standartlar geliştirmiştir. ISO'nun yönetim sistemi standartları, bazı standartlarda olduğu gibi gerekli bir sonucu veya performansı belirtmemektedir. Bunun yerine, bir kuruluşun performansta tutarlılık oluşturmak için kullanabileceği yap-kontrol et modelini oluşturmak için bir çerçeve sağlarlar. Bu çerçeve dahilinde oluşturulan bazı standartlar şunlardır:

- ISO 9001 - Kalite yönetim sistemleri
- ISO 14001 - Çevre yönetim sistemleri
- ISO 22301 - Toplumsal güvenlik – İş sürekliliği yönetim sistemleri

- ISO 45001 - İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri (yayınlanmamış)
- ISO 51001 - Varlık yönetimi - Yönetim sistemleri.
- ISO 19650-3: 2020 - Bina bilgi modellemesini kullanarak bilgi yönetimi - Bölüm 3: Varlıkların işletme aşaması

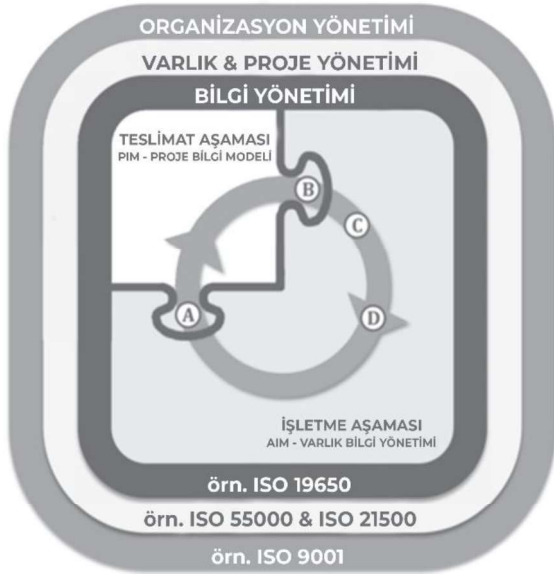
Yukarıda sıralanmış standartlar dahilinde belli kurallara göre oluşturulan, desteklenen ve kontrol edilebilen bir Tesis Yönetimi Sistemi; başta kullanıcı olmak üzere, tesisteki tüm paydaşların güven ve tutarlılık açısından kullanım mantığını pekiştirmektedir.

Özellikle 2020 yılında yayımlanan ISO 19650-3 standardı ile amaçlanan; yapının işletme evresinde görevlendiren bir tarafın (varlık sahibi, operatörü ya da dış kaynaklı varlık yönetimi sağlayıcı vb.) varlığın operasyonel aşamasında bilgi gereksinimlerini belirlemesini sağlamaktır. Bu belge aynı zamanda tesisin ticari hedeflerine ulaşmak için uygun iş birliği ortamını sağlaması için tasarlanmıştır. Bu gibi planlanmış bir ortamda, taraflar gerekli bilgiyi etkili ve verimli bir şekilde üretebilmektedir. Ayrıca belge kapsamındaki tüm standartlar, her boyuttaki ve karmaşıklık düzeyindeki varlıklar için geçerlidir. Buna yapı kompleksleri, kampüsler, altyapı ağları, tekil binalar, yollar, köprüler, kaldırımlar, sokak lambaları, su boruları veya kanalizasyonlar gibi farklı varlıklar dahildir. Bu belgedeki şartlar, varlığın ölçeği ve karmaşıklığı ile orantılı ve uygun bir şekilde uygulanmalıdır (ISO 19650-3: 2020).

Bu belge öncelikle aşağıdaki tarafların kullanması amacıyla tasarlanmıştır (ISO 19650-3: 2020):

- Bir varlığın veya tesisin yönetimiyle ilgili olanlar;
- Bir varlığın tüm yaşam döngüsü boyunca, atamaların belirlenmesine ve iş birliğine dayalı çalışmanın kolaylaştırılmasına dahil olanlar;
- Bir varlığın işletim aşamasında varlık yönetimi ve Tesis Yönetimi hizmeti sunma sürecine dahil olanlar;
- Bir varlığın teslim aşamasında yakalanması gereken operasyonel amaçlar için gerekli bilgilerin belirlenmesini sağlayanlar.

Bir varlığın ömrü boyunca bilgi yönetiminin sürekliliği önemlidir ve bir varlık bir sahibinden diğerine her aktarıldığında aynı yönetimin sağlanabilmesi için tüm uygulanabilir adımların (varlık bilgi modelinin aktarımı dahil) atılması önerilmektedir (ISO 19650-3: 2020).



Şekil 2. ISO 19650-3: 2020 içerik şeması
(ISO 19650-3: 2020)

Şekil 2’de, işletme aşaması (gölgelendirilmiştir) sürecinde teslimat aşaması ile birlikte bilgi yönetimi uygulaması gösterilmiştir. Ayrıca şekil, ISO 19650 serisine göre bilgi yönetiminin, organizasyonel yönetim kapsamında yer alan varlık ve proje yönetimi bağlamında nasıl gerçekleştiğini göstermektedir. Belirtilen ISO 9001, ISO 55000 ve ISO 21500, bu belgenin uygulanması için zorunlu gereklilikler değildir (ISO 19650-3: 2020).

Yayınlanan bu standartlar çerçevesinde genel bir durum değerlendirmesi yapıldığında; bilgi üretimi, bilgi kullanımı, bilgi aktarımı yani genel olarak BIM kavramı Tesis Yönetimi için son derece önemli bir noktada bulunmaktadır. Çalışmaları sürdürmek adına atılan adımlarda yol gösterici standartların olması ise süreci kolaylaştıran faktörlerin başında gelmektedir.

Tesis Yönetimi kavramının, sektöründe daha iyi hizmet sunmak adına kat ettiği tüm gelişimini, yapılan standardizasyon çalışmaları ve genişleyen pazarı ile dikkat çeken bir rekabet ortamına dönüştürdüğü ve sektörde var olan tüm paydaşları kamçılayan bir etki yarattığı söylenebilmektedir. Bu kapsamda sürekli gelişen, yenilenen ve fark yaratan sektörde, gelişen teknoloji ise en önemli rolü oynamaktadır.

3. TESİS YÖNETİMİ İLE İLİŞKİLİLEBİLECEK BAZI YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER

3.1. Yapı Bilgi Modeli (BIM)

BIM (Building Information Modeling: Yapı Bilgi Modeli); farklı mimari projelerin tasarımı, inşası,

yönetimi ve sürdürülmesi alanında ortak olarak görev üstlenenlerin yararlanabileceği 3 boyutlu bir bilgi aktarım ve erişim süreci olarak tanımlanabilmektedir. Revit, ArchiCAD, Allplan vb. sürecin yönetilmesini sağlayan yazılımlar; işverenler, mühendisler, müteahhitler ve mimarlar gibi projede görev yapan farklı aşama ve görevlerdeki tüm disiplinlerin proje işleyişiyle ilgili bilgilendirmelere, raporlara ve detaylara ulaşabilmesini sağlamaktadır.

Mimari projelerin tasarım aşamasından başlayarak, planlanması, inşaat evresi ve sonlandırılması süreci boyunca tüm seviyelerde aktif bir şekilde kullanılan BIM kavramı ve teknolojisi, uygulama ekiplerinin birbirleri ile iletişimlerini ve disiplinler arasındaki bilgi ve veri aktarımını sağlamaktadır. Özetle BIM, bir mimari yazılım, program ya da bilgi modelinden öte bir bilgi yönetim sistemi olarak tanımlanabilir.

BIM geleneksel olarak; 3D (nesne modeli) model oluşturmanın dışında, 4D (zaman), 5D (maliyet), 6D (sürdürülebilirlik), 7D (çalışma) ve hatta 8D (güvenlik) olarak ifade edilen farklı parametrelerin de dahil olduğu model ortamı sunmaktadır. (Smith, 2014). BIM kavramının bu çok boyutlu yapısı, bina modeline sonsuz sayıda boyut eklenebilmesini mümkün kılan “nD” modelleme düzeni olarak tanımlanmaktadır (Smith, 2014). Bu parametrelerden 7D boyutu ise Tesis Yönetimi kavramını kapsamaktadır

- 2D / 3D: Dijital Modelleme
- 4D: Ölçümler, Çizelgeleme ve Planlama
- 5D: Maliyet Tahmini, Bütçeler ve Miktar Gelirleri
- 6D: Enerji Analizi, Verimlilik Çalışmaları ve Sürdürülebilirlik
- 7D: Tesis Yönetimi ve İşlemleri

BIM parametrelerinden 7D (yedinci boyut Bina Bilgi Modeli), tesislerin yaşam süreçleri boyunca işletilmesi ve bakımı gibi konularda yöneticiler başta olmak üzere çeşitli disiplinler tarafından kullanılmaktadır. BIM’in yedinci boyutu, katılımcıların; bileşen durumları, özelleştirmeler, bakım / kullanma kılavuzları, garanti verileri gibi ilgili varlık verilerini çıkarmasına ve izlemesine imkân sağlamaktadır. Ayrıca BIM’in 7D simülasyon modelleri ile entegrasyonu, Tesis Yönetimi’ni tasarımdan yıkıma kadar optimize ederek, süreçler hakkında önceden fikir sahibi olunabilmesine ve gerekli görülen konularda kolaylıkla müdahale edilebilmesine imkân sağlamaktadır.



Şekil 3. BIM Boyutları (URL 1)

3.2. Sarmal Teknolojiler

3.2.1. AR Teknolojisi

Augmented Reality (AR) yani Artırılmış Gerçeklik (AG) kavramı, bilgisayar ortamında oluşturulan yazı, grafik, video, ses ve GPS gibi sanal verilerin gerçek dünya üzerinde, gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmesine olarak sağlamaktadır.

Genel olarak, bir Artırılmış Gerçeklik sistemi dört donanım bileşeninden oluşmaktadır. Bu donanımlar bilgisayar, görüntüleme cihazı, izleme cihazı ve giriş cihazı olarak sıralanabilmektedir (Karapınar, 2018).

Bilgisayar, bilgi modellemesinin haricinde kendisine bağlı diğer cihazların kontrolü ve bu sürece eş zamanlı olarak izleme cihazlarından gelen verileri saklayıp kullanarak ortam geliştirme konumlarının kullanıcının konum ve pozisyonuna göre gerçek ortam içerisinde ayarlanması ve eşleştirilmesinden sorumludur.

Görüntüleme cihazı, kullanıcının model içerisindeki gerçek görüntüsü üzerindeki ölçek değişimlerini, büyüme ve küçülmeleri görüntülemek amacıyla kullanılmaktadır. Görüntüleme cihazının seçim kararı etkileşim türüne bağlı olarak değişebilmektedir. En çok tercih edilen ve kullanılan

teknolojiler, görüntüleme kaskı (Head Mounted Display-HMD), tablet veya akıllı telefon gibi el ekranları (Hand-Held Display -HHD) ve projektör kullanılan uzamsal görüntüleme (Spatial Displays – SR) sistemleridir.

İzleme cihazlarının görevi ise kullanıcının net konumunu, yönünü gerçek zamanlı izleyebilmek ve zenginleştirilmesi istenen konumlara uygun şekilde kaydedebilmektir. Kullanıcı gerçek ortamdaki nesnelere etkileşim halindeyken izleme cihazı, kullanıcının hareket ve eylemlerinin sanal ortam modeline işlenmesini sağlamaktadır.

Giriş cihazları, kullanıcının sanal ortam modelinde etkileşimde bulunmasını sağlamak için kullanılan donanımlardır. Bazı giriş cihazı örnekleri; mikrofonlar, dokunmatik yüzeyler, kablosuz cihazlar, fare ve dokunmatik cihazlardır (Wiedenmaier vd., 2003).

3.2.2 VR Teknolojisi

Virtual Reality yani Sanal Gerçeklik (Virtual Reality/VR) kavramı, gerçek dünyaya ait bir ortamın, bilgisayar kullanıcısı tarafından yaratılan üç boyutlu modelin içinde, kullanıcının bu model ortamını, kullanılan özel cihazlar sayesinde duysal olarak algılayabildiği ve kurgusal ortamı aktif bir şekilde kontrol edebildiği sistemler bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Bu sistemler ve kullanılan model ortamlar duysal anlamda kullanıcıya farklı şekillerde sunulabilmektedir (Atakul, 2018):

- **Kısmi Katılımlı Sanal Ortamlar:** Kurgulanan konu özelinde çeşitli fiziksel unsur ve sanal imgelerin bir arada kullanılması ile oluşturulan bu ortamlar, kullanıcının gerçek dünya ile ilişkisini tamamen koparmadan bir sanal gerçeklik ortamı sağlamaktadır. Bu gibi kurgu ortamlara uçuş simülatörleri örnek gösterilebilmektedir. Uçuş simülatörlerinde, geniş bir ekrandan yansıtılan sanal imgeler ve gerçek pilot kabini gibi fiziksel unsurlar kullanılmaktadır. Kullanıcının, bu ortamlarda herhangi bir sanal gerçeklik cihazı (kask ya da eldiven vb.) kullanması gerekmemektedir.
- **CAVE – Tam Katılımlı Sanal Ortamlar:** CAVE, “Computer Assisted Virtual Environment / Bilgisayar Destekli Sanal Ortam” kullanıcının tüm duysal algılarına hitap etmektedir. Standart bir Cave sistemi; duvar ve zemin projeksiyonu, gerçek dünya algısını arttırmak amacıyla farklı açılardan ses/müzik yayını yapan hoparlörler ve algılayıcılardan oluşmaktadır. Kasklı ekran (Head-Mounted Display / HMD) ve dokunsal algı cihazları (joystick, eldiven vb.) gibi fiziksel unsurlar, katılımcının kurgulanan

sanal ortam ile bütünüyle etkileşime girmesine yardımcı olmaktadır.

- **Ortak(Çoklu) Katılımlı Sanal Ortamlar:** Birçok katılımcının birbiriyle etkileşime girmesine olanak sağlayan geniş sanal evrenler olarak nitelenebilmektedir. Bu tarz sanal ortamlar, eğitim, mimarlık, tıp, sanat, mühendislik gibi farklı disiplinlere ait insanların fikir alışverişinde bulunmalarına olanak sağlayabilmektedir.

Artırılmış Gerçekliğin gerçek dünya ile sanal dünya arasındaki konumu, gerçeklik-sanallık sürekliliğiyle nitelendirilmektedir. Sanal Gerçeklikte ana fikir gerçek dünyanın yerini almak iken artırılmış gerçeklikte ise ana fikir dijital ortamda üretilen içeriklerle gerçek dünyanın desteklenmesidir.

Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik genellikle aynı doğrultuda hareket etmekte olan teknolojilerdir. Sanal Gerçeklik özetle kullanıcının bilgisayar ekranının içindeki kurgu dünyaya dolaşması gibi bir algı oluşturmaktadır. Artırılmış Gerçeklik ise, 2016 yılında piyasaya sürülen bir oyun olan Pokémon Go gibi dijital dünyayı gerçek dünya ile bütünleştiren bir ortam yaratmaktadır.

3.3. AR/VR Kullanım Alanları

Artırılmış Gerçeklik teknolojisi; tasarımcılara, ürün kalitesini artıran ve tasarımın iş akış süreçlerini hızlandıran gerçekçi bir şekilde simüle edilmiş ortamlarda; tasarımlar oluşturabilme, modelleyebilme ve test edebilme imkânı sunmaktadır. Bu sayede, kaybedilen zamanı ve gerçek malzemeler ile prototip üretme maliyetini azaltarak, üretilecek ya da test edilecek yeni ürünlerin kullanım koşulları üzerinde, kolayca değiştirilebilen 3D modeller ile nitelikli değerlendirmeler yapılabilmektedir (Karapınar, 2018).

Tasarım amaçları için AR/VR teknolojisini keşfeden ve kullanan sektörler içinde; mimari tasarım ve inşaat, gayrimenkul, havacılık, otomotiv, endüstriyel ürün tasarımı ve teknoloji gibi farklı disiplinlere sahip pek çok meslek grubu bulunmaktadır.

Ürün ya da tesisin arıza durumlarında, Artırılmış Gerçeklik uygulamaları ile sorun teşhis edebilmekte, operatörlere ya da bakım-onarım personellerine hızlı ve kolay bir şekilde tamir için görsel kaynaklar ile yol gösterilebilmektedir. AR programları, operatörün kullandığı bir görüntüleme cihazı aracılığıyla, belirlenen onarımların nasıl yürütüleceğine dair bilgiler takip edebilmekte ve model üzerine işlenerek disiplinler arası bildirim kolaylıkla sağlanabilmektedir. Örneğin; Boeing, BMW ve Volkswagen gibi şirketler üretim ve montaj süreçlerini iyileştirmek için üretim hatlarında

artırılmış gerçeklik teknolojisini kullanmaktadır (Uçar, 2021).

Sanal Gerçeklikten (VR) yararlanılan alanlardan biri de eğitimidir. Özellikle mühendislik eğitimlerinde üretilen sanal ortamlarda gerçekleştirilen turlar ile öğretilmek istenen sistemler incelenebilmekte, analiz edilebilmekte ve gerekli görüldüğü durumlarda çeşitli müdahalelerde bulunularak yapılan değişikliklerin uygunlukları test edilebilmektedir (Caudell, vd., 1992). Örneğin; bir İngiliz mühendislik firması olan BAE, ekibinde bulunan mühendislerin eğitimi için, dijital ortamda üretilen sanal gemiler kullanmaktadır. Ayrıca VR, operatörlerin ve bakım görevlilerinin yeni ekipmanlar hakkında eğitilebilmelerine de imkân sunabilmektedir. Ekipmanların içinde dolaşabilen çalışanlar, bu sayede ürünleri daha iyi tanıyabilmekte ve kapsamlı bakım-onarım planları yapabilmektedir.

Artırılmış Gerçeklik yazılımları, kullanıcıların ürün ya da cihazların içini görebilmelerine ve cihazı gerçek ortamda açmadan sorun teşhisi yapılabilmesine olanak sağlayabilmektedir. Bu da ürün ya da yapının genel güvenlik oranını artırabilmekte ve güvenlik risklerini azaltabilmektedir.

Sanal Gerçeklik ise, fabrika ve tesislerde yaşanabilecek, kimyasal madde yayılması, tehlikeli makine ve malzemeler, gürültü gibi durumların simülasyonunun da yapılmasına imkân sağlayarak, gereken müdahalelerin insan yaşamını riske atmadan belirlenmesini sağlayabilmektedir. Bu sayede hesaplanmamış durumlar hakkında sanal ortamda deneyim kazanan personel ve operatörler, olası tehlike durumlarına karşı bilinçli ve hazır olabilmektedirler.

4. TESİS YÖNETİMİNDE BIM KULLANIMI

Yapı yaşam döngüsündeki her süreci kapsayan BIM (Yapı Bilgi Modeli) teknolojisi yapının, inşaat sürecinin tamamlanmasının ardından Tesis Yönetimi, işletilmesi, envanter yönetimi ve bakım-onarım çalışmaları gibi süreçlerin yönetiminde de kullanılabilirliktedir.

Tasarım ve yapım aşamalarının haricinde BIM; bina ile ilgili var olan tüm bilgilerin depolanabildiği ve yaşayan binanın gerçek bir modeline sahip olduğu için bakım faaliyetlerinden, bina süreçlerinin kontrolü gibi tesis yönetimi için önemli konularda kullanılabilirliktedir.

BIM sadece 3D model değildir, gerçek bir yapı bilgi modelidir ve farklı paydaşlar için bilgi

bulundurmaktadır. Tesis Yönetimi için BIM bir nevi veri tabanı görevi üstlenebilmektedir. Bina modelinin üzerine işlenebilen veriler ile bilginin hem güncel kalması hem de geliştirilebilmesi mümkündür. Disiplinler arası bir çalışma platformu olma özelliği de olan BIM programları, farklı meslek gruplarından insanlara tıpkı modeli işlemekte kolaylık sağladığı gibi modelin gerçeği olan yapının yönetilmesi ve işleyişi konusunda da disiplinler arası bir köprü olabilmektedir.

BIM kullanarak, karmaşık yapılı bir AVM projesinde bir mağazanın metraj alımı, kanalizasyon hat uzunluğu, klima yerlerinin belirlenmesi gibi metrik işlemlere ek olarak kira getirileri, oranları, müşteri sirkülasyon vb. analizlerin kaydını bulundurabilmekte ve çok çeşitli açılardan bilgiyi hızlı ve kolay elde ederek, bilgiye ulaşmayı kolaylaştırabilmektedir.

BIM yazılımlarını Tesis Yönetimi için bir uygulama ile bağlamanın bazı avantajları aşağıdaki gibidir:

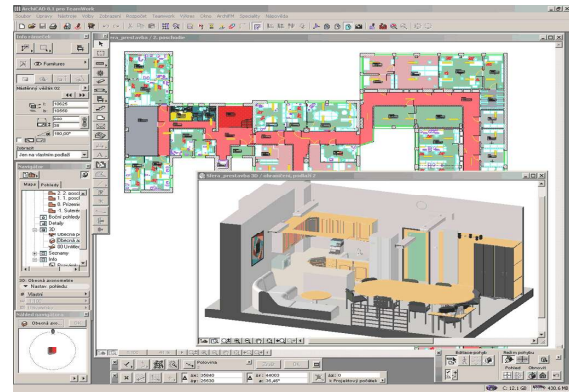
- Binanın tasarım, inşaat, yönetim ve bakım aşamalarındaki veriler gerçek zamanlı oluşturulan çift yönlü bağlantılar ile bir bulut teknolojisi kullanılarak entegre edilebilmektedir.
- BIM modelinin family adı verilen, AutoCAD programındaki block nesnelere gibi tanımlanabilen, hazır olarak kütüphanelerden yüklenilebildiği gibi özel olarak da oluşturulabilen yapı birimi grupları, Tesis Yönetimi ekipleriyle senkronize bir şekilde paylaşılabilir.
- BIM altyapısında kullanılan tüm yapı elemanlarına (örn. mahaller, mobilya ve ekipmanlar gibi) doğru işlenen bilgiler sayesinde tesiste elemanlar özelinde yapılacak tespitler veya bilgi talepleri kısa sürede elde edilebilmekte, raporlanabilmekte ve gerekli görüldüğünde revizyonlar zaman tasarrufu ile yapılabilir.
- Çeşitli disiplinlerdeki operasyon ekiplerinin planları oluşturulabilir.
- Planlanmış aktivite ve uygulamalar için kontrol ve izleme takibi yapılabilir.
- Proje ve yönetim ekibindeki herkesin bilgi modelini görüntüleyebilmesi ve üzerinde çalışabilmesine olanak sağlamaktadır.

