

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI**



**YAPI SEKTÖRÜNDE  
YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN ADAPTASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERVE ERDİK**

**BALIKESİR, ARALIK - 2018**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI**



**YAPI SEKTÖRÜNDE  
YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN ADAPTASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERVE ERDİK**

**Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Yeliz TULÜBAŞ GÖKUÇ (Tez Danışmanı)  
Prof. Dr. F. Nurhayat DEĞİRMENCİ  
Dr. Öğr. Üyesi Nur ATAKUL**

**BALIKESİR, ARALIK - 2018**

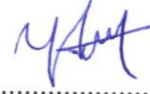
## KABUL VE ONAY SAYFASI

Merve ERDİK tarafından hazırlanan “YAPI SEKTÖRÜNDE YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN ADAPTASYONU” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 27.12.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Yeliz TULÜBAŞ GÖKUÇ



Üye  
Prof. Dr. F. Nurhayat DEĞİRMENCİ



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Nur ATAKUL



Yedek Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Serkan PALABIYIK

.....

Yedek Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Selim ÖKTEN

.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**YAPI SEKTÖRÜNDE**  
**YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN ADAPTASYONU**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MERVE ERDİK**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK ANABİLİM DALI**  
**(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ YELİZ TULUBAŞ GÖKUÇ)**  
**BALIKESİR, ARALIK - 2018**

Mimarlık, mühendislik ve yapı sektörü, geçmişten günümüze insan hayatının ve ekonomik yaşamın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Dünya genelinde her geçen gün hızla artmakta olan nüfus ile daha nitelikli tesis tasarımı ve üretimine ihtiyaç duyulmuştur. Çağın gelişen ve ilerleyen teknolojisiyle birlikte firmalar artan rekabet ortamından başarıyla ayrılmak ve değişen trendlere uyum sağlamak amacıyla yeni arayışlara yönelmişlerdir. Teknoloji her alanda olduğu gibi mimarlık, mühendislik ve yapı sektörü (AEC)'nde de karşılaşılan pek çok engeli aşmak, süreçleri kolaylaştırmak ve hızlandırmak için zamanla daha fazla alternatif sunulmasına imkan sağlamaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) sunulan bu teknolojiler arasında son zamanlarda en dikkat çekici ve önemi giderek artmakta olan yeniliklerden biridir. Yapı Bilgi Modellemesi tüm dünyada klasik yöntemlerden daha entegre bir proje yönetimi sağlayan, yapının bütün fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini 3 boyutlu bir model üzerinde birleştirerek bilgi olarak depolanabilen ve yapının tüm yaşam döngüsü boyunca görev alan paydaşların ortak olarak bu sistemden yararlanabilmesini sağlayan bilgi paylaşım sürecidir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de son 10 yıldır firmalar BIM ile tanışmaya başlamıştır. Tanışılan her türlü yeniliğe karşı uyum sağlayabilmek basit birşey değildir ve bir adaptasyon süreci içermektedir. Teknolojinin son dönemde en önemli inovasyonu olan BIM'in (Yapı Bilgi Modellemesi) Türk yapı sektöründe adaptasyonunu incelemeyi amaçlayan bu çalışma için gerekli olan bilgiler yapılan literatür taraması sonucu elde edilen veriler doğrultusunda oluşturulan anket çalışması yapılarak toplanmıştır. Çalışma kapsamında serbest faaliyet gösteren ve BIM'i aktif olarak kullanan mimarlık ve mühendislik firmalarına ve henüz BIM kullanmayan firmalara iki ayrı formatta anket formu düzenlenmiş ve uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre BIM'in potansiyel faydalarının anlaşılmanmış olması, bilgi paylaşımı için tanımlanmış ulusal bir standardın olmaması, bu yönde müşteri talebi olmaması, uzman iş gücü eksikliği olması, yazılım vb. maliyetlerin yüksek olması, tam anlamıyla bir üst yönetim desteğinin olmaması gibi etkili adaptasyon faktörleri tespit edilmiş olup, BIM kullanan ve kullanmayan firmalar arasında farklı adaptasyon sorunları olduğu gözlemlenmiştir. Türk yapı sektöründe BIM kullanımının yaygınlaşması ile ulusal ve uluslararası projelerde proje yönetimi, zaman yönetimi, maliyet yönetimi, tesis yönetimi, enerji ve kaynakların etkin olarak kullanılması, sürdürülebilirlik vb. gibi sağlayacağı faydalar ile firmaların rekabet ortamında farklılık yaratacağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Yapı bilgi modellemesi, BIM, adaptasyon

## **ABSTRACT**

### **ADOPTION OF BUILDING INFORMATION MODELING IN CONSTRUCTION SECTOR**

**MSC THESIS**

**MERVE ERDİK**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**ARCHITECTURE**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. YELİZ TULUBAS GOKUC)**

**BALIKESİR, DECEMBER 2018**

Architecture, engineering and construction sector has been an indispensable part of human life and economic life from past to present. The more qualified facility design and production has been needed with the rapidly increasing population throughout the world. Together with the developing and progressive technology of the era, companies have been looking for new quests in order to successfully leave from the increasing competition environment and to adapt to changing trends. Technology allows to offer more alternatives over time in order to overcome many obstacles encountered, to facilitate and accelerate processes also in architecture, engineering and construction (AEC) sector as in every other fields. Building Information Modeling (BIM) is one of the most remarkable and important innovations among these technologies. Building Information Modeling is the process of sharing information that enables them to benefit from this system, which provides a more integrated project management than classical methods and can be stored as information by combining all the physical and functional properties of the structure on a 3D model.

As in the world, the companies in Turkey also began to meet with BIM in the last 10 years. It is not a simple thing to adapt to any innovation that has been introduced and includes an adaptation process. The necessary information for this study which aims to examine the adaptation of BIM (Building Information Modeling), which is the most important innovation of technology, in Turkish construction sector was collected by a questionnaire study based on the data obtained from the literature review. Within the scope of the study, two different forms of questionnaires were prepared and applied to the architectural and engineering companies that are freelance and using BIM actively and the companies that have not used BIM yet. According to the results, some adaptation factors, such as the potential benefits of BIM are not yet understood by the companies, the lack of a nationally defined standard for information sharing of BIM, the lack of customer demand, the lack of specialized labour force, high initial investment costs of BIM software, the lack of senior management support are detected, also some adaptation problems between the companies which use BIM and do not use BIM are observed. With the increase in the use BIM in the Turkish construction sector, with the help of some factors, such as project management of the national and international projects, time management, cost management, facility management, the effective use of energy and sources, sustainability etc., it is concluded that it would make a difference in the competitive environment of the companies.

**KEYWORDS:** Building information modeling, BIM, adaptation

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problem Tanımı .....	3
1.2 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı .....	3
1.3 Çalışmanın Organizasyonu.....	3
<b>2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BUILDING INFORMATION MODELING-BIM)</b> .....	<b>5</b>
2.1 BIM Tanımı .....	6
2.2 BIM'in Gelişim Süreci .....	6
2.3 BIM'in Boyutları .....	8
2.4 BIM Olgunluk Seviyeleri .....	13
2.5 BIM Tabanlı Yazılımlar .....	16
2.6 BIM'in Yapı Sektöründeki Yeri.....	19
2.6.1 Planlama Sürecinde BIM .....	20
2.6.2 Tasarım Sürecinde BIM.....	21
2.6.3 Yapım Sürecinde BIM .....	22
2.6.4 Yapının Kullanımı ve İşletilmesi Aşamasında BIM.....	23
2.7 BIM'in Yapı Sektörüne Getirdiği Yeni Kavramlar .....	25
2.7.1 Nesne Tabanlı (Parametrik) Modelleme.....	26
2.7.2 Birlikte İşlerlik (Inter Operability) .....	27
2.7.3 Çakışma Kontrolü (Clash Detection).....	27
2.7.4 Bütünleşik Proje Teslimi (Integrated Project Delivery-IPD) .....	28
2.7.5 Detay Seviyeleri.....	29
2.8 BIM'in Faydaları ve Uygulanmasındaki Zorluklar .....	30
2.8.1 BIM'in Faydaları .....	30
2.8.2 BIM Kullanımında Karşılaşılan Engeller ve Zorluklar .....	33
<b>3. DÜNYADA VE TÜRK YAPI SEKTÖRÜNDE BIM KULLANIMI</b> .....	<b>37</b>
3.1 Dünyada BIM Kullanımı .....	37
3.2 Türk Yapı Sektöründe BIM.....	38
3.2.1 BIM Kullanılan Örnek Projeler .....	42
3.2.1.1 Emaar Square .....	42
3.2.1.2 Niğde Üniversitesi Teknopark.....	44
3.2.1.3 Abdullah Gül Cumhurbaşkanlığı Müzesi ve Kütüphanesi Renovasyon Projesi .....	46
3.2.1.4 Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi .....	47
3.2.1.5 Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali Renovasyon Projesi .....	49
3.2.1.6 İstanbul Yeni Havalimanı .....	51
3.2.1.7 KKTC Ercan Havalimanı .....	52
3.2.1.8 Ataköy-İkitelli Metro Hattı.....	53

3.2.1.9	Dudullu-Bostancı Metro Hattı.....	56
3.2.1.10	Seyrantepe Stadyumu Çelik Çatı Projesi.....	58
<b>4.</b>	<b>ARAŞTIRMA YÖNTEMİ .....</b>	<b>60</b>
4.1	Anket Formunun Organizasyonu .....	60
4.2	Örnekleme .....	61
<b>5.</b>	<b>ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>63</b>
5.1	Katılımcılara ve Firmalara Yönelik Bulgular.....	63
5.2	Firmaların BIM sürecine adaptasyonunu etkileyen faktörler.....	70
5.3	Tartışma.....	77
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>81</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>85</b>
<b>8.</b>	<b>EKLER .....</b>	<b>97</b>
EK A	“BIM Kullanan Firmalara Yönelik Anket Formu” .....	97
EK B	“BIM Kullanmayan Firmalara Yönelik Anket Formu” .....	104

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Yapı yaşam döngüsü ve bütünleşmiş tasarım süreci (Dispenza,2010). .....	5
Şekil 2.2: BIM olgunluğunun üç alt aşamaya ayrılmasının lineer gösterimi (Succar,2009). .....	8
Şekil 2.3: BIM'in boyutları (URL-1).....	9
Şekil 2.4: BIM olgunluk diyagramı(URL-2).....	14
Şekil 2.5: Yapı yaşam döngü boyunca BIM kullanımı (Messner, 2009-URL-3).....	20
Şekil 2.6: Bir organizasyonda Tesis Yönetimi entegrasyonunu açıklayan üç P modeli (IFMA, 1998). .....	24
Şekil 2.7: Daha önce yapılan FM entegrasyonu (Anker-Jensen'den esinlenilmiştir, 2009).....	25
Şekil 2.8: GMW İstanbul Medine Hızlı Tren İstasyon projesi mimari, mekanik ve statik projeler arası çakışma tespiti (URL- 5). .....	27
Şekil 2.9: Anket katılımcıları için BIM kullanımı (Becerik-Gerber ve Rice,2010)..	31
Şekil 2.10: BIM'in faydaları (Yan ve Damian, 2008). .....	31
Şekil 2.11: BIM kullanımı için engel ve zorluklar (Yan ve Damian, 2008). .....	34
Şekil 3.1: Emaar Square görseli (URL-7).....	43
Şekil 3.2: Emaar Square allplan temel donatı modeli ( Seifloo ve Pamuk, 2014). ..	43
Şekil 3.3: Allplan'de alınmış donatı metraj listesi ( Seifloo ve Pamuk, 2014). .....	43
Şekil 3.4: Niğde Üniversitesi Teknopark binası görseli (URL-8).....	45
Şekil 3.5: Teknopark renkli kesit (Çapkın ve Özcan, 2013).....	45
Şekil 3.6: Işık rafı / 3B sistem detayı (Çapkın ve Özcan, 2013). .....	45
Şekil 3.7: Abdullah Gül müzesi görseli (URL-9).....	47
Şekil 3.8: İç mekan görseli (URL-10). .....	47
Şekil 3.9: BIM modeli (URL-11). .....	47
Şekil 3.10: Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi görseli (URL-12).....	48
Şekil 3.11: 3 boyutlu model (URL-13).....	48
Şekil 3.12: BIM modeli görseli (Özorhon, 2018).....	48
Şekil 3.13: Atatürk Havalimanı görseli (URL-14). .....	50
Şekil 3.14: BIM modeli (Duru ve Badem, 2010). .....	50
Şekil 3.15: Yeni check in adaları fotoğraf ve çizimi (Duru ve Badem, 2010). .....	50
Şekil 3.16: İstanbul Yeni havalimanı (URL-15).....	51
Şekil 3.17: İstanbul Yeni havalimanı BIM modelleri (URL-16).....	52
Şekil 3.18: KKTC Ercan havalimanı görseli (URL-17). .....	53
Şekil 3.19: Görseller (URL-17). .....	53
Şekil 3.20: Ataköy-İkitelli Metro hattı görseli (URL-18).....	54
Şekil 3.21: Çakışma tespiti (URL-19). .....	54
Şekil 3.22: BIM görseli (URL-19). .....	54
Şekil 3.23: Tüm disiplinleri içeren görsel (URL-19).....	55
Şekil 3.24: Parametrik modelleme (URL-19).....	55
Şekil 3.25: 4D planlama (URL-19). .....	55
Şekil 3.26: Maliyet analizi (URL-19).....	56
Şekil 3.27: 3 boyutlu görsel (URL-19).....	56
Şekil 3.28: Dudullu-Bostancı metro hattı görseli (URL-20). .....	57
Şekil 3.29: BIM modelleri (URL-19). .....	58
Şekil 3.30: Seyrantepe stadyumu görseli (URL-21).....	59



<b>Şekil 3.31:</b> Çelik çatı görselleri (URL-22). .....	59
<b>Şekil 5.1:</b> BIM kullanan katılımcılarının firmalardaki pozisyonları. ....	63
<b>Şekil 5.2:</b> BIM kullanmayan katılımcıların firmalardaki pozisyonları.....	64
<b>Şekil 5.3:</b> BIM kullanan firmaların çalışan sayılarına göre dağılımı.....	65
<b>Şekil 5.4:</b> BIM kullanmayan firmaların çalışan sayılarına göre dağılımı.....	65
<b>Şekil 5.5:</b> BIM kullanan firmaların kurumsal yaşlarına göre dağılımı. ....	66
<b>Şekil 5.6:</b> BIM kullanmayan firmaların kurumsal yaşlarına göre dağılımı. ....	66
<b>Şekil 5.7:</b> BIM kullanan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki bilgi düzeyleri. ....	67
<b>Şekil 5.8:</b> BIM kullanmayan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki bilgi düzeyleri. ....	67
<b>Şekil 5.9:</b> BIM kullanan firmaların BIM deneyimi .....	68
<b>Şekil 5.10:</b> BIM kullanmayan firmaların BIM deneyimi. ....	68
<b>Şekil 5.11:</b> Firmalarda BIM kullanılan toplam proje sayısı. ....	69
<b>Şekil 5.12:</b> Firmalarda BIM kullanılan proje türleri.....	69
<b>Şekil 5.13:</b> Firmaların BIM kullandıkları aşamalar. ....	70
<b>Şekil 5.14:</b> BIM kullanan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörler.....	71
<b>Şekil 5.15:</b> BIM kullanmayan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörler. ....	72
<b>Şekil 5.16:</b> BIM kullanan firmalara göre firmaları BIM kullanımına yönelten faktörler. ....	73
<b>Şekil 5.17:</b> BIM kullanmayan firmalara göre firmaları BIM kullanmaya motive edecek faktörler. ....	74
<b>Şekil 5.18:</b> BIM kullanan firmalarda üst yönetim desteği. ....	75
<b>Şekil 5.19:</b> BIM kullanmayan firmalarda üst yönetim desteği. ....	75
<b>Şekil 5.20:</b> BIM kullanan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki yeterlilikleri .....	76
<b>Şekil 5.21:</b> BIM kullanmayan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki yeterlilikleri .....	76
<b>Şekil 5.22:</b> BIM kullanan firmalara göre BIM'in performans üzerine etkileri.....	77

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Literatürde yer alan bazı BIM tanımları. ....	6
<b>Tablo 2.2:</b> BIM tabanlı yazılımlar ve kullanım alanları.....	18
<b>Tablo 2.3:</b> BIM detay seviyeleri (URL-6).....	30
<b>Tablo 2.4:</b> BIM uygulamasındaki engel ve zorlukların özeti (Liu ve diğerleri, 2015).....	35
<b>Tablo 3.1:</b> 2013 ve 2015'te BIM uygulama oranları (McGrawHill, 2014).....	38
<b>Tablo 3.2:</b> Emaar Square proje bilgileri (Özorhon, 2018). ....	42
<b>Tablo 3.3:</b> Niğde Üniversitesi Teknopark proje bilgileri ( Çapkın ve Özcan, 2013).44	
<b>Tablo 3.4:</b> Abdullah Gül Cumhurbaşkanlığı müzesi ve kütüphanesi renovasyon projesine dair bilgiler (Özorhon, 2018).....	46
<b>Tablo 3.5:</b> Ok Meydanı ve Araştırma hastanesi projesine dair bilgiler ( Özorhon, 2018).....	47
<b>Tablo 3.6:</b> Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali Renovasyon projesine dair bilgiler (Duru ve Badem, 2010) .....	49
<b>Tablo 3.7:</b> İstanbul Yeni Havalimanı projesine dair bilgiler (Özorhon, 2018).....	51
<b>Tablo 3.8:</b> KKTC Ercan havalimanına dair bilgiler (Özorhon, 2018) .....	52
<b>Tablo 3.9:</b> Ataköy-İkitelli Metro Hattına dair bilgiler (Özorhon, 2018).....	53
<b>Tablo 3.10:</b> Dudullu-Bostancı metro hattına dair bilgiler (Özorhon, 2018 ve URL-19).....	56
<b>Tablo 3.11:</b> Seyrantepe stadyumuna dair bilgiler (Özorhon, 2018).....	58

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>BIM</b>	:	Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modellemesi)
<b>CAD</b>	:	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
<b>IPD</b>	:	Integrated Project Delivery (Bütünleşik Proje Teslimi)
<b>2D</b>	:	İki Boyutlu
<b>3D</b>	:	Üç Boyutlu
<b>4D</b>	:	Dört Boyutlu
<b>5D</b>	:	Beş Boyutlu
<b>6D</b>	:	Altı Boyutlu
<b>7D</b>	:	Yedi Boyutlu
<b>8D</b>	:	Sekiz Boyutlu
<b>AEC</b>	:	Mimarlık Mühendislik ve Yapı Sektörü
<b>PtD</b>	:	Tasarım Yoluyla Önleme
<b>iBIM</b>	:	Entegre Yapı Bilgi Modellemesi
<b>GIS</b>	:	Coğrafi Enformasyon Sistemi
<b>MEP</b>	:	Mekanik, Elektrik ve Sıhhi Tesisat
<b>ABD</b>	:	Amerika Birleşik Devletleri
<b>FM</b>	:	Tesis Yönetimi
<b>IFMA</b>	:	Uluslararası Tesis Yönetimi Derneği
<b>AIA</b>	:	Amerikan Mimarlar Enstitüsü
<b>LOD</b>	:	Geliştirme Seviyesi
<b>LEED</b>	:	Enerji ve Çevre Tasarımı
<b>ERP</b>	:	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması)
<b>BEP</b>	:	BIM Yürütme Planı
<b>GSA</b>	:	General Services Administration (Genel Hizmetler İdaresi)
<b>EIR</b>	:	İşverenlerin Bilgi Gereksinimleri
<b>MIDP</b>	:	Master Information Delivery Plan (Ana Bilgi Dağıtım Planı)
<b>PIP</b>	:	Proje Uygulama Planı

## ÖNSÖZ

Öğrenim hayatım ve mesleki kariyerim boyunca ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan, bana faydalı olabilmek için en yoğun zamanlarında bile vakit ayıran, sabırla ve büyük ilgiyle elinden gelenin fazlasını sunan, bu tezin hazırlanmasına önemli katkı sağlayan, engin bilgi ve tecrübeleriyle beni her zaman doğru şekilde bilgilendiren ve yönlendiren değerli hocam ve danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yeliz TÜLÜBAŞ GÖKÜÇ'a

Ayrıca bugünlere gelmemi sağlayan, her zaman yanımda olan, hayatım boyunca sevgi ve desteklerini esirgemeyen annem Hülya ERDİK'e, babam Asım ERDİK'e ve kardeşim Mert ERDİK'e

Akademik çalışmamda sabır ve anlayışlarıyla beni destekleyen, yardımlarını esirgemeyen ve güvenen idari amirlerim Sayın Z. Özleyiş ÇETİN'e, Sayın M. Kemal ALBAYRAK'a, tüm iş arkadaşlarım ve dostlarıma sonsuz teşekkürü ve minneti bir borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

Yapı sektörü; bilgi yoğun bir sektördür. Bir yapının planlama, tasarım, yapım ve işletilmesini de kapsayan yaşam döngüsü boyunca, çok miktarda bilgi kullanımı söz konusudur. İnşaat projeleri karmaşık yapıdadır ve gün geçtikçe yönetimi daha da zorlaşmaktadır. Daha önce proje ve inşaat yönetiminin tamamlanması için mimari, statik, mekanik ve elektrik projeleri yapılması ve iş programının eklenmesi yeterli olurken günümüzde ise tüm bunların yanısıra enerji analizleri, ışık/gölge simülasyonları, sanal şantiye teknikleri, yeşil bina üretim metotları, yalıtım projeleri, otopark simülasyonları, akustik detayları, çevresel etki değerlendirmeleri gibi pek çok parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle ihtiyaçların karşılanabilmesi için geleneksel yöntemlerin değişmesi ve bilgi teknolojisi uygulamalarının geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. (Akkoyunlu, 2015). Yapı Bilgi Modellemesi (BIM); farklı disiplinler arasında iş birliğine ve birlikte çalışabilirliğe katkı sağlayan yapı sektöründeki en önemli teknolojik yenilik olmuştur.

BIM gibi, teknolojideki yeni gelişmeler mimarlık ve mühendislik firmaları üzerinde ciddi rekabet baskısı yaratır. Mimarlık ve mühendislik firmaları bu rekabet ortamında hayatta kalabilmek ve gelişmek için yenilikçi yeteneklerini geliştirmek ve yeni teknolojileri adapte etmek ihtiyacı hissederler. BIM, yapı sektöründe önemli bir teknolojik yeniliktir ve inşaat projesini sanal ortamda simüle eder. BIM'in evrensel olarak kabul edilen bir tanımı yoktur, ancak "yapı yaşam döngüsü boyunca dijital formatta gerekli yapı tasarımını ve proje verilerini yönetmek için bir metodoloji oluşturan, bir dizi etkileşimli politika, süreç ve teknoloji" olarak tanımlanabilir (Succar, 2009). Bir inşaat projesinin başlangıcından yıkımına kadar her aşamasında kullanılabilen BIM; yapı sektörü üzerinde büyük bir etki yaratmıştır ve tasarım, yapım ve tesis yönetimi aşamalarında tüm yapı yaşam döngüsü boyunca önemli avantajlar sağlamaktadır (Yan ve Damian,2008). Bazı çalışmalarda BIM kullanımı ile; tasarım hatalarında azalma, maliyet/zaman tasarrufu, inşaatta çakışmaların azaltılması, daha iyi müşteri hizmetleri ve daha iyi üretim kalitesi gibi faydalardan bahsedilmiştir (Love ve diğ., 2011; Azhar, 2011; Bozoğlu, 2016; Zhao ve diğ., 2017). Elde edilen bu faydalara rağmen, BIM'in yapı sektöründe adaptasyonu profesyonellerin BIM'i

benimseme konusundaki dirençleri dolayısıyla ve bu tezde de açıklanan bazı faktörler nedeniyle hala sınırlıdır (Yan ve Damian, 2008; Sun ve diğ., 2017). Sonuç olarak BIM'in adaptasyonu beklenenden yavaş olmuştur (Tulubas Gokuc ve Arditi, 2017).