BIM yazılımlarını Tesis Yönetimi için bağlayan; Autodesk BIM 360 ürünleri (yeni adıyla Autodesk Construction Cloud), ARCHIBUS, ArchiFM, EcoDomus, IBM Maximo, IMAGINiT Clarity Owner Data Portal gibi uygulamalar bina operatörlerinin bina yönetim modellerinde 3D model verilerini kullanmasına ve bina bilgi modelinin (BIM) değerini artırmasına olanak tanıyan

sistemlerdendir (Bayyari, 2015). Bu gibi çeşitli ara uygulamalar ile BIM, Tesis Yönetimi uygulayıcıları için çok daha kolay ulaşılabilir, anlaşılabilir ve kullanılabilir hale gelebilmektedir.

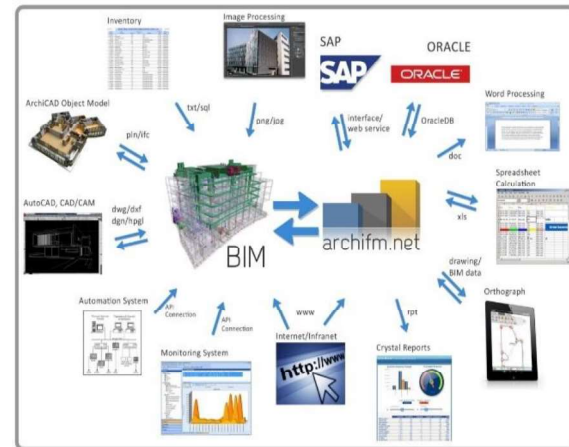


Şekil 4. ArchiBUS kullanıcı ara yüzü (URL 2)



Şekil 5. ArchiFM kullanıcı ara yüzü (URL 3)

Yukarıda örneklendiği gibi çeşitli altyapı ve Tesis Yönetimi çözümleri içeren; BIM içinde çalışıp BIM'den veri alışverişini yapabilen yazılımsal platformlar ile bir binanın yaşam döngüsünün en uzun ve en maliyetli evresi olan operasyonel (kullanım-yaşam) aşamasında kilit paydaşlar arasındaki iletişim gibi problemler çözüme ulaştırılabilir.



Şekil 6. ArchiFM - BIM ve diğer işlevlerin bağlantı şeması (URL 4)

Bahsedilen yazılımların genel amacı, bina, inşaat, mülk yönetimi, işletme ve bakım sistemlerini optimize ederken, aynı zamanda bina ömrü boyunca mal sahipleri ve kullanıcılar için iyi değer yaratılmasına katkıda bulunmak; iyi iç mekân iklimi, uygun enerji kullanımı ve iyi bina bakımını tanımlanmış mali çerçevede birleştirerek sürdürülebilir bina yapılarına ulaşmaktır. Bu amaç, her seviyede iyi etkileşim ve etkili iletişim gerektirmektedir. Yazılımlar; yönetim, işletme ve bakım sistem yöneticilerine bina stoku ile ilgili mevcut tüm bilgilere hızlı erişim imkânı sağlamaktadır. Bu tarz uygulamalarda bulut üzerinden, yerel sunucu ve tablette kurulum gibi imkânlar bulunabilmektedir.

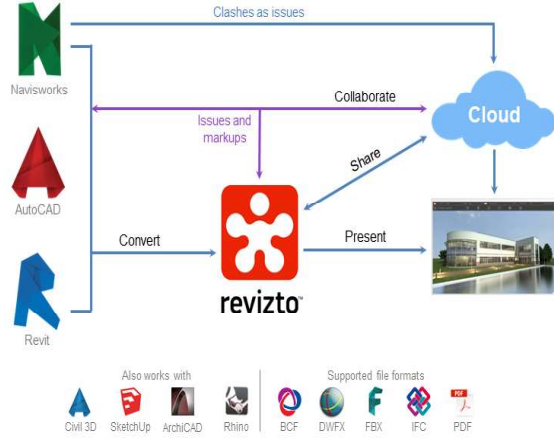
Tesis Yönetim sürecinde BIM yazılımlarından elde edilecek mevcut mekânsal ve varlık verileri ile; iklimlendirme (HVAC) ve elektro-mekanik sistemlerinin düzgün işletilmesi, bina için güvenlik ve izleme sistemlerinin kurulumu, bina afet ve acil durum tahliye planlarının hazırlanması, emlak ve mekân-insan kaynağı yönetimi yapılabilmektedir (Ofluoğlu, 2020).

5. TESİS YÖNETİMİNDE AR/VR & BIM İŞ BİRLİĞİ

AR/VR Teknolojilerinin görsel iş birlikleri ile oyunlaştırma harici alanlarda kullanılmaya başlanması ile mimarlar, inşaat mühendisleri, müteahhitler ve BIM yöneticileri gibi disiplinler arasında yayılarak mimari projelerde yeni bir dönem başlatmıştır. Mimari projelerin çeşitli model programları ile görselleştirilebilmesi ve BIM programları ile bu görsel modellere ek binanın gerçek bilgilerine de sahip bilgi modellerinin yapılabilmesi sonucunda hem projelerin tasarım evresinde hem de yaşayan binanın yönetim sürecinde AR/VR gibi teknolojileri kullanabilmek zaman yönetiminde ve sorun çözümünde olumlu katkıları olan bir gelişmedir.

Bina tasarımı ve inşaat projeleri üzerinde görsel iş birliği sağlamak için güçlü etkileşimli 3D ve bulut teknolojilerini birleştiren çeşitli uygulamalar ile BIM ve CAD modellerini tüm nesne verilerini koruyarak, 3 boyutlu bir ortama dönüştürmektedir. Çeşitli görüntüleyiciler (Revizto vb. Şekil 7), ortaya çıkan modeli herhangi bir platformda (PC veya tabletler) açarak kullanıcıların projeyi 3D olarak keşfetmelerini sağlamaktadır. Sorun izleme sistemleri ve kamera paylaşımı gibi kullanışlı gerçek zamanlı araçlar, profesyonellerin takım arkadaşları ve müşterilerle etkili bir şekilde iş birliği yapmasına olanak sağlamaktadır. Bu tarz görüntüleme sistemleri, iş birliği sırasında iletişim kolaylığı konusunda yardımcı olmakta ve kullanıcıların projeyi daha hızlı oluşturmasını sağlamaktadır. Bu

şekilde ekip içindeki hataları ve yanlış anlamaları azaltmayı amaçlamaktadır.



Şekil 7. Revizto Görüntüleme Sistemi
(URL 5)

Revizto vb. görüntüleme sistemleri, Revit, AutoCAD, Navisworks ve Trimble SketchUp gibi programlar ile çalışabilmekte ve FBX, IFC dosyalarını içe aktarabilmektedir. BIM sürecinin bir parçası olarak, Tesis Yönetimi yoluyla, konsept aşamasından başlayarak tüm proje yaşam döngüsü boyunca kullanılabilir. Revizto, kullanıcıların projeyi gezilebilir bir 3 Boyutlu ortam olarak sergilemelerine ve daha sonra proje ekibi içinde zahmetsiz bir iş birliği yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Bir tesiste mekanik sistemlerinin çoğu, çalışanların ofis görevlerini yerine getirdiği, müşterilere yemek pişirdiği veya derslerin verildiği açık alanlarda bulunmamaktadır. Mekanik sistemler örneğin; duvarların içinde, binaların üstünde veya metro tünellerinde yerin altında bulunmaktadır. Bu gibi yerlerde herhangi bir müdahale veya tamirat işlemleri işçiler için kolay olmamaktadır. Yani herhangi bir problem ortaya çıktığında, Tesis Yönetimi paydaşları, çözümü uygulamaya başlamadan önce sorunun kaynağını bulmak için büyük miktarda zaman kaybedebilmektedir.

Artırılmış gerçeklik (AR), sensörler, video, grafikler, ses ve veri teknolojileri kullanarak bir insan için fiziksel dünyanın sanal bir modelini kurgulamaktadır. Bu kurgu, kişinin fiziksel özelliklerinin ötesine geçebilmekte, böylece belirli durumlarda fiziksel olarak orada olmadan şeyleri görmeye ve duymaya olanak sağlayabilmektedir. Örneğin, bu teknolojiler BIM modelleri ile kurgulanarak işleyen tesisin modeli içinde tesise gitmeden karar vermeye, çözüm üretmeye ya da müdahale etmeye gerçekçi bir şekilde olanak sağlayabilmektedir. Bu olanaklar ile; çalışan ekipmanın sağlık durumunu kontrol etmek ya da makinelerin içindeki sensörler ile çalışma sistemlerini izlemek mümkün kılınmıştır. Örneğin

bir tesis yöneticisi, istediği bilgilere, makinelerin dışındaki bir QR kodunun taranmasından, uzak robotlardan gelen sensör bilgilerinin kullanılmasına ve tünellerde gerçek zamanlı ses ve video akışına kadar çeşitli teknolojiler yoluyla erişebilmektedir. Bu bilgiler bize düzenli bakım işlemleri, ekipmanların konum bilgileri, mekân verileri, iş görevleri ve kontrol listeleri için barkod üzerinden bağlantı sağlanabilmektedir. Doğru kurgulanmış bir BIM altyapısında, kullanılan tüm model elemanlarına doğru ve detaylı bir şekilde işlenen bilgiler ve bu bilgilere erişim olanağı sağlayan teknolojiler ile tesislerdeki en büyük problem olan geçmiş ve mevcut bilgiye erişme sorunu çözülebilmektedir. Bilgiye erişim süreci ne kadar kolay ve erişim sonrası müdahale ya da denetim ne kadar teknolojilerle destekleniyorsa tesiste bir o kadar zaman tasarrufu sağlanabilmektedir.

Tesis yöneticileri, ekipmanları görsel bir inceleme için hiç açmadan, sistemdeki bilgileri anında analiz edebilmekte ve verimsizlik alanlarını belirleyebilmektedir. Daha sonra, önleyici bakım stratejileri uygulayarak veya sistem arızalarının tam yerini belirleyebilmektedir. Böylece bakım ekipleri doğru işi zamanlayıcı bir şekilde yapabilmektedir.

AR/VR ve BIM teknolojileri kullanılarak oluşturulan model üzerinden tesis ile ilgili kararlar verebiliyor olmanın haricinde yeni geliştirilen çeşitli fiziksel AR/VR aracı materyalleri ile (gözlükler, kasklar vb.) hazır BIM modeli üzerinden anında verilere ulaşılabilen, o verilerle ilgili daha önce erişim sağlayan kullanıcıların uyarıları görülebilmekte hatta kullanıcıya anında uyarı gönderilebilmektedir. Bu tarz görüntüleme sistemleri ve araçlar ile AR/VR bileşenleri, BIM modelleri ile kaynaştırılarak, Tesis Yönetimi'ni çözümü zor ve karmaşık bir süreç olmaktan çıkarak bir oyun gibi hissettirmeyi amaçlamaktadır.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu makalede anlatılanlar kapsamında Artırılmış Gerçeklik (AR) / Sanal Gerçeklik (VR) teknolojilerinin, Tesis Yönetimi (FM) endüstrisinin iyileştirilmesinde ve gelişmesinde büyük bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Bu teknolojiler tarafından yaratılan sanal-yapay ortamlar, büyük proje paydaşlarının ortak anlayışını ve katılımını etkileyebilmekte; bu sebeple de birçok endüstri disiplininin verimliliğinin artırılması konusunda dikkatini çekmektedir.

Ayrıca yapıların yaşam döngüleri içerisinde tasarım ve yapım evreleri kadar önem verilmesi gereken bir diğer evrenin de işletme evresi olduğu aşikardır. Bir yapının işletme evresindeki yaşam süresi; maliyetinin ana kaynağıdır ve yapının yaşam

döngüsü süresince maliyetinin %85'i yapım sonrası dönemde gerçekleşmektedir. Yapılan araştırmalar işletme ve bakım evreleri arasındaki verimsizlik nedeniyle ABD'de tahmini maliyetin üçte ikisinin kaybolduğu göstermektedir (Lee vd., 2012, Jordani, 2010).

Bahsedilen bu sebeplerin sonucu olarak yapının yaşam döngüsü süresince performans ve verimliliği üzerinde çalışmalar yapılması ve bu değerlerin artırılması gerekmektedir. Bunun için ise tesislerin yaşam döngüleri süresince elde edilen bilgilerin BIM altyapısı ile Tesis Yönetimi'ne katkı sağlayacağı görülmektedir (Kelly vd., 2013). Tesis Yönetimi, mekânların özelleştirilmesi ve yapıların son kullanıcılarının ihtiyaçlarına uygun şekilde tasarlanarak tesis performansını iyileştirmeyi de kapsamaktadır (Atkin ve Brooks, 2014).

AR/VR teknolojilerinin diğer alanlardaki uygulamalarından farklı olarak (örn. Dijital ortam oyunları) Tesis Yönetimi alanında kullanılması, BIM modeli gibi resmi olarak onaylanmış tasarım verilerine dayanan bir uygulama ve program geliştirmeyi gerektirmektedir. Bu gereklilik sonucu; diğer kullanım ve uygulama alanlarından farklı olarak çok daha disiplinli ve gerçekçi bir sanal dünya modeli sağlayabilen Artırılmış ve Sanal Gerçeklik sunan programlar Tesis Yönetimi kavramının, özde gerçek dünya düzeninin minimal ve daha kurallı versiyonu sayılabilecek “yaşayan ve işleyen” bir model yaratabilmesi olanağı yönetim sağlayıcıları ve kurucularına büyük bir dünyayı avuçlarının içerisinde yönetebilmeyi sağlayabilmektedir.

7. KAYNAKLAR

Alatlı, L., 2019. Bilinmeyen Yönleri ile Tesis Yönetim Sektörü & TFMRA, *Tesisat Dergisi*, 281.

Atakul, B., 2018. Sanal Gerçeklik Nedir? Kullanım Alanları Nelerdir?. Erişim Tarihi: 15.03.2021 <http://www.teknolo.com/sanal-gerceklik-nedir>

Atkin, B., Brooks, A., 2009. Total Facility Management. *3rd Edition, Oxford: Wiley Blackwell Publishing*.

Bayyari, M., 2015. List of BIM Software & Providers. *theBIMhup*

BIM Dictionary I, 2019. *b.kitap*, 1. Baskı.

BIM Dictionary II, III, 2020. *b.kitap*, 1. Baskı.

BSI, 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. Operational phase of the assets. *bsi*.

Caudell, T.P., Mizell, D.W., 1992. Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes, *Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, Cilt. 2, 659-669.

Dennis, D., 2003. Facility Management Information Systems. Erişim Tarihi:15.03.2021
<http://automatedbuildings.com/news/jan03/articles/dennis/dennis.htm>

Johnson, R.E., Clayton, M.J., and Song, Y., 1999. Operations documents: Addressing the information needs of facility managers. *Durability of Building Materials and Components*, 8.

Johnston, R., 2001. AM/FM/GIS Moves to the Web, Transmission & Distribution World, *Overland Park*, 52-56.

Jordani, D. A., (2010). BIM and FM: The Portal to Lifecycle Facility Management. *Journal of Building Information Modeling, Spring 2010*, 13–16.

Karapınar, B., 2018. Dijital Dönüşüm Sürecinde Endüstride Artırılmış Gerçeklik/Sanal Gerçeklik (AR/VR) Uygulamaları, *Makinatek Dergisi*.

Kelly, G., Serginson, M., Lockley, S., Dawood, N., Kassem, M., 2013. BIM for facility management: a review and a case study investigating the value and challenges. *Proc. of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, London*. 30-31.

Lee, S., An, H., Yu, J., 2012. An Extension of the Technology Acceptance Model for BIM-Based FM. *Construction Research Congress*, 602-611.

Liu R., Issa R.R.A., 2013. Issues in BIM for Facility Management from Industry Practitioners' Perspectives. *Computing in Civil Engineering*, 411-418.

Milgram, P., Kishino, F., 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, 1321-1329.

Mozaffari, E., Hammad, A., Ammari, K. E., 2005. Virtual Reality Models for Location-Based Facilities Management systems, *1st CSCE Specialty Conference on Infrastructure Technologies, Management and Policy*.

Ofluoğlu, S., 2020. Bina Bilgi Modelleme (BIM)

ve Tesis Yönetiminde Kullanımı. *Uluslararası Tesis Teknik Müdürleri Derneği (UTTMD) Sunumu*

Özorhon, B., Çağlayan, S., Türkiye'deki İnşaat Mühendisliği Bölümlerinin Lisans Programlarında Açılması Planlanan Yapı Bilgi Modelleme (BIM) Derslerinin İçeriklerinin Belirlenmesi, *4. İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu*.

Qian, A.Y., 2012. Benefits and ROI of BIM for Multi-Disciplinary Project Management. *National University of Singapore*.

Rose, E., Breen, D., Ahlers, K.H., Crampton, C., Tuceryan, M., Whitaker, R., Greer, D., 1995. Annotating real-world objects using augmented reality. *Rae E, John V (eds) Computer graphics. Academic Press Ltd., London, UK*, 357–370.

Smith, P., 2014. BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*. 119. 475-484.

Spedding, A. and R. Holmes, 1994. CIOB Handbook of Facilities Management, *Harlow: Longman Scientific & Technical*

Suby, M., Dickson, F., 2015. The 2013 (ISC)² Global Information Security Workforce Study, *A Frost & Sullivan Market Study in Partnership with Booz, Allen, Hamilton Strategy and Technology Consultants*.

Teicholz, P., 2018. BIM for Facility Managers, *Oxford: Wiley Blackwell Publishing*.

Uçar, T., 2021, Şirketin Dijitalleşme Süreci Nasıl Başlar?, *Gazete Gebze*.

Wiedenmaier S, Oehme O, Schmidt L, Luczak H, 2003. Augmented reality (AR) for assembly processes design and experimental evaluation. *Int J Hum Comput Interact*.

Elektronik Kaynaklar:

URL1:<https://skytoptechnologies.com/skytopmedia/blog/blog/trends-shaping-architecture-engineering-and-construction-industry-aec> (Erişim Tarihi: 15.03.2021)

URL2:<https://archibus.com/products/extensions-framework/smart-client-extension-for-autocad-revit/> (Erişim Tarihi:15.03.2021)

URL3:<https://www.sfera.sk/en/products/archifm/examples> (Erişim Tarihi:15.03.2021)

URL4:<https://graphisoft.no/andre-produkter/archifm> (Erişim Tarihi:15.03.2021)

URL5:https://help.revizto.com/user_manual/help_index (Erişim Tarihi:15.03.2021)

ERP SİSTEMİNİN BIM VERİ AKIŞINA DAHİL EDİLMESİ VE ÜRETİMSEL SÜREÇLERLE ENTEGRASYONU

Süleyman EYİĞÜN (ORCID: 0000-0002-6682-1421)
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta:suleymaneyigun@hotmail.com

ÖZET

BIM ile üretilen projelerin yönetimi, BIM modelindeki verilerin yönetimiyle eşdeğer duruma gelmektedir. Yapının dijital ikizini üretme sürecinde Yapı Bilgi Modeli birçok aşamadan geçer ve bu aşamaların gerekliliklerine göre modelin barındırdığı veri çeşidi, yoğunluğu ve uyulması gereken standartlar değişiklik göstermektedir. BIM süreçleri devam ederken işletmelerin kurumların kaynak yönetimleri eşgüdümlü olarak ilerlemek durumundadır. Bu yönetim süreci fizibilite ve erken tasarım aşamasından başlanıp işletme ve yıkım kısmına kadar sürmektedir. Kurumsal Kaynak Yönetiminin (ERP) sektörel olarak BIM modeliyle bütünleşik çalışması; işletmelerin ERP sistemine aktarılması gereken veriyi daha doğru, kayıpsız ve sürdürülebilir hale getirmektedir. Bu makalede iletişimin Yapı Bilgi Modeli, BIM Uygulama Planı ve BIM Raporlama Motorlarıyla gerçekleştirilme durumları ve bunlar arasındaki ilişkiler incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Bina Bilgi Modelleme; BIM; Kurumsal Kaynak Yönetimi; ERP.

ABSTRACT

The management of the projects produced with BIM is equivalent to the management of the data in the BIM model. In the process of producing the digital twin of the building, the Building Information Model goes through many stages and according to the requirements of these stages, the data type, density and standards to be followed vary. While all BIM processes are continuing, the resource management of the enterprises is proceeding in a coordinated manner. At this point, one of the most important problems faced by processing is the management of resources. This management process starts with the feasibility

and early design phase to the operation and demolition part. The sectoral integration of Enterprise Resource Planning (ERP) with the BIM model makes the data that needs to be transferred to businesses' ERP systems more accurate, lossless and sustainable. This article will examine the realization of the communication with the Building Information Model, the BIM Execution Plan and the BIM Reporting Engines and the relationships between them.

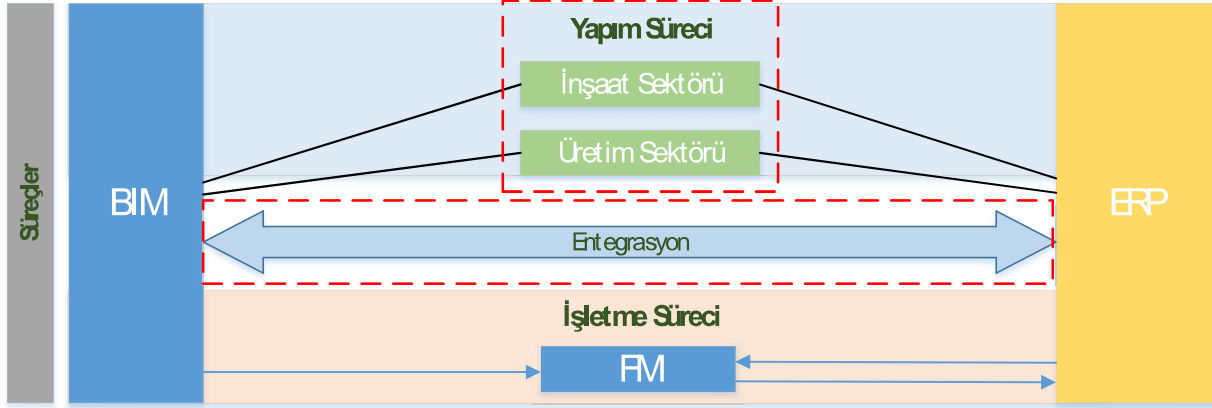
Keywords: Building Information Modelling; BIM; Enterprise Resource Planning; ERP.