BIM kullanımı, son yıllarda güçlü bir şekilde artmakta olup büyük özel ve devlet sahiplerinin çıkarlarını daha hızlı, daha kesin teslimat ve daha güvenilir kalite ve maliyet ile kurumsallaştırdığı görülmüştür. 2016 yılından itibaren İngiltere hükümeti kamu sektöründeki projelerde BIM kullanımında zorunluluk getirerek Avrupa'daki ülkeler arasında BIM lideri olmayı hedeflemektedir. BIM'in benimsenmesi dünya çapında devam etmekle birlikte, çeşitli bölgelerdeki mimarlık ve mühendislik firmaları arasında adaptasyon farklılıkları vardır. Batı Avrupa'da BIM kabul oranı %36'dır. Bu oran Avrupa'da sanayinin üçte birinden biraz fazlası olarak ortaya çıkar (Matarneh ve Hamed, 2017). Yapılan araştırmalar sonucu birçok Avrupa ülkesi örneğin; Almanya, Fransa, Brezilya, Avusturya, Finlandiya, Danimarka, Norveç ve İsveç BIM konusunda geniş bir sektör bilinci edinilmesi ve benimsenmesi yönünde çalışmalar yapıldığı ortaya konulmaktadır. Güney Asya'da ise Singapur 1997 yılından itibaren BIM kullanımını desteklemektedir (Chan, 2014). Çin'de, hükümet BIM çerçevesini formüle etmek için beş yıllık bir plan (2011-2015) oluşturmuştur. Hong Kong'da BIM uygulaması tasarımları bütünleştirmesi, değişikliklere olanak vermesi, üretkenliği üst düzeye çıkararak hataları tespit etmesi ve ortadan kaldırması sebebiyle hızla ilerlemektedir (Kekena, 2014). Afrika'da BIM uygulaması diğer ülkelere göre değişmektedir. BIM farkındalık seviyesi Nijerya'da yüksektir fakat Güney Afrika sözleşme sorunları, personel eğitimi ve beceri geliştirme açısından yetersizlikler ve nüfus artışı, vb. gibi büyük sorunlarla karşı karşıyadır (Ogwueleka, 2015; Succar, 2009).

Yapı bilgi modellemesinin mevcut küresel durumuna baktığımızda, BIM'in benimsenmesinin ve uygulanmasının gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere göre değiştiği görülmekle birlikte, benimsenmesinin bazı stratejilerin eksikliğinden kaynaklandığı söylenebilir. Bazı ülkeler, ülke çapında uygulamayı yönetmek ve en iyi uygulamaları ve standartları tanıtmak için ajanslar kurmuştur (Matarneh ve Hamed, 2017).

Yapı sektörü, ulusların ekonomisinde her zaman büyük bir öneme sahip olmuştur. İnşaat projelerinde, işverenin proje kalitesinin artırılması, maliyetlerin azaltılması ve süreçlerin hızlandırılması için yaptığı baskılar, BIM'i inşaat firmalarının rekabet avantajı için en önemli kaynaklardan biri haline getirmiştir. Türkiye'de de BIM farkındalığı gün geçtikte daha da artmakta olup, kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Ancak Türk yapı sektöründe faaliyet gösteren mimarlık ve mühendislik firmaları BIM kullanımına engel teşkil eden birçok faktörle karşılaşmaktadır. Bu da BIM'in adaptasyon sürecini olumsuz yönde etkilemektedir.

### **1.1 Problem Tanımı**

Bu tez çalışması kapsamında ele alınan problem, BIM'in Türk yapı sektöründeki adaptasyon durumunun saptanması ve BIM'in sektöre adapte edilmesine katkıda bulunan ve kullanıma engel oluşturan faktörlerin belirlenmesi gerekliliğidir.

### **1.2 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı**

Bu tez çalışması kapsamında, yapı sektöründe BIM'in adaptasyon sürecine etki eden faktörler incelenmiştir. Bu bağlamda tez çalışmasının amaçları;

1. Yapı sektöründe faaliyet gösteren mimarlık ve mühendislik firmalarının yapı bilgi modellemesi (BIM) ile ilgili bilgi düzeylerini belirlemek,
2. Yapı bilgi modellemesi (BIM) kullanan ve kullanmayan firmalardaki farklı adaptasyon faktörlerini karşılaştırarak bir sonuca ulaşmak,
3. Sadece BIM kullanmayan firmaların değil, BIM kullanan firmalarında karşılaştığı problemlerin tespit edilmesini sağlamak,
4. Her iki durumda da üst yönetimin desteği açısından durumu saptamak ve karşılaştırmalı olarak görmektir.

### **1.3 Çalışmanın Organizasyonu**

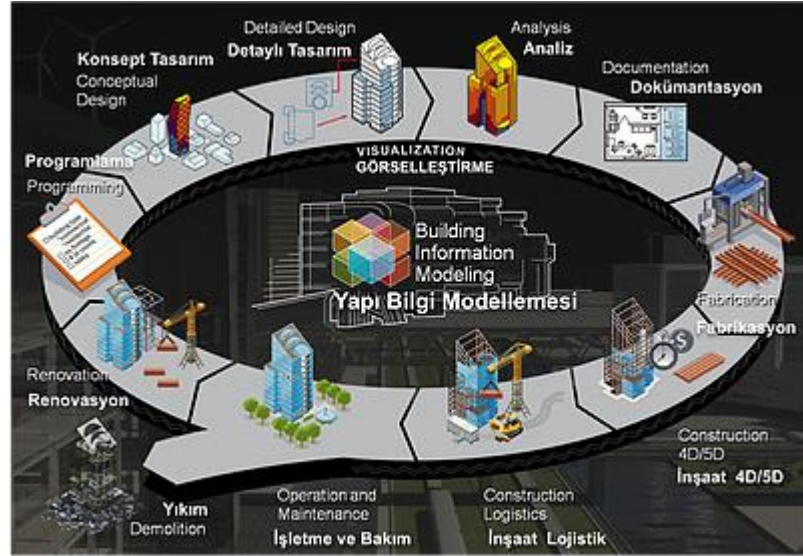
Yapı sektöründe yapı bilgi modellemesi (BIM) kullanımını ve yayılımını incelenmeyi amaçlayan bu çalışma, toplam altı bölümden oluşmaktadır. Birinci

bölüm, akademik çalışmanın gerçekleştirilmesinin altında yatan faktörleri, çalışmanın kapsamını ve amaçlarını içermektedir. İkinci bölümde, BIM kavramı, gelişim süreci, BIM'in özellikleri, yapı sektöründeki yeri ve yapı sektörüne getirmiş olduğu yenilikleri, yapı bilgi modellemesinin faydaları ve kullanımında karşılaşılan zorlukları ve engelleri yer almaktadır. Üçüncü bölümde, BIM'in dünyada ve Türk inşaat sektöründe kullanımı ve Türkiye'de BIM uygulamasıyla gerçekleştirilmiş olan projelere yer verilmiştir. Dördüncü bölümde, çalışmada kullanılan araştırma yöntemi sunulmuştur. Beşinci bölüm, araştırma bulgularını yorumlanmasını ve tartışma kısmını içermektedir. Son bölümde ise, çalışmaya dair elde edilen veriler doğrultunda genel sonuçları özetlenerek ve daha sonraki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.



## 2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BUILDING INFORMATION MODELING-BIM)

BIM; yapı sektöründe son yıllarda ilerleyen teknolojik gelişmelerle birlikte yapı firmaları arasındaki rekabet ortamının ortaya çıkışıyla giderek önemi artan ve gelecek vaat eden önemli gelişmelerden biridir. Mimarlar, mühendisler, işverenler ve yükleniciler arasında üç boyutlu bir ortamda işbirliğine dayalı disiplinler arası bir bilgi paylaşımı sağlamaktadır. Yapının ilk tasarım sürecinden başlayarak yapım aşaması ve sonrasında yapının kullanım aşamasına kadar uzanan bir bilgi yönetim sistemidir (Şekil 2.1). BIM çok çeşitli projelerde kullanılabilir. Yapı yönetimi, tesis yönetimi, maliyet yönetimi ve proje yönetimi gibi süreçleri desteklemektedir.



Şekil 2.1: Yapı yaşam döngüsü ve bütünlüştürmüş tasarım süreci (Dispenza,2010).

BIM, yapı yaşam döngüsü sürecince ihtiyacı olan tüm veriyi dijital bir veritabanında depolayan ve proje tasarımına yön veren bir metottür. Tekrar gözden geçirme bu dijital veritabanında yapıldığı için, dökümanlarda yapılmış olan herhangi bir değişiklik, veritabanında otomatik olarak üretilen tüm dökümanlara (görünümler, listeler, vs.) yansır. Süreç boyunca elde edilen tüm veriler, daha sonra kullanılmak üzere saklanır. Bu yalnızca tasarımcının değil, tüm proje paydaşlarının ortak olarak kullanabileceği bir bilgi deposu oluşturur (Eastman ve diğ., 2011).

## 2.1 BIM Tanımı

BIM kavramına ilişkin literatürde çok sayıda farklı tanımlama yapılmıştır. Araştırmacılar tarafından öne sürülen tipik tanımlar aşağıdaki Tablo 2.1’de verilmiştir.

**Tablo 2.1:** Literatürde yer alan bazı BIM tanımları.

Araştırmacılar	BIM Tanımları
(Succar, 2009)	"Bir yapının dijital bir gösterimi, nesne yönelimli üç boyutlu bir model veya ilgili yazılım uygulamaları ile birlikte çalışabilirliği ve bilgi alışverişini kolaylaştırmak için bir proje bilgisi deposudur."
(Bazjanac, 2006)	"Bir BIM, geometriyi, mekânsal ilişkileri, coğrafi bilgileri, yapı elemanlarının miktar ve özelliklerini, maliyet tahminlerini, malzeme envanterlerini ve proje çizelgesini karakterize eder. Bu model tüm yapı ömrünü göstermek için kullanılabilir."
(Penttila, 2006)	"BIM; yapının yaşam süresi boyunca, ilke, süreç ve teknolojinin etkileşimiyle proje verilerinin sayısal ortamda yönetilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir."
(Eastman ve diğ., 2008)	"Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), "dijital formda bilginin değişimini ve birlikte işlerliğini kolaylaştırmak için bina sürecinin dijital bir sunumunun kullanıldığı tasarım, inşaat ve tesis yönetimi için yeni bir yaklaşım."
(Strafaci, 2008)	"Bir projenin tasarım aşamasından inşaat ve operasyon aşamalarına kadar geçen süreçte kullanılan koordineli ve güvenilir bilgi üzerine kurulu bütünleşik bir süreçtir."
(Yaman ve İlhan, 2010)	"BIM kavramı temel olarak tasarım, yapım ve yapının faaliyete geçmesi sonrası işletilmesi ve yönetilmesi için yapı üretim sürecinin, sayısal ortamda veri alışverişine ve birlikte çalışabilirliğe olanak sağlayacak şekilde modellenmesidir."
(Ofloğlu, 2014)	"BIM, 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."

## 2.2 BIM’in Gelişim Süreci

Bilginin digital temsili olan bilgisayar destekli tasarım araçlarının tarihçesi, ilk bilgisayarların geliştirildiği 1950’li ve 1960’lı yıllara dayanır. BIM’in geçmişi ise bilgisayar destekli tasarım (CAD) araçlarına dayanmaktadır (Barnes ve Davies, 2014). 1970’li yıllarda bilgisayar destekli tasarım (CAD) araçları sayesinde 3 boyutlu modelleme gelişmeye başlamıştır. Farklı sektörlerde entegre analiz araçları ve nesne tabanlı parametrik modelleme gelişirken, yapı sektörü ise uzun süre 2 boyutlu klasik tasarım yöntemlerinden kurtulamamıştır (Volk ve diğ., 2014). 1980’li yıllarda ise, kişisel bilgisayarların ucuzlaması ile elle çizim yapma tekniğinden ilham alan yapı

geometrisiyle tasarım verilerini birleştirmeye çalışan bilgi-tabanlı bilgisayar destekli çizim sistemleri geliştirilmiştir (Taşlı, 1998). BIM ifadesi, sanal tasarım, yapım ve tesis yönetimi tanımlamak için sanayi analisti Jerry Laiserin tarafından 2002 yılı başında tanıtılmıştır (Lee ve diğ., 2012).

Bu özelliklerinden dolayı bilgisayar destekli çizim sistemleri yakın geçmişe kadar elle çizimin daha hızlı ve ekonomik bir alternatifi olarak görülmüş, ancak mevcut çizim sistemleri ile entegre olarak çalışmadıkları ayrıca ara yüzlerinin ve çıktılarının mimarların alışık oldukları formatta olmaması sebebiyle uzun süre akademik çevrelerle sınırlı kalmışlardır (Taşlı ve Özgüç, 2001.) Bu sebeple “bilgisayar destekli tasarım” tanımının içeriğini tam olarak dolduramamıştır. Ancak yapı tasarımı bilgisi sadece yapı geometrisini değil, kullanıcı ihtiyaçlarından çevresel koşullara, estetik kaygılardan maliyet hesaplarına uzanan çok geniş bir bilgiler bütünü içerir. Üstelik bu bilgiler yapı tasarımına katkıda bulunan mimar, inşaat mühendisi, makina mühendisi vb. profesyoneller arasında dağılmış olarak bulunmakta ve tasarım sürecinde bu çok miktarda ve birbiriyle son derece ilişkili bilgilerin koordineli bir şekilde paylaşımıyla kendi içinde tutarlı ve işleyen tasarımlara dönüşmesi beklenmektedir. Bu da yapı tasarımı sürecini karmaşıklaştırmakta ve süreç sonunda çoğu zaman yapı maliyetlerine de yansıyan hatalara sebep olabilmektedir.

Yapı sektöründe uzun yıllar bu karmaşıklığın önlenebilmesi, hataların en aza indirilebilmesi amaçlanmış ve tasarımına katılan profesyonellerin tek bir üç boyutlu model üzerinden çalışmalarını, bilgisayar destekli tasarım alanında uzun yıllar boyunca bir ihtiyaç olarak tartışılmıştır (Taşlı, 2001). 1990’lı yıllarda grafiksel analizleri ve simülasyonları bütünleştirerek, farklı şartlar altında yapının uyumunu, geometrisini, malzeme özelliklerini ve sistemlerini de içerecek şekilde, yapının nasıl davranacağı hakkında bilgi sağlamak için sistemler geliştirilmiştir (Barnes ve Davies, 2014). Nesne-tabanlı sistemler ile geometrik ve geometrik olmayan bilgiler ilişkilendirilebilmekte aynı zamanda birbirinden bağımsız çizilen plan, kesit, görünüş gibi 2 boyutlu çizimlerle ve 3 boyutlu çizimler tek bir 3 boyutlu model olarak üretilebilmektedir.

BIM, verimsiz bilgisayar destekli çalışmaların yerine geçmek için tasarlanmış dinamik bağlantılı arabirimlerdir. Yazılım; planların, kesitlerin ve görünüşlerin oluşmasını sağlar ve yapılan değişikliğin kolay ve hızlı uygulanmasına yardımcı olur.

Ancak dokümanlardaki herhangi bir değişiklik, koordinasyonun iyileştirilmesi için çizimler boyunca başka bir aşamayı değiştirir. Bu koordinasyon konularında azalma, üretkenliği artıracak, bilgi talebini azaltacaktır. Programdaki bilgi, sahadaki beklenmedik saha koşullarına hitap eden genel yükleniciye, mimarlara ve mühendislere öneriler sunmak için gereklidir; proje yapı sürecini hızlandıracak ve yapı sektöründe iş verimliliğini ve üretkenliğini artıracaktır. BIM teknolojisinin parametrik modelleme özelliği sayesinde yapının birbirinden bağımsız olarak üretilen 2 boyutlu çizimleri arasında tutarsızlıklar önlenilmekte ve herhangi bir yapı elemanında yapılan değişikliğin diğer yapı elemanlarına olan etkisi otomatik olarak aktarılabilmektedir (Şekil 2.2).



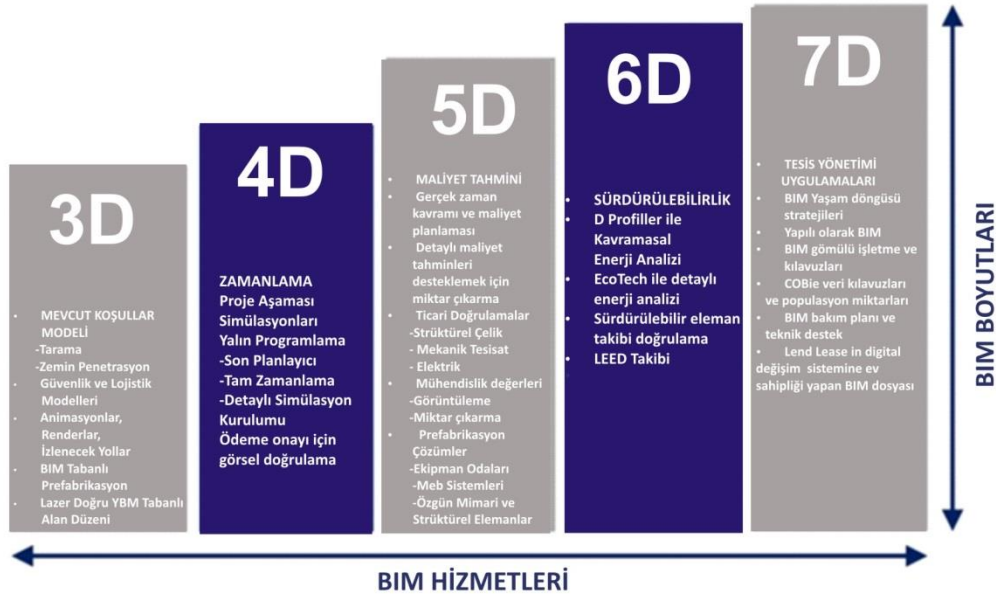
Şekil 2.2: BIM olgunluğunun üç alt aşamaya ayrılmasının lineer gösterimi (Succar,2009).

Yazılımların geliştirilmesi, BIM'in gelişimine katkı sağlamış ve son yıllarda mevcut boyutlara ek olarak maliyet, enerji analizi gibi yeni boyutlar kazandırılmıştır (Barnes ve Davies, 2014).

### 2.3 BIM'in Boyutları

BIM, bir tesisin planlama, tasarım, yapım ve işletimini taklit etmek için bilgisayar tarafından üretilen n-boyutlu (nD) modellerin geliştirilmesini ve kullanılmasını temsil eder (Azhar ve diğ., 2008). "nD" modeli, erişilebilirlik, sürdürülebilirlik, enerji tasarrufu, maliyetlendirme, suç önleme, akustik, termal vb. gibi bir yapı proje yaşam döngüsü boyunca üretilen ve gerekli olan çok sayıda tasarım bilgileri içeren BIM'in bir uzantısıdır (Fu ve diğ., 2006). Genel olarak, hem projenin fiziksel özelliklerini temsil eden model hem de bu modelin bileşeninde yer alan ve bunlara eklenen tüm bilgilere atıfta bulunur. BIM, bir projeyi temsil eden 2D, 3D, 4D (zaman element çizelgeleme), 5D (maliyet bilgileri) veya nD (enerji, sürdürülebilirlik, tesis yönetimi vb.) öğelerinden herhangi birini veya tümünü içerebilir (Haron ve diğ., 2009). "nD" modelleri, kullanıcıların bir projenin bütün

ömrünü görmesini ve simüle etmesini sağlar ve böylece karar verme sürecindeki belirsizliklerin azaltılmasına yardımcı olur (Kamardeen, 2010).



Şekil 2.3: BIM'in boyutları (URL-1).

Şekil 2.3'te belirtilmiş olan BIM boyutları aşağıda kısaca açıklanmıştır:

**3D BIM:** BIM'in 3. boyutu detaylı bir yapı elemanı modeli olarak kabul edilir ve tasarım kontrolü yaparak ayrıntılı inşaat faaliyetlerini geliştirir. Proje planlamacılarının statik gerçekçi görüntüleri görmelerini ve 3D modellerde gömülü olan parametrik verileri kullanarak tasarım hatalarını ve mekânsal çakışmaları kontrol etmelerini sağlamayı amaçlar (Wong ve Yang, 2010). Tek bir 3D boyutlu yapı modeli, farklı tasarım grupları arasında paylaşılmaktadır.

**4D BIM:** 4D planlama ile ilgilidir. Yapının 3D modeliyle 4. boyut olan zamanın birleştirilmesiyle oluşur. 4D, 3 boyutlu geometrik model ek olarak, proje başlangıç ve bitiş tarihlerini ifade eden zamansal özelliği içermektedir. Bir yapının 4D modeli, projenin tüm yapım aşamalarını grafiksel biçimde simülasyonunu oluşturarak proje paydaşlarının süreci sanal ve görsel verilerle kavramasını sağlar. Malzemelerin şantiyeye tam zamanında teslimini mümkün kılar. Ulaşım daha verimli hale gelir ve depolama azalır, çünkü malzemeler sahaya nakledildikten hemen sonra montaja gider (Özorhon, 2018). Mimarlık, mühendislik ve yapı (AEC) sektörü inşaat projelerinin en

önemli üç faktörü kalite, zaman ve maliyettir. Zamanında ve doğru bir şekilde birden fazla boyutta bilgi üretmek, zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacak ve proje kalitesini artıracak ve karar verme sürecini kolaylaştıracaktır. Yapı sektöründe inşaat projelerinin erken aşamalarında maliyet tahmininin doğruluğunun önemi yaygın olarak kabul edilmiştir. Geçmişte, maliyet tahmini bir deneyim veya metodoloji kullanarak bir proses veya projenin maliyetinin tahmin edilmesi olduğundan, kullanıcının deneyimine dayanan inşaat malzemeleri için maliyet tahmini gerekli olmuştur (Perera and Watson, 1998). Maliyet tahmini, karar verme sürecinde oldukça etkilidir (Carr, 1989). Hatalı maliyet tahmini, maliyet aşımına ve proje gecikmesine neden olabilir (Kaming ve diğ., 2010).

Mimarlık, mühendislik ve yapı (AEC) sektörü, proje maliyetini düşürmek, üretkenliği ve kaliteyi arttırmak ve proje teslim süresini azaltmak için uzun zamandır teknikler üzerinde çalışmaktadır. Yapı bilgi modellemesi (BIM), bu hedeflere ulaşma potansiyelini sunmaktadır (Azhar ve diğ., 2008). BIM tek bir modelde, iki ve üç boyutlu tasarım, çizelgeleme ve maliyet tahminlerinin bir araya getirilmesini, bilginin proje boyunca tutarlı kalmasını ve değişikliklerin kolayca gerçekleştirilebilmesini teşkil eden bir süreçtir (Sabol, 2008a ve Deutsch, 2011).

BIM, tipik bir 3D bina gösteriminden proje sürecindeki çatışmaları azaltabilecek 4D tasarım olarak adlandırılan dördüncü bir boyuta (zamana) kadar genişletilebilir (Kraus ve diğ., 2007). BIM'nin dördüncü boyutu, 3D modelini zaman boyutuyla ilişkilendirir (inşaat program faaliyetleri). Bu, çeşitli yapım dizilerini anlamak için sanal simülasyon oluşturur (Eastman ve diğ., 2011). Simülasyonlar, yapı sektöründeki görevlerin çakışmaması için bir çalışma sırasındaki iletişimin kolaylaştırılmasına yardımcı olur. Dahası, diğer tıkanık yerlerin belirlenmesine yardımcı olur (Kymmell, 2008).

Thurairajah'a (2013) göre 4D-BIM, yapı simülasyonundaki bilgi ve veri değişikliği sonucunda parametrelerin otomatik şekilde güncellemesini yaparak yapılan işlerin tekrar edilmesini önler böylece yapının yaşam döngüsü sürecini optimize edebilir. 4D-BIM teknolojisinin kullanımı sayesinde; inşaat müteahhitleri, bir inşaat alanındaki malzeme hareketini, insanları ve ekipmanları optimize edebilir.

**5D BIM:** BIM'in 5. boyutu, dördüncü boyut olan zaman unsuruna maliyet unsurunun entegre edilmesiyle oluşturulur. Tüm bu bilgileri, miktar, zaman çizelgesi

ve fiyatlar gibi maliyet verileriyle bütünleştirir. Yapı tasarımında bir değişiklik yapılırsa, miktarlar otomatik olarak güncellenir. Böylelikle proje yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek maliyet hataları önlenabilir ve detaylı bütçe analizinin yapılabilmesini mümkün kılar. 4D-BIM modeline eklenen beşinci boyut "maliyet" dir. 4D-BIM modeli, projeyi tamamlamak için gereken tüm faaliyetlere sahiptir. 4D-BIM modeli için bir maliyet veritabanı ekleyerek ve gerçek maliyetleri malzeme, ekipman ve personel için atayarak, inşaat ekibine yararlı bir araç sunmak için 5D-BIM modeli oluşturulabilir (Eastman ve diğ., 2011). Smith'e göre (2007) BIM'deki 5D, maliyet planlaması sürecinde programlar, miktarlar ve fiyatlar içermelidir.

Mitchell (2012)'ye göre, 5D-BIM'nin sunduğu en önemli avantajlar, model verileri maliyetinin otomatik çıkarımının yapılmasını sağlar bu da verimliliği artırır ve çok sayıda hatayı ortadan kaldırır. Modelin 3 boyutlu görselleştirmesini en iyi şekilde oluşturarak daha doğru ayrıntıları görebilmeyi sağlar ve modelin değişikliklere uğradığı zaman sonsuz sayıda tahmin yapılabilmesi olanağı sağlar.

Ortaya çıkan 5D-BIM modeli, paydaşlar tarafından daha hızlı bir projenin maliyeti hakkında daha hızlı geribildirim sağlayarak, tasarımcının projeyi bütçeye uyacak şekilde ayarlamasına izin verir. 5D-BIM modeli, yüklenicinin bütçesini görmede, bir projenin çeşitli paydaşları arasında güven oluşturarak, sahibi ve tasarım ekibine daha fazla şeffaflık sağlayabilir. 4D BIM, 3D nesne modelindeki bilgi ve verileri, proje programlama ve çizelgeleme verileri ile ilişkilendirilir ve inşaat faaliyetlerinin simülasyon analizini kolaylaştırır. 5D BIM, tüm bu bilgileri, miktar, zaman çizelgesi ve fiyatlar gibi maliyet verileriyle bütünleştirir (Smith, 2014). McCuen'in (2008) araştırmaları sonucu "BIM projesine zamanlama (4D) ve maliyet tahmini (5D) boyutlarının eklenmesinin projeye önemli yararlar sağladığı anlaşılmıştır. 4D ve 5D'nin eklenmesi, zaman ve maliyet tasarrufu sağlayarak projede çıkabilecek hataları azaltacaktır (Kraus ve diğ., 2007). BIM kullanımı, daha hızlı, daha kesin proje sunumu olan daha güvenilir kaliteli ve maliyetli projeler oluşturmak isteyen firmalar ve hükümetler tarafından desteklenerek güçlü bir şekilde hızla yayılmaktadır (SmartMarket Report, 2010).

**6D BIM:** BIM'in 6. boyutu, sürdürülebilirliktir. Sektörde sürdürülebilir veriler için teknolojik yeniliklerin benimsenmesi tartışılmaya başlanmıştır. Ayrıca, sürdürülebilir yapı pazarına yönelik ürünlerin son 10 yıldaki hızlı gelişimi, tasarım

ve yapım süreçlerinde BIM kullanımını teşvik etmektedir (İlhan ve Yaman, 2015). BIM modeli ile, bina için ayrıntılı aydınlatma, enerji, akustik, sürdürülebilirlik vb. analizleri kolayca yapılabilir. Mimarlık, mühendislik ve yapı endüstrisinin dünyanın çevresel etkilerinin büyük bir bölümünü oluşturmakta ve hammaddelerinin yaklaşık% 40'ını tüketmektedir (Lassen ve Merschbrock, 2015; Hill ve Bowen, 1997; USGBC, 2009). Bu nedenle genel olarak sürdürülebilirlik ve özellikle enerji verimliliği, bina performansının önemli bir ölçütü haline gelmekte olup, binaların geleneksel tasarım, yapım ve işletme aşamalarında kullanımı dikkate alınarak sürdürülebilir bir bina tasarımı için, enerji kullanımı inşaat endüstrisinin paydaşları olan tasarımcıları ve müşterileri her zaman ilgilendirmektedir (Motowa ve Carter, 2013). İklimlerde meydana gelen değişikliklerin ve dünya çapında ortaya çıkan bina düzenlemeleri konusundaki farkındalığın artması nedeniyle, tasarımcılar son yıllarda giderek tasarımlarında enerji performansını göz önüne almaktadır (Schueter ve Thessling, 2009). Tüm dünyada giderek artmakta olan enerji maliyeti ve çevresel endişeler ile çevresel etkileri minimuma indiren sürdürülebilir bina tesisleri için talep artmaktadır (Azhar ve diğ., 2009).

Bir bina tesisinin sürdürülebilir tasarımı ile ilgili en etkili kararlar, erken tasarım ve yapım öncesi aşamalarda belirlenir (Azhar diğ., 2009). Ancak günümüzde performans simülasyonu genellikle tasarım aşamasından sonra yürütülür ve bu sebeple erken tasarım sürecinde alınmış olan kararlar ile entegre değildir. Bina performans kriterlerinin form, malzeme ve teknik sistemler üzerindeki bağımlılıklarını değerlendirmek için performans değerlendirilmesi tasarım sürecine sorunsuz bir şekilde entegre edilmelidir (Schueter ve Thessling, 2009).

Binalardaki enerji kullanımını analiz etmek için gerekli veri ve bilgiler oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle enerji performans değerlendirmesinin binanın tüm yaşam döngüsü boyunca doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi ve bina erken tasarım sürecinde alınan kararlar ile tasarım sürecinin sonrasında uygulanan simülasyon ve görselleştirmenin birbiriyle bütünleşik olabilmesi için entegre simülasyon araçları kullanılmalıdır. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) modelinde bilgi eklemek, düzenlemek, güncellemek veya değiştirmek için projelerin yaşam döngüsü boyunca paydaşların işbirlikçi çalışmalarını destekleyebilen bilgi ve iletişim teknolojileri içerir. BIM uygulamaları görselleştirme ve simülasyonlar için geleneksel bilgisayar destekli CAD araçlarına kıyasla daha kullanışlı veri ve bilgi üretir (Motowa



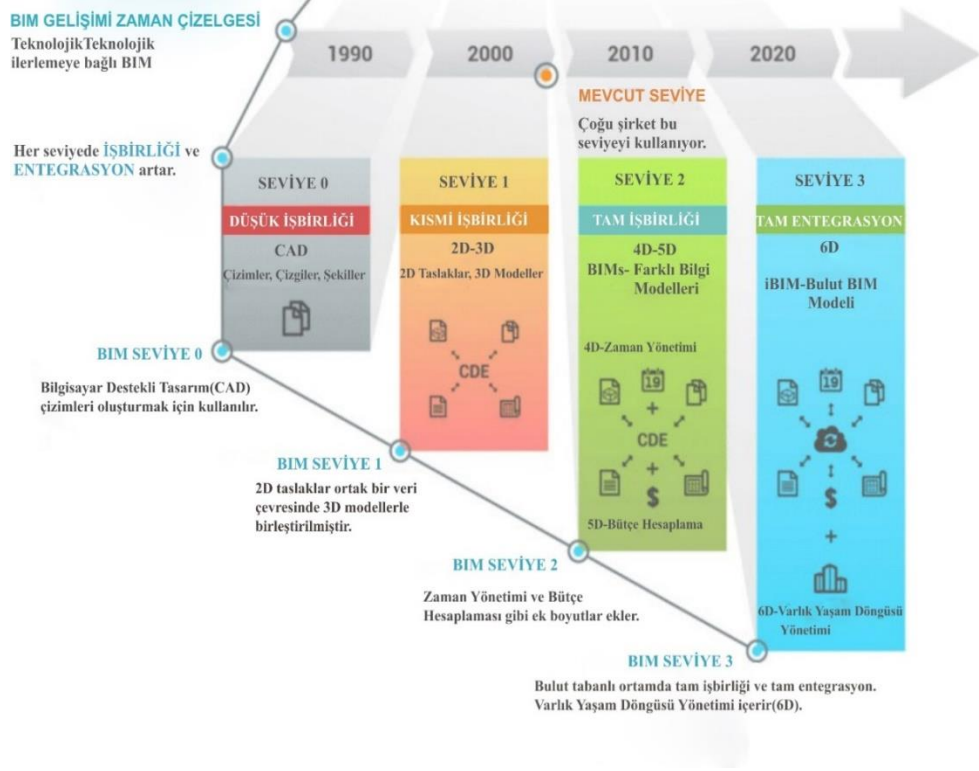
ve Carter, 2013). Bu bağlamda, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), optimize edilmiş bir sürdürülebilir bina tasarımı sağlamak için karmaşık bina performans analizleri yapmada yardımcı olabilir (Azhar ve diğ., 2009).

**7D BIM:** BIM'in 7. Boyutu modele dayalı mekan tanımlı, tesis yönetimidir. Bakım çalışmaları modelde taklit edilebilir ve böylece operasyonel süreçler optimize edilebilir. BIM'in bilgi depolama özelliği sayesinde geçmiş projelerden deneyim kazanarak ve tasarım aşamasında tesis işlemleri ile ilgili bilgiye sahip olunarak, işletme ve bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine engel oluşturan bazı tasarım hataları ortadan kaldırılabilir. Ömrü dolan değiştirilecek parçaların tespit edilmesi kolaylaşır.

**8D BIM ve ötesi:** BIM'in 8. boyutu; işçi sağlığı ve iş güvenliği sektör uzmanları arasında yeni tartışılan bir boyuttur. Tehlikeyi profillemek, güvenli tasarım önerileri sağlamak ve saha riskini kontrol etmek için BIM ile tasarım yoluyla önleme (PtD) yapmak mümkündür (Kamardeen, 2010).

## **2.4 BIM Olgunluk Seviyeleri**

BIM olgunluk seviyeleri BIM öncesi durum, nesne-tabanlı modelleme, model-tabanlı işbirliği ve ağ-tabanlı entegrasyon olmak üzere dört seviyede tanımlanabilir (Özorhon, 2018).



Şekil 2.4: BIM olgunluk diyagramı(URL-2).

Bir inşaat projesinde farklı seviyelerde ortak işbirliği vardır. Bunlar BIM olgunluk seviyeleri olarak bilinir. Seviyeleri ilerledikçe, çeşitli paydaşlar arasındaki işbirliği artmaktadır. Şu anda, dört ayrı BIM olgunluk seviyesi bulunmaktadır.

Şekil 2.4’de yer alan her bir olgunluk aşaması şu şekilde tarif edilir:

- **Seviye 0 (Düşük İşbirliği)**

Yapı sektöründe olan birçok kişi ve firma bu konuda bilgili ve hala bu düzeyde ilerlemektedir. Bu düzey BIM’in en basit düzeyi olarak kabul edilir. Yapım bilgisini içeren iki boyutlu (2D) CAD çizim dosyalarıdır. Bu süreçte tasarımın büyük çoğunluğunun yapıldığı alandır. Diyagramdan görülecek en önemli nokta CAD ile ilgili genel standartlar ve süreçlerin olmamasıdır. Bilgisayar destekli çizim (CAD) olarak da bilinen 2D çizimlerin bilgisini, kâğıt ortamında veya elektronik ortamda herhangi bir standart gözetmeden paylaşımının yapıldığı seviyedir. Diğer disiplinler veya kullanıcılar ile işbirliği halinde olmadan üretilen dijital çizimlerdir. Zayıf bilgi yönetim süreci planlanan yapının yanlış anlaşılmasına, fonksiyonel yetersizliğe, işe

hatalı başlamaya ve bileşenlerin çakışmasına neden olmaktadır (Özorhon, 2018; Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012).

- **Seviye 1 (Kısmi İşbirliği)**

Bu düzey ise; 2 boyutlu (2D) ve 3 boyutlu (3D) proje dosyalarını kapsamaktadır. Mimarlar bu süreçte 3 boyutlu tasarım programını projenin ilk aşamasından itibaren kullanmaktadır. CAD platformunun da desteklediği, uzaysal bir koordinasyon, standardize edilmeye çalışılan temeller ve formatlar ile bir üst seviyeye geçişi yöneten bir düzeydir. Seviye 1 BIM, 3 boyutlu CAD tasarımlarının tasarım aşamasında kullanıldığı ve 2 boyutlu dokümantasyon ve bilgi üretiminin yasal zorunluluklarından (ruhsat projesi gibi) dolayı üretildiği karışımından oluşmaktadır. Örnekleme gerekirse, 2D bilgiler içeren ve 3D bilgilerin sadece görselleştirme veya konsept tasarımı geliştirmesinde kullanıldığı bir düzeydir. Tasarımda ve tasarım aşaması sonrası projenin görselleştirilmesinde Autodesk, Revit vb. yazılımlardan yararlanılmaktadır. Bununla beraber yaratılan modeller diğer disiplinler veya kullanıcılar ile paylaşılmaz. Proje ile ilgili diğer ürünler (iş programı, metraj vb.), sayısal ortamda elde edilen çizimler üzerinden ayrıca üretilmek durumundadır (Özorhon, 2018; Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012; URL 2).

- **Seviye 2 (Tam İşbirliği)**

Bu seviye, işbirliği içinde bir çalışma metodu izleyen, 3 boyutlu (3D) modellerin farklı disiplinlerde kullanımını sağlayan ama tek bir paylaşım modeli üzerinden çalışmayan bir yöntem olarak görülebilir. Tüm proje ekip üyeleri bütünsel olarak üç boyutlu (3D) modelin üretim aşamasında bulunmaktadır. Bu düzey birlikte çalışmanın olduğunu gösterir. Farklı süreç ve disiplinlerdeki tasarımcıların aynı model etrafında yer alması bile zaman içerisinde birbirleriyle bağlantılarının kurulmuş olması gerekmektedir. Veriler ayrı disiplinlerdeki BIM araçlarında tutulur.

İngiltere başta olmak üzere 2016 yılında devlet tarafından zorunlu hale getirilen bir düzeydir. Bu işbirliği ile birlikte artık farklı disiplinlerde nasıl bir bilgi paylaşımı yapılması gerektiği ortaya çıkar. Tasarım bilgisini ortak bir format ile paylaşmak, herhangi bir organizasyonda kullanılacak verinin, kendi verileri için birleşmiş bir BIM modeli olmasını ve bu model üzerindeki soru cevapların başarıyla yürütülmesini

sağlar. Seviye 2 BIM düzeyi, ayrı disiplinlerin temel modellerini yaratması ve bu verilerin 3D ortamda bağlanması ile yönetilir. Buna rağmen ayrı ayrı oluşturulan modeller, birleştirme için bir araya getirilseler de, kendi özellikleri olan kimliklerini ve doğruluklarını kaybetmezler. Gelen veriler ayrıca yapım planlamasını (4D) ve maliyet (5D) bilgisi gibi önemli bilgileri de içerebilir (Özorhon, 2018; Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012; URL 2).

- **Seviye 3 (Tam Entegrasyon)**

Bu düzey en gelişmiş BIM düzeyidir ve yapı sektörü için nihai hedeftir. Proje üzerinde tüm proje paydaşlarının uyumlu, düzenli ve bağlantılı olarak çalışmasının mümkün olduğu düzeydir. Bir organizasyon ve proje ekibi ölçeğinde, paydaşlar BIM vizyonunu içselleştirmiş ve aktif olarak başarmışlardır. Tüm katılımcıların erişim hakkı ve düzenleme yetkisinin olduğu model, çalışma sistemi sonucunda herhangi bir çakışmaya izin vermemektedir. Ana noktası, bulut tabanlı bir ortamda bilginin tam entegrasyonunun (iBIM) elde edilmesidir. Merkezi sunucu üzerinden tek model üzerinden çalışılabilir. Tüm disiplinler bu modele ulaşarak gerekli değişiklikleri yapabilir. Bunun da ötesinde, projede çalışan çeşitli paydaşlar onu düzenleyebilir ve / veya kendi bilgi parçasını ekleyebilir. Hata taraması ve uyarı sistemi gelişmiştir. Bu sistem Açık BIM (Open BIM) olarak adlandırılır. Binanın yaşam döngüsünün yönetimine odaklanan yeni bir boyutun (6D) bu noktada eklenmesi beklenmektedir. Zaman (4D), maliyet (5D) ve proje döngüsü (6D) ile ilgili boyutlar da mevcuttur. Şu anda, telif hakkı ve sorumluluk meseleleri etrafında hala belli şüpheler bulunmaktadır. Ancak tüm süreç ilerledikçe bunların çözülmesi beklenmektedir (Özorhon, 2018; Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012; URL 2).

## **2.5 BIM Tabanlı Yazılımlar**

BIM'in yapı sektöründe en önemli teknolojilerden birisi haline gelmesiyle birlikte ürünlerini BIM alanına taşıyan yazılım geliştiricisi sayısı artmaya başlamıştır. Günümüzde BIM tabanlı birçok bilgisayar yazılımı mevcuttur. Ülkemizde ve dünyada genellikle Autodesk, Bentley Systems ve Gehry Technologies firmalarının ürünlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Verimli bir BIM ortamının oluşturulmasında en uygun yazılım çözümlerinin seçimi, firmalar açısından çok önemlidir. Piyasada neredeyse her tür yazılım hakkında temel bilgileri içeren çeşitli yazılım indeksleri ve dizinler bulunmaktadır. Ancak, varolan kaynakların hiçbiri firmaların gereksinimlerini nasıl belirleyeceklerini açıklamaz. İnşaat piyasası, sonuç odaklı bilgidir yoksundur (Bozoğlu-Demirdöven ve Arditi, 2014).

BIM uygulamasına geçişin gerçekleşmesi için karar vermek yerine, firmaların asıl yüzleşmesi gereken sorun, hangi yazılım paketinin seçileceğine karar vermektir. Seçim sürecindeki bir hata, yanlış paketin satın alınması sonucunda bir dizi soruna ve başarısız uygulamalara yol açar. Başarısız uygulamalardan yapım ve yapım yönetimi etkinlikleri de olumsuz yönde etkilenir. Uygulama sürecinin katılımcıları, hayal kırıklığı sonucunda sistemi reddedebilir. Yeni sisteme alışırken eğitime harcanan zaman ve emek kaybı, BIM uygulaması açısından güven kaybına da yol açar (Bozoğlu-Demirdöven ve Arditi, 2014).

Barnies ve Davies (2014)'e göre mevcut BIM yazılımlarından hangisinin kullanılacağı belirlenirken sadelik, fonksiyonellik, karşılıklı çalışabilirlik/işbirliği, uzun ömürlü olması, eğitim desteği sunması ve çevresel faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca başka bir yazılıma gereksinim olmadan yapım dökümanlarının üretilmesi, nesne kütüphanelerine sahip olması, çoklu takım üyelerinin aynı proje üzerinde çalışmasını, tüm disiplinlere hitap etmesi, çeşitli analizler ve proje yönetimi uygulamalarıyla bütünleşmesi kriterler arasında yer almaktadır (Azhar ve diğ., 2011).

Bozoğlu-Demirdöven ve Arditi (2014)'e göre uygun BIM paketinin seçimi için yapılması gerekenler:

1. Mevcut kullanıcının gereksinimlerinin belirlenmesi,
2. Piyasadaki BIM paketlerinin özelliklerine göre sınıflandırılması,
3. Mevcut kullanıcının gereksinimleri ile BIM sistem özelliklerinin eşleştirilmesi sonucu uygun paketin seçilmesidir.

BIM tabanlı yazılımlar, üretici firmalar ve bu yazılımların kullanım alanları aşağıdaki Tablo 2.2'de belirtilmiştir.

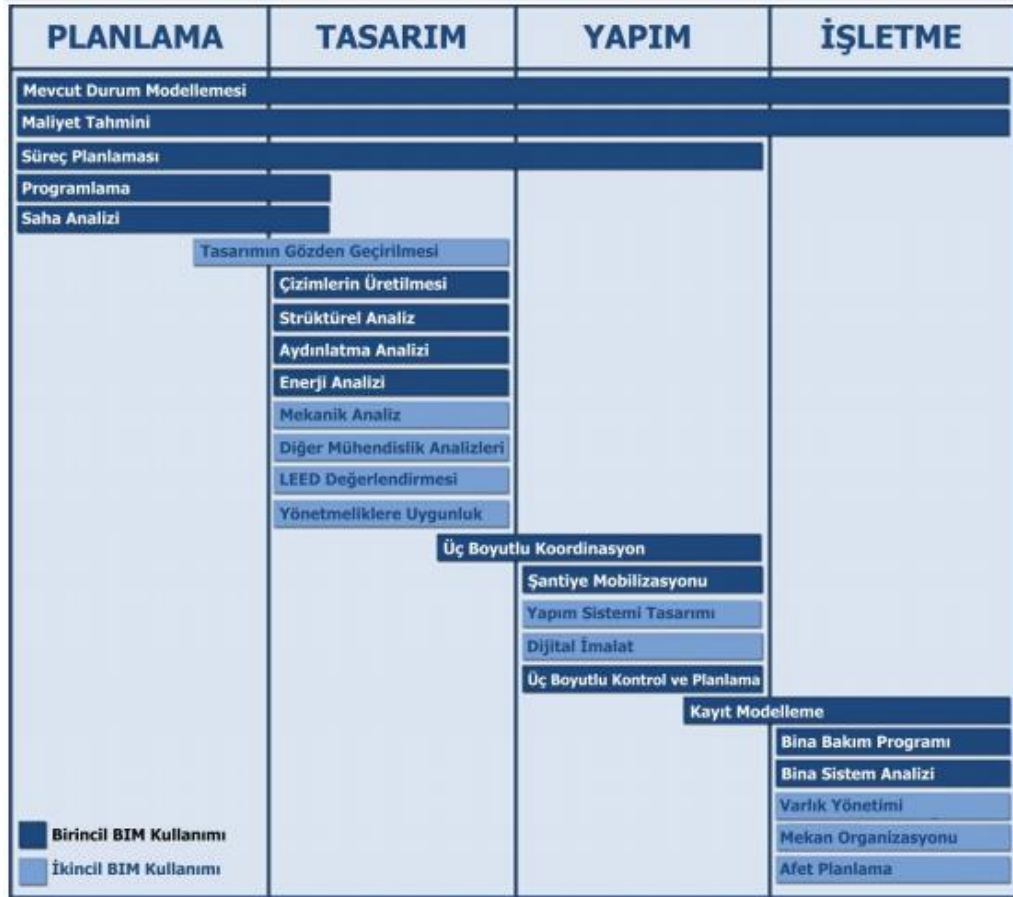
**Tablo 2.2:** BIM tabanlı yazılımlar ve kullanım alanları.