1.GİRİŞ

İnşaat yönetim verisinin oluşturulması, yapının erken tasarım evresi ve fizibilite çalışmalarından itibaren başlamaktadır. Bu verilerin somutlaşması ve üretime katılması büyük ölçüde BIM modeliyle gerçekleşmektedir. BIM ile somutlaşan üretim akışı, veriyi de içerisinde barındırdığı için yapım işleminin sonuna kadar sürekli olarak dönüştürülür, değiştirilir ve kullanılır.

İnşaat işletmelerinin, sahip olunan fakat sistematik eksikliği nedeniyle etkin olarak kullanılmayan şirket içi birikimin herkes tarafından ulaşılabilir olmasının sağlanması, bir standartlaşma oluşturarak ve bilgiyi paylaşarak iş yapma kabiliyetinin artışına destek olunması gerekmektedir. Proje kapsamı büyüdükçe önemi ve zorluğu da artan disiplinler arası koordinasyon ve bilgi akışını ve geri bildirimlerin doğru bir şekilde sağlanması veri yönetiminin başarısı ile mümkündür.

Yapının dijital ikizini üretme süreciyle birlikte kaynakların yönetilmesi, işletmenin birimleri arasında (mimari-tasarım, üretim, planlama, satın alma, insan kaynakları, lojistik vb.) veri aktarımı gerçekleşmektedir. Verilerin yönetimi proje yönetim süreciyle birlikte yapılması, binanın dijital ikizinin üretilmesi esnasında önem kazanır. Bu noktada verilerin doğru, ilişkisel ve denetlenebilir olması; bu verilerin kullanılabilir bir bilgiye dönüşmesi yapılan işin analiz edilebilir hale gelmesine yardımcı olur.

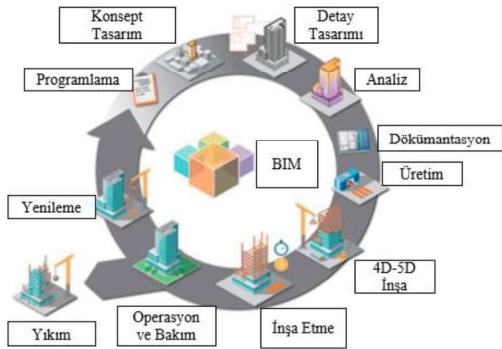


Şekil 1. Süreçlerin İlişkisel Akış Diyagramı

Şekil 1.'de görülmekte olan ve makalenin devamında incelenecek proje aşamaları ve binanın geçirdiği süreçler göz önüne alındığında; BIM ve ERP'nin bu zaman diliminde entegre çalışmasının gerekliliği ve birbirinden beslenmesi gereken iki sistem olduğu öne sürülmektedir. Şekil 1.'de seçili olan alanlar üzerine öneri çalışma sistematigi sürülecek olup FM (İşletme Yönetimi) süreciyle ilişkili noktalarda bahsedilecektir.

2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ / BIM

Yapı Bilgi Modelleme, bina ile ilgili grafik (geometri/biçim vb.) ve alfasayısal (malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü vb) veriden oluşan üç boyutlu bir model meydana getirerek, bu modelin yapı sektörü paydaşları tarafından ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yaklaşımıdır.



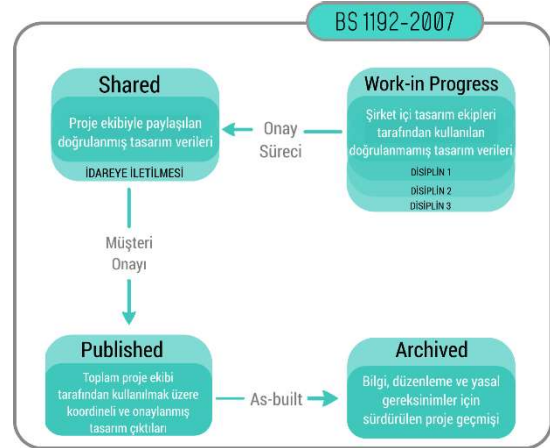
Şekil 2. BIM bina yaşam döngüsü evreleri (Autodesk)

Bu üç boyutlu model, planlama, tasarım, projelendirilme, yapım ve işletim gibi, Şekil 2'de görülen projenin tüm yaşam döngüsünü içeren süreçlerinde kullanılabilir. Farklı paydaşların aynı modeli kullanabilmesi temsilde tutarlılığı arttırmakta, revizyon kolaylığı sağlamakta; veri dönüştürme işlemlerini, verinin tekrarlı üretimini (replikasyon) ve proje belgeleri arasında ilave ilişkilendirme veya koordinasyon ihtiyaçlarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Ofloğlu, 2014).

Yapının, fizibilite ve erken tasarım evrelerinden başlanarak üretim, inşa etme, işletme ve yıkım ya da yenileme işlemleri aşamalarında BIM yöntemiyle oluşturulan gerekli veri kullanılmaktadır. Yapının geçirdiği bu süreç içerisinde, oluşturulan verinin yoğunluğu her aşama için değişiklik göstermektedir.

2.1 Ortak Veri Ortamı / CDE

Ortak Veri Ortamı veya yaygın bilinen adıyla CDE (Common Data Environment); tüm proje ekibine ait dokümanları, grafik modeli ve grafik olmayan verileri; toplamak, yönetmek ve yaymak için kullanılan bilgi paylaşım protokolüdür.



Şekil 3. Veri kaynaklarının dosyalanması ve isimlendirmesi (NBS, 2019)

Ortak veri kaynağını oluşturmak, proje ekibi üyeleri arasındaki işbirliğini kolaylaştırmaktadır. İş kayıpları ve hataları azaltmaya yardımcı olmaktadır. Genellikle CDE (Şekil 3), şantiyede veya ofiste oluşturulan bir sunucu veya bulut tabanlı bir veri saklama ve paylaşma sistemidir. Ortak Veri Ortamı klasörleme sisteminde geçerli ortak dil projenin hızlı, koordine ve en az hata ile işlenmesi ihtiyacına karşılık gelmektedir. (BSI, 2018)

Statü	Açıklama	Modeller	Çizimler	Dokümanlar
WIP (Work In Progress)				
S0	Projenin ilk durumu veya WIP içtisindeki dosyalar için	✓	✓	✓
SHARED				
S1	Koordinasyon için	✓	X	X
S2	Bilgi için	X	✓	✓
S3	Kurum içinde değerlendirme ve yorum için	İstenildiği gibi	✓	✓
S4	İnşaat onayı için	X	X	✓
S6	PIM (Proje Bilgi Modeli) nin kesin proje aşamasındaki (Brief-Concept-Definition aşamaları sonunda) alınacak ruhsat (zihin-yetki) için	X	X	✓
S7	AIM (Varlık Bilgi Modeli) nin devir tesliminde (tüm süreçlerin sonunda operasyonun başlangıcından önce projeye ait her türlü doküman) alınacak ruhsat (zihin-yetki) için (Müteahhit tarafından kullanılır)	X	X	✓
WIP to PUBLISH (Projeler üzerinde üretilen ve herhangi bir kontrole ihtiyacı olmayan dokümanlar)				
D1	Fiyatlandırma için	✓	✓	✓
D2	İhale için	✓	✓	✓
D3	Yüklenici tasarımı için	✓	✓	✓
D4	Üretim / tedarik için	X	✓	✓
Published Documentation				
A1, A2, A3...	Kabul edilen, onaylanan proje aşamasını verir. (A1,A2... konரசasal aşamaları; konsept, kesin, uygulama aşamaları gibi)	✓	✓	✓
B1, B2, B3...	İşveren tarafından minor yorumlar ile kısmi onaylanan uygulama projesi. Tüm yorumlar bir bulut içerisinde ve "askıda" ("in abeyance") açıklaması ile yayınlanmalı ve yorumlar düzenlendikten sonra açıklamalar kaldırılarak proje yeniden yayınlanmalı. (B1,B2... konரசasal aşamaları; konsept, kesin, uygulama aşamaları gibi)	✓	✓	✓
C	İşveren tarafından reddedilen, kabul edilmeyen, onaylanmayan doküman kodu	✓	✓	✓
AIM (Varlık Bilgi Modeli) Onayı için Yayınlanan Dokümanlar (Müteahhit tarafından kullanılır)				
CR	(Construction Record) As-Built teslim dokümanları (PDF'ler, modeller vs)	✓	✓	✓

Tablo 1. Klasör Kodları (NBS, 2019)

Ortak Veri Ortamında projenin bütün aşamaları tanımlanmaktadır. Bunlardan Tablo 1’de görülen ve ERP ile iletişimde bulunması gereken kısımlar büyük oranda PIM (Project Information Model) yani Proje Bilgi Modeli:

- Shared S6: statüsünde kesin proje aşamasında kullanılacak bilgi ile ilgili
- Shared S7: statüsündeki AIM (Asset Information Model) yani Varlık Bilgi Modelinin içerdiği projeye dair operasyondan önceki aşama olan ve proje ile ilgili her türlü doküman
- WIP to Publish: aşamasında fiyatlandırma, ihale, alt yüklenici tasarımı ve üretim/tedarik aşamalarında barındırdığı veri ile sağlanmalıdır.

Bütün bu aşamalar Varlık Bilgi Modeline geçildiği durumda iyi bir altlığa sahip olunabilmesi için düzenlenmelidir. Bu noktada işverenin bu bilgiyi yönetebilecek yetkinliğe sahip olması gerekmektedir çünkü varlık sahibi tesisi yönetme aşamasına geçildiğinde bilgi eksikliği ile karşı karşıya geldiğinde başa dönmenin maliyetleri fazla olmaktadır. Bu noktada bahsi geçen Varlık Bilgi Modeli 7. Başlıkta incelenecektir.

2.2.BIM ile Oluşturulan Nesnelerin İçerdiği Veri Yapıları

BIM modelinin barındırdığı bilgi; inşaat projesinin, tasarımdan kuruluş ve tesis yönetimine kadar olan yaşam döngüsünü, veri ve bilgilerin tanımlandığı ve üretildiği çoklu proje yönetimi süreçlerinde kullanılır. Bu bilgi, çoğu zaman sadece format için veya süreç için yeterli ayrıntı düzeyinde geliştirilir ve saklanır. Oluşturulmasından daha sonraki proje süreçlerini desteklemek için gerekli bilgilerin tekrar

kullanılabilir olmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 4. BIM Objesi Yapısı

BIM modeli, içeriğinde geometrik ve alfanumerik olmak üzere birçok yapıyı barındırmaktadır. Bu yapıların format çeşitleri BIM modelinin birçok farklı program tarafından katkı sağlanabilir ve kullanılabilir yapısını oluşturmaktadır. Bu dosya formatları: DXF, DWF, ODBC, CIS/2, DWG, LandXML, gbXML, SAT, DGN, IFC, XML, SHP, WMS, WFS, GML, LAS vb. yanında imaj formatları olarak MrSID, ECW, TIF, DEM, DTED, PNG, JPEG formatları da BIM modelinde bulunabilir. Bu dosyalama formatlarının dışında açık kaynak veri değişim ve paylaşımı ‘Uygulama Programlama Arayüzü’ – API (Application Programming Interface) ile program bazlı veya programlar arası değişim sağlanabilmektedir.

3.KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA /ERP

Kurumsal Kaynak Planlama veya ERP (Enterprise Resource Planning), tüm sektörlerin (inşaat, telekomünikasyon, perakende, medya, sağlık, kamu vb.) tüm faaliyet birimlerini (proje yönetimi, finans, bakım, onarım, insan kaynakları vb.) kapsayan, şirketlerde süregelen bilgi akışının entegrasyonunu sağlayan yazılımlar olarak tanımlanmaktadır. Müşteri siparişlerini karşılamak için kurum ve işletme genelindeki gereken kaynakları almak, imal etmek, sevk etmek ve hesaplamak üzere belirleyen ve planlama odaklı bir bilişim sistemidir. (APICS, 2001)

3.1.ERP Modülleri

İşletmeye uygun modüllerin seçilmesi, doğru sistem sağlayıcısından modüllerin satın alınması ve etkin bir planlama yapılması uygulama kararı almış işletme için ilk hazırlık sürecini oluşturmaktadır (Holzer, vd., 2016). Bu modüllerin başlıcaları; İnsan Kaynakları, Finans&Muhasebe, Satın Alma, Proje Yönetimi, ISG (İş Sağlığı ve Güvenliği) Yönetimi, Depo Yönetimi, Taşeron Sözleşme ve Hakediş Yönetimi vb.

3.2.İnşaat Sektöründe Yaygın Olarak Kullanılan Kaynak Yönetim Modülleri

İnşaat sektörü, diğer sektörlerin de kullandığı birçok ERP modülünün yanında sektörün ihtiyaçlarına yönelik ortaya çıkmış farklı modülleri kullanmaktadır.

İnşaat sektöründe yoğun olarak kullanılan proje yönetimi, taşeron sözleşme ve hakediş yönetimi, satın alma ve süreç yönetimi ve insan kaynakları modülleridir. Bunların dışında sektörel olarak kullanılan birçok modül üretilmektedir. Bu modüller genellikle noktasal ihtiyaçlara yönelik olmakla birlikte bunlara örnek olarak teklif modülü, keşif modülü, hakediş modülü vb. örnek verilebilir

3.2.ERP Kullanımında İnşaat Sektörünün Farklılıkları

İnşaat şirketleri, kapsadıkları ve hizmet verdikleri alan nedeni ile detaylı yapıya sahip olması gereken ve proje detaylarının fazla işgücü kullanılmadan özete bilgi girişi ile takip edilmek istendiği şirketlerdir. Örneğin, ERP'nin yoğun ve detaylı kullanıldığı üretim sektöründe sürekli çalışan ve dış etkenlerin daha az olduğu veya daha kolay yönetildiği bir ortam bulunmaktadır. Seri üretim bantlarında ürün değişikliği olmadığı durumlarda sonucun değişmesi ve sistemin sektöre uğraması daha zordur. Bu gibi sektörlerde kaynak kullanımına yönelik lokasyon seçimi optimumdur ve tehditler büyük oranda ortadan kaldırılmıştır.

Diğer sektörlerden farklı olarak inşaat sektöründe veriler, lokasyonlar, girdiler ve dokümanlar; içerik olarak birçok farklılık göstermektedir. Bununla birlikte nicelik olarak da diğer sektörlerden fazladır ve yürütülen/tamamlanan her yeni proje ile katlanarak büyümektedir. Bu sebeple sistem, sürekli genişlemeye yetkin olmalıdır. Dokümanlar arasında önemli bir yer tutan çizimler, BIM yöntemiyle modellenmeye başlanmıştır ve son dönemde 3 boyutlu modele; 4. boyut olarak planlama, 5. Boyut olarak maliyet ilave edilerek tüm yapım sürecinin model üzerinden takip edilebilir olması sağlanmaktadır. ERP kullanımını için bu açıdan sistemler incelenip, son kullanıcıya yazılım kadar donanım desteği konusu da önem taşımaktadır. Donanım yetersizliği sebebi ile olan başarısızlık da yazılımla birlikte anılacaktır.

3.3.ERP Modüllerinin BIM ile İlişkilerinin Tespit Edilmesi

İnşaat firmalarının ana faaliyetleri olan tasarım, satın alma, uygulama, kalite kontrol, mali işler ve bu grupların senkronizasyonunu sağlayan planlama grupları arasında ve bu gruplarla birlikte çalışan diğer şirketler –işveren, altyükleniciler, malzeme temin edilen firmalar vb.- arasındaki yoğun evrak alışverişi bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Dokümantasyonun kayıt altına alınması, takip edilebilir ve geriye dönük kolaylıkla ulaşılabilir olması gerekmektedir. (Rapor, 2015)

BIM Modelinin sağladığı veri, ERP modülasyonuna projenin farklı aşamalarında entegre olması beklenir.

BIM modelinin teklif ve projelendirme seviyesindeki durumu ERP'nin ilgili proje yönetim modülleri (planlama, iş geliştirme-ihale teklif vb.) ile entegre çalışması beklenirken; yapım aşamasına gelindiğinde daha yoğun olarak satın alma, kalite kontrol ve şantiye uygulama takip raporlama gibi modüllere veri sağlaması beklenmektedir.

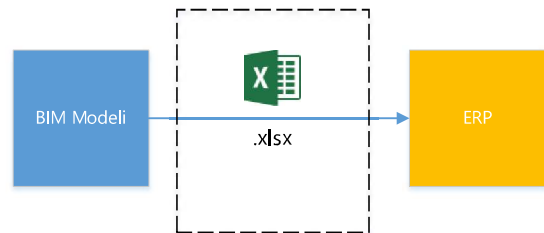
3.4.Türkiye İnşaat Sektöründe Erp Kullanımı

İnşaat şirketleri proje bazlı çalışması, birçok farklı lokasyonda (şehirde, bölgede, ülkede ve kıtada) projeler yönetmek durumunda olması; şirketin büyük oranda iş gücünün ve yükünün projelerde yer alması 'Proje Yönetimi' modülünün önemini artırmaktadır.

Türkiye'de kapsamı ve boyutu farklı birçok inşaat firmasının içinde bulunduğu durum, departmanlarının dağınık olarak yapılmasıdır. Süreçlerin bağımsız çalışması bununla birlikte bilginin kişiye bağımlı dağınık olarak bulunması ve istenildiği anda istenilen seviyede bilgiye ulaşılamaması sorun teşkil etmektedir. Bu durumların yanı sıra Türkiye'de inşaat sektöründe birim maliyelerin sağlanamaması ve bütçe kontrollerinin yapılamaması durumlarına karşı bazı özel yazılımlar veya Microsoft Excel çözümleri denenmiştir. Bu denemelerin sürdürülebilir olmaması düşünülen kurguyu başarılı kılmaya yeterli olamamıştır. ERP kullanımı şirket içerisinde yatay bir bilgi ağı kurarak bilginin yönetimini kişilere bağımlı olmaktan kurtarıp kurumsal hale getirmesi sektörün birtakım ihtiyaçlarına çözüm olmakla birlikte proje yönetimi gibi önemli noktalarda etkili çözümler aranmaya devam edilmektedir.

4.BIM İLE ERP ENTEGRASYONU

BIM modeli oluşturulurken ihtiyaç duyulan veri, doğal bir süreç olarak özdevinimli olarak yapılır. Bu veri ERP'ye aktarıldıktan sonra uygulama süresince de özdevinimli olarak birçok şekilde kullanılmaktadır. İki sistem arası entegrasyon aşaması ise geleneksel yöntemlerle –BIM modelindeki verilerin Microsoft Excel, .txt dosyası olarak kaydedilmesi ve tabloların birer veri tabanı olarak kullanılması gerçekleştirilmektedir.

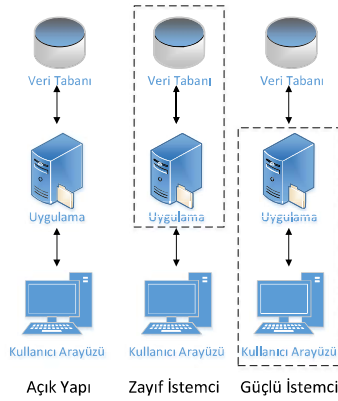


Şekil 5. Geleneksel Yöntemlerle BIM Verisinin ERP Ortamına Aktarımı

ERP'nin BIM modelinde bulunan bilgilerin ihtiyaca göre modül bazlı çakıştırarak sisteme veri girişinin yalın ve stabil olması sağlanmalıdır. Örneğin; BIM modelinde tasarım, yapım veya işletmeye yönelik birçok veri girişi yapılır. Bu işlemlerden birçoğu Şekil 4'te gösterilen grafik veriye karşılık gelmektedir. ERP'nin grafik veri ile çalışma şekli BIM'e göre farklıdır. Sistem mimarisine bakıldığında birçok benzerlik gösteren bu iki yapı içerisinde veriyi saklama, işleme alma ve kullanma işlemleri farklılıklar göstermektedir. ERP'nin yalın ve stabil çalışması, sisteminin gerektirdiği istemci türlerine göre daha büyük boyutlu ve tekil veri barındıran grafikten çok alfanumerik veri kullanılmaktadır. Gerektiği durumlarda veri tabanında bulunan bilgiyi de ilişkilendirmek ERP mimarisinin doğru kurgulanması açısından önemlidir. Şekil 5'da dikdörtgen ile işaretlenen aşamada yaşanan veri kayıpları sistemlerin etkin olarak iletişim kurmasına engel olmaktadır. Sistemin planlanması ve bunun uygulanması bu aşamada gerçekleştirilmelidir.

4.1. Sistem Mimarisi

ERP sistemleri, büyük ve karmaşık sistemler oldukları için genellikle 3 katmanlı bir mimariye göre düzenlenmiştir. Bunları monolitik uygulamalar olarak uygulamak; ciddi sürdürülebilirlik, ölçeklenebilirlik ve performans sorunları getirecektir. ERP mimarisini oluşturan üç katman; kullanıcı arayüzü katmanı, uygulama katmanı ve veri tabanı sunucusudur.

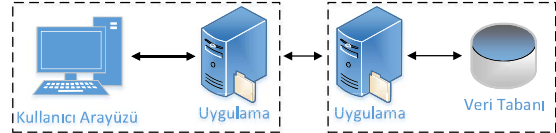


Şekil 6. ERP'nin 3 katmanlı sistem kullanım organizasyonu (Santos, 2009)

Bu, yalnızca çeşitli şekillerde fiziksel olarak uygulanabilen (kesikli kutular) mantıksal bir organizasyondur (Şekil 6). Bu sistem mimarisi ERP uygulaması için birçok avantaj sunar. Örneğin, veri tabanı katmanında farklı veri tabanı yönetim sistemlerinin (DBMS) kullanılmasını veya performans gerektiriyorsa, istemci talebini desteklemek için tüm veri tabanı sunucu kümesini kullanmayı sağlar. Arayüz katmanı, her kullanıcı

türü için ihtiyaçları ve uzmanlık düzeyi için özelleştirilmiş farklı bir kullanıcı arayüzünü destekleyebilir.