<b>BIM YAZILIMLARI</b>		
<b>Kullanılan Alan</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Yazılım</b>
<b>Mimari</b>	Autodesk	Revit Architecture
	Graphisoft	ArchiCAD
	Nemetschek	Allplan Architecture
	Gehry Technologies	Digital Project Designer
	Nemetschek	Vectorworks Architect
	Bentley Systems	Bentley Architecture
	4MSA	IDEA Architectural Design
	CADSoft	Envisioneer
	Softtech	Spirit
	Virtual Build	RhinoBIM (BETA)
<b>Strüktürel Tasarım</b>	Autodesk	Revit Structure
	Autodesk	Robot
	Bentley Systems	Structural Modeler
	Gehry Technologies	Digital Project
	Tekla	Tekla Structures
	Cype	CypeCAD
	Graitec	Graitec Advance Design
	StructureSoft	Metal Wood Framing
	Nemetschek	Scia
	4MSA	Strad and Steel
	RISA Technologies	RISA
	Design Data	SDS/2
	CSC (UK)	Fastrak
	<b>MEP (Mekanik, Elektrik ve Sıhhi Tesisat)</b>	Autodesk
Bentley		Hevacomp Mechanical Designer
4MSA		FineHVAC + FineLIFT
Gehry Technologies		Digital Project MEP Systems
AEC Design Group		Cadpipe HVAC
Graphisoft		MEP Modeler
East Coast CAD/CAM		Fabrication for ACAD MEP
Micro Application		CAD-Duct
QuickPen International		DuctDesigner 3D PipeDesigner 3D
IES		Apache HVAC
Carrier		Carrier E20-II
<b>Yapım (Simülasyon, Tahmin ve Yapım Analizi)</b>	Autodesk	Navisworks Manage
	Autodesk	QTO
	Solibri	Solibri Model Checker
	Vico Software	Vico Office
	Bentley Systems	ProjectWise Navigator
	Tekla Structures	Tekla
	Synchro Ltd.	Synchro Professional
	Visual Applications	Innovaya
	Beck Technology	DProfiler

<b>Sürdürülebilirlik</b>	Autodesk	Ecotect Analysis
	Autodesk	Green Building Studio
	Graphisoft	EcoDesigner
	IES	Virtual Environment VE-Pro
	U.S Department of Energy	Energy Plus
	Bentley Systems	Bentley Hevacomp, Bentley Tas
<b>Tesis Yönetimi</b>	Bentley Systems	Bentley Facilities
	FM:Systems	FM:Interact
	Vintocon	ArchiFM (For ArchiCAD)
	Onuma	Onuma Editor Pro
	Ecodomus	EcoDomus FM
<b>Dosya Paylaşma ve İşbirliği</b>	ADEPT Project Delivery	Digital Exchange Server
	Autodesk	Buzzsaw
	Autodesk	Constructware
	Avolve	ProjectDox
	Microsoft	SharePoint
	Newforma	Project Center
	Vico Software	Doc Set Manager
	Generic Providers	FTP Sites

## 2.6 BIM'in Yapı Sektöründeki Yeri

Her proje için BIM, planlama, tasarım (ön imalat), yapım ve işletme (yapım sonrası) evrelerinin tümünde kullanılabilir. Şekil 2.5 yapı yaşam döngüsü boyunca BIM kullanımlarını göstermektedir.



Şekil 2.5: Yapı yaşam döngü boyunca BIM kullanımı (Messner, 2009-URL-3).

### 2.6.1 Planlama Sürecinde BIM

Bir yapının eskiz aşamalarından yıkımına kadar olan süreç içerisinde alınacak olan kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ve paylaşılan bilgi kaynağı olan BIM, yalnızca projenin sanal 3 boyutlu modelini değil, fabrikasyon üretimi öncesi projenin digital verilerini saklayan, model analizlerini sunan, farklı disiplinlerle ilişkilerdeki çakışmaları ortaya çıkaran ve tüm paydaşların yararlandığı ve paylaşabildiği bir bilgi kaynağıdır (Muratoğlu, 2015). BIM modeli ile katların net ve brüt alanları, hacimler, malzeme miktarları ve alan kullanımları ile yapı maliyet hesapları, yapısal analizler, enerji performansı, akustik, aydınlatma ve termal analizler, yangın, ısıtma soğutma analizleri kolayca yapılabilmektedir (Reddy, 2011).

Planlama sürecinde yapılması düşünülen proje için, arazi içerisinde en uygun yerleşimin belirlenmesi BIM ve Coğrafi Enformasyon Sistemi (GIS) araçlarının özelliklerinden faydalanılarak mümkün olabilmektedir. Sahadan toplanan veriler,



birden fazla seçenek olması durumunda optimum proje alanının seçilerek, yapının en uygun şekilde konumlandırılmasını sağlar. Saha analizi sürecinde BIM kullanımının faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Proje için düşünülen alanlar arasında, işverenin gereksinimleri, teknik ve finansal kapasitesi doğrultusunda oluşan kriterlere göre değerlendirme yapan karar verme mekanizmasını kullanarak rasyonel bir sonuç ortaya koyar.
- Uygun arsa seçimi sayesinde proje öncesi olası kazı veya yıkım işlemleri ile ilgili maliyetleri düşürerek enerji verimliliğini artırır.
- Proje öncesi analizler sayesinde tehlikeli madde riskini minimize eder.
- İnşaat alanının doğru belirlenmesi, projeye yapılacak yatırımın kısa sürede geri dönüşünü sağlar.

İhtiyaç programının, projenin mekânsal gereksinimleri doğrultusunda en verimli ve doğru tasarımın elde edilmesi amacıyla kullanıldığı süreçtir. Geliştirilmiş BIM modeli, proje ekibinin ihtiyaç programında yer alan mekânları sağlıklı bir şekilde analiz ederek, yapının karmaşıklık düzeyine hâkim olmasına olanak sağlamaktadır. Proje gereksinimleri ile ilgili kritik kararların alındığı bu evrede proje ekibi, binanın katma değerini arttıracak yaklaşımları, BIM modelinden elde ettiği veriler ile işverenle yaptığı görüşmeler sonucunda edindiği geri beslemeleri harmanlayarak kurgulayabilmektedir.

Sonuç olarak, planlama aşamasının yapı yaşam döngüsü boyunca önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Planlama aşamasında verilen kararlar, yapı yaşam döngüsünü ve performansı doğrudan etkiler.

### **2.6.2 Tasarım Sürecinde BIM**

Tasarım aşamasında BIM'in kullanılması proje üzerindeki etkisini en üst düzeye çıkarabilir. BIM karmaşık yapıdaki yapıların daha kısa sürede üretilmesini sağlar ve tekrar eden yapı kısımları formüller ve parametreler ile yaratılabilir (Eastman ve diğ., 2011). BIM, tasarım aşamasında projenin maliyeti hakkında öngörude bulunabilmeyi sağlar. Ayrıca tüm proje sürecinde görev alan proje katılımcılarının iş birliğinin ve koordinasyonunun sağlanmasında BIM önemli rol oynamaktadır. BIM

Kullanımı, özellikle ekibin ortak çabalarını güçlendirir. Mimar ve mühendis, enerji analizi de dahil olmak üzere tasarım fikirlerini test edebilir. Proje yöneticisi; yapım, sıralama, değer ve mühendislik raporları sağlayabilir.

BIM çok iyi bir görselleştirme aracıdır. Binanın üç boyutlu sanal gösterimini sağlar. BIM kullanılarak oluşturulan tasarım, tasarımcılar dışındaki proje katılımcılarının da anlayabileceği şekilde üç boyutlu ve gerçeğin belli bir oranda küçültülmüşü olarak çıktı alınabilir. Böylece alt kademelere yapılacak iş daha hızlı ve kolay anlatılabilir ve iş takibi daha kolay hale getirilmiş olur.

### **2.6.3 Yapım Sürecinde BIM**

BIM ile çalışmak; daha az iş tekrarı, daha az değişiklik isteği, daha az sipariş değişikliği, tasarım hatalarının yapım öncesi tespiti ve daha az nitelikli işgücü ile sistem inşa yeteneği sağlamaktadır. Yükleniciler ve diğer proje katılımcıları, tasarımın erken aşamasında inşa ve imalat konuları ile ilgili bilgi alabilmekte, böylece tasarımın inşa edilebilirliğinden emin olmaktadır. Kodlara uyum, fizibilite çalışmaları, doğru metraj, yapı kalitesi ve yapım teknikleri ve saha planlaması daha doğru bir şekilde yapılabilmektedir. BIM ile yapının inşaatının hedeflenen zaman planına uygun bir şekilde ilerlemesi sağlanabilmektedir (Muratoğlu, 2015).

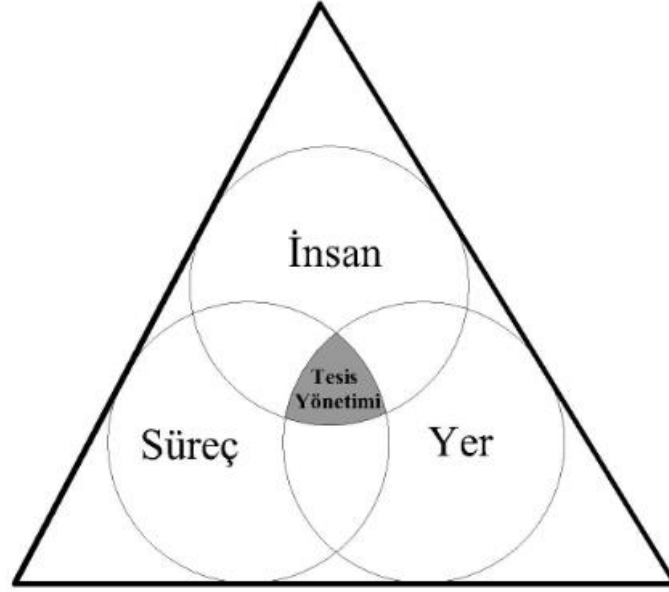
Daha önceki çalışmalarda, tasarım hatalarının azaltılması, maliyet / zaman tasarrufu, inşaattaki çakışmaların azaltılması, müşteri hizmetlerinin iyileştirilmesi ve daha iyi üretim kalitesi gibi bir takım faydalar bildirilmiştir. Yan ve Damian (2008)'nin çalışması, BIM'in tasarım maliyetini ve inşaat süresini kısalttığını ve işveren ile tasarımcılar arasındaki ilişkiyi geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, paydaşlar arasındaki iletişimi geliştirmekte, risk paylaşmakta, azalmakta ve kar artmaktadır (Bozoğlu,2016). Eastman ve diğerlerinin (2011) çalışması, bireysel firmaların BIM kullanımıyla sadece tasarım ve inşaat uygulamalarını iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda pazarda rekabet avantajı elde etmeye motive olduklarını göstermektedir (Eastman ve diğ., 2011).

#### 2.6.4 Yapının Kullanımı ve İşletilmesi Aşamasında BIM

Yapıların yaşam döngüsü içerisinde tasarım ve yapım evreleri kadar işletme ve bakım evreleri de büyük bir öneme sahiptir. Çünkü yapı sektöründe yapının çalışma, işletme aşaması tesis ömrü maliyetinin ana katkısıdır ve binanın yaşam döngüsü maliyetlerinin %85'i yapım sonrasında gerçekleşmekte olup, iş birlikçi çalışma, işletme ve bakım evreleri arasındaki verimsizlik nedeniyle ABD'de tahmini maliyetin üçte ikisinin kaybolduğu ifade edilmektedir (Lee ve diğ., 2012; Jordani, 2010; Rundell, 2006).

Etkin ve verimli bir yapı yaşam döngüsü yönetimi için yapının kullanım sürecinde yapılan değişiklikler sonucunda performansı ve verimliliği arttırmak gerekmektedir. Uzun yıllar boyunca yapıların verimli ve etkili bir şekilde nasıl idare edebileceği önemli bir araştırma konusu olmuştur. Araştırmalar, BIM süreçlerinin ortaya çıkmasından ve tesislerin yaşam döngüsü boyunca yakalanan BIM bilgilerinin tesis yönetiminin (FM) verimliliği artırmasına yardımcı olabileceği öngörüsünden itibaren önem kazanmıştır (Kelly ve diğ., 2013). BIM binaların daha çok tasarım ve inşaat aşamalarında etkin bir rol alırken, tesis yönetimi (FM) aşamasındaki adaptasyonu daha geri planda kalmıştır (Teicholz, 2012).

Tesis Yönetimi; insanları, yeri, süreci ve teknolojiyi bütünleştirerek yapıyı çevrenin işlevselliğini sağlamak için çeşitli alanları kapsayan çok disiplinli bir alandır (Cotts ve diğ., 2009). Ayrıca günlük operasyonlar, planlı bakım ve stratejik kararlar da dahil olmak üzere bir kuruluşun temel faaliyetlerini destekleme sürecidir (Alexander, 1996). Tesis yönetimi, alanların özelleştirilmesi ve binaların son kullanıcıların gereksinimlerine uygun olarak tasarlanması yoluyla iş performansını arttırmayı amaçlar (Atkin ve Brooks, 2014). Bu tanımlar, diğerlerinin yanı sıra, temel işletmelerin performansını ve kârlılığını artırmak için gereken çok disiplinli yönleri vurgular. Uluslararası Tesis Yönetimi Derneği (IFMA, 1998) Şekil 2.6'daki üç P modeli uyarınca tesis yönetiminin etkisini daha da vurgulamaktadır. Model, Tesis Yönetimi'nin disiplinlerarası yapısını ve bir organizasyonun farklı alanlarına katılım seviyesini gösterir.

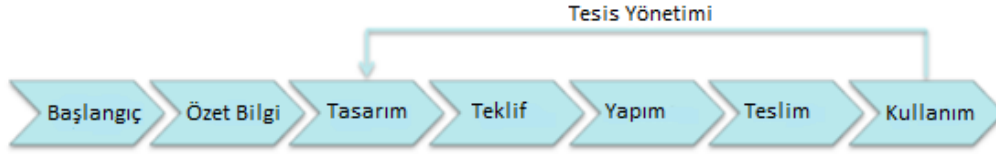


Şekil 2.6: Bir organizasyonda Tesis Yönetimi entegrasyonunu açıklayan üç P modeli (IFMA, 1998).

Üç P modelinde görüldüğü gibi, tesis yönetimi bütüncül ve insanların ve süreçlerin koordine edilmesi gereken entegre bir yaklaşımdır (Atkin ve Brooks, 2014). Tesis yönetimi aşamasında ortaya çıkan sorunları minimuma indirmek için tasarım aşamasında, tesis yöneticilerinin tasarım sürecine dahil edilmesi gerektiği önerilmiştir (Anker-Jensen, 2009). Tesis yöneticileri, tasarlanan ve inşa edilen binaları yapı ömrü sürecince işletip korumuşlardır. Bu yapı ömrü süreci birçok meslek grubunu barındırmaktadır ve bu meslek grupları arasındaki iletişim ve işbirliğinin sağlanması zor olmaktadır (Cotts ve diğ., 2009). Tasarım aşamasında tesis yönetimiyle ilgili nelere ihtiyaç duyulduğu bilinmemekte diğer yandan mevcut binaların kullanımı ve işletmesi ile ilgili bilgi ve deneyimler tasarım aşamasına aktarılmamaktadır (Jensen, 2008). Tasarım ve tesis yönetimi aşamaları arasındaki bağlantı yeterince sağlanamamış, genellikle engellenmiştir (Erdener, 2003). Bu nedenle, tesis bakımı ile ilgili konular karar verme sürecinden çıkarılmıştır (Pati ve diğ., 2010).

Tesis yöneticilerinin tasarım aşamasına dahil edilmesinin en fazla vurgulanan faydası, verimsiz faaliyetleri azaltmak için erken bir aşamada açıklanacak değerli, tesis işlemleri ile ilgili bilgiye sahip olmak ve işletme ve bakım faaliyetlerini gerçekleştirilmesine engel oluşturan bazı tasarım hatalarını ortadan kaldırmaktır (Foster, 2011). Emmitt (2007) çalışmasında, geçmiş projelerden deneyim kazanmak ve tasarım aşamasında yer almak için önemli tesis yönlerini görmek için yalnızca tesis

yöneticilerinin yeterliliğinden yararlanmakla değil bilgisayar yazılımını kullanmayı da vurgulamaktadır.



Şekil 2.7: Daha önce yapılan FM entegrasyonu (Anker-Jensen'den esinlenilmiştir, 2009).

Tesis yönetiminde BIM'in entegrasyonunun başlıca nedeni, projelerdeki tasarım, yapım, işletme ve bakım aşamaları arasındaki bilgi alışverişini etkin bir şekilde sağlamaktır. Bilgiye etkin bir şekilde ulaşmak bilgiyi tekrar oluşturmak için gereken zamanı, emeği azaltmak ve bilgi eksikliğinden kaynaklanması olası düşüncesiz kararların ortaya çıkmasına engel olmaktır (Şekil 2.7). Son yıllarda, BIM teknolojileri, tüm yapı sektörü boyunca bilgi yönetimi uygulamalarını önemli ölçüde etkilemiştir. BIM'in gelişmesiyle, tesis yönetimi ve tasarım uzmanları arasındaki iletişim, işbirlikçi çalışma ve bilgi paylaşımı mümkün hale gelmiştir. BIM, işletme ve bakım aşamaları dahil olmak üzere her aşamadaki bilgiye erişimin yetersiz olması nedeniyle ortaya çıkan sorunları ortadan kaldırma potansiyeli göstermiştir (Sabol, 2008b). Tesis sahipleri, işletme ve bakım maliyetlerini düşürmek, performans ve verimliliği arttırmak, hizmet sunumunu iyileştirmek, kullanıcının gereksinimine uygun hale getirmek, iş süreçlerini düzene sokmak, gelecek bina tadilatlarını desteklemek ve optimize etmek ve sonuç olarak daha yüksek yatırım getirisi elde etmek gibi BIM'i kullanarak çeşitli işletme hedefleri aramaktadır.

## 2.7 BIM'in Yapı Sektörüne Getirdiği Yeni Kavramlar

BIM yapı sektöründe son dönemde gerçekleşen en önemli inovasyonların başında gelmektedir. BIM'in yapı sektörüne getirdiği yeni kavramlar aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

### 2.7.1 Nesne Tabanlı (Parametrik) Modelleme

BIM tabanlı yazılımları geleneksel bilgisayar destekli tasarım yazılımlarından ayıran en önemli özelliği, parametrik diğer bir deyişle nesne tabanlı yazılımlara sahip olmalarıdır. Parametrik terimi, bina modelini oluşturan her nesnenin birbiriyle olan bağlantısını tanımlar. Bu ilişkiler ya yazılım tarafından otomatik olarak, ya da kullanıcı tarafından çalışırken tanımlanır.

Bu ilişkilere örnek olarak şunlar gösterilebilir (URL-4):

- Diyelim ki, bir odanın kapısı köşeden 10 cm uzaklıkta sabitlendi. Odanın boyutları değişse de, bu uzaklık yazılım tarafından korunacaktır. Burada parametre, uzaklığı belirten bir sayıdır.
- Bir cephedeki pencerelerin birbirinden eşit uzaklıkta olması istendi. Cephenin uzunluğu değişse de, pencere aralarındaki uzaklıklar yazılım tarafından eşit olacak şekilde ayarlanacaktır. Bu durumda parametre bir sayı değil, bir orandır.
- Döşeme veya çatı kenarları, dış duvarlarla bağlantılıdır. Dış duvarın yeri değişse de, döşeme ve çatı ona göre düzenlenir. Bu örnekte parametre, bir bağlantı ilişkisidir.
- Bir plan çiziminin ölçeği 1:50'den 1:100'e değiştirildi. Tüm yazılar, çizim elemanlarına göre göreceli olarak büyüyecektir. Bu örnekte, yazı boyutları, ölçeğe bağlı bir parametre içermektedir.
- Planda bir dikdörtgen oluşturacak şekilde dört duvar çizilsin. Yazılım, otomatik olarak bunları birbirine bağlar. Cephede kullanıcı bir duvarın yerini değiştirirse, diğer duvarlar da onunla bağlantılarını koruyacak şekilde boyutlarını değiştirir. Burada da parametre, bir bağlantı ilişkisidir.
- Diyelim ki 5 numaralı detay çizimi A9.03 paftasında yer alsın ve bu detaya A2.01, 02 ve 03 paftalarındaki plan çizimlerinde detay etiketi ile referans verilsin. Eğer detay çizimi başka bir paftaya taşınır ve yeniden numaralanırsa, plan çizimlerindeki detay etiketlerini yeni yerleşime göre güncellenecektir. Bu örnekte parametre, dokümanlar arası bir bağlantı ilişkisidir.

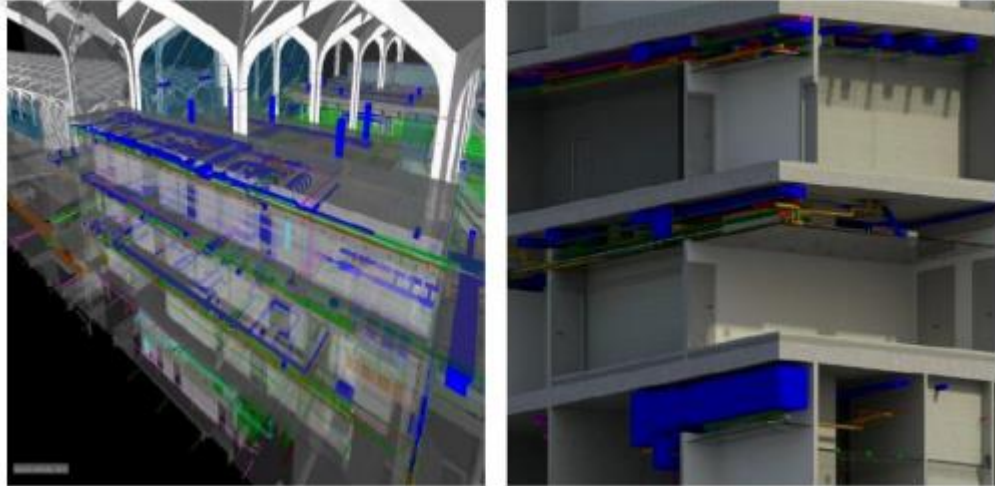
Yukarıda örneklendiği gibi, bu tip ilişkileri tanımlayan sayı veya özelliklere "parametre" ve bunu destekleyen yazılıma da "parametrik" denir.

### 2.7.2 Birlikte İşlerlik (Inter Operability)

Paydaşlar arası doğru veri değişimi ve iyi iletişime dayalı işbirliği olarak tanımlanabilir. BIM ile gerçekleştirilen projelerde bir BIM yöneticisi vardır. BIM yöneticisi proje aşamalarının hangi paydaşları kapsayacağını kimlerin hangi aşamalarda değişiklik ve tasarım yapabileceğini yönetir. Örneğin MEP ile ilgili düzenlemelerde konunun uzmanı ya da sorumlusuna öncelik tanır ve diğer paydaşların bu disiplin üzerindeki değişiklik yapma yetkisini kısıtlar. Böylece departmanlar arasında karışıklıklar önlenmiş olur ve her uzman kendi alanındaki tasarım / uygulama süreçlerini geliştirir.

### 2.7.3 Çakışma Kontrolü (Clash Detection)

Çakışma tespiti; inşaat alanında imalatların, yapım sırası gözetilmeden birbirini engellemesi olarak tanımlanabilir. BIM tabanlı oluşturulan sanal üç boyutlu model geleneksel iki boyutlu tasarım araçları ile öngörülemeyen ve fark edilmesi zor olan bazı sorunları ve çakışmaları erken safhalarda tespit ederek ortaya çıkarır. Çakışma kontrolü, CAD ile çizilmiş projelerde alt yapı sistem entegrasyonunun yapılması zor olduğundan BIM'in gelişmesinde en önemli etken olmuştur.



**Şekil 2.8:** GMW İstanbul Medine Hızlı Tren İstasyon projesi mimari, mekanik ve statik projeler arası çakışma tespiti (URL- 5).