Mevcut standart BIM etkin tasarım yazılımı genellikle bağımsız bir birim olarak uygulanır. Bilgi alışverişi dosya tabanlıdır. Ancak, bu yekpare mimarinin yakın gelecekte kullanıcılarına hizmet etmeye devam edemeyeceği açıktır. BIM modellerinde temsil edilen ayrıntı düzeyi iyileştirildikçe, dosya boyutları pratik sınırların ötesine geçme eğilimindedir.



Şekil 7. Model Sunucusu tabanlı BIM ortamı sistem mimarisi (Santos, 2009)

Model sunucuları, yapı elemanı düzeyinde çalışan ve bir yapı modelinde veri tabanı benzeri işlemleri (sorgu, aktarma, güncelleme vb.) destekleyen nesne tabanlı DBMS'dir.(Veri Tabanı Yönetim Sistemi) IFC için Eurostep Model Sunucusu (EMS) buna bir örnektir.

4.2.BIM ve ERP'nin UML ile Entegrasyonu

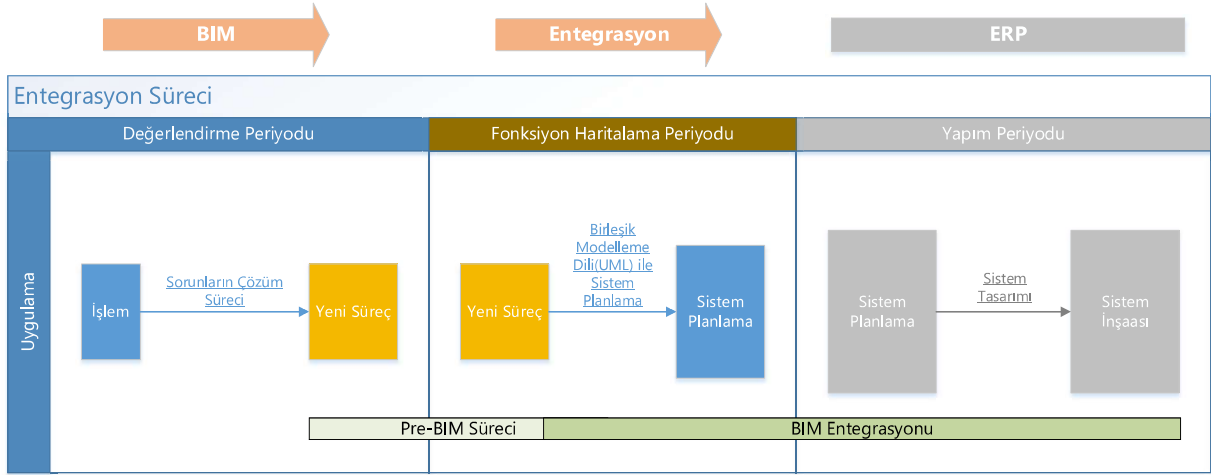
UML (Unified Model Language) diğer adıyla Birleşik Modelleme Dili, iş sistemlerinin modellenmesi amacıyla ortaya çıkmış bir dildir. Bir süreci veya herhangi bir işi grafikler ile açıklamak için kullanılmaktadır. İnşaat işletmesi, kaynak planlamasının uygulanması için BIM ve ERP sistemi arasında bir dönüşüm yönteminin nasıl oluşturulacağına odaklanmaktadır. İnşaat yönetiminin verimliliğini artırmak için, UML aracını kullanarak BIM ve ERP için dönüştürülebilirliği geliştirmek için Şekil 8'da bir metodoloji sunulmuştur. (Chen ve Tserng, 2017)

ERP kavramıyla ilgili:

1. İşletmenin hedefleri belirlenmesi
2. Kurumsal ihtiyaçlar açıklanması ve analiz edilmesi
3. Ana iş süreçlerinin değerlendirilmesi
4. Hâlihazırdaki iş süreçlerinin analizi
5. Daha iyi iş süreçlerinin tasarlanması

ERP uygulamasına ilişkin:

1. İş süreçlerinin ERP modülleriyle eşleştirilmesi
2. Sistem uygulama planının geliştirilmesi
3. Sistem planlamasının yapılması



Şekil 8. Kapsam Diyagramı (Chen ve Tserng, 2017)

Problem	Problem Tanımı	Problem Açıklaması		Çözüm
Bilgi Aktarımı	İnşaat işletmelerinde ERP uygulamasıyla bilgi gelişimi ve aktarımı	ERP konseptine ilişkin	İşletmenin çatışma sorunlarının onayı İşletmenin ihtiyaçlarının analizi ve tanımı Ana iş süreçlerinin değerlendirilmesi	İş süreçlerindeki çatışmaların bulunup BIM iş süreçleri ile sistem planlamaya entegrasyonu
		ERP uygulamasına ilişkin	Sistem uygulama planlamasının geliştirilmesi Sistem planlamasına başlanması	

Şekil 9. Problem Tanımı, Açıklaması ve Çözüm Önerisi (Chen ve Tserng, 2017)

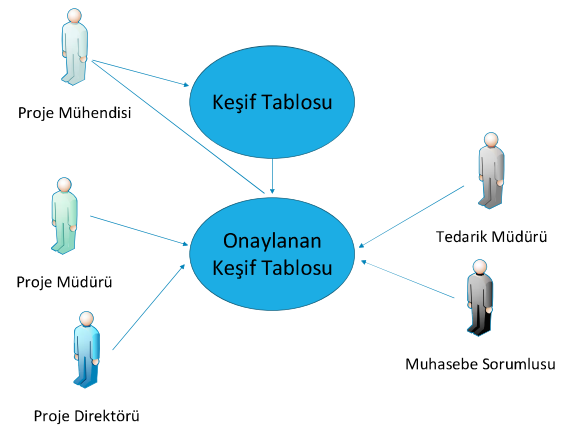
ERP kavramı ve ERP uygulamasıyla ilgili Şekil 9'da görüldüğü gibi çatışmaların tanımlanması ve tespit aşaması, süreçler ve sistem planlama uygulaması ve sistemin planlanması süreçleri BIM süreçleriyle birleştirilmelidir. İşletmenin BIM modelindeki bilgileri, sistem planlamasına entegrasyonu proje bazlı çalışan inşaat işletmelerinin daha esnek davranmasında etkili olacaktır.

4.3.Sistem Planlama

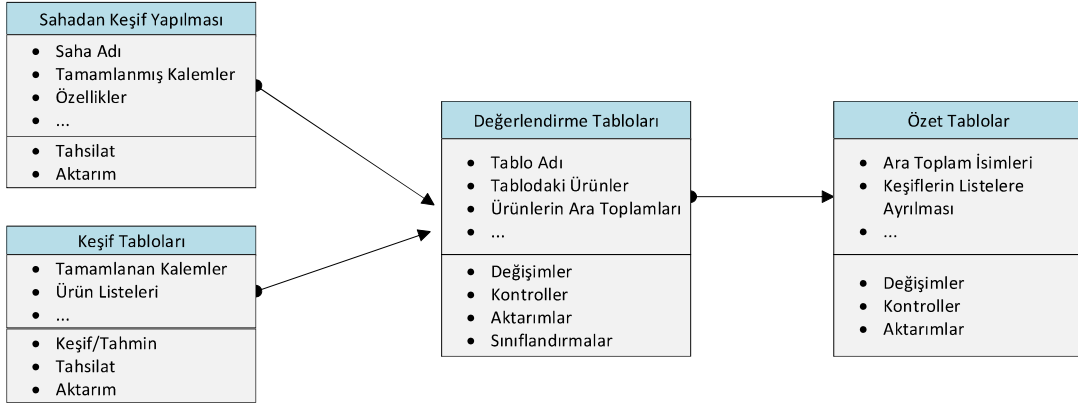
Statik ve dinamik sistem planlamasının UML modelleri hakkındaki doğruluğu, bileşenleri (Tablo 2, Şekil 10) ve kurumsal iş süreçlerinin sistem planlamasına dönüştürülmesi tamamlandıktan sonra sonuç alınabilmektedir. BIM ve ERP sisteminin entegrasyon uygulaması çok aşamalı bir süreç gerektirmektedir. Sistem planlamasında kullanım senaryosu, veri akışları, nesne ve sınıf planlaması bulunmaktadır. (Şekil 11)

Sistem Planlama Bileşenleri	
Aktör	Departman/Personel
Kullanım Gereklilikleri	Süreç Adı, organizasyon, birim veya bilgi kaynağı
Sınıf Adı	Departman Adı, Personel veya birim
Öznitelik	Öznitelik(Örn; Malzeme adı, Hesap tablosu adı vs.)
İşleme	Özellik(Örn; Hareket doğrulaması, Hareket hesabı vs.)
Bildiri	Enformasyon(Proje bölümlerinin malzeme keşifleri vs.)

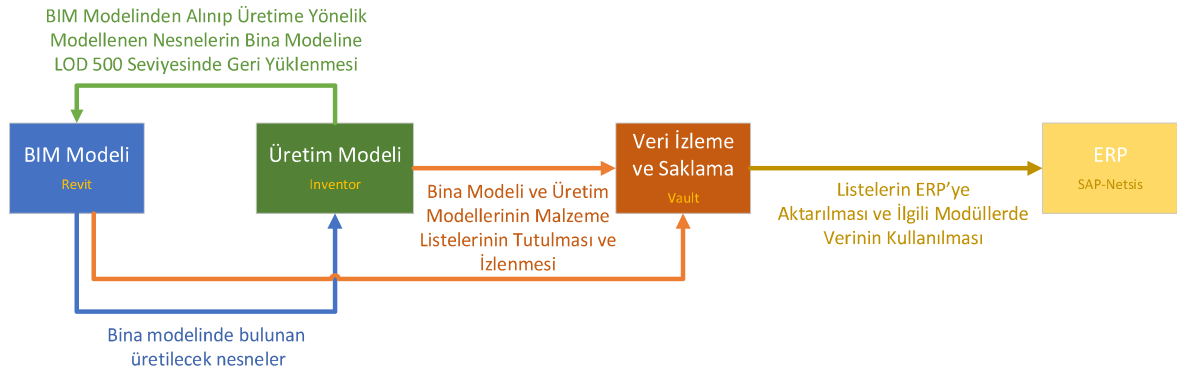
Tablo 2. Paydaş Kategori Tablosu



Şekil 10. Kullanım senaryosu diyagramı



Şekil 11. Veri tabanı kullanım diyagramı (Chen ve Tserng, 2017)



Şekil 12. Akıllı Dijital Nesnenin Kurgu İçerisindeki Akış Modeli

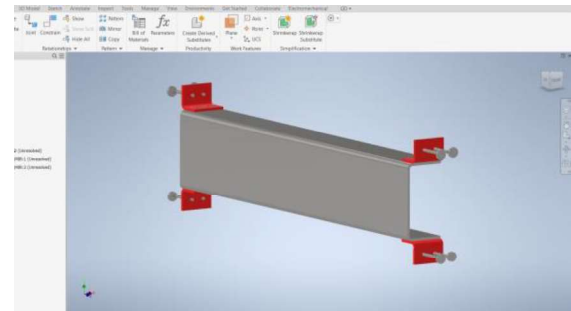
5. ERP VE BIM İLİŞKİLERİ

BIM süreci, BIM uygulama planıyla (BEP) çizilen çerçevede ilerlemektedir. Bu süreç esnasında BIM uygulama planında eksik kalan taraflar tespit edildikçe yeni versiyonlar yayınlanıp güncelleştirmeler yapılır. BEP içerisindeki bilgilerin ve uyulması gereken kuralların ERP'yi ilgilendiren kısımları da bulunmaktadır. ERP sisteminde oluşturulan reçeteler ve iş emirleri, BIM uygulama planı temel alınarak oluşturulan kodlama sistemi ve BIM modelindeki akıllı nesnelere elde edilen verilerden faydalanılarak oluşturulmaktadır.

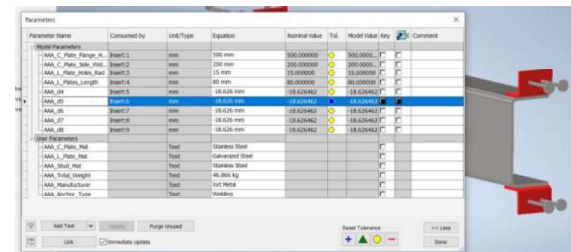
5.1. Tasarım, Modelleme ve Veri Akışı: Benzersiz Bina Elemanlarının Yönetimi

Üretime yönelik tasarlanan ve modellenen elemanların BIM sürecine dâhil edilmesi, veri yönetimi için oldukça önemlidir. Binanın LOD 350-400 seviyelerindeki dijital ikizi için üretilmek üzere modellenen ve shop-drawing aşamalarından geçmiş akıllı nesnelere kullanılmaktadır. Bu nesnelere için kullanılacak parametreler bu model kullanılarak aktarılmaktadır. Bu bağlamda incelenecek ürün Şekil 13'te gösterilen 'C yapısal ikincil çelik, cephe kirişi' elemanıdır. Veri akışı, kiriş elemanının

barındırdığı parametreler ve BIM Uygulama Planı ile ERP entegrasyonu açıklanacaktır.

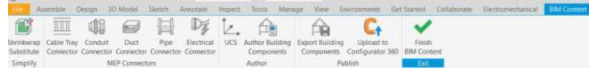


Şekil 13. Üretime Yönelik Autodesk Inventor'da Modellenen C Kirişi









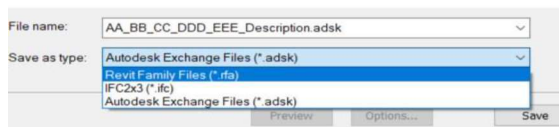
Şekil 14. Autodesk Inventor'da Kiriş Elemanına Girilen Parametreler

Şekil 14’da görülen akıllı dijital eleman, içeriğinde modelleme koşulları gereği bazı parametreler içermektedir. Bu çalışmada geometrik veri ile birlikte alfanumerik verinin akış diyagramını Şekil 12’teki biçimde uygulanmıştır. Burada görülen örnekte üretilmek üzere modellenen elemanda; uzunluk, ağırlık ve malzeme türü parametreleri gibi parametreleri BIM modelinde kullanılmak için:

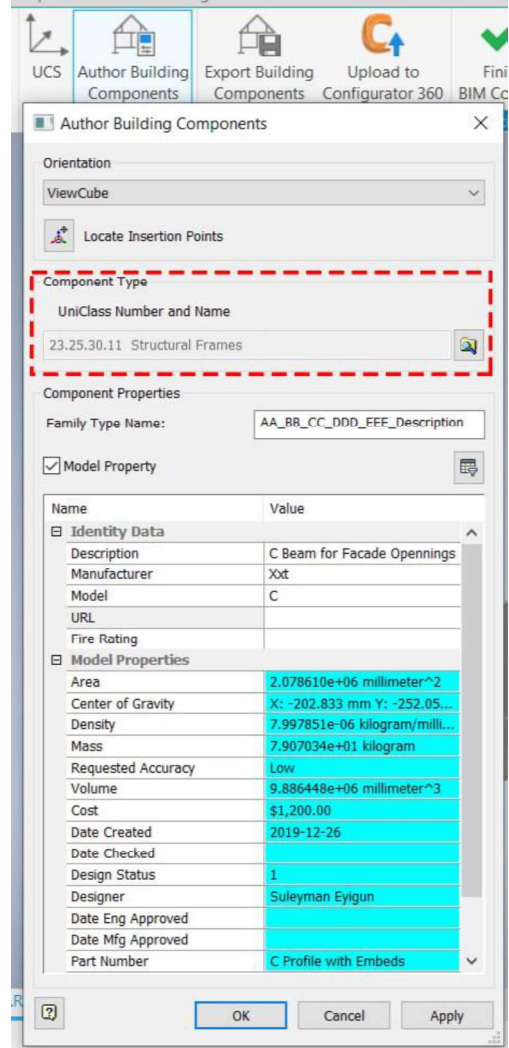


Şekil 15. Autodesk Inventor BIM Content Başlığı Altındaki Araçlar

- Elemanın modeli tamamlandıktan sonra Environments başlığı  seçilir.
- Environments başlığı altında bulunan ‘BIM Content’  alt başlığı (Şekil 15) ile BIM ortamına alınacak elemanın ön hazırlığı yapılır. Shrinkwrap Substitute’  aracı ile modelin istenmeyen seviyedeki geometrik detay seviyesi düşürülür. Bu sayede BIM modelinin dosya boyutu istenen seviyelerde kalması sağlanır.
- ‘Author Building Components’ komutuyla  bina modeline aktarılmadan aktarılacak verileri barındıran parametreler görülmektedir. Bu alanda görülmekte olan parametreler değer içeren parametreler olup gerekli görülen diğer parametreler ‘Model Property Filter’  aracı ile eklenebilmektedir. Şekil 17’de görülmekte olan Author Building Components penceresinde bileşenin eleman tipi (Component Type) OmniClass standardında numaralandırma sistemine uygun olarak seçilir.
- Bütün işlemler sonunda ‘Export Building Components’ aracıyla  BIM modeli export sayfasına ulaşılır. Bu alanda IFC2x3(.ifc), Revit Family Files(.rfa) ve Autodesk Exchange Files(.adsk) formatlarında aktarım sağlanabilmektedir. (Şekil 1)



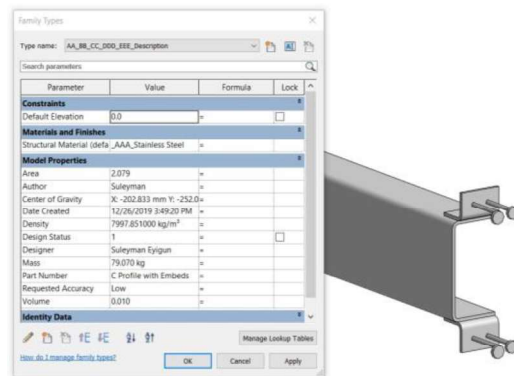
Şekil 16. Inventor Modelinin Dışa Aktarım Dosya Türleri



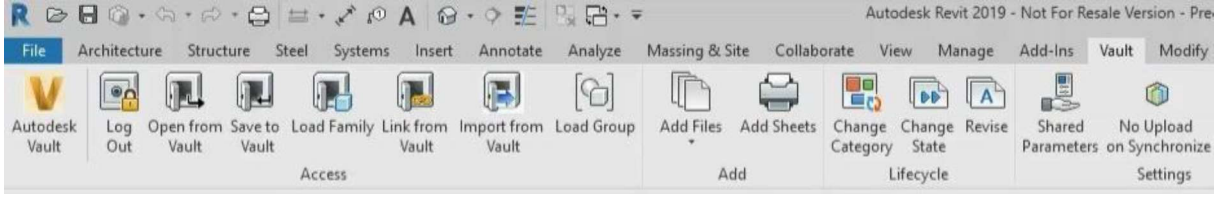
Şekil 17. Autodesk Inventor ‘Author Building Components’ Diyalog Ekranı

5.2. Üretim Modelinin BIM Süreci

IFC uzantılı dosya, BIM modeline aktarılabilir şekilde düzenlenip modele eklendiğinde Şekil 18’de görülen diyalog ekranında aktarılan numerik/alfanumerik veriler görülmektedir.



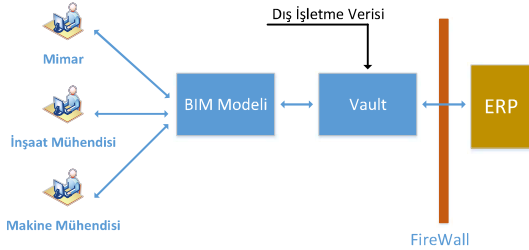
Şekil 18. Autodesk Revit Family Types Parametre Diyalog Ekranı



Şekil 19. Autodesk Revit ile Vault Bağlantısı

Inventor modelinin barındırdığı veri tekil olarak elemanın kendi özelliklerini aktarmada kullanılmasında herhangi kayıp yaşanmamıştır. Elemanın BIM modeline entegrasyonu durumunda; Project Parameters, Shared Parameters gibi eklenmesi gereken dış parametreler de bulunmaktadır. BIM modeline aktarılan eleman yapı ile ilişki kurma durumunda onun gerektirdiği bilgileri içermesi istenmektedir. Lokasyon için koordinat bilgisi (Shared Coordinates), kat bilgisi(Level) blok bilgisi(zone) sistem bilgisi(steel structure system) gibi dış parametreleri girilerek tekil olarak modellenen akıllı nesne bir BIM nesnesine dönüşmüş olur. Üretimden başlayan ve bina modeline eklenmesiyle devam eden akıllı nesne, sürecin devamında da kullanılmak üzere BEP çerçevesinde dönüşümüne devam edecektir.

Şekil 19’da görülen Vault, şirket dışı ve içi üretime yönelik daha iyi bir alt haberleşmeyi ve dış tasarım iş birliğini desteklemek için, mühendislik, tasarım verilerinin, imalat, tedarikçiler ve harici danışmanlarla eş zamanlama yapılması veri yönetimi ürün ailesi sayısal tasarım verilerini izlemeyi ve yönetilmesini sağlar. (Şekil 20)



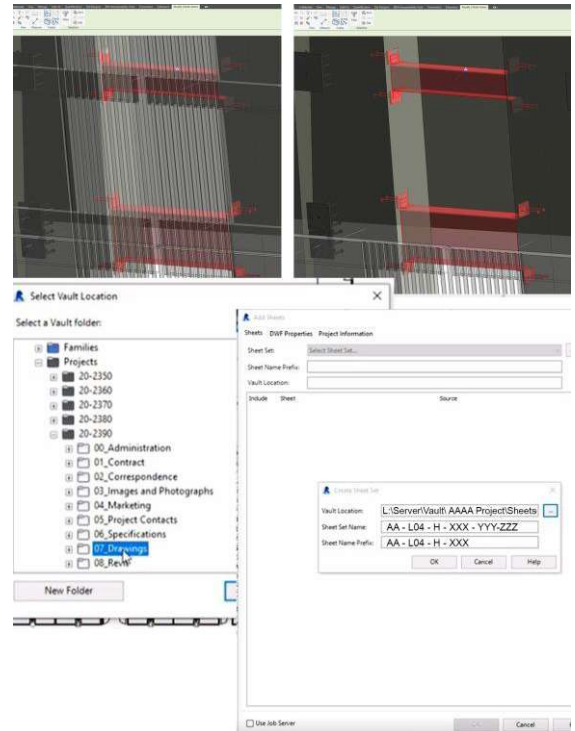
Şekil 20. BIM Modelinin Vault İle Çalışma İş Akışı

BIM Modelindeki bilgilerin kopyalanması ve verilerin tekrar kullanılabilir olması önem taşımaktadır. Dijital olarak üretilen bina modeli, BIM modeli ile doğrudan çalışmayan kurum içi birimler için bir engel teşkil etmektedir. Yoğun bir bilgi havuzu olan BIM Modelinde doğru veriyi doğru birim ile paylaşıp gerektiğinde şirket dışındaki proje ekipleriyle de iletişim halinde olunması gerekmektedir.

Yapı üzerinde çalışan departman sayısı artıp bununla birlikte kurum dışına aktarılan bilgiyi de takip edilmesi, tasarlanan ürün için revizyon olması durumunda aynı şeylerin tekrar edilmesi ve

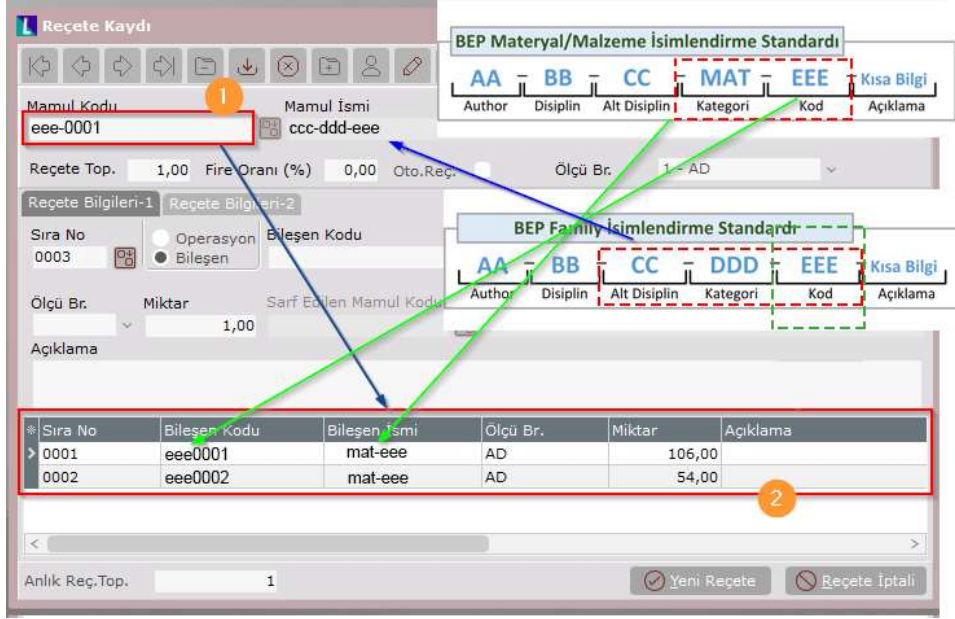
süreçlerin tekrar yaşanması işletmeler için iş kayıplarına sebep olmaktadır. Bu nedenle verinin güncelleştirilebilir olması, tekrar kullanılması için sürdürülebilir bir çift yönlü veri akışı oluşturulmalıdır.

Şekil 21’de görülmekte olan BIM modelinde, üretim için oluşturulan akıllı nesnenin yapı üzerinde konumlanması görülmektedir. Cephede bulunan betonarme boşluğuna karşılık gelen perfore panellerin statik olarak yapıya bağlanması için bu noktalarda panelin bağlanacağı yüzeyi oluşturan ‘C Kiriş’ler tasarlanmıştır. Bu kirişler, yapının özgün yapısı sebebiyle daralan boşluğa uyum sağlayacak şekilde benzersiz olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 21. BIM Modelinde Betonarme Cephe Boşluklarındaki Çelik Kirişlerin Vault Sistemine Entegrasyonu

BIM modeline aktarıldıktan sonra akıllı Revit Family dosyası halinde kullanılan nesne ve üretim için kullanılan Autodesk Inventor nesnesi Vault programı aracılığıyla yönetilmektedir. Vault, BIM modeli için oluşturulan Ortak Veri Ortamı (CDE) standardına uygun olarak yönetilmektedir.



Şekil 22. Öneri BEP Kodlamasının ERP Sisteminde Kullanımı

5.3 ERP Sistemine Veri Girişi

Bu aşamadan sonra Şekil 22’de görüldüğü gibi iş emrinin açılması ve reçete kayıtlarının yapılması için ERP programına veri girişi yapılmaktadır. Sahaya gidecek C kirişin üretime girmeden önce ürünün parça sayısı, bu sayıların tip çeşitleri, bu ürünlerdeki mamüllerin model parametrelerinden:

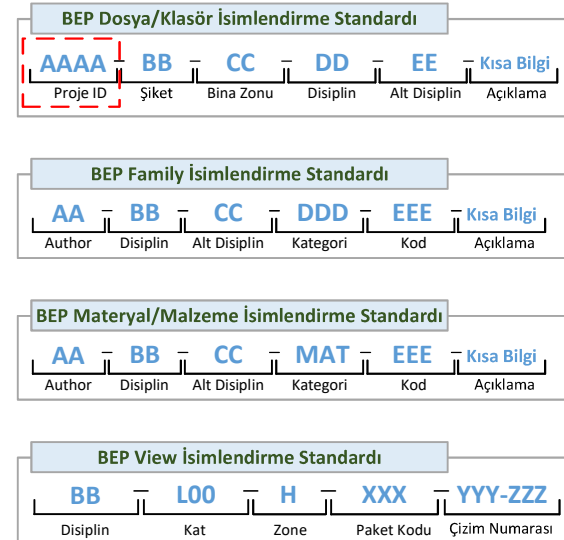
- Ağırlık
- Boyut bilgileri
- İçeriğindeki tip bileşenler
- Element ID vs. gibi bilgiler kullanılmaktadır.

Oluşturulan reçetelerde ürünün kodlaması BEP ile belirlenen standarda uygun olmalıdır. ERP’de istenen ve iş emrinin oluşturulması için gerekli bilgilerin %80 e yakın kısmı doğrudan BIM modelinde halihazırda bulunan parametrelerdir. Aynı parametrelerin farklı kodlama sistemleriyle yapılması işin saha ve üretim aşamasında karışıklıklara yol açmaktadır. Özellikle yukarıda örneklerle anlatılan benzersiz eleman tiplerinde sahada kullanılan BIM modeliyle aynı doğrultuda yapılmalıdır. (Ghosh et al., 2011)

BIM Uygulama Planı, BIM Modelinde yer alan nesnelere, materyal/malzemeler, dosyalar, klasörler, plan-kesit-görünüşlerin yanında; parametreler, metrajlar, kontrol listeleri, filtreler ve worksetlerin kodlamaları belirler. Bu kodlamaların tamamı BIM Modeli için oldukça önemliyken ERP için gerekli olmayabilir. Bu noktada ERP’nin gerek duyduğu bilgilerin belirlenmesi gereklidir.

Bu duruma örnek olarak ERP programları üretilecek veya satın alınacak ürün ile ilgili BIM modelinde

bulunan akıllı dijital nesnelere CSI ve UniClass kodlarının girilmiş olması gereklidir. Şekil 17’de işaretli alanda gösterilen UniClass kodu, tasarım veya üretim modelinin kaynak kodlarıyla sınıf tiplerini ERP sisteminde birbirlerine bağlanmasına ve ERP programı içerisinde ilişkiler kurulmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 23. BIM Uygulama Planı Kodlama Standardı

Şekil 23’de gösterilen BIM Uygulama Planı kodlama sistemi ERP programında ilgili bölümlerde kullanımı Şekil 22’de gösterilmiştir.

5.4. İmalat Organizasyonlarında Sistematikğin Kullanımı

İmalat organizasyonları; ticari işlemlerle bağlantısı, iş akışlarıyla birlikte incelenebilmesi için Şekil 24’de görülen örnek bir yönetim merkezinin güvenlik

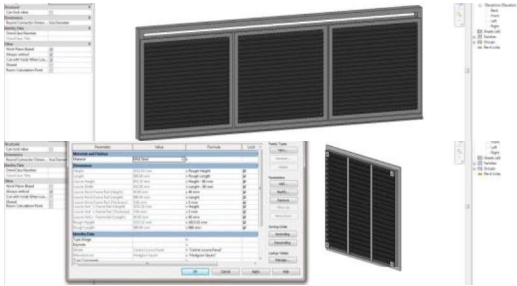
kapıları, panjur tasarımı ve restorasyonu ele alınmıştır.



Şekil 24. Yenileme Yapılacak Olan Merkez (Ma, vd., 2016)

5.4.1. İmalat-BIM İş Akışı Uygulama Süreci

Çizilen eskizlerle birlikte tasarımcılar Autodesk Revit'i kullanarak panjurlar için ayrıntılı bir tasarım gerçekleştirmiştir (Şekil 25). Bu nesne tabanlı model, daha sonra tartışılacak olan tasarımı daha iyi görebilmek için ve imalat, kurulum gibi aşamalarda dezavantajları görebilmek için uygulanmıştır. Panjur modeli yerinde model olarak birleştirilmiş ve bir çakışma testi yapılmıştır.



Şekil 25. Panjur Sisteminin Tasarım Modeli (Ma, vd., 2016)

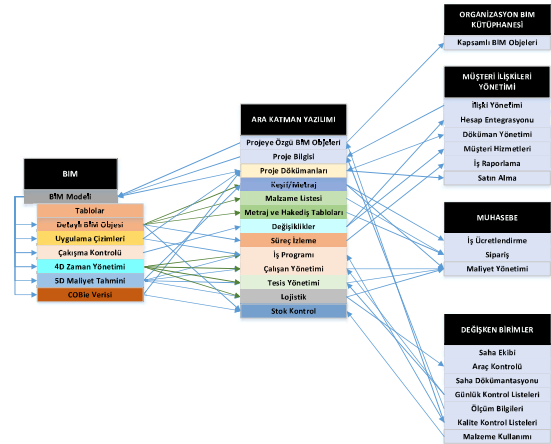
Tasarım hataları tespit edilip çözüldükten sonra BIM'den (model) kurulum yöntemlerini içeren 2D imalat çizimleri üretildikten sonra teklifler için tedarikçilere gönderilmiştir.

Uygulama Adı	Kapsam
CRM Uygulamaları	Şirketin mevcut ve gelecekteki müşterileri ve dış tedarikçilerle etkileşimini yönetir.
Muhasebe Yazılımları	Microsoft Excel'den dinamik olarak bağlanarak finansal raporları otomatikleştirir ve zamanlar.
Saha Uygulamaları	Elektronik site belgelerini aktarmak için zamandan ve evrak azaltmak için kullanımı.
BIM Uygulamaları	Revit, AutoCAD ve Navisworks
Diğer	Google Earth, Microsoft Office.

Tablo 3. Organizasyon İçindeki Geçerli Sistemler (Ma, vd., 2016)

BIM'in belirli organizasyonel işlevler (satış, finans, satın alma, vb.) için bir dizi mevcut süreç ve teknolojinin (Tablo 3) uygulanmasının ardından, parçalanma ve çoğalmaya yol açabilecek bilgi siloları oluşturma riski vardır. Aynı zamanda, çeşitli iş işlevlerini desteklemek ve etkin bir operasyon ve proje yönetimi sağlamak için BIM iş akışının dijital bilgisinden yararlanma fırsatı vardır. Böyle bir entegrasyonu elde etmek için, Tablo 2'de yer alan önceden var olan sistemlere ek olarak yeni bir sistem gerekmektedir. Yeni sistem, her bir uygulama çifti arasında gömülü arayüzler ve dönüşüm yoluyla entegrasyonun sağlandığı bir yaklaşımdan kaçınmak için gerekmektedir. Gömülü arayüzlere sahip çözümler, veri formatlarındaki değişiklikler ve kaynak ve hedef uygulamaların karmaşıklığı nedeniyle zaman içinde sürdürülmesi zordur.

Şekil 26'da, BIM de dahil olmak üzere mevcut tüm sistemler arasında -burada "ara katman yazılımı" olarak adlandırılan- yeni uygulamanın konumunu göstermektedir. Farklı sistemleri entegre etmenin yanı sıra, "ara katman yazılımı" her bilgi ve veri ögesi için tek ve güncel bir kaynağa erişim sağlamada önemli role sahiptir. PAS 1192-2013'ten (BSI, 2013) bilgi paylaşımının temel ilkeleri bu hedefi destekleyecek şekilde uyarlanmıştır.



Şekil 26. Önerilen ERP Çözümü İçerisindeki Bağımlılıklar ve Veri Akışı. (Ma, vd., 2016)

Entegre çözümün genel mimarisi Şekil 7'de gösterilmektedir. Bağlı iş fonksiyonlarını ve bunlara karşılık gelen veri ve bilgi alışverişini gösterir. BIM'in böyle bir entegrasyondaki önemli rolü, bilgilerini tüketen veya BIM çıktılarının tamamlanmasıyla tetiklenen diğer iş işlevleriyle etkileşimlerin miktarından açıkça görülmektedir. Belirli bir BIM iş akışını ve diğer iş işlevleriyle etkileşimleri gösteren bir örnek Şekil 8'de verilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

BIM genel olarak bilginin yönetimi işidir. Üretilen modele ne kadar bilgi işlenir ise o kadar yönetilebilecek bilgi elde edilir. Diğer platformlara bu bilgileri aktarmak ve kullanmak aynı doğrultuda gerçekleştirilebilir.

BIM kullanımları ve diğer kurumsal sistemlerle entegrasyon hala doğru bir sistematığe sahip olmamakla birlikte, uyulması istenen ve birlikte ele alınan bir çalışma yolu da henüz tanımlanmamıştır. Net somut faydalar (yani malzeme, zaman ve maliyetteki israfların azaltılması; RFI'lerin azaltılması) BIM iş akışlarının uygulanmasının doğrudan bir sonucu olarak gösterilmiştir. Bu avantajlar, BIM iş akışları ve teknolojileri tarafından desteklenen üretici, yüklenici, dış tedarikçiler, sözcüklerle ve saha operatörleri arasındaki erken katılım nedeniyle mümkün olmuştur. Tasarım risklerinin tespitini ve ortadan kaldırılmasını, doğru ürün ve malzemelerin tedarikini ve kurulum stratejileri ile yöntem ifadelerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada BIM'in diğer iş sistemleri ve işlevleriyle entegrasyonu için bir taslak yaklaşım önerilerek ele alındı.

İşletmelerin yapması gereken; öncelikle BIM Uygulama Planlarını binanın bütün süreçlerini kontrol edebilecek şekilde ortaya koymaktır. BIM süreçlerini doğru belirleyip süreçlerin ihtiyaçlarına yönelik modellerin oluşturulması ile ERP'nin ihtiyaç duyduğu yoğun bilgi ihtiyacına karşılık verilmiş olacaktır. BEP ile oluşturulan standardın ardından uluslararası CSI, UniClass, OmniClass, COBie gibi formatların ve kodlama standartlarının üretilen modele işlenmesi modelin; ERP'nin kullanabileceği hale getirilmesine yardımcı olacaktır. Satın alma, muhasebe vs. gib ilgili modüllerin modelden gelen verileri doğrudan kullanabilmesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışma, BIM gibi içinde yoğun veri barındıran yapının, kurumların ERP gibi diğer sistemlerine entegre edilerek kullanılması, analizler yapılması ve paylaşılması gerekliliğinden yola çıkmıştır. Entegrasyon açısından incelendiğinde iki farklı yapıyı belirli bir standarda ulaştırarak daha iyi iş akışlarının kurabilir hale getirilmesi önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

APICS. (2001) American Production and Inventory Control Society

BSI. (2018). *BSI 19650-1:2019, 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. 1–46.

Chen, Y. R., & Tserng, H. P. (2017). An integrated methodology for construction BIM & ERP by using UML tool. *ISARC 2017 - Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Isarc*, 793–798.

Ghosh, S., Negahban, S., Kwak, Y. H., & Skibniewski, M. J. (2011). Impact of sustainability on integration and interoperability between BIM and ERP - A governance framework. *Proceedings of the 1st International Technology Management Conference*,

Holzer, D., Shuichi, B. I. M., Gurumoorthy, B., Bouras, A., International, I., & Holzer, D. (2016). *Fostering the Link from PLM to ERP via BIM, The AEC Industry in Transition.* 0–10.

Ma, K., Dawood, N., & Kassem, M. (2016). BIM for manufacturing: a case study demonstrating benefits and workflows and an approach for Enterprise Application Integration (EAI). *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, Ocak.

NBS. (2019). *Common Data Environments | NBS.* <https://www.thenbs.com/knowledge/common-data-environments>

Ofluoğlu, S. (2014). Yapı Bilgi Modelleme : Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. *Mimarist, January 2014*, 5.

Rapor, E. R. P. K. (2015). *İnşaat Sektöründe ERP Kullanımı.*

Santos, E. T. (2009). BIM and ERP: Finding similarities on two distinct concepts. *5th CIB W102 Conference: Deconstructing Babel: Sharing Global Construction Knowledge*, Haziran 11.

YAPI BİLGİ MODELİ İLE YÜRÜTÜLEN PROJELERDE DEĞİŞİKLİKLERİN YÖNETİMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

Tanem KÖTEŞLİ AYDIN (ORCID: 0000-0003-3169-3260)*1, İlkey KOMAN(ORCID: 0000-0002-2195-3594)2

1*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

2. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü

e-posta:tanemmm@gmail.com ; ilkay.koman@msgsu.edu.tr

ÖZET

Günümüz koşullarında artan teknolojik olanaklar ile var olan bilginin kişiler, gruplar ve disiplinler arası etkin yönetimi, doğrudan proje süreçlerindeki iş birliği ve koordinasyonu etkilemektedir. Bu doğrultuda dünyada ve ülkemizde farklı yapı bilgi modeli sistemleri geliştirilmekte ve yazılımlar çeşitlendirilmektedir. Tasarım aşamasından yapım ve kullanım aşamalarına kadarki süreçte elde edilen ve kullanılan bilgilerin kayıt altına alınmasını da sağlayan bu sistemler sektör açısından oldukça verimli koordinasyon araçları olarak değerlendirilmektedir.

Yapı bilgi modeli sistemlerine geçişte, kullanıcılara ve tüm süreçte yer alan katılımcılara yol gösterici nitelikte uygulama planları ve kılavuzlar hazırlanmaktadır. Bilgi yönetimi açısından çok önemli olan uygulama planlarının kapsamaları incelendiğinde ise, proje değişiklik talepleri ve sonrasındaki süreçleri tanımlayan kılavuzların eksiliği göze çarpmaktadır. Proje değişiklik taleplerine ilişkin bilginin, yapı bilgi modelleme süreçlerinde nasıl yönetileceği çalışmanın problem alanını oluşturmuştur. Bu kapsamda proje değişiklik süreçlerinin yönetimi için bir akış şeması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi, Bilgi Yönetimi, Yapı Bilgi Modeli, Yapı Bilgi Yönetimi, Değişiklik Yönetimi.

ABSTRACT

In today's conditions, effective management of existing information between individuals, groups and disciplines, with increasing technological possibilities, directly affects cooperation and coordination in project processes. Accordingly, different building information model systems are developed and software is diversified in the world and in our country. These systems, which ensure that the

information obtained and used in the process from the design phase to the construction and subsequent use phases are also recorded in case it is required in the later processes that it is considered as highly productive tools for the sector.

Accordingly, implementation plans and guides are prepared to guide the users and participants in the whole process in transition to Building Information Model Systems. When the scope of the application plans, which are very important for information management, is examined, the deficiency of a guide defining the project change requests and the afterwards processes is noticeable. The problem area of the study was how to manage the information regarding project change requests in building information modeling processes. In this context, a flow chart is recommended for the management of project change processes.

1.GİRİŞ

Dünyada bütün endüstrilerin odağı haline gelen bilgi ve bilginin doğru yönetimi, gelişen teknolojinin olanakları ile farklı yöntemler doğrultusunda ele alınmaktadır. Çeşitlenen programlar bilgi oluşturmayı ve bilgiyi elde etmeyi kolaylaştırmış, ancak doğru ve faydalı bilgiyi tespit edip, erişmeyi zorlaştırmıştır. Kayıt altına alınabilir, paylaşılabilir ve tekrar kullanılabilir olma özellikleri ile bilginin hızla büyüyen bir kaynak olduğu ve kaynağı kullanmak isteyen kişi sayısının da her geçen gün arttığı görülmektedir. Bu durum bilginin kişiler, gruplar, disiplinler vb. topluluklar arasında yönetimini zorunlu hale getirmektedir (Ökten, 2017).

İçinde yaşadığımız dünyayı ve içindeki olayları anlamak, yorumlamak, yönetmek ve gerekli işlemleri uygulamak amacıyla belirli bir anlayış ve kavrayış içerisinde bireylere ve organizasyonlara güçlü bir bakış açısı kazandıran zihni faaliyetlerin tamamını olarak tanımlanan bilgi, uzun bir süreç

olarak kabul edilmektedir (Aktan ve Vural, 2005). Bu süreçte açık ve örtülü olmak üzere bilgi, temelde iki gruba ayrılmakta ve birbirine dönüşüm aşamaları ile ilişkilendirilmektedir (Sıvackı, 2016). Örtük halde olan bilginin açık bilgiye dönüşüm sürecini tanımlayan SECI modeli, YBM değişiklik yönetimi öneri modelinin bilgiye dayalı altyapısının oluşturulmasına büyük bir katkı sağlamıştır. Bilginin, birey, ekip, organizasyon ve organizasyonlar-arası düzeyde etkileşimini tarifleyen model, yazılı veya sözlü kayıt altına alınmamış örtülü bilginin paylaşılıp dağıtılmasını ve aynı zamanda açık halde bulunan bilginin filtrelenip, içselleştirilerek saklanmasını bir döngü olarak tariflemektedir. Modele göre, mevcut örtülü bilgi bireyden örgüte, daha sonra örgütten örgütte, daha sonra örgütten bireye ve tekrar bireyden bireye olacak şekilde aktarılmaktadır. Üretilen ve/veya ortaya çıkarılan bilginin bireysel düzeyden başlayarak organizasyonlar-arası düzeye kadar aktarımı için bir yol haritası ortaya koyan model, inşaat sektöründeki tecrübeye dayandırılmış bilginin açığa çıkması ve paylaşılması için de oldukça faydalı bir kılavuzdur. Model kapsamında bilgi ve bilginin kavramsal dönüşümünün yanı sıra bilginin oluşturulması, paylaşılması, düzenlenmesi, depolanması, kullanımı gibi aşamaların tamamı ele alınmakta ve bu bilgi yönetimi olarak tanımlanmaktadır (Nonaka vd, 2000).