Elektrik, mekanik, statik ve mimari projelerinin yapım öncesinde entegre edilmesi, elemanların çakışma tespitlerinin önceden belirlenip, zaman, maliyet ve

işçilik tasarrufunun sağlanabilmesi BIM'in tercih sebeplerinden biridir. Elektrik, mekanik ve strüktürel sistemlerin birbirleriyle olan bağlantıları çakışma analizi ile tasarım aşamasında ortaya çıkar. Çakışmalar hem grafik, hem de rapor halinde gösterilebilir. Çakışmaları önceden görmek ve düzeltmek sonradan oluşabilecek zaman, iş gücü ve maliyet ile ilgili kayıpları ortadan kaldırır (Şekil 2.8).

#### **2.7.4 Bütünleşik Proje Teslimi (Integrated Project Delivery-IPD)**

Yapı sektöründe projelerin zamanında ve bütçesi içerisinde yapılamaması, mimari çizimlerin yetersizliği, atıkları azaltmanın yetersizliği, yapıların çok yüksek enerji tüketimi ve yapıların karbon salınımlarını kontrol etmedeki verimsizlik tartışılan konulardan bazılarıdır. Bunların yanında, paydaşlar arasında çatışmalı ilişkiler, projenin başarısını kötü anlamda etkileyen önemli bir faktördür. Geleneksel proje teslim yöntemleri bu sorunların üzerine bir ışık tutmakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, bu sorunları çözecek daha uygun bir teslim sistemine ulaşmak için Bütünleşik Proje Teslimi (IPD) geliştirilmiştir. Bu yenilikçi sistem, taraflar arasındaki çatışmalı ilişkileri azaltmak, paydaşlar arasında daha fazla işbirliği sağlamak, kaynak ve malzeme tüketimi optimize etmek ve işgörenlerin performanslarını artırmak için gelişmekte olan BIM ve yalın yapım ilkelerinden geliştirilmiştir. Ayrıca bütünleşik proje süreci ile anlatılmak istenen bir inşaat projesinin disiplinler arası tüm bölümlerinin (altyapı, üstyapı, elektrik, çevre vs.) hazırladığı projelerin bir arada birleştirilerek teslim edilmesidir. Ortak bir dil oluşturarak, tek bir proje halinde yapı projesinin detaylandırılmasıdır.

Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) Bütünleşik Proje Teslimi'ni (IPD), insanları sistemleri, iş yapılarını ve uygulamaları katılımcıların yeteneklerini ve sezgilerini proje sonuçlarını optimize etmek için kullanan işverenin edineceği değeri arttıran, atıkları azaltan ve tasarım fabrikasyon ve yapım aşamalarının tümünde verimliliği en üst seviyeye getiren bir sürece entegre eden bir proje teslim yaklaşımı olarak tanımlamıştır (AIA, 2007). Tasarımın, imalatın ve yapımın tüm aşamalarında, çapraz fonksiyonlu ekipler arasındaki erken iş birliği ile diğerlerinde farklılaşan bir proje sunum yöntemidir. Bu tür sözleşme anlaşmalarını ekleyerek ekipler, tasarım, imalat ve yapımın her aşamasında proje sonuçlarını optimize etmek, değeri artırmak, atıkları azaltmak ve verimliliği en üst düzeye çıkarmak için tüm katılımcıların



yeteneklerini ve kavrayışlarını iş birliği içinde kullanabilir. Konseptten yapıma kadar ki tüm bu süreç, tüm önemli paydaşların başlangıç aşamasındaki destekleyici katılımıyla tanımlanır.






Bütünleşik proje teslimi, güvene dayalı bir işbirliği üzerine kurulmuştur. Etkin bir şekilde yapılandırılmış ve güvene dayanan bir işbirliği tarafların bireysel hedefler yerine proje sonuçlarına odaklanmasını sağlar. BIM katılımcılar arasındaki işbirliğini ve bilgi paylaşımını kolaylaştırarak Bütünleşik Proje Teslim yaklaşımında temel bir rol oynamaktadır. BIM Bütünleşik proje teslimini destekleyen en güçlü araçlardan /yöntemlerden birisidir. Bütünleşik proje teslimi süreçleri BIM ile birlikte çalışmaktadır. Genel olarak BIM'in proje katılımcıları arasındaki koordinasyonu işbirliğini ve iletişimi arttırarak Bütünleşik Proje Teslim yaklaşımını kolaylaştırdığına inanılmaktadır (Özorhon, 2018).

### **2.7.5 Detay Seviyeleri**

LOD kavramı, BIM modelini oluşturan bileşenlerin, istenilen fonksiyonları karşılayabilmesi için sahip olmaları gereken belirli detay ve gelişim seviyeleridir. LOD (Level of Development veya Level of Detail) tablosu, modellemede kullanılacak olan elemanların hangi detayda ve ne kadar bilgi içermesi gerektiğini gösterir. LOD tablosunun modellemeye başlamadan önce gerekli bilgileri içerecek şekilde hazırlanması gerekmektedir. Elemanların içermesi gereken bilgi seviyeleri farklı kuruluşlar ve firmalar tarafından LOD numaraları ile tanımlanmaktadır.

LOD seviyesinin tanımlanması için günümüzde en yaygın olarak kullanılan referans Amerikan Mimarlar Enstitüsü (The American Institute of Architects-AIA) tarafından yayınlanmış olan AIA belgesi E202-2008 dokümanlarıdır. Bu dokümanda LOD seviyeleri LOD 100'den LOD 500'e kadar sınıflandırılmıştır. Bu tanımlamaların genel olarak ifade ettikleri; LOD 100 (Kavramsal Modelleme), LOD 200 (Yaklaşık geometri ve Şematik Dizayn), LOD 300 (Kesin modelleme), LOD 400 (İmalat ve Montaj için modelleme), LOD 500 (Uygulama modeli) şeklinde tarif edilebilir (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3:** BIM detay seviyeleri (URL-6).

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				

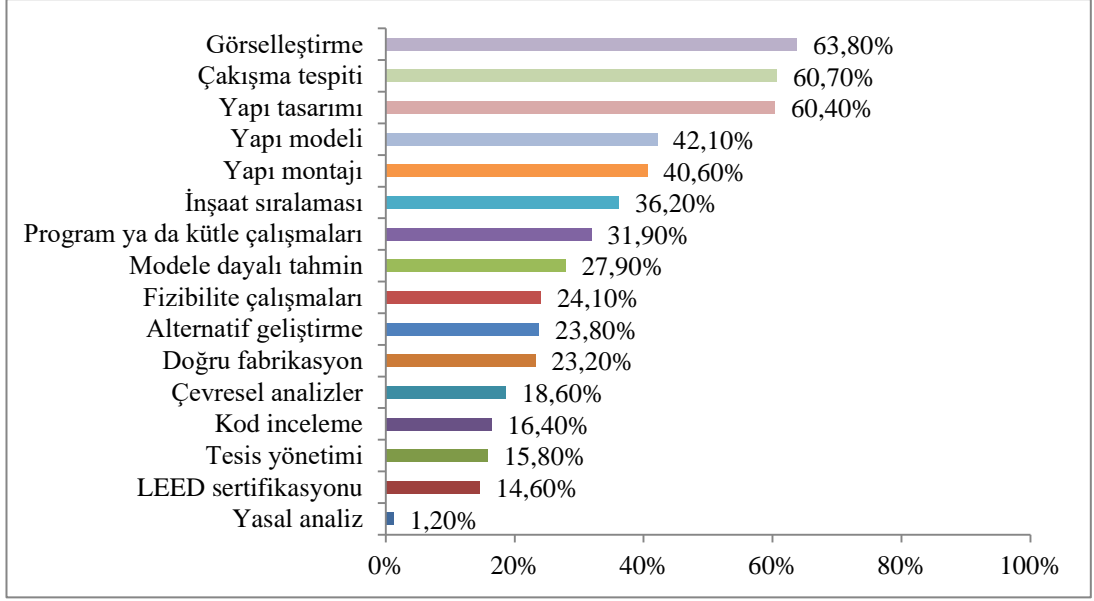
BIM yazılımlarında aynı nesne için farklı detay seviyesinde temsiller/bilgiler gömülü olabilir. Detay seviyesi projenin farklı evrelerine ve kullanılan ölçeğe göre değişebilir. Nesnelere ilişkilendirilen menü seçenekleri de detay seviyesini değiştirmek için kullanılabilir.

## **2.8 BIM'in Faydaları ve Uygulanmasındaki Zorluklar**

Mimarlık, mühendislik ve yapı sektöründe teknolojinin gelişmesiyle giderek artmakta olan rekabet ortamında ayakta kalmaya çalışan firmalar arasında BIM'in adaptasyonu ve kullanılması geleneksel yöntemlere kıyasla daha çok ön plana çıkmaya başlamıştır. Ancak BIM kullanımıyla birçok fayda sağlanacağı beklenirken bazı engeller ve zorluklar nedeniyle potansiyelinin çok gerisinde kalmıştır. BIM projenin tasarım, planlama, yapım ve tesis yönetimi dahil tüm yaşam döngüsünü etkilemektedir. Bu sebeple tüm bu yaşam döngüsü sürecinde benimsenmesi ve kullanılması beraberinde pek çok fayda, engel ve zorlukları da beraberinde getirmektedir.

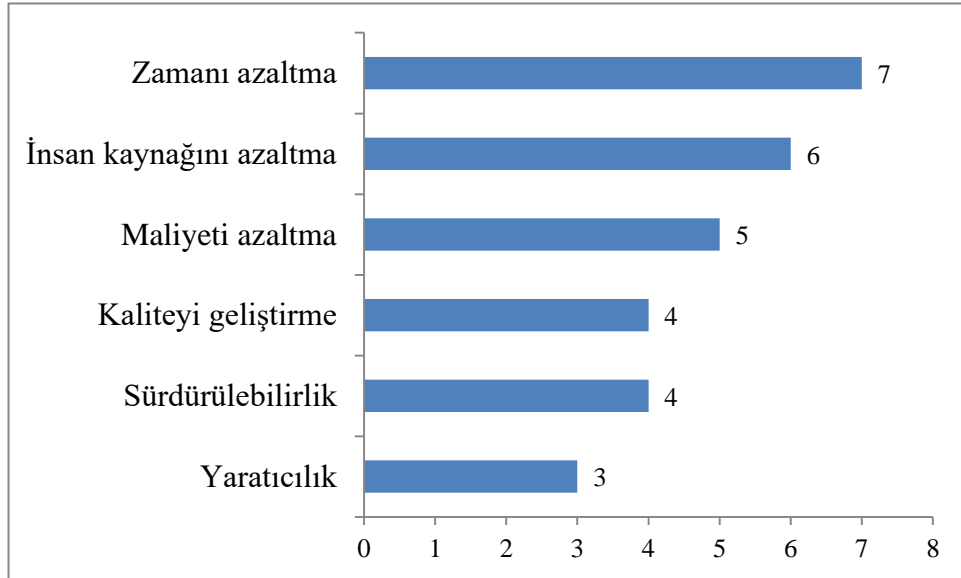
### **2.8.1 BIM'in Faydaları**

BIM kullanımının faydaları üzerine literatürde birçok akademik çalışma yapıldığı görülür. Becerik Gerber ve Rice (2010)'ın yaptığı çalışmanın sonuçları katılımcıların BIM'i en çok görselleştirme, çakışma tespiti ve yapı modelleri oluşturmak için kullandığını göstermektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: Anket katılımcıları için BIM kullanımı (Becerik-Gerber ve Rice,2010).

Yan ve Damian (2008) yaptığı anket çalışmasının sonuçlarına göre; BIM kullanmanın en önemli yararının Şekil 2.10’da belirtildiği üzere yapım süresini azaltması olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.10: BIM’in faydaları (Yan ve Damian, 2008).

Newton ve Chileshe (2012)’nin Güney Avustralya’da inşaat firmalarına yaptıkları anket çalışmasının sonuçları BIM’in en önemli üç yararının yapılabirliği, görselleştirmeyi ve verimliliği geliştirdiğini göstermektedir.

BIM teknolojisi ile, proje paydaşlarının maliyet, zaman ve kalite gibi projenin önemli faktörleri üzerinde daha gerçekçi kararlar vermesini sağlayarak, sonradan ortaya çıkabilecek olası sorunlar projenin erken aşamalarında otomatik olarak tespit edilerek ortadan kaldırılabilir veya en aza indirebilir. Böylece daha verimli ve zamanında kontrol etme imkânı sağlar (Azhar ve diğ., 2008; Fischer ve Kunz, 2004). Bu faydalar yapı kalitesi ve üretim verimliliğini artırır (Love ve diğ., 2010; Azhar ve diğ., 2008).

Azhar ve diğerleri (2011)'e göre; BIM sayesinde tasarım çözümlerinin daha iyi görselleştirilebilmesi, modellerin titizlikle analiz edilebilmesi, simülasyonların kolayca oluşturabilmesi ve performans kıyaslamalarının yapılabilmesi daha iyi tasarımların ortaya çıkmasını sağlamakta ve gerçekçi görselleştirme ile teklifler daha iyi anlaşılmakta ve daha iyi müşteri hizmeti sunulabilmektedir.

BIM modeli ile enerji, aydınlatma ve akustik gibi alternatif çalışmalarını içeren Enerji ve Çevre Tasarımı (LEED) gibi bazı çevre sertifikası standartlarına göre bir yapı tasarlanabilir. Yapıların çevresel performans analizleri erken tasarım aşamasında yapılmalıdır (Eastman ve diğ., 2008). Böylece kullanıcıların enerji açısından bilinçli kararlar almalarını ve iyi bir enerji performans analizi yaparak tasarım sürecini ertelemeyen yapı kalitesinin gelişmesini sağlar (Stumpf ve diğ., 2009). Ayrıca çevresel performansın tahmin edilebilmesi ve yaşam maliyetlerinin daha iyi anlaşılabilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte tasarım aşamasında ayrıntılı sürdürülebilirlik analizlerine, geleneksel tasarım yöntemleri imkan tanımaz (Azhar ve diğ., 2011).

BIM yazılımları ortak bir şekilde paylaşılacak merkezi bir bilgi kaynağına sahiptir ve bu sayede proje verilerine tüm paydaşlar tarafından erişim kolaylaşmaktadır. Proje paydaşları arasındaki bilgi paylaşımı ve ilişkiler kolaylaşarak gelişir. Böylece tasarım önerileri daha iyi anlaşılır ve tasarımın tekrarlanmasının önüne geçilmiş olur. Bunun sonucunda daha hızlı ve etkili proje sürecinin oluşmasına olanak sağlar.

BIM uygulaması, proje paydaşlarının erken katılımını gerektirir. Bu, başlangıç maliyetlerini arttırsa da, gecikmeler, değişim emirleri, talepler ve bilgi talebinin önlenmesiyle kazanılan tasarruflar nedeniyle yaşam döngüsü maliyetlerini düşürmektedir (Hannon, 2007).

BIM'in yapım aşamasında sağladığı faydaları ise, fabrikasyon üretimi için tasarım modelindeki yapısal sistemlerin temel alınarak montajların otomatikleştirilmesi, tasarım değişikliklerine hızlı tepki verilebilmesi, inşaat sürecinden önce tasarım hatalarının ortaya çıkarılması, tasarım ve yapım eşzamanlı olarak planlanması ile inşaat tekniklerinin daha iyi uygulanmasıdır (Eastman ve diğ., 2011; Azhar ve diğ., 2011).

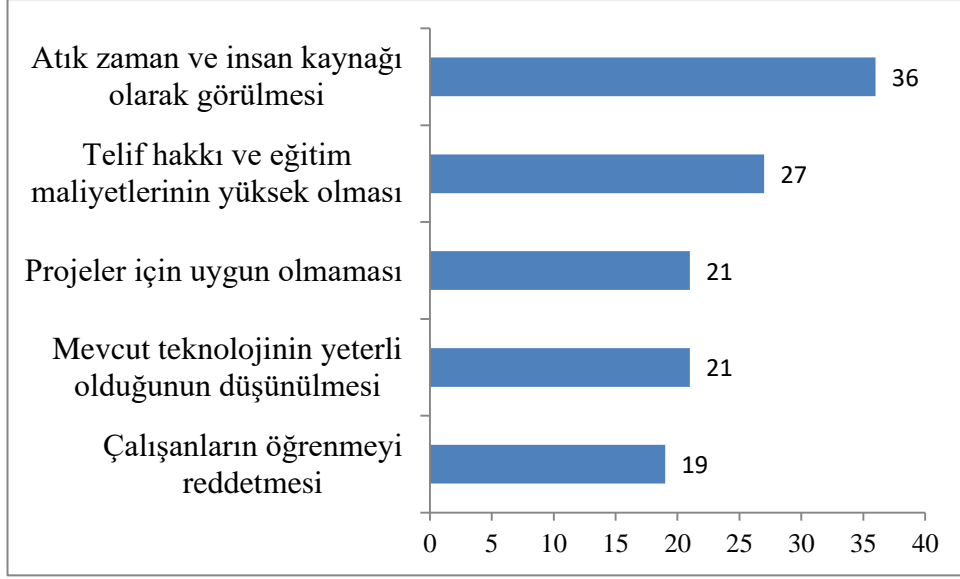
BIM modeli tesis yönetimi paketleriyle; tesisin işletilmesi, el değiştirmesi, yürütülmesi ve yönetilmesi aşamalarındaki herhangi bir değişiklik modelden otomatik olarak güncellenebilir. Ayrıca BIM modeli işletme ve bakım bilgilerine ait bağlantılar içerebilir, gelecekteki onarımlarla ilgili kesin bilgiye ulaşılabilir.

BIM'nin sunduğu diğer bir fırsat şantiye güvenlik risklerini azaltmasıdır. BIM ile güvenli tasarım önerileri sağlanabilir ve saha riski kontrol edilebilir. Bütün bu faktörler sonucunda yapı sektöründe BIM kullanan firmalar ulusal ve uluslararası pazarda diğer firmalarla rekabet edebilir.

### **2.8.2 BIM Kullanımında Karşılaşılan Engeller ve Zorluklar**

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte beraberinde getirdiği yeni uygulamaların başarısını etkileyen birçok etken olabilir. Örneğin, personelin yeni teknoloji uygulanmasına yönelik tutumları, bilinmeyen yöntem ve araçları kullanma riskleri, yeni teknolojilerin uygulanmasının zorluğu, finansal riskler ve diğer çalışanların yeni teknolojilere yönelik tutumlarının algılanması gibi (Tatum, 1989).

Yapı sektörü farklı disiplinleri kapsamakta olduğundan paydaşlar arasındaki iş birliğini sağlamak amacıyla BIM kullanımını tercih eden firmalarda sürecin tam olarak ne getireceği ön görülemediğinden, uzman personel eksikliğinden, bu yönde bir müşteri talebi olmamasından, BIM'e ait yazılım ve donanımların ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olmasından, telif haklarından kaynaklanan sorunlardan ve diğer bazı nedenlerden dolayı bazı engel ve zorluklarla karşılaşmaktadır (Eastman ve diğ., 2011).



Şekil 2.11: BIM kullanımı için engel ve zorluklar (Yan ve Damian, 2008).

Yan ve Damian (2008)'in BIM'in uygulanmasındaki engel ve zorluklarla ilgili yaptığı çalışmanın Şekil 2.11'de belirtilmiş olan anket sonuçlarına göre; katılımcılar BIM'i atık zaman ve insan kaynağı olarak görmektedirler. Ayrıca çok sayıda katılımcı projelerini tasarlamak için BIM'in gerekli olmadığını, geleneksel yöntemlerden ve mevcut teknolojilerden memnun olduklarını belirtmektedir. Katılımcıların teknolojideki değişimleri kabullenmeye karşı direnç gösterdikleri görülmektedir.

Liu ve diğerleri (2015), yapı sektöründe BIM uygulamasına engel olacak faktörleri beş ana grupta değerlendirmişlerdir (Tablo 2.4). Bunlar; ulusal standart eksikliği, yüksek uygulama maliyeti, nitelikli personel eksikliği, kurumsal ve yasal konulardır. Herbir engel Tablo 2.4'de gösterildiği gibi kendi içerisinde iki veya üç alt gruba ayrılır.

**Tablo 2.4:** BIM uygulamasındaki engel ve zorlukların özeti(Liu ve diğerleri, 2015).

<b>Kategoriler</b>	<b>Alt kategoriler</b>
<b>Ulusal standart eksikliği</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tamamlanmamış Ulusal Standart</li><li>• BIM'de bilgi paylaşımı eksikliği</li></ul>
<b>Yüksek uygulama maliyeti</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yazılımın yüksek ilk yatırım maliyeti</li><li>• Uygulama sürecinin yüksek maliyeti</li></ul>
<b>Nitelikli personel eksikliği</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nitelikli personel eksikliği</li><li>• Eğitimin maliyeti</li></ul>
<b>Kurumsal konular</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Süreç problemleri</li><li>• Öğrenme eğrisi</li><li>• Üst yönetimin destek vermemesi</li></ul>
<b>Yasal konular</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sahiplik</li><li>• Hatalar için sorumluluk alma</li><li>• Lisans problemleri</li></ul>

Yapı sektöründe BIM ile ilgili ulusal bir standartların bulunmaması uygulama sürecinde tüm paydaşlar arasındaki bilgi paylaşımını ve iletişimi etkisiz hale getirir. Sektörde BIM ile ilgili tüm gelişmelere rağmen, BIM yazılım gereçleri arasında birlikte çalışabilirlik hala sorunludur.

BIM'in ilk yatırım maliyeti yüksektir ve bu teknolojinin uygulanması için firma tarafından yüksek maliyetli yazılım ve donanımların satın alınması gerekliliği ve paydaşların teknolojiyi etkin bir şekilde kullanımına olanak tanımak için verilecek eğitim maliyeti de BIM'in kullanıma engel oluşturan diğer önemli faktörler arasındadır. Maliyet, yatırımcıların ve potansiyel BIM'i benimseyenlerin, seçenekleri dikkatlice düşünmelerini sağlar (Allen Consulting Group, 2010). Ayrıca ilk yatırım

maliyeti dışında uygulama maliyeti de sıklıkla BIM uygulamasına engel oluşturmaktadır.

Nitelikli personel ve eğitim eksikliği BIM uygulamaları için büyük bir engel oluşturmaktadır. Firmalar BIM'in değerini kabul etse de entegrasyonu sağlamakta sorun yaşabilir. Bu durumda BIM'i entegre etmek için ya yeni personel seçmesi ya da mevcut personeli eğiterek gerekli donanım ve bilgi düzeyine ulaşmasını sağlayabilir Pfitzner ve diğerleri (2010)'a göre, BIM'in proje düzeyinde etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak için personel eğitimi zorunludur.

Üst yönetimin desteği noktasından bakıldığında ise, bazı yöneticiler yeni teknolojilere, süreçlere ve değişikliğe karşı duyarsız kalmakta ve direnç göstermektedir. BIM'in faydalarından tam olarak yararlanabilmek için firmalar tarafından yeni süreçler kullanılmalı ve üst düzey yönetimin desteği gereklidir (Eastman ve diğ., 2008).

BIM ortamındaki tasarım verilerine, erişim ve telif hakkının nasıl korunacağı ile ilgili sorunun çözülmesi gerekmektedir (Azhar ve diğ., 2008). Percio (2007)'ye göre verilerin sahipliği proje paydaşlarının ihtiyaçlarına bağlı olarak her projede ele alınmalıdır.

BIM'in kullanıma engel olan diğer bir etken proje paydaşlarının hata sorumluluğunu üstlenmekte isteksiz olmalarıdır. Entegre BIM risk ve yükümlülüğün artması ile olası sorumluluk seviyesini bulanıklaştırır.



### **3. DÜNYADA VE TÜRK YAPI SEKTÖRÜNDE BIM KULLANIMI**

Son yıllarda popüler olan ve benimsenmeye başlanan BIM, farklı disiplinler ve proje paydaşları arasındaki bilgi alışverişi sırasında ortaya çıkabilecek sorunları en aza indirgeyerek projelerin kalitesini ve verimini artırmayı amaçlayan süreç geliştirme yöntemlerinden biridir. Bu nedenle firmaların karmaşık inşaat projelerinden kısa süre içerisinde kalite, verim almak ve pazar ortamında bir adım daha önde olabilmek amacıyla BIM kullanımına duyulan ilgi önde gelen ülkelerde artmaya başlamıştır. BIM kullanımı bazı ülkelerde devlet teşviki ve zorunluluğunun katkısı ile yaygınlaşmıştır. Başta Kuzey Avrupa ülkeleri olmak üzere, pek çok ülke BIM konusunda kendi standartlarını geliştirmiştir.

#### **3.1 Dünyada BIM Kullanımı**

Dünyada kullanımına bakıldığında; ABD’de, 2007 yılında General Services Administration (GSA) Public Building Service, yeni binaların tasarım aşamasında BIM’i zorunlu hale getirmiştir (GSA, 2007). ABD yapı sektöründe BIM’in uygulanmasında lider ülkelerden biridir. BIM konusunda kendi standartlarını (National BIM Standarts) geliştirmiştir. McGraw-Hill’in 2012 yılında yaptığı bir araştırmaya göre Kuzey Amerika’da 2007 yılında yapı sektörünün %28’i BIM araçlarını kullanmakta iken bu oran 2012 yılında %71’e yükselmiştir (McGrawHill, 2012; Bernstein ve diğ., 2012).

2011 yılında İngiltere’de BIM ile ilgili standartları hazırlamak amacıyla bir strateji oluşturulmuştur. 2011’de çoğu ülkede olduğu gibi İngiltere’de de yapı sektöründe BIM kullanımını zorunlu hale getirmek amacıyla “Government Construction Strategy (Hükümet İnşaat Stratejileri)” adlı uygulama planı yayınlamıştır. BIM’i kamu projelerinde zorunlu hale getirmiştir (UKCO, 2011).

Ayrıca, Norveç’te buildingSMART (NO 2008), Avustralya’da CRC Construction Innovation (CRC CI 2008), Danimarka’da DK (DK 2008) en bilinen ulusal BIM standartlarıdır. Norveç’te BIM uygulamalarına devlet tesislerinin yapımından yönetiminden ve geliştirilmesinden sorumlu bir firma olan Statsbygg öncülük etmektedir. 2010 yılından itibaren BIM zorunlu hale getirilmiştir (Özorhon,

2018). Avustralya’da BIM kullanımı şu anda yapı sektöründe yaygın değildir ve BIM’in projelerde kullanılması ile ilgili bir zorunluluk bulunmamaktadır. Danimarka güçlü bir BIM destekleyicisidir ve BIM’in araştırma ve geliştirmesine yoğun bir yatırım yapmaktadır. Bazı devlet kurumları projelerde BIM kullanımını zorunlu kılmaktadır (Özorhon, 2018). BIM’in dünyada gelişimine dair yapılan çalışmalardan biri olan McGrawHill Construction SmartMarket 2014 raporunda farklı ülkelerdeki BIM adaptasyon oranları Tablo 3.1’de yer almaktadır (McGrawHill, 2014).

**Tablo 3.1:** 2013 ve 2015’te BIM uygulama oranları (McGrawHill, 2014).

Ülke	2013	2015
ABD	% 55	% 79
İngiltere	% 28	% 66
Almanya	% 37	% 72
Brezilya	% 24	% 73
Avustralya	% 33	% 71
Yeni Zelanda	% 23	% 50
Japonya	% 27	% 43
Güney Kore	% 23	% 52
Kanada	% 29	% 54

Tablo 3.1’de verilen oranlara göre BIM adaptasyonunun en yüksek olduğu ülke ABD’dir.

### 3.2 Türk Yapı Sektöründe BIM

Türkiye’de BIM kullanımı ise diğer dünya ülkeleri baz alındığında henüz başlangıç aşamasında değerlendirilebilir. Ancak bazı yerli firmaların uluslararası düzeydeki ihale edilen projelerinde ve sözleşmelerinde işveren talepleri doğrultusunda BIM kullanımına yönelim artmaya başlamıştır. Ancak Türkiye’deki çoğu firmanın alışkanlıklarından kopmak istememeleri, benimsemiş oldukları kendilerine özgü iş stratejilerinden vazgeçmek istememeleri, mevcut düzen ve metotlar içerisinde devam etmek istemeleri Türkiye’de BIM’e geçiş süreçlerini ve adaptasyonu etkileyen faktörlerdendir. Bir diğer önemli etken ise BIM kullanım oranlarının yüksek olduğu dünya ülkelerinde, BIM’e geçiş süreçlerinde referans alınabilecek kılavuzlar, el

kitapları veya standartlar mevcut iken, Türkiye’de BIM’e geçiş süreçlerinde referans alınabilecek standartlar bulunmamaktadır. Bu sebepler ile BIM’e geçmeyi hedefleyen firmalar, ihtiyaçlarını belirlemede ve bu ihtiyaca cevap veren bir süreç yönetimi yapmakta zorlanmaktadırlar (Öktem ve Ergen, 2017). Türkiye’de BIM’in 3D’den 7D’ye kadar olan yelpazede farklı projelerde uygulanabilir olduğu görülmektedir. Hem çelik hem de betonarme projelerde görselleştirme, çakışma tespiti ve planlama başta olmak üzere BIM’in farklı alanlarındaki işlevlerinden fayda sağlanmaktadır (Özorhon, 2018).

BIM’in Türk Yapı Sektörüne adaptasyonu ya da sektörde kullanımı bağlamında yapılan bazı yayınlar ve tez çalışmaları bulunmaktadır. Pektaş (2009), Akkaya (2012), Kıvırcık (2016), Özorhon ve Karahan (2016), Sarı (2017), Öktem ve Ergen (2017), Tekin (2017) tarafından yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Pektaş (2009) tarafından hazırlanan çalışmada bilgisayar destekli tasarım araçlarından son dönemin en çok dikkat çeken aracı olan BIM’i klasik çizim yöntemlerinden ayıran belirgin özellikleri ve BIM’in yapı sektöründe kullanımının önüne çıkan engelleri belirlenmeye çalışılmıştır ve bu engelleri ortadan kaldırmak için öneriler sunulmuştur. BIM uygulamalarının sektörde yaygınlaşmasının beklendiğinden çok daha yavaş ilerlemesinin sebeplerinin; yapı sektörünün dağınık örgütlenmesi, yeni tasarım yöntemlerine olan gereksinimin farkında olmama, BIM uygulamalarının vaadettiklerinin ne kadarını gerçekleştirebilmesi, karmaşık bir bilgiler bütünü olan yapı tasarımı bilgisinin ne kadarının sayısal sistemlerde temsil edilebilmesi olduğu kanısına varılmıştır. Bu çalışmada BIM’in tasarım bilgisinin bilgisayar ortamında temsilini şimdiye kadarki sistemler arasında en iyisi olduğunun, mimari tasarıma yön vereceğinin ve tasarım süreçlerini dönüştüreceğinin önemi vurgulanmış olup, ancak bu dönüşümün kolay olmayacağı belirtilmiştir. Bu çalışma ile yapı sektöründe çalışanların yenilikler hakkında bilgi sahibi olmaları ve sektörün yeni sistemlere uyum sağlamak için dönüşümünün çeşitli platformlarda tartışılması ve tasarım eğitiminde de öğrencilere parametrik ve bilgi-tabanlı tasarım hakkında bilgiler verilmesi ve bu tür uygulamalar yaptırılması gerektiği önerilmiştir.

Akkaya (2012) tarafından hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasının amacı; BIM’in sektördeki kullanım alanını ve yaygınlığını tespit etmek aynı zamanda da beton atığının azaltılmasına katkısını belirlemektir. Çalışma anket uygulamaları ile desteklenmiştir. Anket sonuçlarına göre BIM’i kullanan ve kullanmayan firmalar

arasında belirgin bir fark olmadığı tespit edilmiştir. BIM'in yapı sektörü için gerekli bir yenilik olduğu, firmaların BIM'i kullandıkları takdirde avantaj sağlayacakları konusunda hemfikir oldukları kanısına varılmıştır.

Kıvırcık (2016) tarafından yapılan yüksek lisans tezi kapsamında, BIM'in sektörde etkin bir şekilde nasıl kullanılabileceği, BIM kullanımının proje yönetimi alanlarına katkısı ve BIM'in sektörde yaygınlaşmama nedenleri incelenmiştir. Çalışmanın araştırma yöntemi anket çalışmasıdır. Anket soruları sektörde faaliyet gösteren 18 firmadan BIM ile ilgili çalışanlara yöneltilmiştir. Çalışmanın amacı BIM kullanımının yaygınlaşması için öneriler geliştirmektir. Bu çalışma sonuçlarına göre Türk yapı sektöründe BIM kullanımı çok yaygın olmamakla birlikte sektörde BIM konusunda bir farkındalık olduğu gözlenmektedir. Firmaları BIM kullanımına yönelten veya BIM kullanmaya motive edecek faktörler olarak işveren talebi, sözleşmede BIM kriterinin yer alması, ve küresel rekabet gücü kazanmak belirlenmiştir. Firmaların BIM'i daha çok tasarım ve planlama aşamasında kullandıkları saptanmıştır. Bu araştırmanın sonuçları göstermektedir ki BIM, proje maliyetini, proje tamamlanma süresini, inşaat süresi boyunca oluşan toplam revizyon sayısını azaltmakta ve proje kalitesini arttırmaktadır. Çalışmada BIM kullanımının yaygınlaşabilmesi için teşvik edici unsurlar olarak BIM'in devlet ihalelerinde zorunlu hale gelmesi, üniversitelerde BIM konusunda verilen eğitimlerin artırılması, BIM'le üretilen binalarda vergi avantajı sağlanması, bu konudaki seminer, panel ve konferansların artırılması belirtilmiştir.

Özorhon ve Karahan (2016) etkili BIM uygulamaları için temel başarı faktörleri belirlemeye çalışmışlardır. BIM uygulamalarını olumlu veya olumsuz yönde etkileyen başarı faktörleri belirlenerek çalışma kapsamında bir anket çalışması yapılmıştır. Yapılan faktör analizi sonucunda toplam 16 adet temel başarı faktörü belirlenmiş ve bunlar insan, sektör, proje, kurum ve kaynak olarak 5 ana grupta incelenmiştir. Çalışmanın sonucu BIM kullanıcılarının genellikle BIM'i seviye 2 düzeyinde uyguladıklarını göstermektedir. BIM sırasıyla en çok konut (%34), kurumsal ve ticari binalar (%28), endüstriyel inşaatlar (%26) ve altyapı projelerinde (%12) kullanılmaktadır. BIM daha çok tasarım ve yapım öncesi aşamalarda kullanılırken işletme ve bakım aşamasında kullanımının sınırlı olduğu görülmektedir. Söz konusu çalışmada BIM uygulamalarının etkin bir şekilde gerçekleşmesinde hem kamu sektörünün hem de özel sektörün önemli bir rolü olduğu vurgulanmıştır.

Sektördeki öncü firmaların digital fabrikasyon, bulut bilgi işlem, büyük veri ve matematiksel analiz, coğrafi bilgi sistemleri, akıllı şehirler ve mobil platformlar gibi teknolojik yenilikleri kavrama ve iş süreçlerine adapte etmeleri BIM adaptasyonu üzerinde önemli derecede etki yaratacak ve sektöre bu anlamda katkıda bulunacaktır.

Sarı (2017)'nin yüksek lisans tez çalışmasında Türkiye'de yapı sektöründeki firmaların BIM olgunluğuna odaklanılmıştır. Bu konudaki eksikliği kapatmak adına bu çalışmada yedi mimarlık ve mühendislik firmasıyla BIM olgunluğu değerlendirmesi yapılmıştır. BIM uygulama yönergesi eksikliğinin pratikte ne tür engeller oluşturduğunu anlamak için Amerika ve İngiltere'deki kullanım yönergeleriyle Türkiye'deki resmi hizmet belgeleri kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonuçları sektörde BIM uygulama yönergesi eksikliği olduğunu ortaya koymaktadır.

Öktem ve Ergen (2017) tarafından hazırlanan bir başka çalışmada ise Türk yapı sektöründe BIM kullanımına geçiş yapmak isteyen firmaların adaptasyon süreçlerinde zorluk yaşamamaları için kılavuz olarak kullanabilecekleri çerçeveler oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda organizasyonel ve operasyonel olmak üzere iki çerçeve geliştirilmiş olup bu çalışma kapsamında yalnızca operasyonel çerçeve hakkında bilgi verilmiştir. Bu çerçevede bağlamında BIM'in uygulama alanları, bu alanların bileşenleri ile teknoloji, prosedürler ve BIM aktörlerinin girdi olacağı bir BIM süreci için gerekli olan dört adıma ayrılmıştır. Bu çalışmada BIM'e geçişin bir kültür değişimini beraberinde getirdiği ve adaptasyonu zaman alacağı vurgulanmış olup, bu çalışmada geliştirilen çerçeve yardımıyla adaptasyon sürelerinin kısaltılacağı ve BIM'in projeye olan faydalarının daha kısa sürede elde edileceği kanısına varılmıştır.

Tekin (2017) tarafından hazırlanan doktora tez çalışması BIM'in Türk yapı sektörüne uygulanması için stratejik bir yol haritası önermeyi hedeflemiştir. Çalışmada araştırma yöntemi olarak SWOT analizi yapılmış olup, sektörde BIM'in mevcut durumu ve uygulanabilirliği için güçlü ve zayıf yönleri, fırsat ve tehditleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amacı Türkiye'de BIM'e geçiş için yol haritası stratejisi önermenin yanında eğitim, teknolojik adaptasyon, kamu teşvikleri ve yaptırımların önemini vurgulayarak ilgili literatüre katkıda bulunmaktır.

### 3.2.1 BIM Kullanılan Örnek Projeler

Tez kapsamında sadece Türkiye’de gerçekleştirilen projeler hakkında bilgiler verilmiştir. Bu kapsamda toplamda 10 projeye dair bilgiler ve görseller sunulmuştur.

#### 3.2.1.1 Emaar Square

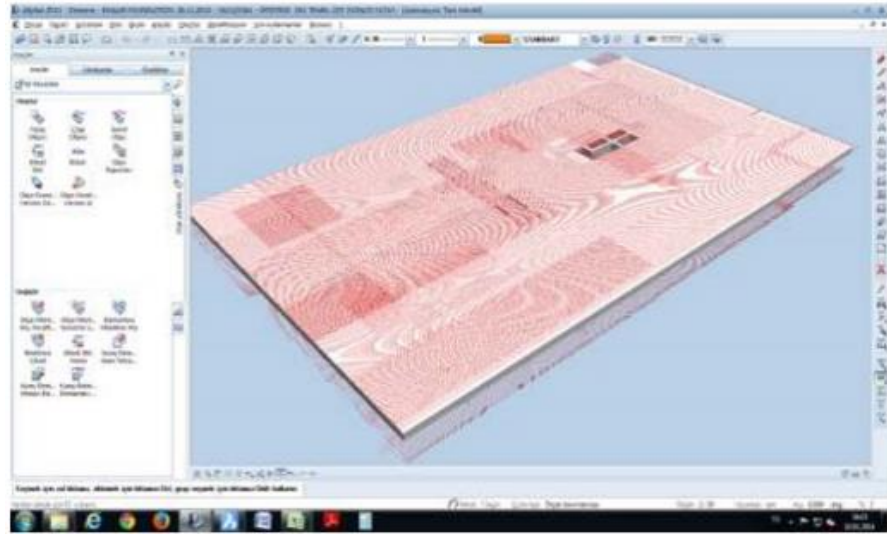
**Tablo 3.2:** Emaar Square proje bilgileri (Özorhon, 2018).

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	Foster+Partners, İki Design Group, DP Architects, KTG Y, SWA
<b>Yer-Tarih</b>	İstanbul-2013
<b>Proje Tipi</b>	Alışveriş Merkezi+Konut+Otel
<b>Yazılım</b>	Revit, Allplan, Nawisworks Manage, Nawisworks Simulate, Scene, Faro LS, 3Ds Max, Geomatic Wrap
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Modelleme, Çakışma Analizi, Metraj, 4D Simülasyon, Varvasyon İzleme, Uygulama Projelerinin Lazer Taralı Onayı
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Projenin üç boyutlu model, metraj, mekanik, statik, elektrik verilerini doğru ve hızlı bir biçimde oluşturup, üç boyutlu model üzerinde ve uygulama esnasında oluşabilecek problemlerin tesbit edilmesini sağlamak

Şekil 3.1’de görseli verilmiş olan 2013 yılında yapımına başlanan ve 2017 yılında tamamlanan Emaar Square Projesi alışveriş merkezi, konut, ofis ve otel fonksiyonlarını birarada bulunduran karma kullanımlı bir projedir (Tablo 3.2). Proje için üç boyutlu model Allplan BIM programında oluşturulup mimari, statik, mekanik, elektrik için gereken verilerde üç boyutlu hale getirilmiştir. Daha sonra elde edilen verilerle Allplan’da elde edilmiş metrajları Avinal ERP Sistemine aktarıp keşif, analiz, maliyet ile ilgili verilere ulaşılmaktadır. Proje sahiplerinin projeler ile ilgili verdikleri gereken dökümanlar (Mimari, Statik, Elektrik, Mekanik, Peyzaj) BIM (3D Allplan) ortamında tekrar çizerek tüm metrajları mahal ve kat bazında otomatik bir şekilde elde edilir (Şekil 3.2, Şekil 3.3). BIM ile yani bu üç boyutlu çalışma ile mimari ve statik projeleri arasındaki veya uygulama detaylarındaki mevcut aksaklıkları belirlenmiş olmaktadır ( Seifloo ve Pamuk, 2014).



Şekil 3.1: Emaar Square görseli (URL-7).



Şekil 3.2: Emaar Square allplan temel donatı modeli ( Seifloo ve Pamuk, 2014).

Alan	Boy	Yükseklik	Alan	Boy	Yükseklik	Alan	Boy	Yükseklik
1	10	10	10	10	10	10	10	10
2	10	10	10	10	10	10	10	10
3	10	10	10	10	10	10	10	10
4	10	10	10	10	10	10	10	10
5	10	10	10	10	10	10	10	10
6	10	10	10	10	10	10	10	10
7	10	10	10	10	10	10	10	10
8	10	10	10	10	10	10	10	10
9	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	10	10	10	10	10	10	10	10
12	10	10	10	10	10	10	10	10
13	10	10	10	10	10	10	10	10
14	10	10	10	10	10	10	10	10
15	10	10	10	10	10	10	10	10
16	10	10	10	10	10	10	10	10
17	10	10	10	10	10	10	10	10
18	10	10	10	10	10	10	10	10
19	10	10	10	10	10	10	10	10
20	10	10	10	10	10	10	10	10
21	10	10	10	10	10	10	10	10
22	10	10	10	10	10	10	10	10
23	10	10	10	10	10	10	10	10
24	10	10	10	10	10	10	10	10
25	10	10	10	10	10	10	10	10
26	10	10	10	10	10	10	10	10
27	10	10	10	10	10	10	10	10
28	10	10	10	10	10	10	10	10
29	10	10	10	10	10	10	10	10
30	10	10	10	10	10	10	10	10
31	10	10	10	10	10	10	10	10
32	10	10	10	10	10	10	10	10
33	10	10	10	10	10	10	10	10
34	10	10	10	10	10	10	10	10
35	10	10	10	10	10	10	10	10
36	10	10	10	10	10	10	10	10
37	10	10	10	10	10	10	10	10
38	10	10	10	10	10	10	10	10
39	10	10	10	10	10	10	10	10
40	10	10	10	10	10	10	10	10
41	10	10	10	10	10	10	10	10
42	10	10	10	10	10	10	10	10
43	10	10	10	10	10	10	10	10
44	10	10	10	10	10	10	10	10
45	10	10	10	10	10	10	10	10
46	10	10	10	10	10	10	10	10
47	10	10	10	10	10	10	10	10
48	10	10	10	10	10	10	10	10
49	10	10	10	10	10	10	10	10
50	10	10	10	10	10	10	10	10
51	10	10	10	10	10	10	10	10
52	10	10	10	10	10	10	10	10
53	10	10	10	10	10	10	10	10
54	10	10	10	10	10	10	10	10
55	10	10	10	10	10	10	10	10
56	10	10	10	10	10	10	10	10
57	10	10	10	10	10	10	10	10
58	10	10	10	10	10	10	10	10
59	10	10	10	10	10	10	10	10
60	10	10	10	10	10	10	10	10
61	10	10	10	10	10	10	10	10
62	10	10	10	10	10	10	10	10
63	10	10	10	10	10	10	10	10
64	10	10	10	10	10	10	10	10
65	10	10	10	10	10	10	10	10
66	10	10	10	10	10	10	10	10
67	10	10	10	10	10	10	10	10
68	10	10	10	10	10	10	10	10
69	10	10	10	10	10	10	10	10
70	10	10	10	10	10	10	10	10
71	10	10	10	10	10	10	10	10
72	10	10	10	10	10	10	10	10
73	10	10	10	10	10	10	10	10
74	10	10	10	10	10	10	10	10
75	10	10	10	10	10	10	10	10
76	10	10	10	10	10	10	10	10
77	10	10	10	10	10	10	10	10
78	10	10	10	10	10	10	10	10
79	10	10	10	10	10	10	10	10
80	10	10	10	10	10	10	10	10
81	10	10	10	10	10	10	10	10
82	10	10	10	10	10	10	10	10
83	10	10	10	10	10	10	10	10
84	10	10	10	10	10	10	10	10
85	10	10	10	10	10	10	10	10
86	10	10	10	10	10	10	10	10
87	10	10	10	10	10	10	10	10
88	10	10	10	10	10	10	10	10
89	10	10	10	10	10	10	10	10
90	10	10	10	10	10	10	10	10
91	10	10	10	10	10	10	10	10
92	10	10	10	10	10	10	10	10
93	10	10	10	10	10	10	10	10
94	10	10	10	10	10	10	10	10
95	10	10	10	10	10	10	10	10
96	10	10	10	10	10	10	10	10
97	10	10	10	10	10	10	10	10
98	10	10	10	10	10	10	10	10
99	10	10	10	10	10	10	10	10
100	10	10	10	10	10	10	10	10

Şekil 3.3: Allplan'de alınmış donatı metraj listesi ( Seifloo ve Pamuk, 2014).

### 3.2.1.2 Niğde Üniversitesi Teknopark

**Tablo 3.3:** Niğde Üniversitesi Teknopark proje bilgileri ( Çapkın ve Özcan, 2013).

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	DBC Mimarlık
<b>Yer-Tarih</b>	Niğde-2013
<b>Proje Tipi</b>	AR-GE Yapısı
<b>Yazılım</b>	Revit, Tesla Structure
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Koordinasyon, Çakışma Analizi, Keşif, Metraj, Varvasyon İzleme
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Geleneksel çizim teknikleri ortaya çıkan uzun çalışma sürecini ve hataları en aza indirmeyi sağlamak, Tek bir proje üzerinde aynı anda birden fazla kişinin çalışabilmesini sağlamak, Metraj, keşif vb. dokümanların hazırlanabilmesi için tekrar bir sürecin yaşanmamasını sağlamamak

Proje bilgileri Tablo 3.3'te belirtilmiş olan Niğde Teknopark projesi Niğde Üniversitesi'nin teknoloji geliştirme bölgesi olarak tanımlanan arazisi içerisinde yapılmıştır. Teknopark irili ufaklı birçok firmaya hizmet sunacak ve farklı ihtiyaçlarını karşılayacak bir yapıda olmak zorundadır. Bu amaca ulaşabilmek için esnek bir yapı tasarlanmıştır. Yapı tekno girişimciler için ofisler, şirket ofisleri, yemekhane, toplantı salonları, yönetim bölümü ve ek birimlerle birlikte toplam 4500 m<sup>2</sup> dir. Projede esneklik ön planda tutularak ofislerin modüler olarak düzenlenmiştir. Bu amaçla tesisat kanalları dikey unsurlar olarak kurgulanmış ve gölgeleme işlevide eklenerek yapıda kullanılmıştır. Projede arazi koordinatları alınarak Revit programına girilmiştir; güneş, ısı ve rüzgar analizleri de göz önünde bulundurlarak enerji performansı yüksek bir yapı elde edilmiştir (Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).