İnşaat sektörünün bilgi ve bilgi yönetimine yaklaşımları incelendiğinde ise teknolojinin sunduğu olanaklara tam olarak uyum sağlayamadığı ve özellikle bilginin yönetiminde geleneksel yöntemlere başvurduğu gözlenmektedir. Bu duruma karşın, gelişen teknoloji ile gelen değişim, proje büyüklüklerini etkilemiş, katılımcı sayılarını arttırmış ve sektördeki rekabet ortamını daha da zorlaştırmıştır. Ortaya çıkan çok katılımcılı iş ortamları ise bilgilerin üretilmesi, paylaşılması, kullanılması ve saklanması aşamalarında sorunlar yaşanmasına neden olmakta ve koordinasyonu zayıflatmaktadır (Kale ve Karaman, 2011). Kişiler ve disiplinler arasındaki iş birliğini ve iletişimi doğrudan etkileyen bilgi yönetimi bu doğrultuda, ülkelerin kendi çalışma standartları, ihtiyaçları, koşulları, çalışan profilleri, çalışma kültürleri ve yönetim yaklaşımlarına göre farklılık göstermekte ve çeşitlenmektedir (Bilgin, 1997). Yönetimsel ihtiyaçların artmasına bağlı olarak, yapının tasarım ve yapım süreçlerini teknolojik bir tabanda toplayan, süreçte var olan bilginin yönetimini sağlayan ve bilgiyi koruyan yapı bilgi modelleri geliştirilmiştir. Hız, hassasiyet, kalite, süre ve maliyet gibi çok önemli parametreler doğrultusunda verimli bir bilgi yönetimi sağlayan, Yapı Bilgi Modelleme yazılımları, inşaat sektörü için büyük bir yenilik ve kolaylık olarak değerlendirilmektedir (Ökten, 2017). Yapının teknoloji tabanlı yazımlar üzerinde planlanması, tasarlanması, inşa edilmesi

ve hatta işletilmesi üzerine geliştirilen yapı bilgi modeli sistemleri, yapının fiziki olarak inşa edilmeden önce, tüm yaşam döngüsünün takip edilebilmesini sağlamaktadır (Dortek, 2018).

Yapının gerçek hayatta var edilmesinden önce sayısal ortamda oluşturan yapı bilgi modeli sistemlerine geçiş ise beraberinde birçok sorunu getirmekte ve süreç katılımcılarını zorlamaktadır. Mevcut sistemler üzerinde eski iş yapış şekillerinde çalışan katılımcıların yeni yazılımlara adaptasyonu, eğitim, maliyet, süre kaybı ve güven gibi nedenlerden etkilenmekte ve süreçler uzamaktadır. Tek bir sistem üzerinden bilginin disiplinler arası yönetimini sağlayan yazılımların tam olarak bir iş birliği ve koordinasyon sunabilmesi ise, yeni sisteme doğru geçiş ve etkin yönetimi zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda Yapı Bilgi Modellerinin kullanıcıya uygun bir dilde amaçları ile aktarılması, olanaklarının sunulması ve standartlarının tanımlanması için çeşitli ülkelerde uygulama planları hazırlanmaktadır. Ülkelerin kendi iş yapış şekilleri, yönetmelikleri ve kültürleri doğrultusunda çeşitlilik gösteren Yapı Bilgi Modeli uygulama planları, projenin başından itibaren süreçlerde izlenecek yöntemleri tariflemektedir (Akkaya, 2012).

YBM sisteminden tam olarak faydalanabilmek için, iş akışının düzenlenmesi, çalışanların görevlendirmelerinin yenilenmesi, gerekli eğitim desteğinin sağlanması gerekmektedir (Kuntay, 2017). Bu gereklilik aslında bir yönetim aracı olan YBM sisteminin kendi içinde doğru yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Projede yer alan tüm katılımcıların kendi içlerinde ve disiplinler arasındaki bilgi akışının düzenlenmesi ve iletişimi kesintiye uğratan etkenlerin ortadan kaldırılması gereklidir. Bunun yanında katılımcıların görev/yetkilerinin belirlenmesi ve bir ilişki şeması üzerinden çalışma yönteminin tanımlanması oldukça önemlidir.

Bu doğrultuda YBM sistemine geçiş ve YBM olgunluğunu değerlendirmek için farklı ülkelerde farklı değerlendirme araçları yayınlanmıştır. İlk değerlendirme aracı olarak Amerikan Ulusal YBM Standartları Kurumu (NBIMS) tarafından 2007'de "Capability Maturity Model (CMM)" oluşturulmuştur (McCuen, 2008). Modelde, kullanıcı kişi ya da kurumların YBM geçişine ve kullanımına dair olgunluk seviyeleri aşağıdaki alt başlıklar kapsamında değerlendirilmektedir. Bunlar aşağıdaki gibidir (NBIMS,2012):

1. Veri zenginliği
2. Yaşam döngüsü görünümüleri
3. Rol ve disiplinler
4. İş süreçleri
5. Değişiklik yönetimi

6. Dağıtım yöntemi
7. Anındalık/erişim
8. Grafik bilgi
9. Uzamsal yeterlilik
10. Bilgi doğruluğu
11. Birlikteçalışılabilirlik /IFC desteği

Var olan uygulama planlarının, yönetmeliklerin ve değerlendirme matrislerinin incelenmesi üzerine, proje süreçlerinde en kritik aşamalardan biri olan proje değişiklik dönemleri için hazırlanan mevcut çalışmaların çok sınırlı sayıda olduğu tespit edilmiştir. Oysa proje kapsamında bir disiplin talebi olarak ortaya çıkan her bir değişiklik başlı başına bir projedir. Nedeni ne olursa olsun daha fazla iş gücüne, zamana ve dolayısıyla da maliyete sebep olmaktadır. Tüm bu nedenleri ile değişiklik süreçlerinde bilginin çok iyi yönetilmesi gereklidir. Bu noktada YBM modelinin nasıl yönetileceği oldukça önemlidir.

Bilgi yönetiminin disiplinler arası kontrolünü ve projelerin değişiklik süreçlerini ele alan, Senaratne ve Sexton (2008) çalışması ise, iletişimde tespit edilen sorunlara çözüm önerisi getirmekte ve sektör için çok önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında proje değişiklik nedenleri incelenmiş ve dört ana grupta toplanmıştır. Bu bölümler;

1. Teknik sistem; projelerdeki pratik ve teknolojik yapılanmalara işaret etmektedir.
2. Sosyal sistem ise proje paydaşları arasındaki ilişki ağlarını tanımlamaktadır.
3. Proje içi alan projeler ile ilgili tüm etkinlikleri kapsamaktadır.
4. Proje dışı alan ise organizasyon seviyesindeki etkinlikleri temsil etmektedir.

Yapılan tespitler doğrultusunda tecrübeye dayalı öğrenmeyi ifade etmek için Nonaka ve Takeuchi'nin (1995) içselleştirme kavramı kullanılmış ve öneri bir iletişim modeli geliştirilmiştir. Tekli-çiftli öğrenme ve içselleştirme yöntemlerinin kullanıldığı modelde bilgi üretme, kullanma, paylaşma ve depolama yöntemleri açısından kişiler arasındaki farklılık, proje bilgilerinin sonraki projelerde kullanılmak üzere saklanamaması, ekipler arasında etkin bir iletişimin sağlanamaması ve sürekli tekrar eden proje sorunlarına çözüm üretilememesi nedenleri ile sorunlar yaşanmıştır. Çözüm olarak ise bilişim ve insan tabanlı bütünlük bir modelin gerekliliği vurgulanmıştır (Ökten,2016).

Yapı bilgi modeli sistemine geçişte ise yol gösterici kılavuzların eksikliği ve mevcut uygulama planlarının tam olarak kullanılamaması, yönetsel ihtiyaçların daha da artmasına neden olmaktadır.

Sisteme karşı kendini hazır hissedemeyen ve tam anlamıyla ilerleyecekleri adımları şekillendiremeyen kişi ve kurumlar YBM kullanımında çekinik davranmaktadır (Ökten, 2017). Bununla birlikte net olmayan yetki /erişim sistemi düzeni, veri ve bilgi paylaşım problemleri, yazılımlar arası format farklılıkları vb. sorunlar da yönetsel sıkıntıları arttırmaktadır. Yaşanan sorunların temeli ise bilgi yönetimi ve organizasyon yönetimine dayandırılmakta ve iş birliği sağlayacak yeni yönetim modelleri ihtiyaçları artmaktadır (Atabay ve Öztürk, 2019).

Proje süreçlerinde gelişebilecek değişiklik taleplerinin Yapı Bilgi Modeli yazılımları üzerinden en verimli şekilde yönetilmesi ve proje aşamalarına adapte edilmesi için bir ihtiyaç olarak belirlenen yönetim modeli, çalışma kapsamında ele alınmıştır. Senaratne ve Sexton (2008) modelinde yer alan Tekli-çiftli öğrenme ve içselleştirme yöntemleri öneri model çalışmasında da temel kabul edilmiştir. Doğru bilgi akışı, etkin iletişim, tanımlı görevlendirme, sınırlandırılmış yetkilendirme ve erişim hakları çerçevesinde geliştirilen model ile bilginin yönetimi için gerekli bir yönetim modeli oluşturulması hedeflenmiştir. Aynı zamanda çalışmanın bilimsel literatüre katkı sağlaması, sektörde bir yenilik olan YBM'nin¹ genel özelliklerinin ve faydalarının, ilgili akademisyenler ve profesyoneller için daha anlaşılabilir bir hale getirilmesine yardımcı olması amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Yapı sektöründe teknoloji tabanlı bir bilgi yönetim aracı olan YBM sisteminin tüm yönleri ile ele alınmasının, mevcut uygulamaların değerlendirilmesinin ve yaşanan sorunların tespit edilmesinin amaçlandığı çalışmada YBM sistemi proje değişiklik süreçleri kapsamında detaylandırılmıştır. Yapılan araştırmalar ve örnek uygulama incelemeleri sonrasında değişiklik süreçlerindeki bilginin yönetiminde yaşanan problemler belirlenmiş ve YBM sistemi kapsamında değişiklik süreçlerinin yönetimi için bir model gereksinimi ortaya konmuştur.

Bu doğrultuda YBM sistemi kapsamında yapılan çalışmada, verileri metin temelinde ve nedenlere göre inceleyen nitel ve daha çok sayısal verilerle ve ölçümlerle desteklenen nicel araştırma yöntemlerinin beraber kullanıldığı karma araştırma yöntemi kullanılmıştır (Creswell, 2014). Çalışmada ilk olarak nitel araştırma yapılarak konuya ilişkin geniş kapsamda bilgi edinilmiştir.

¹ Yapı Bilgi Modeli (BIM) kavramı için çalışmada YBM kısaltması kullanılmıştır.

Öncelikli olarak çalışma temelini oluşturan; “Bilgi Yönetimi” ve “Yapı Bilgi Modeli” kavramları incelenmiş ve konu ile ilgili kaynaklar kayıt altına alınmıştır. Elde edilen bilgiler özgün şekline bağlı kalınarak paylaşılmış ve ifadelerden alıntı yapılarak sunulmuştur. Betimsel araştırma yöntemi ile desteklenerek mevcut sorunlar, standartlar doğrultusunda değerlendirilmiş, olaylar arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

YBM sistemindeki problem tespitinden sonra çözüm olarak öneri bir model geliştirilmiştir. Büyük bir iş birliği ve koordinasyon gerektiren değişiklik süreçlerinde mevcut yapı bilgi modeli uygulama planlarının yanında kullanılması gerekli görülen değişiklik yönetim modeli iş akışı, bilgi paylaşımı, görev dağılımı ve yetki erişim sistemleri üzerinden şekillendirilmiştir.

Nitel araştırma sonrasında belirlenen ihtiyaca çözüm olarak sunulan öneri yönetim modeli ölçmeye dayalı nicel araştırma yöntemlerinden faydalanılarak değerlendirilmiştir. Tespit edilen sorunlar üzerine geliştirilen öneri model örnek bir modele uygulanmış ve belirli değişkenler açısından oluşturduğu etkiler araştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda modelin kullanılması ve kullanılmaması durumundaki etkiler iş akışı, iş gücü, maliyet ve süre kavramları doğrultusunda değerlendirilmiştir.

3. PROJE DEĞİŞİKLİK SÜREÇLERİNDE YBM YÖNETİMİ

Son dönem inşaat sektöründe proje katılımcıları bilgi yönetimi için bir standart düzen oluşturmak istemekte ve iş birliği ortamı kurgulanması için teknoloji tabanlı programları tercih etmektedir. Çeşitli yazılım firmalarınca geliştirilen yapı bilgi modeli sistemleri, sektörde hızla yaygınlaşmaya başlamış ve birçok proje katılımcısı sisteme adaptasyon sürecine girmiştir. Ancak yeni koordinasyon aracı olarak kullanılan teknoloji ve uygulamaların çok sayıda olması ve beraberinde gelen çeşitlilik kullanıcılar arasındaki iletişimi ve iş birliğinde sorunlara neden olmaktadır.

YBM sistemine geçişte yaşanan yazılım çeşitliliği, eğitim gerekliliği ve maliyet gibi adaptasyon sorunlarının yanı sıra sistemin uygulamaya alınması ve kullanılması süreçlerinde de karşılaşılan birçok problem olduğu görülmüştür. Bir proje yönetim aracı olarak tüm disiplinler arasındaki koordinasyonu sağlamakla görevlendirilen YBM sistemlerinde özellikle yönetimsel, organizasyonel ve teknolojik bazı problemler olduğu tespit edilmiştir. Mevcut YBM yönetimine ilişkin belirlenen sorunlar aşağıda özetlenmiştir (Atabay ve Öztürk, 2019):

- Model üzerindeki farklı disiplinlerin revizyon girişleri
- Revizyonları yönetecek bir gücün ve yönetim şemasının olmaması
- Bütün disiplinlerce güncel ve son kararları yansıtan bir modelin oluşturulamaması
- Görev dağılımdaki eksikler
- Net olmayan yetki /erişim sistemi düzeni
- Mail ortamı veya telefonla takibin devam etmesi
- İşveren, tasarımcılar ve uygulama firmaları arasındaki BIM altyapısı farklılıkları
- YBM protokolünün olmaması veya tam olarak anlaşılabilmesi
- Uygulama planı üzerinden ilerlenememesi
- Veri ve bilgi paylaşım problemleri
- Yazılımlar arası format farklılıkları

Yaşanan sorunlar iki ana başlık altına toplandığında ise YBM kullanımında organizasyon yönetimi ve bilgi yönetiminde problem olduğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle proje süreçlerinde koordinasyona en çok ihtiyaç duyulan proje değişiklik dönemlerinde YBM kullanımında daha büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Çünkü çok sayıda katılımcı arasında iletişimin ve iş birliğinin en yüksek seviyede olması gereken değişiklik dönemlerinde etkin bir bilgi yönetimi ve YBM sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar YBM için hazırlanan uygulama planlarının değişiklik süreçlerini detaylı ele almadığını göstermektedir. Bu durumda süreç içerisindeki iş adımları ve görevlendirmelerin organizasyonların inisiyatiflerine bırakıldığı tespit edilmiştir. Bu durum değişiklik talebi ile karışıklaşan iş düzenini daha da zorlaştırmaktadır. Teoride ve pratikte YBM sisteminin değişiklik süreçlerinin yönetimine dair bir çözümün bulunamaması, proje işleyişinde ve sonuçlarında süre, maliyet ve iş gücü gibi çok önemli parametreleri etkilemektedir. Bununla birlikte, mevcut iş programında çalışmaya devam eden kişi ve/veya disiplinlerin gelişen değişiklik ile ilave mesai harcamasının, işlerin durdurulmasını veya beklentilerini takip etmesinin moral ve verimlilik anlamında olumsuz etkileri büyüktür. Bu doğrultuda başarılı bir şekilde yönetilmesi zorunluluk haline gelen YBM sistemi için, disiplinler arası koordinasyonda kolaylık sunacak bir değişiklik yönetim modelinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. İş akışını ve organizasyonel yönetimi doğrudan etkileyen değişiklik talepleri üzerinde geliştirilecek bir model ile, koordinasyon ve iş birliğinin artırılması hedeflenmelidir. Bunun yanında katılımcıların görev/yetkilerinin belirlenmesi ve bir ilişki şeması üzerinden çalışma yönteminin tanımlanması oldukça önemlidir.

Proje iletişimini problemsiz bir şekilde sağlamak için gerekli bilgi yönetimi için ise öncelikli olarak iletişim modellerinin net bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Organizasyon ve proje standartları, sorumlulukları, yetki ve erişim hakları YBM sistemine geçişin en başında belirlenmelidir. Bunun için uygulama planlarının önerdiği yetki ve erişim hakları, kişi /disiplinlerin görev ve sorumlulukları ise değişiklik süreçlerinin yönetimi kapsamında yeniden ele alınmalıdır.

Yapılan tüm araştırmalar ve belirlenen gereksinimler doğrultusunda çalışma kapsamında bir proje yönetim aracı olarak kullanılan YBM sistemlerinin doğru yönetilmesi için, uygun organizasyon şeması ve bilgi yönetimini içeren bir model önerilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için mevcut uygulama planları içeriğinde yer alan yönetim şemaları da incelenmiştir.

4. PROJE DEĞİŞİKLİK SÜREÇLERİNDE YBM YÖNETİMİ İÇİN ÖNERİ MODEL

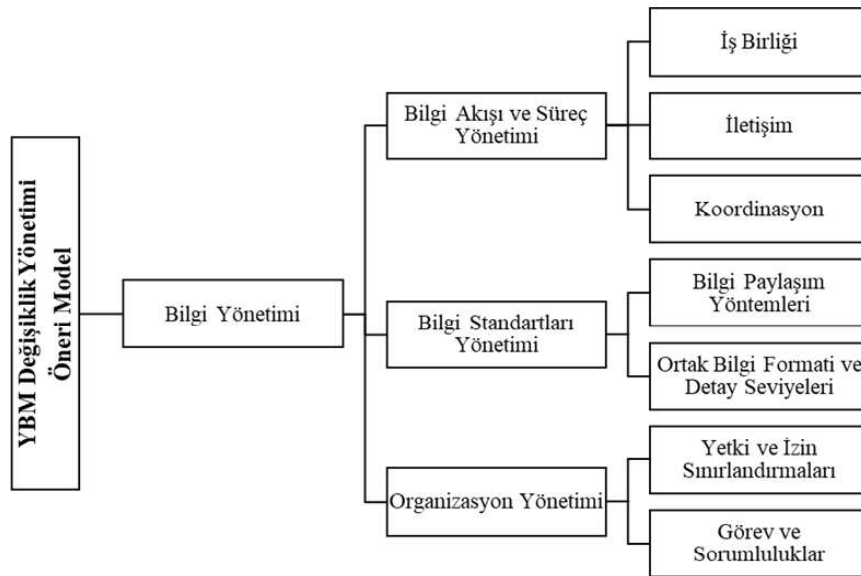
Mevcut değişiklik yönetimi yöntemlerine bakıldığında sürecin, değişiklik talebinin onay öncesi, onay süreci boyunca ve onay sonrası olmak üzere 3 aşamada ele alındığı görülmektedir. Genel değişiklik yönetimi akışına göre belirlenen bu aşamalarda yapılması gereken işler çok net tanımlanmadığı için, süreç adımlarını takip ederek değişikliği yönetmek, bilgi akışını tam anlamıyla sağlamak ve koordinasyonu güçlü tutmak her zaman mümkün olamamaktadır. Çünkü proje ölçeği, katılımcı sayısı ve proje detayları arttıkça, bilginin kişiler ve disiplinler arasındaki aktarımı zorlaşmaktadır.

Örneğin değişikliğe yönelik ortaya konan bir çözümün tüm etkilenen disiplinlerce uygunluğunun kontrol edilmesi ve onaylarının alınması çok önemlidir. Bu tip süreçlerde geleneksel yöntemlerle ilerlenerek organize edilen toplantılarla iş birliği sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak belirli bir sistemin kurgulanması ve teknolojik yazılımlarla desteklenmesi sürecin daha doğru yönetilmesi için bir gerekliliktir. Ayrıca süreçte yer alan katılımcıların hangi aşamada hangi görev ile yer alması gerektiğinin de çok iyi belirlenmesi gerekmekte ve bir düzen sunan model ihtiyacı doğmaktadır.

Bu doğrultuda öncelikli başarılı bir değişiklik yönetimi için anahtar olarak belirlenen aşağıdaki sorular projelerin YBM uygulama planlarına geçiş süreçlerine paralel olarak cevaplanmalıdır. Cevapları alınan bu sorular değişiklik yönetiminin şekillendirilmesi için oldukça önemlidir.

- YBM sürecinde ne tür bir yazılım ve format kullanılmaktadır?
- Değişiklik talebi projenin hangi aşamasında gelmektedir?
- Değişiklik süreçlerinde yer alan kişi /disiplinlerin rol ve sorumlulukları nelerdir?
- Değişiklik süreçlerinde yer alan kişi /disiplinlerin yetki ve erişim hakları nelerdir?
- İlgili kişi/ekip ve /disiplinler arasında bilgi akışı nasıl olmalıdır?
- Değişiklik takibi yürütme kontrol planı nedir?

Soruların cevaplarına ilişkin bir model kurgusu oluşturulduğunda ise modelin 3 ana başlık altında toplandığı görülmektedir. Şekil 1'de sunulan öneri model, bilgi yönetimi temelinde, bilgi akışı ve süreç yönetimi, bilgi standartları yönetimi ve organizasyon yönetimi olarak başlıklandırılmıştır.