Niğde Tekno Park projesinde sıkıntı çekilen konu projenin tasarımından ihale süreci içerisinde bir ayda tamamlanması gerektiği olmuştur. BIM kullanımı ile farklı şehirlerde bulunan proje paydaşları koordinasyonun sağlanması ve aynı proje üzerinde çalışabilmeleri sağlanmış olup proje süresinin kısalmasını sağlamıştır. Ayrıca genel proje tartışmaları ve istenen revizyonlar için yine aynı sunucu sisteminde oluşturulan tartışma grupları (discussion board) ve yetkilendirilmiş revizyon takip sistemi (workflows) kullanılarak hangi işi kimin, hangi tarihe kadar yapacağı, bu değişikliğe kimin onay veya red vereceği bilgisi tek noktadan sağlanmıştır. Bununla birlikte süre kısıtlamaları nedeniyle tüm değişikliklerden müşterinin de haberdar olabilmesi



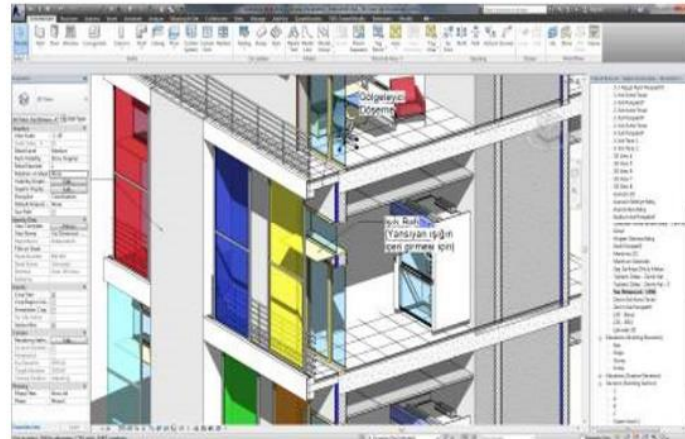
amacıyla sisteme eklenerek tartışma grubuna müşterinin de aktif katılımı sağlanmıştır (Çapkın ve Özcan, 2013).



Şekil 3.4: Niğde Üniversitesi Teknopark binası görseli (URL-8).



Şekil 3.5: Teknopark renkli kesit (Çapkın ve Özcan, 2013).



Şekil 3.6: Işık rafı / 3B sistem detayı (Çapkın ve Özcan, 2013).

### 3.2.1.3 Abdullah Gül Cumhurbaşkanlığı Müzesi ve Kütüphanesi Renovasyon Projesi

**Tablo 3.4:** Abdullah Gül Cumhurbaşkanlığı müzesi ve kütüphanesi renovasyon projesine dair bilgiler (Özhorhon, 2018).

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	Emre Arolat Mimarlık
<b>Yer-Tarih</b>	Kayseri-2016
<b>Proje Tipi</b>	Kültür Yapısı
<b>Yazılım</b>	Allplan, Naviswork, Primavera, Allplan AX 300
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Modelleme, Saha Koordinasyonu, Çakışma Analizi, Planlama, Maliyet
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Mevcut yapının geçerliliğini koruyan, binanın doğal yapısı için büyük öneme sahip gerekli onarım ve yenileme işlemlerini içeren planlama sağlamak

1933'te Ivan Nikolaev yönetimindeki bir grup Rus mimar tarafından Kayseri'de kurulan Sümerbank Tekstil Fabrikası, Türkiye'de Cumhuriyet döneminde sanayileşme ve modernleşme hareketinin en önemli sembollerinden biri olmuştur. Sanayi kompleksi 1999 yılında kapatılarak terk edilmeye bırakılmıştır.

2013-2016 yılları arasında Abdullah Gül Başkanlık Müzesi ve Kütüphanesi'ne dönüştürülen fabrikada korumaya yönelik müdahaleler, mevcut uygun bileşenleri korurken, bina fiziği için hayati önem taşıyan gerekli onarım ve yenileme işlemlerini kapsayacak şekilde planlanmıştır. Mevcut binaların dönüşümü, onları dokunulmaz kılmaktan, aşırı müdahaleye ve varolan karaktere zarar vermemeye yönelik bir yaklaşımla yürütülmüştür. Yapılar, zamanla takviye olan katmanlar ile bir bütün olarak görülmekte, bunun sonucu olarak, mevcut durumdan ziyade belirli bir dönemi ortaya çıkaracak bir restorasyon sürecinden kaçınmak için belirli bir çaba harcanmıştır (URL-9).

Projede BIM fonksiyonu Tablo 3.4'te belirtildiği üzere; 3D Modelleme, Saha Koordinasyonu, Çakışma Analizi, Planlama, Maliyet içereceklerini kapsamaktadır. Ayrıca kullanılan BIM araçları ise Allplan, Naviswork, Primavera, Allplan AX 300'dır. Abdullah Gül Başkanlık Müzesi ve Kütüphanesi Renovasyon Projesi görselleri Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de BIM modeli ise Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.7: Abdullah Gül müzesi görseli (URL-9).



Şekil 3.8: İç mekan görseli (URL-10).



Şekil 3.9: BIM modeli (URL-11).

### 3.2.1.4 Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Tablo 3.5: Ok Meydanı ve Araştırma hastanesi projesine dair bilgiler ( Özhorhon, 2018).

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	BOLD Mimarlık
<b>Yer-Tarih</b>	İstanbul-2016
<b>Proje Tipi</b>	Sağlık Yapısı
<b>Yazılım</b>	Revit, Tekla, Etaps, Navisworks, Formit, Inght, Synchro, Dynamo
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Koordinasyonu, Çakışma Analizi, Planlama, Maliyet
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	2 Boyutlu proje çizimlerini ve raporları kullanılarak, oluşturulan BIM modeli çakışmaları tespit ederek problemleri ortadan kaldırmak, BIM'in 4. ve 5. Boyutu ile zamanlama ve maliyet tasarrufu yapmak

2015 yılında yapımına başlanan Okmeydanı ve araştırma hastanesi projesinde kullanılan BIM araçları Tablo 3.5'te belirtildiği üzere; Revit, Etaps, Navisworks, Formit, Insight, Synchro ve Dynamo'dur. Yararlanılan BIM Fonksiyonları ise 3D koordinasyon, çakışma analizi, planlama ve maliyettir.

BOLD mimarlık projede 2 boyutlu proje çizimleri ve raporları kullanarak BIM koordinasyon modelini oluşturmak üzere görev almıştır. Oluşturulan koordinasyon modeli ile çakışmalar tespit edilmiş ve çözülmüştür. BIM modeli üzerinden oluşturulan saha çizimleri ile proje paydaşlarının değişiklikleri güncel olarak takip edebilmeleri sağlanmıştır. Ayrıca 4D simülasyon ve 5D maliyet modellerini geliştirilerek hem zaman hem de maliyet tasarrufu yapılmıştır. Enerji tasarruf sistemlerin de kullanıldığı projede yapının kendi enerjisini üretebilmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte açığa çıkan ısı enerjisi ile de hastanenin ısıtılması ve soğutulması sağlanarak işletme maliyetleri minimuma indirilmiş olacaktır (Özorhon, 2018).

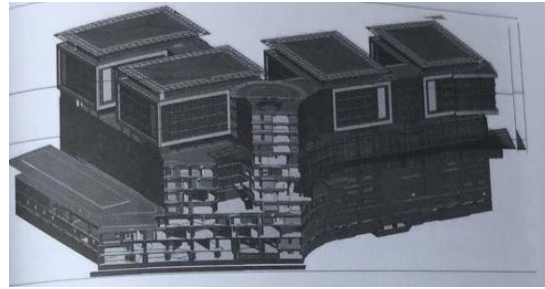
Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi görseli Şekil 3.10’da, 3 boyutlu modeli Şekil 3.11’de ve BIM modeli Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.10: Ok Meydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi görseli (URL-12).



Şekil 3.11: 3 boyutlu model (URL-13).



Şekil 3.12: BIM modeli görseli (Özorhon, 2018).

### 3.2.1.5 Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali Renovasyon Projesi

**Tablo 3.6:** Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali Renovasyon projesine dair bilgiler  
(Duru ve Badem, 2010).

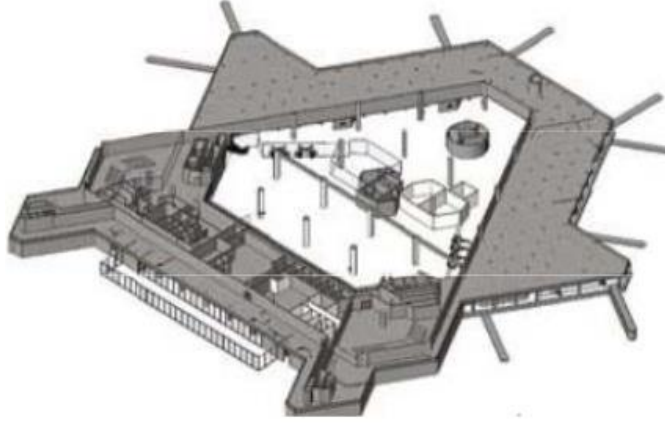
PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	TAV Construction
<b>Yer-Tarih</b>	İstanbul-2005
<b>Proje Tipi</b>	Ulaşım Yapısı
<b>Yazılım</b>	Revit, Autodesk
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Modelleme, Çakışma Analizi, Keşif, Metraj, Tesis Yönetimi
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Proje hazırlanması, revizyonu ve tesis işletimini etkin kılmak, BIM modeli ile farklı disiplinlerin erişebileceği edilebilmesi kolay olan bir platform sunmak ve daha fazla detayda bilginin yönetimini ve güncel tutulabilmesini sağlamak, Yazılımın parametrik özelliği ile kaydedilen değişkenleri kolayca düzenlemek ve farklı evrelerde geliştirilip kullanılmasına imkan vermek

2000 yılından beri Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali'ni işletmekte olan TAV 2005 yılı Temmuz ayında yıllık 7,5 milyon yolcuya hizmet eden İç Hatlar Terminali'ni de işletmeye başlamıştır. Proje hazırlanması, revizyonu ve tesis işletimini daha etkin hale getirmek için şirket BIM'de karar kılmış ve 2005 yılında BIM yazılımlarından Autodesk Revit'i edinmişlerdir. Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali renovasyon projesi başından sonuna kadar Revit ile çizilmiştir. Proje 60,000 m<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. İç Hatlar terminali projesi oldukça eskimiş ve ihtiyaçlara hizmet veremeyecek hale gelmiş eski terminal'in kapsamlı yenilenmesini içermekte ve 70 milyon dolarlık bir yatırım gerektirmiştir. Terminal cepheleri Dış Hatlar terminali gibi modernleştirilmiş, terminal girişi, genel dekorasyonu, yolcu bekleme alanları, tuvaletler, yemek ve içecek alanları, alışveriş mekanları ve yangın güvenlik sistemi kapsamlı bir şekilde yenilenmiştir. Bu yenilikler yolcu işlem hızı ve bagaj nakil süresinde de iyileşmeler sağlamıştır. BIM'in genel olarak tasarım ve yapım aşamalarında kullanılıp yapım sonrası aşamalarda çok tercih edilmemesine rağmen tesisin işletilmesinde BIM kullanılması önemlidir (Duru ve Badem, 2010).

Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali projesinde kullanılan BIM araçları Tablo 3.6'da belirtildiği üzere; Revit ve Autodesk'tir. Yararlanılan BIM Fonksiyonları ise 3D Modelleme, Çakışma Analizi, Keşif, Metraj, ek olarak Tesis Yönetimi'dir. Atatürk Havalimanı İç Hatlar Terminali Renovasyon Projesi görseli Şekil 3.13'de, BIM modeli Şekil 3.14'de ve yeni check in adaları fotoğraf ve çizimi Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.13: Atatürk Havalimanı görseli (URL-14).



Şekil 3.14: BIM modeli (Duru ve Badem, 2010).



Şekil 3.15: Yeni check in adaları fotoğraf ve çizimi (Duru ve Badem, 2010).

### 3.2.1.6 İstanbul Yeni Havalimanı

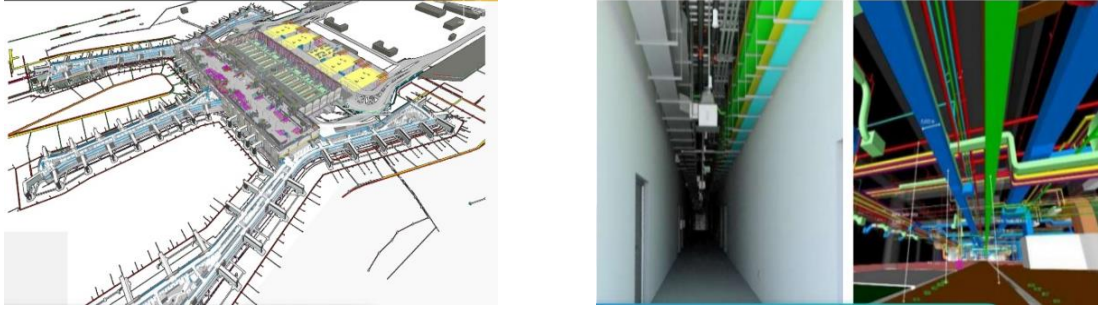
**Tablo 3.7:** İstanbul Yeni Havalimanı projesine dair bilgiler (Özorhon, 2018).

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	İGA
<b>Yer-Tarih</b>	İstanbul-2013
<b>Proje Tipi</b>	Ulaşım Yapısı
<b>Yazılım</b>	Revit, Naviswork, BIM 360 Apps, Tekla
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Modelleme, Kalite Güvence, Kalite Kontrol, 4D Simülasyon, Metraj, Enerji Analizi, Çakışma Analizi, İşletmeye Alma, Tesis Yönetimi
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Tasarım ve inşaat verimliliğini arttırmak ve farklı disiplinlerin koordinasyonunu sağlamak, İşletme ve bakım aşamalarında gerekli tüm bilgilerin depolanarak gelecekte ortaya çıkabilecek problemlerin çözülmesini sağlamak

2014 yılında yapımına başlanan ve 2018 yılında tamamlanan İstanbul Yeni havalimanı projesinde BIM'in ana fonksiyonu tasarım ve yapım aşamalarında proje paydaşları arasında bütünleştirici bir platform oluşturmaktır. Tüm disiplinler tarafından gerekli mühendislik kararlarını içeren imalatta hazır BIM modeli saha ile mobil uygulamalar aracılığıyla paylaşılmıştır. Mühendisler sahadaki uygulamaları tabletlerindeki güncel BIM modelleri ile denetlemişlerdir. Bu durum tasarımın sahada daha hızlı bir şekilde gecikmeler yaşanmadan uygulanmasını sağlamıştır (Özorhon, 2018). İstanbul Yeni Havalimanı projesinde kullanılan BIM araçları Tablo 3.7'de belirtildiği üzere; Revit ve Autodesk'tir. Yararlanılan BIM Fonksiyonları kalite güvence/kalite kontrol, metrajın çıkartılması, planlama ve proje kontrolü, enerji analizi, işletmeye alma ve tesis yönetimini kapsamaktadır. İstanbul Yeni Havalimanı görseli Şekil 3.16'da, BIM modelleri Şekil 3.17'de verilmiştir.



**Şekil 3.16:** İstanbul Yeni havalimanı (URL-15).



Şekil 3.17: İstanbul Yeni havalimanı BIM modelleri (URL-16).

### 3.2.1.7 KKTC Ercan Havalimanı

Tablo 3.8: KKTC Ercan havalimanına dair bilgiler (Özorhon, 2018)

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	BOLD Mimarlık
<b>Yer-Tarih</b>	Lefkoşa-2015
<b>Proje Tipi</b>	Ulaşım Yapısı
<b>Yazılım</b>	Revit, Tekla, Etaps, Naviswork, Formit, Insight, Synchro, Dynamo
<b>BIM Fonksiyonu</b>	Çakışma Tespiti, Saha Koordinasyonu, Planlama, Maliyet, Enerji Analizi
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Son teknolojiyle uygun, doğa dostu ve artan yolcu kapasitesine hizmet verebilecek tasarımı oluşturmak, Tasarım geliştirmek, Taşıyıcı sistem tasarımı, analizi ve projelerini oluşturmak, Tasarım ve BIM yönetimi oluşturmak

2013 yılında yapımına başlanan ve 2019 yılında tamamlanması planlanan KKTC Ercan havalimanı projesinde BIM'in fonksiyonu Tablo 3.8'de belirtildiği üzere çakışma tespiti, saha koordinasyonu, planlama, maliyet ve enerji analizlerini kapsamaktadır. Ayrıca projede kullanılan BIM araçları Revit, Tekla, Etaps, Naviswork, Formit, Insight, Synchro ve Dynamo'dur. Havalimanının zamanla artan olan yolcu kapasitesine hizmet verebilecek, ilerleyen teknolojiye uygun, doğa dostu ve ihtiyaçları karşılanabilecek bir tasarım oluşturulması amaçlanmıştır (Özorhon, 2018). KKTC Ercan Havalimanı görselleri Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da verilmiştir.





Şekil 3.18: KKTC Ercan havalimanı görseli (URL-17).



Şekil 3.19: Görseller (URL-17).

### 3.2.1.8 Ataköy-İkitelli Metro Hattı

Tablo 3.9: Ataköy-İkitelli Metro Hattına dair bilgiler (Özorhon, 2018).

PROJE BİLGİLERİ	
<b>Firma</b>	İBB
<b>Yer-Tarih</b>	İstanbul-2016
<b>Proje Tipi</b>	Ulaşım Yapısı
<b>Yazılım</b>	Revit, Naviswork
<b>BIM Fonksiyonu</b>	3D Modelleme, Saha Koordinasyonu
<b>BIM Kullanımındaki Amaç</b>	Yapım aşamasında tüm sürecin takip edilmesini sağlamak, Projenin ön görülen süre için de tamamlanarak işletmeye devredilmesini sağlamak

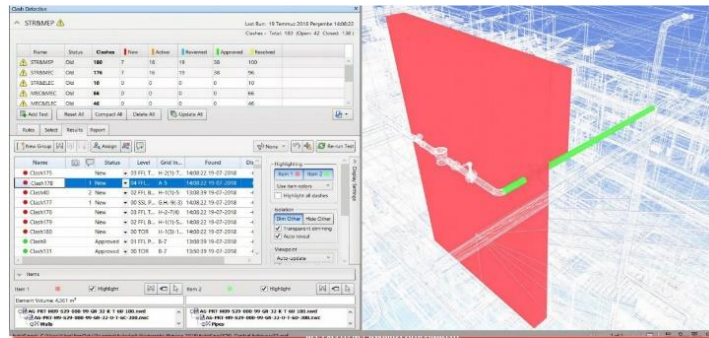
2016 ile 2019 yılları arasında yapılması planlanmakta olup, bu hat; İkitelli-Ataköy arasında yer alan yaklaşık 13,39 km uzunluğundaki ana hat tünelleri, delme, aç-kapa tipinde toplam 12 adet istasyonu bulunan bir raylı toplu taşıma sistemidir. Projede Tablo 3.9’da belirtildiği üzere Revit ve Naviswork BIM aracı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kullanılan BIM fonksiyonları ise 3D Modelleme ve Saha Koordinasyonu’dur. Ataköy-İkitelli Metro Hattı görseli Şekil 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.20: Ataköy-İkitelli Metro hattı görseli (URL-18).

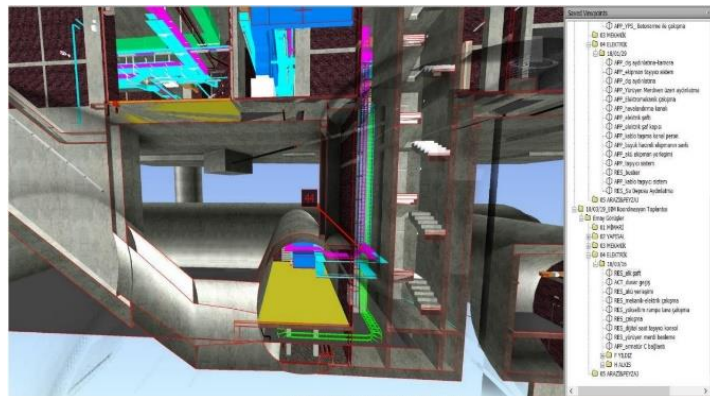
Ataköy-İkitelli metro hattında BIM ile sağlanan kolaylıklar şu şekilde belirtilmiştir;

- Çakışma tespiti ile problemler belirlenmiş ve sorunlar çözülmüştür (Şekil 3.21).



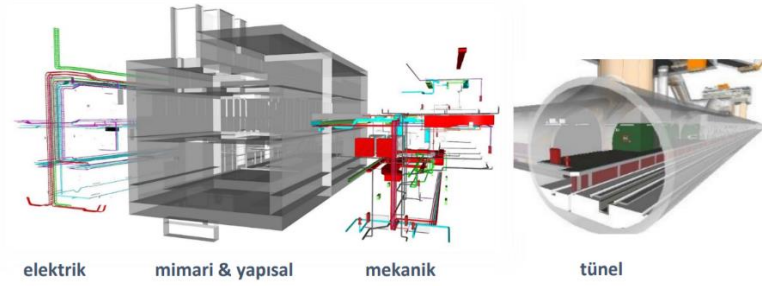
Şekil 3.21: Çakışma tespiti (URL-19).

- BIM görseli ile konsept aşamasında hızlı değişimlere imkan vermiş ve karar sürelerini kısaltmıştır (Şekil 3.22).



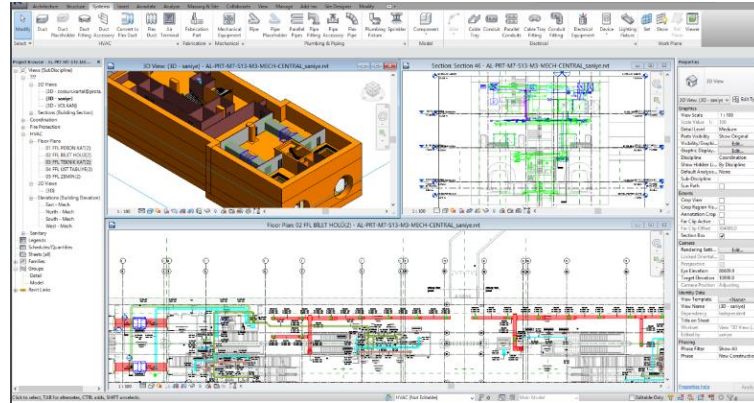
Şekil 3.22: BIM görseli (URL-19).

- Tüm disiplinlerin modeller ile çalışması sebebiyle tekrarlı iş yapılmasının önlenmiştir (Şekil 3.23).



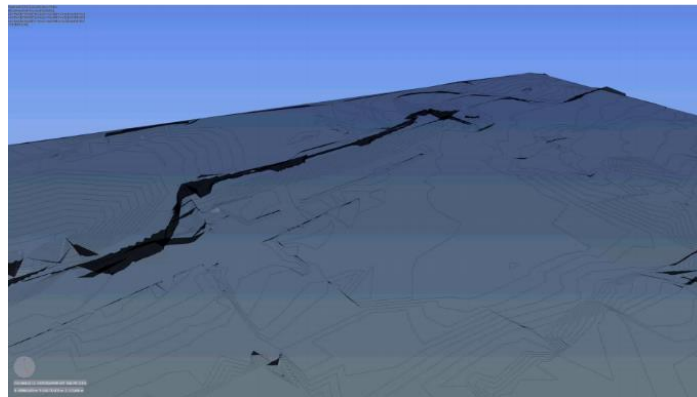
Şekil 3.23: Tüm disiplinleri içeren görsel (URL-19).