Şekil 1. Değişiklik Yönetimi Kuramsal Modeli

Bilgi akışı ve süreç yönetimi bölümünde, bir projede koordinasyon aracı olarak kullanılan YBM'nin, değişiklik yönetimi sürecindeki yeri ve önemi üzerinde durulmaktadır. Doğru bir değişiklik yönetimindeki iletişimin esasları ve iş akışının nasıl olması gerektiği, önerilen anahtar şema ile açıklanmaktadır. Koordinasyon takibinin yapılması için yardımcı ek dokümanlar oluşturulmaktadır.

Bilgi standartları yönetimi bölümünde, literatür araştırmasına dayandırılan ve değişiklik yönetimi kapsamında planlanan bilgi paylaşım yöntemleri ve paylaşılan bilginin ortak bir dil yaratılması için gerekli format, standartlar ve detay seviyesi üzerinde durulmaktadır.

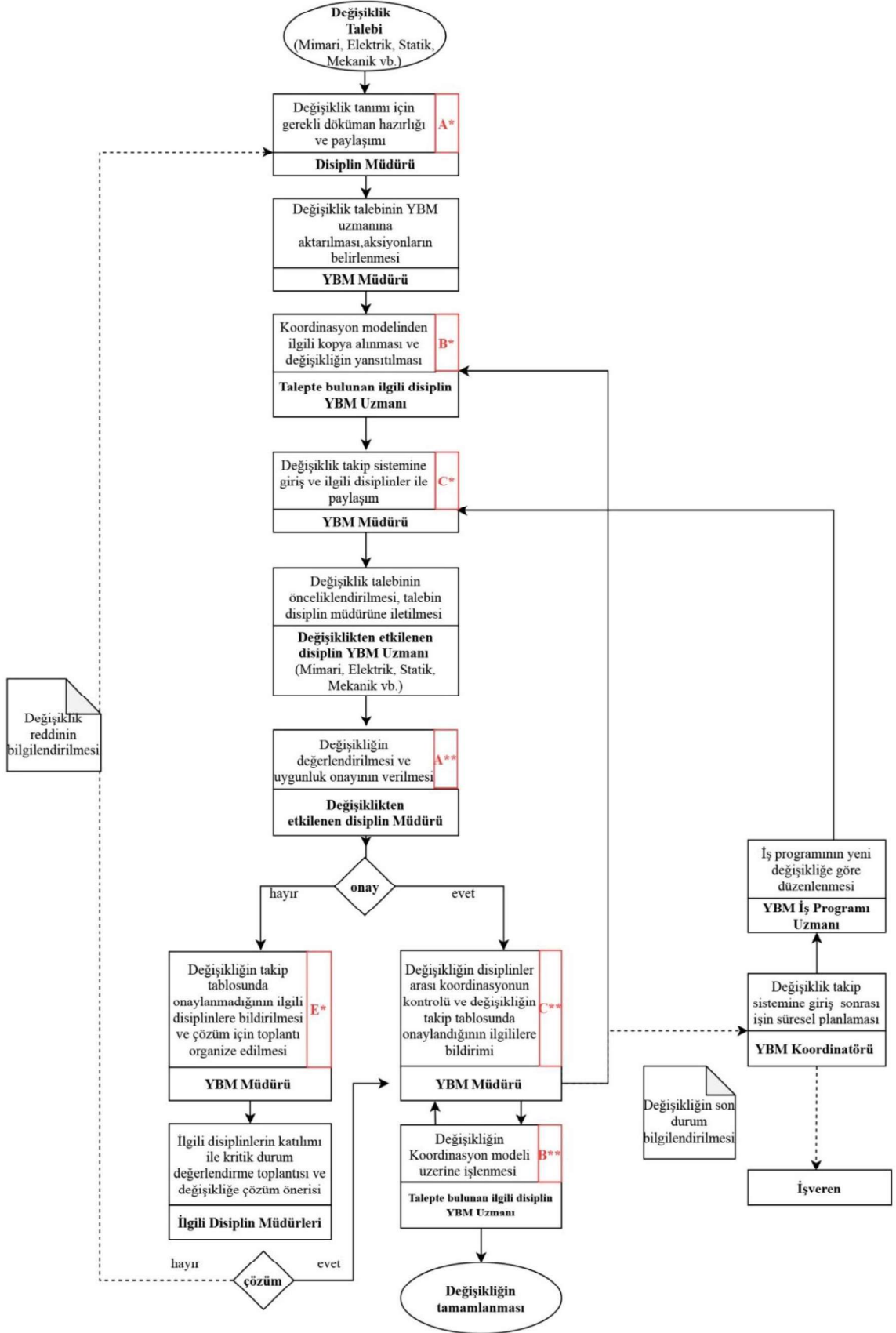
Modelin organizasyon yönetimi bölümünde mevcut YBM uygulama planlarında tariflenen görev ve sorumluluklar değişiklik yönetimi kapsamında ele alınmaktadır. Ayrıca özellikle değişiklik süreçlerindeki YBM ekiplerinin yetki ve izin sınırlandırmaları üzerine çalışılmaktadır.

4.1. Bilgi Akışı ve Süreç Yönetimi

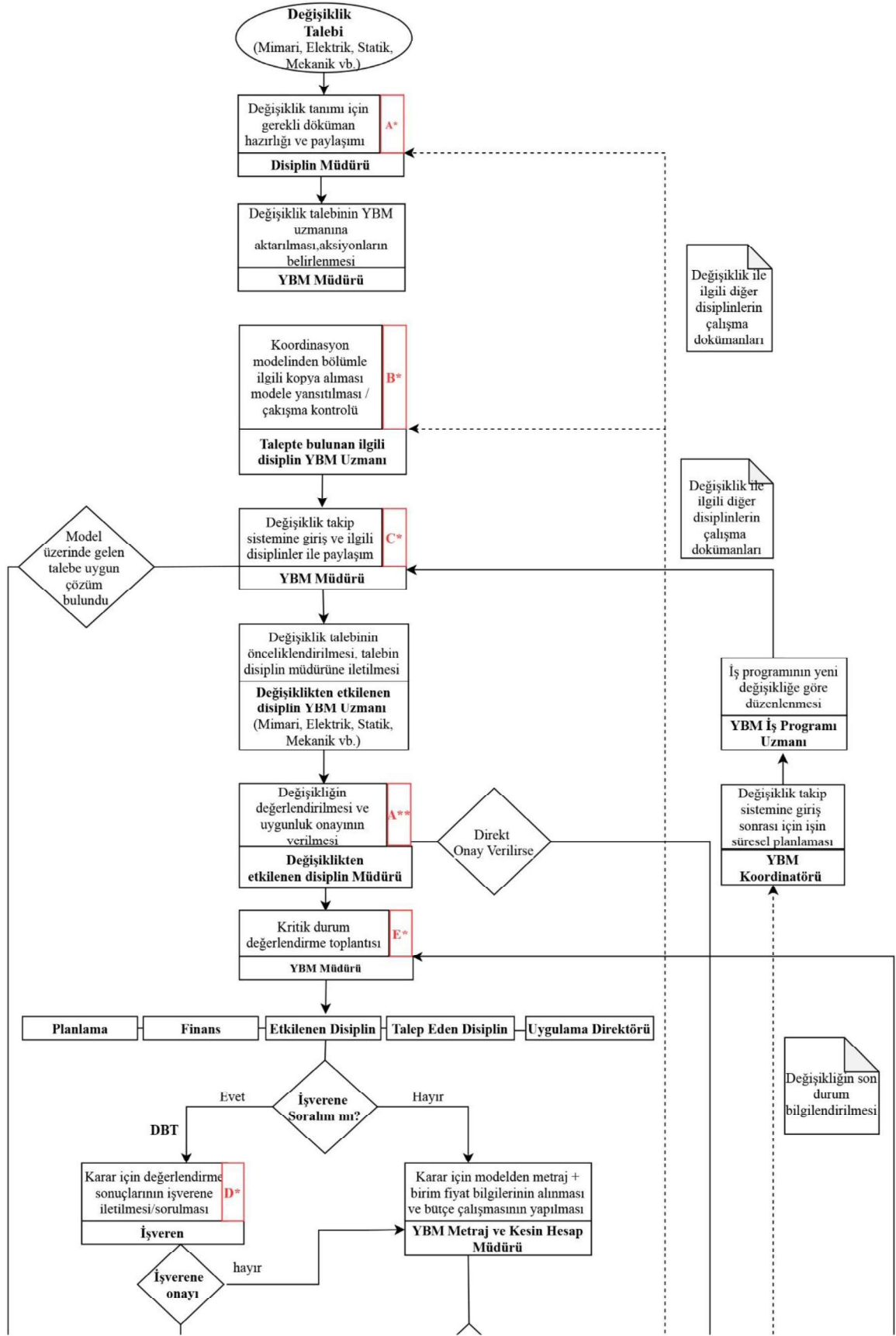
Değişiklik yönetim sürecindeki bilgi akışını ve doğrudan aksiyonları tanımlamasının amaçlandığı ilk bölümdür. Değişiklik yönetim sürecinin başlatılması ve aktivite akışı için ise en başta

değişikliğin YBM sistemi üzerindeki hangi aşamada gerçekleştiğinin tespit edilmesi gerekir. Tasarım aşamasında gelişen bir değişik yönetimi ile uygulama aşamasında gelen bir değişiklik talebinin süreç yönetimindeki adımlar ve katılımcılar aynı değildir. Uygulama aşamasındaki değişiklik yönetim süreci iş akış şeması tasarım aşamasındakine göre daha karmaşıktır. Çünkü uygulama aşamasında talep edilen bir değişikliğin zaman, iş gücü ve maliyet anlamında kayıpları olabilmektedir. Bu durumun iyi analiz edilmesi ve gerekli yönetim kademelerinden alınacak izinler ile yürütülmesi gerekmektedir. Bu iş akış şemasında da büyük sorumluluk YBM müdüründedir. Disiplinler arası iş birliğinin ve koordinasyonun sağlanması için büyük bir özen göstermelidir. Özellikle değişiklikten etkilenen disiplin ve /veya disiplinlerin doğru ve eksiksiz tespit edilmesi yönetim sürecinin kalitesinin ve hızını etkilemektedir.

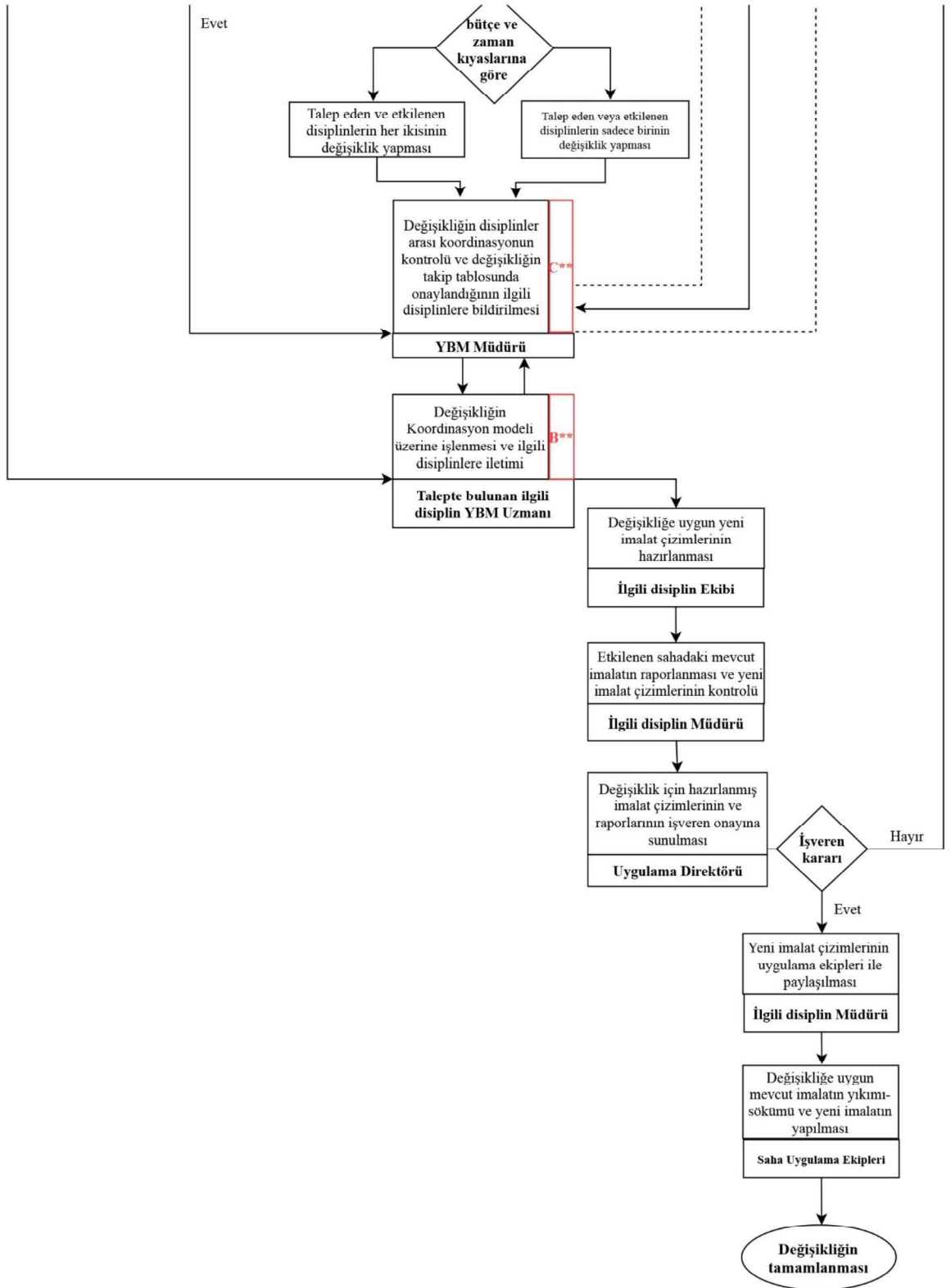
Bu doğrultuda tasarım ve uygulama aşamalarında gelen bir değişiklik talebinde kullanılmak üzere 2 iş akış modeli sunulmaktadır. Ayrıca iş akış modelleri bilgi yönetimi için oluşturulmuş standartlar ile desteklenmektedir.



Şekil 2. Tasarım Aşamasındaki Değişiklik Talebinin İş Akışı Öneri Modeli



Şekil 3. Uygulama Aşamasındaki Değişiklik Talebinin İş Akışı Öneri Modeli



Şekil 3. (Devamı) Uygulama Aşamasındaki Değişiklik Talebinin İş Akışı Öneri Modeli

Şekil 2 ve 3'te sunulan öneri iş akış modellerinde kullanılan harf ve semboller bilgi ve doküman yönetiminde tariflenen standartları işaret etmektedir. Bu doğrultuda;

- **Sembol A*:** YBM-DYM² değişiklik talep formu doldurulmalı ve YBM Müdürü ile paylaşılmalıdır.
- **Sembol A**:** YBM-DYM değişiklik onay formu, YBM müdürü tarafından tüm disiplin imzaları toplandıktan sonra kayıt altına alınmalıdır.
- **Sembol B*:** Koordinasyon modelinden bölümle ilgili kopya alınmalı, değişiklik model aktarılmalı/çakışma kontrolü yapılmalıdır. Kopya modele işlenen çakışma, YBM-DYM çakışma listeleri takip tablosuna işlenmeli ve takip edilmelidir.
- **Sembol B**:** Değişiklik ile ilgili son kararın koordinasyon modeli üzerine işlenmesi ve ilgili disiplinlere iletimi sağlanmalıdır. Kopya modele işlenen çakışma son haline getirilmeli, YBM-DYM çakışma listeleri takip tablosuna işlenmeli ve talep sonlandırılmalıdır.
- **Sembol C*:** YBM-DYM İş Takip Tablosu YBM Müdürü tarafından doldurulmalı ve değişiklik talebinde bulunan disiplin başta olmak üzere tüm ilgililer ile paylaşılmalıdır. Bu bilgiler için Bilgi Standartları Yönetimi bölümünde verilen standart şablonlar kullanılmalıdır.
- **Sembol C**:** Değişikliğin takip tablosunda onaylandığının ilgililere bildirimini YBM-DYM İş Takip Tablosu YBM Müdürü tarafından doldurulmalıdır.
- **Sembol D*:** Değerlendirme sonuçlarının işverene iletilmesi/sorulması ve karar talep edilmesi için YBM-DYM -DBT dosya formatı kullanılmalıdır.
- **Sembol E*:** Değişikliğin değerlendirilmesi ve uygunluk onayının verilmemesi durumunda YBM Müdürü tarafından çözüm için bir toplantı organize edilmeli ve toplantı bilgisi, YBM-DYM toplantı takip tablosu üzerinden ilgililer ile paylaşılmalıdır.

4.2. Bilgi Standartları Yönetimi

Öneri modelde değişiklik sürecinin daha kolay yönetilebilmesi için ortak bir dilin kurulması önemli bir faktör olarak ele alınmış ve öneri model için bazı standartlar yaratılmıştır.

² Yapı Bilgi Modeli Değişiklik Yönetimi Modeli kavramı için YBM-DYM kısaltması kullanılmıştır.

YBM uygulama planında var olan ve sisteme geçişin ilk adımlarında belirlenmesi gereken bilgi ve model detay seviyeleri, dosya ve klasör isimlendirmeleri, kullanılacak ölçü birimi, referans noktası değişiklik yönetimi kapsamında tekrar ele alınmalıdır. Çünkü kopya model üzerinde değişikliğin yansıtılması ve ilgililere paylaşılmasını hedefleyen öneri modelde, gereksiz detaylar, karışıklıklara ve zaman kayıplarına neden olabilmektedir.

Bu doğrultuda ilk olarak, öneri model kapsamında değişiklik yönetimi süreçlerindeki model veri girdi ve çıktıların, Dünya genelinde, başta Building Smart'ın ve diğer YBM üretici firmaların, kullanıcılar arası ortak bir dilin oluşturulması amacı ile oluşturduğu dosya tipi, IFC uzantılı olması gereklidir. Bununla birlikte AIA (American Institute of Architects) komitesi tarafından 5 grupta belirlenen detay seviyeleri baz alınmalı ve model LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 ve LOD 500 olarak detaylandırılmalıdır.

Ayrıca değişiklik yönetimi boyunca modeller birleştirilebilir veya aralarında bağlantı kurulabilir. Bu doğrultuda koordinasyon için referans noktası belirlenmelidir. Ayrıca YBM uygulama planında belirlenen standart ölçü biriminin değişiklik yönetimi sürecinde de kullanılıp kullanılmayacağı teyit edilmelidir. [] (Metrik veya İngiliz) ölçüm sistemini kullanılmalıdır.

YBM-DYM Dosya Adlandırma Kuralı

Değişiklik yönetim süreci boyunca kullanılan, kayıt altına alınan ve paylaşılan tüm dosyalara kolay anlaşılabilir ve takip edilebilir açıklayıcı adlandırmalar yapılmalıdır (Tablo 1).

Dosya Adı Formatı
Model türü, tarih, değişiklik talep numarası

Tablo 1. YBM-DYM Dosya Adı Formatı (Autodesk, 2014).

YBM-DYM Değişiklik Türleri

Öneri modelde oluşturulan değişiklik talebinin takibi için değişiklik türü sınıflandırılması yapılmalıdır (Tablo 2).

Değişiklik Türü	
A	Tek bir mahali ilgilendiren
B	Ortak Alanı İlgilendiren
C	Teknik Alanı İlgilendiren
D	Teras/Bahçe/Peyzajı İlgilendiren

Tablo 2. YBM-DYM Değişiklik Türleri

YBM-DYM Değişiklik Önceliği

Öneri modelde oluşturulan değişiklik talebinin takibi için değişiklikler önem ve aciliyet sırasına göre 3 grupta sınıflandırılmaktadır (Tablo 3).

Değişiklik Öncelik Türü	
1	1. derece öncelikli değişiklik
2	2. derece öncelikli değişiklik
3	3. derece öncelikli değişiklik

Tablo 3. YBM-DYM Değişiklik Öncelik Türleri

YBM-DYM Değişiklik Bilgi Talebi- DBT

Öneri modelde değişiklik kapsamında gelişen sorular için değişiklik bilgi talebi (DBT) geliştirilmiştir. Değişiklik yönetimi takip tablosunda numaralandırılarak takibinin yapılması hedeflenmektedir (Tablo 4).

DBT Dosya Adı Formatı

DBT, tire, Talep eden, tire, tarih, değişiklik talep numarası

Tablo 4. YBM-DYM DBT Dosya Formatı.

YBM-DYM Değişiklik İş Takip Sistemi

Öneri modelde değişiklik talebi ve yönetim süreci ile ilgili tüm bilgilerin Excel formatlı bir tablo üzerinde toplanması amaçlanmıştır. Tablo 5'teki gibi değişiklik talepleri sistemde yaratılır ve orada takip edilir. Bu görev YBM müdürüne aittir. YBM organizasyonundaki diğer katılımcılar ve ilgili disiplinler tabloyu takip etme ve izleme yetkilerine sahiptir.

Değişikliğin onay sürecinde ise ilave olarak bir onay formu oluşturulmuştur. Onay formunda ilgili kişilerin imzaları alındıktan sonra iş takip tablosuna girişi yapılmalıdır.

YBM Değişiklik Yönetimi															
İş Takip Tablosu															
No	Talep Tarihi	Değişiklik Türü	Değişiklik Önceliği	Değişiklik Talep eden Disiplin	İlgili değişiklik Dokümanları adı /Format	Açıklama	İlgili Toplantı Notu	İlgili Diğer Disiplin	İlgili Diğer Disiplin / Disiplinlerin Bilgilendirilme Durumu	Metraj ve Bütçe Keşfi Durumu	Değişiklik Onayı	Model Değişiklik Durumu	Sahadaki Uygulama Durumu	Değişiklik Tamamlama Tarihi	Değişiklik Takip Sorumlusu
Örn.	XX.XX.XX	A	2	Mekanik	4 ad. .rvt 2 ad. .dwg	Metraj listeleri bekleniyor		Mimari	Bilgi verildi	Hazır	Hazır	Bekleme	Bekleme	XX.XX.XX	Y. Ahmet
Örn.	XX.XX.XX	C	1	Statik	5 ad. .rvt	-		Mimari ve Mekanik	Bilgi verildi	Yetersiz	Bekleme	Bekleme	Bekleme	XX.XX.XX	C. Keskin.

Tablo 5. YBM-DYM İş Takip Tablosu

4.3. Organizasyon Yönetimi

Önerilen YBM değişiklik yönetimi modelinde yer alması gerekli görülen katılımcılar YBM

koordinatörü, YBM müdürü, YBM uzmanı, YBM operatörü olarak belirlenmiştir. Belirlenen kadroya, YBM sisteminde metraj listeleriyle tedarik ve malzeme yönetimini takip eden ve YBM

koordinatörüne direkt bağlı YBM Metraj / Kesin Hesap Müdürü/Uzmanı ve YBM İş Programı Müdürü / Uzmanı ilave edilmiştir.

Organizasyonda yer alan katılımcıların değişiklik yönetim süreçlerinde görev ve sorumluluklarının net olarak ortaya konması için ise öncelikle yönetsel açıdan bir görev dağılımı yapılmıştır.

Tablo 6 ve 7'den de anlaşılacağı gibi, planlama ve yönetim seviyesindeki iş kalemlerinden büyük oranda YBM Koordinatörü ve YBM Müdürü sorumludur. Buna ilave olarak, katılımcıların koordinasyon sorumluluğu kapsamında değerlendirilmesi yapılmıştır.

YBM Değişiklik yönetimi kapsamında üretim görevinde yer alan katılımcılar da belirlenmiş, bu

aşamadaki asıl aktörlerin YBM uzmanları ve operatörler olduğu gösterilmiştir (Tablo 8).

Görev ve sorumlulukları belirli aşamalarla şekillendiren ve tablolar halinde sunulan YBM katılımcılarının yetki ve erişim sınırlandırmalarının belirlenmesi ise koordinasyon gücü açısından oldukça önemlidir. YBM organizasyonlarına tanımlanan tam yetki ve erişim hakları zaman zaman inisiyatif kullanarak model üzerinde değişiklik yapılmasına neden olmaktadır. Görev ve sorumlulukları doğru tanımlanmış organizasyonlarda bile beklenmeyen iş akışlarının oluşmaması için belirli sınırlandırılmaların sistem üzerinde de yapılması gerekmektedir. Tablo 9'da bu doğrultuda, öneri model kapsamında yetki erişim hakları tablosu oluşturulmuştur.

Stratejik -Planlama -Yönetim							
Sorumlu Kişi	Kurumsal Hedefler	Araştırma	İş Akışı Takibi	Standart Kontrolü	Uygulama Kontrolü	Bütçe Kontrolü	Eğitim
YBM Koordinatörü	E	E	E	E	H	E	E
YBM Müdürü	E	E	E	E	E	E	E
YBM Metraj ve Kesin Hesap Müdürü	E	H	H	E	H	E	E
YBM Metraj ve Keşif Uzmanı	H	H	H	E	E	E	H
YBM Uzmanı	H	H	H	E	E	H	H
YBM İş Programı Müdürü / Uzmanı	E	E	E	H	E	H	E
YBM Operatörü	H	H	H	H	H	H	H

Tablo 6. YBM-DYM Görev ve Sorumlulukları-1

Koordinasyon					
Sorumlu Kişi	Uygulama Planı Takibi	Model Denetim	Model Koordinasyonu	Değişiklik Koordinasyonu	İçerik Kontrolü
YBM Koordinatörü	E	H	H	H	H
YBM Müdürü	E	E	E	E	E
YBM Metraj ve Kesin Hesap Müdürü	E	H	H	H	H
YBM Metraj ve Keşif Uzmanı	H	E	E	E	E
YBM Uzmanı	H	H	E	E	E
YBM İş Programı Müdürü / Uzmanı	E	H	H	H	H
YBM Operatörü	H	H	H	H	H

Tablo 7. YBM-DYM Görev ve Sorumlulukları-2

Üretim		
Sorumlu Kişi	Modelleme	Üretim Çizim
YBM Koordinatörü	H	H
YBM Müdürü	H	H
YBM Metraj ve Kesin Hesap Müdürü	H	H
YBM Metraj ve Keşif Uzmanı	H	H
YBM Uzmanı	E	E
YBM İş Programı Müdürü / Uzmanı	H	H
YBM Operatörü	E	E

Tablo 8. YBM-DYM Görev ve Sorumlulukları-3

Sistem Yetki Erişim Tablosu								
Görev / Sorumlu Kişi	Model Oluşturma /Çizim	Modelden Kopya Alma	Modeli Değiştirme	Modeli İzleme	Çakışma Analizi	Maliyet Analizi	Süresel Planlama	Metraj Döküm
YBM Koordinatörü	E	E	E	E	E	E	E	E
YBM Müdürü	E	E	E	E	E	E	E	E
YBM Metraj / Kesin Hesap Müdürü	H	E	E	E	H	E	E	E
YBM Metraj ve Keşif Uzmanı	H	H	H	E	H	E	E	E
YBM İş Programı Müdürü	H	E	E	E	H	E	E	E
YBM İş prog.Uzmanı	H	H	H	E	H	H	E	E
YBM Uzmanı	E	H	H	E	E	H	H	E
YBM Operatörü	E	H	H	E	H	H	H	H

Tablo 9. YBM-DYM Yetki Erişim ve Sınırlılıklar

Öneri model kapsamında YBM değişiklik yönetimi için uygun olarak tanımlanan organizasyon şeması, görev ve sorumluluklar ve yetki /erişim hakları bölüm kapsamında ele alınmış ve tablolar halinde özetlenmiştir.

Bu doğrultuda, ortaya konan YBM-DYM öneri modelinin bir proje üzerinde uygulanması ve kullanılması durumundaki etkilerinin araştırması hedeflenmiştir. Bunun için öncelikle uygulama sürecinde izlenecek yol tanımlanmış ve uygulama süreci 8 aşamada ele alınmıştır. Bu aşamalar;

- 1- Projenin ve değişiklik talebinin tanımlanması ve gerekli bilgilerin paylaşılması
- 2- Öneri model kapsamında, bilgi yönetimi bölümünde açıklanan gerekli tabloların örnek proje kapsamında doldurulması
- 3- Öneri model kapsamında, organizasyon yönetimi bölümde tanımlanan proje paydaşlarının görev ve sorumluluklarının örnek projeye adapte edilmesi,

- 4- Öneri model kapsamında, organizasyon yönetimi bölümde tanımlanan proje paydaşlarının yetki ve erişim sınıflandırmalarının örnek projeye adapte edilmesi,
- 5- Öneri model kapsamında tanımlanan süreç yönetimi doğrultusunda değişiklik yönetiminin yapılması ve iş akışının takip edilmesi
- 6- Süreç yönetimi kapsamında, değişikliğin proje üzerindeki etkilerinin belirlenmesi.
- 7- Öneri modelin kullanılması ve kullanılmaması durumlarındaki sonuçların iş yükü, zaman ve maliyet açısından değerlendirilmesi
- 8- Değerlendirme sonuçlarının karşılaştırılması şeklindedir.

Öneri modelde tanımlanan iş akışına, standartlara ve organizasyon modellerine göre tamamlanmış bir değişiklik süreci örnek proje üzerinden ele alınmıştır. Süreçte takip edilecek yöntem, paylaşılacak bilgi formatı ve süreçte yer alan kişi/ disiplinlerin sorumlulukları öneri modelde

tariflendiği şekilde örnek projeye adapte edilmiştir. Önerilen YBM-DYM'nin uygulanması için oluşturulan örnek proje senaryosunda bir değişiklik talebi ön görülmüştür.

Öngörülen değişiklik, uygulama aşamasında mekanik disiplin tarafından belirlenen ve mimari, statik ve diğer tüm disiplinlerle koordine edilen menfez ölçülerinin değiştirilmesidir.

Güncel uygulamalarda öngörülen değişiklik talebi ve benzeri durumlarda, kişilerin, disiplinlerin ve kurumların izledikleri yöntemler de çalışma kapsamında incelenmiştir. Bilgisayar destekli tasarım yazılımları ile yeni yeni çalışmaya alışan disiplinler özellikle değişiklik süreçlerinde, birbirlerinden bağımsız çalışmalar yaparak, eş zamanlı olarak mevcut projelerin plan, kesit, görünüş gibi tasarım temsillerini yenilemeyi sürdürmektedir. Bir koordinasyon içinde hareket edilmeden ortaya konan proje belgeleri, tutarlı bir sonuç ortaya koyamamakta ve belgelerin tekrar tek tek elden geçirilmesi gerekmektedir.

Bir başka problem ise, farklı disiplinlerin dosya alışverişi sırasında, proje verisini genellikle başka bir yazılıma dönüştürme zorunluluğudur. Proje belgeleri arasından koordinasyon olmaması ve aynı belgenin farkında olmadan tekrar üretilmesi, yapım süreçlerinde ilave zaman, iş gücü ve maliyet kayıplarına neden olmaktadır (Ofloğlu, 2014)

Yapı sektörü paydaşları arasında birlikte çalışabilirlik ile ilgili yetersizlikler nedeniyle yaşanan ilave maliyetler, A.B.D Standart ve Teknolojiler Enstitüsü'nün yapmış olduğu bir araştırmada sunulmaktadır.

Paydaş Grubu	Mühendislik ve Tasarım Evresi	Yapım Evresi	Bakım ve İşletim Evresi	Eklenmiş Toplam Maliyet
Mimarlar ve Mühendisler	\$1,007.2	\$147.0	\$15.7	\$1,169.8
Genel Yükleniciler	\$485.9	\$1,265.3	\$50.4	\$1,801.6
Özel Yüklenici ve Tedarikçiler	\$442.4	\$1,762.2	---	\$2,220.6
Mal sahipleri ve İşletmeciler	\$722.8	\$898.0	\$9,027.2	\$10,648.0
Toplam (\$M)	\$2,658.3	\$4,072.4	\$9,093.3	\$15,824.0

Şekil 4. Yapı sektöründe birlikte çalışabilirlik ile ilgili yetersizliklerden kaynaklanan ilave maliyet, A.B.D Standart ve Teknolojiler Enstitüsü 2002 (Ofloğlu, 2014).

Bu gibi durumlarda özellikle, sahadaki imalatları tamamlanmış ve /veya devam eden bütün disiplinler için önemli bir durum yaratan değişiklik talebi, koordinasyon ve iş birliği ihtiyacının daha da büyük olduğu durumlardır. Örnek değişiklik talebinde doğan ihtiyaçlara yönelik ortaya konan öneri YBM-DYM'nin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda karşılaşılabilecek iş adımları ve sonuçları ise örnek proje üzerinden aşağıda açıklanmaktadır

Mevcut YBM Uygulaması ile örnek değişikliğin değerlendirilmesi	Öneri YBM-DYM Uygulaması ile örnek değişikliğin değerlendirilmesi
Mekanik disiplin değişiklik için ilgili disiplinlerden onay almadan modeli değiştirebilir.	Mekanik disiplin menfez ölçüsündeki değişiklik talebini ilgili YBM uzmanı ve YBM müdürüne iletir.
YBM müdürü model üzerinde yapılan değişikliği raporlamamış / fark etmemiş olabilir. Değişiklikten etkilenen disiplinin değişiklikten haberdar olmayabilir ve/veya etkilerini göz ardı edebilir.	Değişiklik takip sürecini başlatan YBM müdürü öneri model kapsamında tariflenen iş akış şemasına göre ilerler ve ilgili tüm disiplinler ile değişikliği paylaşır.
Değişiklikten hangi disiplinin ne ölçüde etkileneceği ve değişikliğin hangi disiplinler arasında çözülmesi gerektiği belirlenmemiş olabilir.	Değişiklikten hangi disiplinin ne ölçüde etkileneceği YBM Metraj/ Keşif Uzmanı ve YBM iş programı uzmanının da katılımı ile yapılan toplantıda belirlenir.
Değişikliğin malzeme ve fiyat analizleri ile bütçelendirilmesi sağlanamayabilir. Değişikliğin disiplinler üzerindeki net değerlendirilmesi yapılamayabilir.	Öncelikli olarak değişiklik alanı kapsamındaki malzeme döğümleri alınır ve birim fiyatlar ile bütçelendirilir. Bu çalışma her disiplin özelinde ayrı yapılır ve sonrasında sonuçlar karşılaştırılır.
Bu değişiklik uygulama aşamasına kadar fark edilmez ise saha imalatları ve satın almalar mevcut çizim ve dokümanlara göre ilerleyebilir. Mekanik ekibin saha imalatlarına eş zamanlı olarak mimari vb. diğer disiplin imalatları da tamamlanabilir.	Yapılan matematiksel analiz sonucunda hangi disiplin ve/veya disiplinlerin aksiyon almasına karar verilirse o disiplin saha imalatlarına başlar.

Tablo 10. Örnek Proje Değişikliğinin Mevcut YBM ve Öneri YBM-DYM Uygulamalarına Göre Değerlendirilmesi

Mekanik disiplin tarafından menfez ölçüsünde yapılan bir değişikliğin, mimari imalatları engellediği saha koşullarında ortaya çıkabilir.	Mekanik disiplin tarafından menfez ölçüsünde yapılan değişikliğin, mimari imalatları etkileyeceği önceden tespit edildiği için saha uygulamaları yeni imalat çizimlerine göre devam ettirilir.
Bu durumda disiplinler arası kriz ortamı oluşabilir ve acil bir çözüm arayışına girilebilir. Yapılan toplantılar sonrasında belki bir belki de birden fazla disiplinin saha imalatları sökülmesine karar verilebilir, yeni imalatlar ve satın almalar gerekebilir.	Bu durumda değişikliğin en az etki ile çözümü bulunur ve projenin zaman ve maliyet açısından karlılığı sağlanır.

Tablo 10. (Devamı) Örnek Proje Değişikliğinin Mevcut YBM ve Öneri YBM-DYM Uygulamalarına Göre Değerlendirilmesi

Tablo 10'da açıklanan süreç adımlarında görüldüğü gibi, menfez boyutlarındaki küçük olarak tanımlanan bir değişiklik, tasarımdan satın alma süreçlerine kadar pek çok alanı etkilemekte ve koordinasyon ihtiyacını arttırmaktadır.

Özellikle zaman unsurunun ön planda olduğu durumlarda hızlı aksiyon almak zorunda kalan kişi/grup ve/veya disiplinler aldıkları kararları ya da değişiklik bilgilerini sadece kendi içlerinde olacak şekilde dağıtabilmektedir. YBM sisteminin bir katkısı olan koordinasyon modeline aktarılmayan örnekteki gibi kararlar, diğer disiplinlerin bilgisi olmadan ilerleyebilmektedir. Bunun yanında değişiklik koordinasyon modeline aktarılmış dahi olsa çakışma gören uzman bunu göz ardı edebilmekte ve disiplin yönetimine bilgi vermeyi atlayabilmektedir. Kişilerin inisiyatiflerine bırakılmaması gereken önemdeki bu tip değişiklikler için ise, YBM sistemi kapsamında özellikle değişikliğin yönetilmesi için gerekli bir model olması gerekmektedir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnşaat sektöründe proje süreçlerinde yapı ile ilgili tüm bilgilerin yönetimine olanak veren yapı bilgi modellerinin kendi içindeki yönetimi oldukça önemlidir. Proje bilgilerinin yönetimi için gerekli standartların tam belirlenmemesi, bilgilerin gereksiz detay seviyelerinde oluşturulması ve paylaşılması proje organizasyonunda yer alan ilgili kişi/disiplinlerin gerekli bilgiyi edinmemesi ve/veya anlayamaması ile sonuçlanmaktadır. Bilgi paylaşım yöntemleri ile standardize edilmiş bilginin ilgililere aktarılması ve zamanın etkin kullanılması için gerekli görülen, çalışma kapsamında sunulan model ile yönetim sürecinin kişilerin inisiyatifi veya deneyimine bağlanmadan doğru bir süreç yönetimi yapılması hedeflenmektedir.

Özellikle proje süreçlerinde katılımcılara zorunlu bir iş birliği ortamına iten değişiklik talepleri ve sonrasını içeren aşamalar için, bilgi paylaşım yöntemlerinin ve süreç içinde yer alan katılımcıların organizasyon sorumluluklarının çok iyi tanımlanmış olması gerekmektedir. Çünkü

alınan her bir karar ortak çalışma alanı içinde bulunan bütün disiplinlileri doğrudan etkilemekte, süre maliyet ve iş gücü gibi önemli parametreleri değiştirmektedir. Bu durumda bilginin bütün ilgililer arasındaki paylaşımı için kullanımı kolay değişiklik süreci yönetim yöntemlerine ihtiyaç vardır. Güçlü bir koordinasyon ve iş birliği sunabilecek, değişiklik süreçlerinin tüm disiplinler ve hatta yönetim kadroları tarafından takip edilebilmesini sağlayacak bir yönetim modelinin geliştirilmesi daha başarılı iş sonuçları açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda çalışma kapsamında YBM-DYM öneri modeli belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda mevcut YBM uygulama planlarına ilave olarak ortaya konmuş ve değişiklik süreçlerinin yönetimi konusunda özelleştirilmiştir. Öneri model oluşturulurken özellikle bilgi yönetimi ve iletişim için literatür kapsamında ele alınan SECI modelinden, değişiklik yönetimindeki koordinasyon ve bilgi akışı için ise Senaratne ve Sexton'nun 2008 yılında hazırladıkları çalışmadan yararlanılmıştır. Doğru tanımlanmış bilgi yönetim standartları, organizasyon yetki ve görevleri ile değişiklik süreçlerinin yönetim kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda öneri modelin alt başlıkları doğrultusunda detaylı bir şekilde ele alınarak, örnek proje uygulamalarına adapte edilmesi ve sonuçların analiz edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda, yapı bilgi yönetim sistemlerinde uygulama süreçlerinde yaşanan sıkıntılar tespit edilmiş ve proje değişiklik süreçlerine yönelik bir çözüm aracı olarak YBM-DYM modeli önerilmiştir. Öneri modelin, örnek proje üzerinde kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlar karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Yapılan süre ve maliyet analizleri doğrultusunda değişiklik yönetimi için en doğru ve verimli kararların verilmesi sağlanmıştır. Bu doğrultuda, geleneksel değişiklik yönetim süreçlerinden ayrılan YBM sistemlerine uygun bir iş akış ve görevlendirme yapılması önerilmektedir. YBM uygulama planları kapsamında belirlenen yetki ve izin sınırlandırmalarının değişikliğin

yönetimi özelinde tekrar ele alınmalı ve özellikle YBM organizasyonlarındaki yetki, erişim değişiklikleri ile koordinasyon gücünü arttırmak hedeflenmelidir. Öneri modelin çalışma kapsamında sadece örnek bir proje değişikliği üzerinde uygulaması yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Ancak modelin gelecek dönemde mevcut uygulama planlarına ek bir ara yüz olacak şekilde saha uygulamalarına aktarılması ve sonuçların gerçek hayatta gözlemlenmesi de gerekmektedir. Bunun için öncelikle konu ile ilgili eğitimlerin verilmesi, sertifika programlarının açılması ve rehber kitapların yayınlanması gibi çalışmaların yapılması önerilmektedir. Mevcut YBM yazılımlarına entegrasyon çalışmaları yapılması ve proje değişiklik süreçlerinin yönetimini kolaylaştıracak ara yüzlerin oluşturulması hedeflenmelidir.

6. KATKI BELİRTME /TEŞEKKÜR

Bu çalışma Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Bilgisi Lisansüstü Doktora Programına kayıtlı Tanem Köteşli Aydın'ın yazdığı, Doç. Dr. İlkyay Koman danışmanı olduğu "Yapı Bilgi Modeli ile Yürütülen Projelerde Değişikliklerin Yönetimi İçin Bir Model Önerisi" başlıklı doktora tezi kapsamında üretilmiştir.

7.KAYNAKLAR

Akkaya, D., 2012. *İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, İstanbul.

Aktan, C. C. ve Vural, İ. Y., 2005. Bilgi Çağında Bilginin Yönetimi, Bilgi Çağı Bilgi Yönetimi ve Bilgi Sistemleri, *Çizgi Kitabevi*, Konya.

Atabay, Ş., Öztürk, M.B., 2019. Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama Planı Üzerine İnceleme, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 7(2), 418 – 430, 2019 e-ISSN: 1308-6693.

Autodesk. 2014. *BIM Uygulama Planı: BIM'in Uygulanması İçin Pratik Bir Sistem* http://www.sayisalgrafik.com.tr/images/yapibilgisis temi/BIM_Uygulama_Planı.doc. (E. Tarihi: 28.11.2019)

Bilgin, G., 1997. *İnşaat Sektöründe Proje Değişiklik Yönetimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim dalı, İstanbul.

Dortek, 2018. The Top 10 Benefits of Using YBM. <http://www.dortek.com>. (E. Tarihi: 17.04.2019)

Creswell, J.W., 2014. *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, 4 edition, *Canadian Center of Science and Education*, vol.12, ISSN1916-4742.

Ökten, B., 2017. *Türk İnşaat Sektöründe Küçük ve Orta Ölçekli Firmalarda Bilgi Yönetimi*, Doktora Tezi, TC. MSGSU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Kale, S. ve Karaman, E.A., 2011. Evaluating the Knowledge Management Practices of Construction Firms by Using Importance–Comparative Performance Analysis Maps, *Journal of Construction Engineering and Management*, 137 (12), 1142–1152.

Kuntay, G., 2017. *Yapı Projelerinde Uluslararası Ortaklık Oluşturmak için Nedenler ve Proje yönetimi Sürecini Etkileyen Problemler Üzerine Bir İnceleme: Ulaşım Projeleri Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

MCCUEN, L., T., 2008. Building Information Modeling and the Interactive Capability Maturity Model. Retrieved from

NBIMS,2012. National BIM Standard – United States® Version 3, Capability Maturity Model (CMM), National Institute of Building Sciences buildingSMART alliance.

Nonaka, I., Toyama, R., ve Konno, N., 2000. SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation, *Research Gate*, Doi: 10.1016/S0024-6301(99)00115-6

Ofluoğlu, S. 2014. Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. Mimarist, Erişim Yeri: <http://sayisalmimar.com/2013/12/ybm-gereksinim-ve-birlikte-calisabilirlik/> (Erişim Tarihi 14 Ocak 2017).

Senaratne, S. ve Sexton, M., 2008. Managing construction project change: a knowledge management perspective, *Construction Management and Economics*, 26 (12), 1303–1311.

Sıvackçı, U., 2016. *Bilgi Yönetim Süreci ve Etik Örgüt Kültürünün Şirket İnovasyonu Üzerine Etkileri: Ampirik bir Çalışma*, Doktora Tezi, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, İstanbul.