- Parametrik Modelleme ve obje tasarımları ile veriler güncel tutularak herhangi bir değişiklikte otomatik olarak güncellenmesi sağlanmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24: Parametrik modelleme (URL-19).

- 4D faz planlama ile kritik aktivitelerin kontrolü sağlanmıştır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25: 4D planlama (URL-19).

- Daha gerçekçi maliyet çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.26).

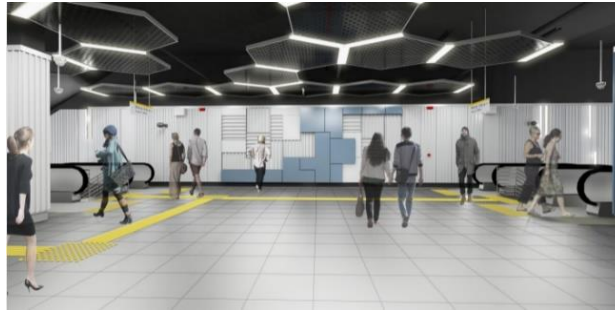
<Beton Metraj>			
A	B	C	D
Material Comments	Material POZ NO	Material Name	Material Volume
03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL			
Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	7076.62 m³
Grand total: 200			7076.62 m³

<Beton Metraj-Kat Bazı>				
A	B	C	D	E
Material	Material Comments	Material POZ NO	Material Name	Material Volume
03 42 KÖTÜ KALIP PLANI	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	1192.64 m³
03 73 TİPİK KAT	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	3.89 m³
03 38 KÖTÜ KALIP PLANI	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	664.63 m³
16 38 KÖTÜ TEMEL PLANI	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	1124.89 m³
12 38 KÖTÜ TEMEL PLANI	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	244.11 m³
01 01 PERİON KAT	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	0.07 m³
2 27 KÖTÜ KALIP PLANI	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	202.89 m³
	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	193.47 m³
	Demirli C35 Beton İmalat ve Dökülmesi	4.1 A.24.012.B	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	1493.32 m³
Grand total: 200				7076.62 m³

Şekil 3.26: Maliyet analizi (URL-19).

- Sahadan gelen imalat verilerin modele aktarılması, model güncel tutularak saha ile uyumlu modellerin işletme aşamasına teslim edilmesi sağlanmıştır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27: 3 boyutlu görsel (URL-19).

### 3.2.1.9 Dudullu-Bostancı Metro Hattı

Tablo 3.10: Dudullu-Bostancı metro hattına dair bilgiler (Özorhon, 2018 ve URL-19).

PROJE BİLGİLERİ	
Firma	İBB
Yer-Tarih	İstanbul-2016
Proje Tipi	Ulaşım Yapısı
Yazılım	Revit, Naviswork
BIM Fonksiyonu	3D Modelleme, Saha Koordinasyonu
BIM Kullanımındaki Amaç	Tüm disiplinlerde revit arayüzü ile 3D, 4D VE 5D modellerin üretilmesini sağlamak, 4D ve 5D sayfaları için altlıkların hazırlanmasını ve proje zaman yönetimini sağlamak, Naviswork aracılığı ile tasarım, planlama ve bilgi birikiminin bir arada irdelenmesini sağlamak, Tüm disiplinlere ve yazışmalara ait dökümanların bulut ortamında saklanması ve sistematik olarak paylaşılmasını sağlamak.

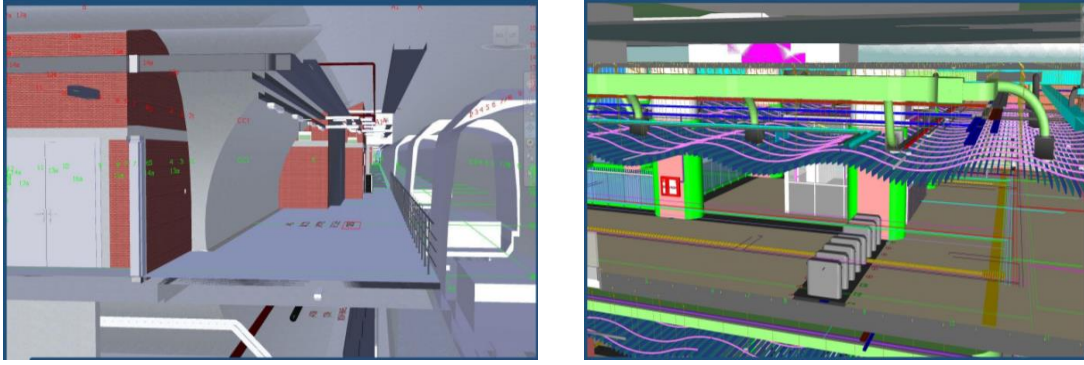
2016 ile 2019 yılları arasında yapılması planlanmakta olan bu hat; Dudullu-Bostancı arasında yer alan yaklaşık 14 km uzunluğundadır. Projede Revit ve Nawiswork BIM aracı olarak kullanılmaktadır. Tablo 3.10’da belirtildiği üzere projede BIM fonksiyonu 3D Modelleme, Saha koordinasyonu ve 4D simülasyonu olarak özetlenebilir. Dudullu-Bostancı Metro Hattı görseli Şekil 3.28’de, BIM modelleri ise Şekil 3.29’da gösterilmektedir.



Şekil 3.28: Dudullu-Bostancı metro hattı görseli (URL-20).

Dudullu-Bostancı metro hattında BIM ile sağlanan kolaylıklar şu şekilde belirtilmiştir;

- Interdisipliner tasarım ve uygulamalarda çakışmaların ve anlaşmazlıkların en aza indirgenmesi,
- Gerçekçi planlama ve maliyet analizleri ile optimum kâr/maliyet oranının elde edilmesi,
- Kurum içi ve fason tasarım verimliliğinin en üst düzeye çıkartılması,
- Hatalı imalat riskinin en aza indirgenmesi,
- Gerçekçi zaman planlaması ile imalatta gecikmelerin önüne geçilmesi,
- Mimari tasarımların 3D renderlar ile öngörülerek mimari kararların hızlı bir şekilde alınması olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.29: BIM modelleri (URL-19).

### 3.2.1.10 Seyrantepe Stadyumu Çelik Çatı Projesi

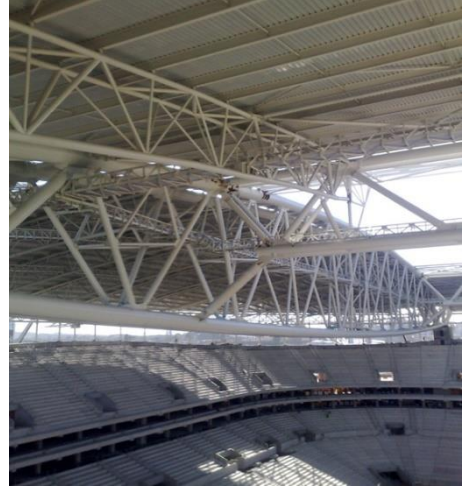
Tablo 3.11: Seyrantepe stadyumuna dair bilgiler (Özorhon, 2018).

PROJE BİLGİLERİ	
Firma	ASP
Yer-Tarih	İstanbul-2006
Proje Tipi	Spor Yapısı
Yazılım	Tekla Structures
BIM Fonksiyonu	3D Modelleme, Saha Koordinasyonu, Çakışma Tespiti, Montaj Aktivitelerinin Planlaması
BIM Kullanımındaki Amaç	Stadyumun geniş açıklıklı ve ağır rüzgar yüküne maruz kalan statik performans değerlerine uygun estetik çatı tasarımı oluşturmak

Yapımı 2010-2011 yılları arasında tamamlanan çelik çatı projesinin tasarım ve detaylandırma aşaması 4 ay, yapım aşaması ise 10 ay sürmüştür. Projede BIM'in ana fonksiyonları Tablo 3.11'de belirtildiği üzere 3D modelleme, saha koordinasyonu, çakışma tespiti ve montaj aktivitelerinin planlamasıdır. Kullanılan BIM aracı ise Tekla Structures'dür. Tekla Structures ile modellenen geniş açıklıklı dairesel kirişler ile ikincil kirişler modellenmiş olup, BIM'in projede sağladığı en büyük avantaj bağlantı noktalarındaki dairesel kesitlerin kısa zamanda en doğru şekilde birleştirilmesidir (Özorhon, 2018). Seyrantepe Stadyumu Çelik Çatı görselleri Şekil 3.30 ve Şekil 3.31'de gösterilmektedir.



Şekil 3.30: Seyrantepe stadyumu görseli (URL-21).



Şekil 3.31: Çelik çatı görselleri (URL-22).

## 4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

BIM'in Türk yapı sektöründe adaptasyonunu incelemeyi amaçlayan bu çalışma için gerekli olan veriler bir anket çalışması yapılarak toplanmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen anket çalışmasında kullanılan anket formu, bilimsel araştırma yöntemlerinin belirlemiş olduğu ilkeler ışığında hazırlanmıştır.

Anket çalışması için bir ön yazı ve anket oluşturulmuştur. Ön yazıda; çalışmanın amacı, anketi gerçekleştiren kurum ve anket çalışmasından sağlanacak bilgilerin sadece akademik amaçlı kullanılacağı ve bilgilerin gizliliğinin korunacağı ifade edilmiştir (Bkz. Ek A ve Ek B). Çalışma kapsamında hazırlanan anket formuna “*Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu*” adı verilmiştir. Anket formunda kullanılan faktörlerden bazıları Tulubas-Gokuc ve Arditi (2017) tarafından hazırlanan çalışmadan yararlanılarak oluşturulmuştur. (Bkz. Ek A ve Ek B).

### 4.1 Anket Formunun Organizasyonu

BIM'i aktif olarak kullanan mimarlık ve mühendislik firmalarına yönelik düzenlenen “Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu” adlı anket formu 13 sorudan oluşmaktadır. Bu 13 sorunun; 8 tanesi kategorik ve 5 tanesi Likert tipidir. Anketin ilk sorusu; çalışanların firmadaki pozisyonunu belirlemeye yöneliktir. Anketin ikinci ve üçüncü soruları; firmaların kurumsal özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır.

Anketin dördüncü ve beşinci soruları; BIM konusunda firmaların ve katılımcıların deneyimlerini belirlemeye yönelik ifadelerden oluşmaktadır. Altıncı soru katılımcılara firmalarında BIM'i hangi projelerde kullandıkları ile ilgilidir. Yedinci soruda katılımcılara firmalarında yapı bilgi modellemesini hangi aşamalarda (Ön yapım, yapım ve yapım sonrası aşamalar) kullandıkları sorulmuştur. Sekizinci soruda ise firmaların BIM kullandıkları toplam proje sayısı sorulmuştur. Anketin son 5 sorusu Likert tipindedir. Katılımcılara yanıtlarını 5 noktalı Likert ölçeği üzerinde belirtmeleri istenmiştir. 5 noktalı Likert ölçeğinde ‘1=hiç katılmıyorum’, ‘2=katılmıyorum’, ‘3=kararsızım’, ‘4=katılıyorum’, ‘5=tamamen katılıyorum’ olarak derecelendirilmiştir. 9.soru firmaları BIM kullanmaya engelleyen /engelleyecek



faktörleri, 10. soru ise firmaları BIM kullanımına yönelten ya da yöneltecek faktörleri belirlemeye yöneliktir. 11. soru, firmalardaki üst yönetimin BIM adaptasyonu hususundaki eğilimlerini belirlemek amacı ile sorulmuştur. 12. soru firma çalışanlarının BIM konusundaki yeterlilikleri ile ilgilidir. Son soru ise BIM'in kalite, maliyet, süre ve sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkilerini belirlemek için oluşturulmuştur (Bkz. Ek A).

BIM'i henüz kullanmayan mimarlık ve mühendislik firmalarına yönelik düzenlenen "Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu" adlı anket formu ise 9 sorudan oluşmaktadır. Bu 9 sorunun; 5 tanesi kategorik ve 4 tanesi Likert tipidir. Anketin ilk sorusu; çalışanların firmadaki pozisyonunu belirlemeye yöneliktir. Anketin ikinci ve üçüncü soruları; firmaların kurumsal özelliklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Anketin dördüncü ve beşinci soruları; yapı bilgi modellemesi konusunda firmaların ve katılımcıların deneyimlerini belirlemeye yönelik ifadelerden oluşmaktadır. Anketin son 4 sorusu Likert tipindedir. Katılımcılara yanıtlarını 5 noktalı Likert ölçeği üzerinde belirtmeleri istenmiştir. 5 noktalı Likert ölçeğinde '1=hiç katılmıyorum', '2=katılmıyorum', '3=kararsızım', '4=katılıyorum', '5=tamamen katılıyorum' olarak derecelendirilmiştir. 6.soru firmaları BIM kullanmaya engelleyen /engelleyecek faktörleri, 7.soru ise BIM kullanmaya motive edecek faktörleri belirlemeye yöneliktir. 8.soru, mimarlık firmalarındaki üst yönetimin BIM adaptasyonu hususundaki eğilimlerini belirlemek amacı ile sorulmuştur. Son soru ise firma çalışanlarının BIM konusundaki yeterlilikleri belirlemek için oluşturulmuştur (Bkz. Ek B).

## 4.2 Örneklem

BIM'in yapı sektöründe kullanımını incelemeyi amaçlayan bu çalışma serbest faaliyet gösteren, BIM'i aktif olarak kullanan ve BIM'i henüz kullanmayan mimarlık ve mühendislik firmalarını kapsamaktadır. Araştırmada yer alan BIM'e ilişkin kavramlar, firmalarda çalışan mimarları ve inşaat mühendislerini kapsamaktadır. Hedef yanıtlayıcılar olarak BIM'i aktif olarak kullanan 95 tane firmadan 220 katılımcı belirlenmiş olup, bu 95 firmanın 11 tanesi "Dünyanın En Büyük 250 Uluslararası Müteahhidi" listesinde yer almaktadır. Ayrıca yine bu 95 firmanın 63 tanesi hem ulusal

hem de uluslararası projelerde faaliyet göstermektedir. BIM'i henüz kullanmayan ise 526 firma belirlenmiş olup, bu firmalar küçük ölçekli ve bölgesel faaliyet gösteren mimari tasarım ve mühendislik ofisleridir. Hedef yanıtlayıcılar belirlendikten sonra, BIM'i aktif olarak kullanan ve BIM'i henüz kullanmayan firmalarla e-posta ve yüz yüze görüşmeler yolu ile temasa geçilmiştir. Anket formu, BIM'i aktif olarak kullanan ve BIM'i henüz kullanmayan firmalardaki araştırmaya katılmayı kabul eden katılımcıların çoğuna kullanan ve kullanmayan firmalar arasındaki farklı adaptasyon faktörlerini belirlemek amacıyla iki ayrı formatta düzenlenerek e-posta yolu ile dağıtılmıştır. Anket çalışması BIM'i aktif olarak kullanan 115 (geri dönüş oranı %52) katılımcıdan ve BIM'i henüz kullanmayan 108 katılımcıdan (geri dönüş oranı %20) alınan bilgiler ışığında değerlendirilmiştir.

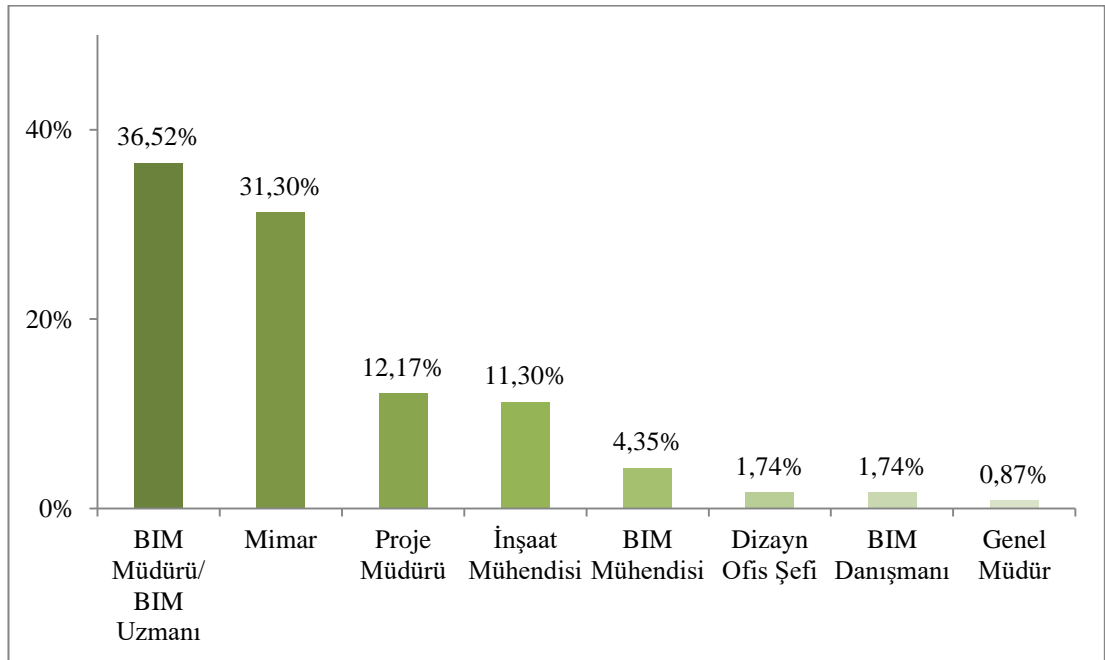
## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 5.1 Katılımcılara ve Firmalara Yönelik Bulgular

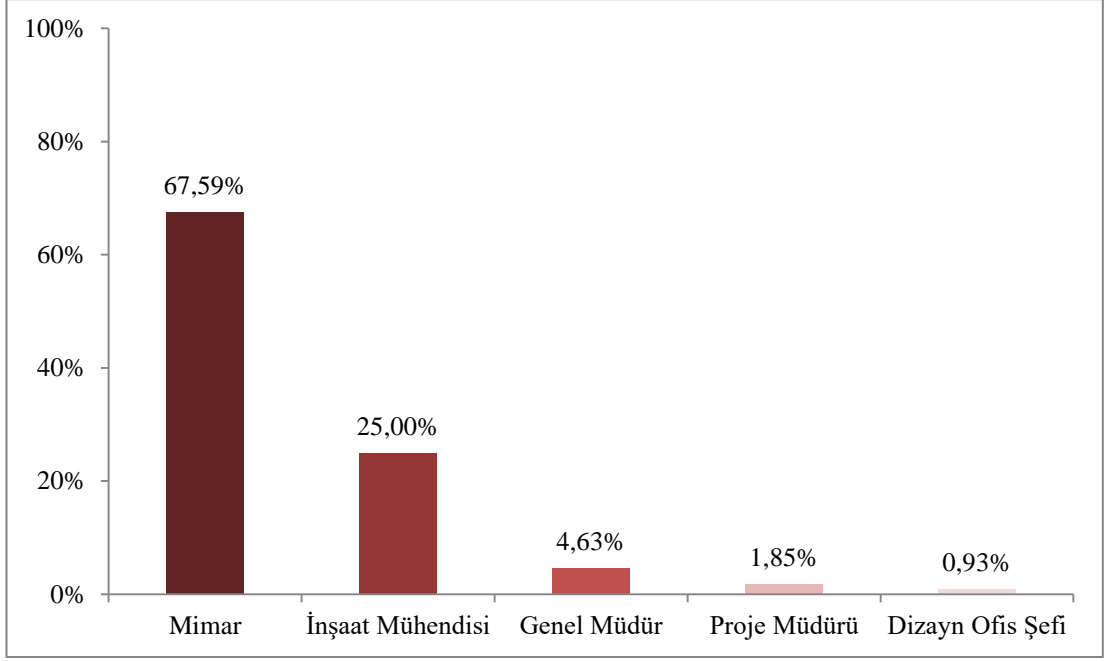
BIM'i aktif olarak kullanan mimarlık ve mühendislik firmalarındaki anket katılımcılarına yönelik grafikler yeşil renk ile ifade edilmiş olup, Şekil 5.1'de verilmektedir. BIM'i henüz kullanmayan mimarlık ve mühendislik firmalarındaki anket katılımcılarına yönelik grafikler ise kırmızı renk ile ifade edilmiş olup, Şekil 5.2'de verilmektedir.

Şekil 5.1'de görüldüğü üzere BIM'i aktif olarak kullanan mimarlık ve mühendislik firmalarındaki anket katılımcılarının %36,52'si firmalarında BIM müdürü/BIM uzmanı, %31,30'u mimar, %12,17'si proje müdürü, %11,30'u inşaat mühendisi, %4,35'i BIM mühendisi, %1,74'ü dizayn ofis şefi, %1,74'ü BIM danışmanı, %0,84'ü ise genel müdür pozisyonunda çalışmaktadır.

Şekil 5.2'de görüldüğü üzere BIM'i henüz kullanmayan anket katılımcılarının %67,59'u firmalarında mimar, %25,00'i inşaat mühendisi, %4,63'ü genel müdür %1,85'i proje müdürü, %0,93'ü ise dizayn ofis şefi, pozisyonunda çalışmaktadır.



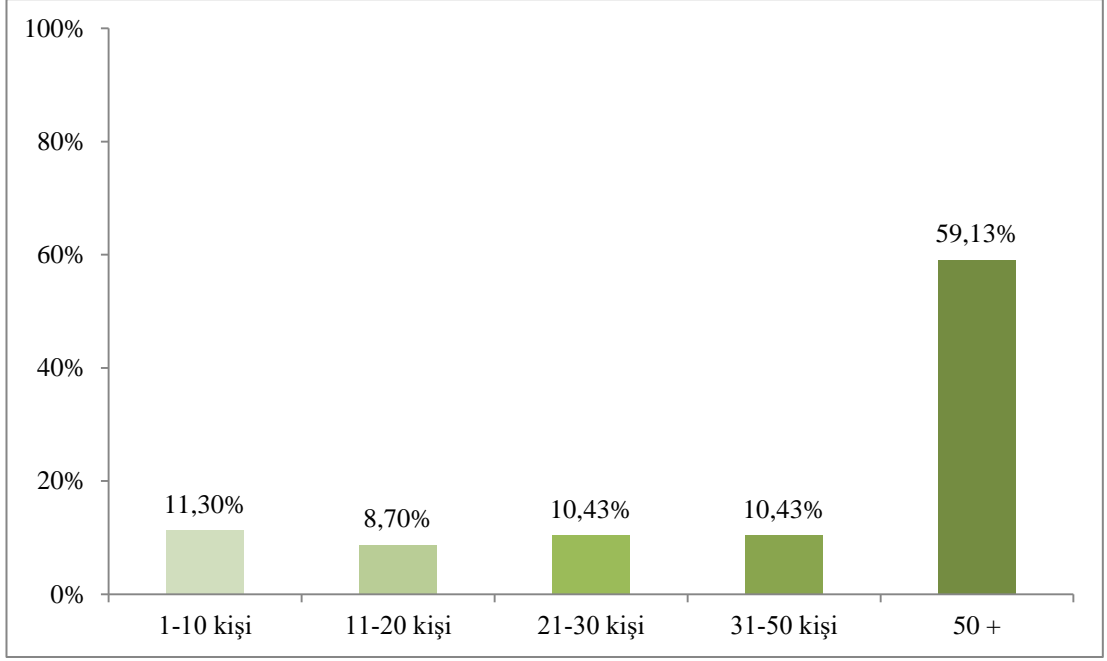
Şekil 5.1: BIM kullanan katılımcılarının firmalardaki pozisyonları.



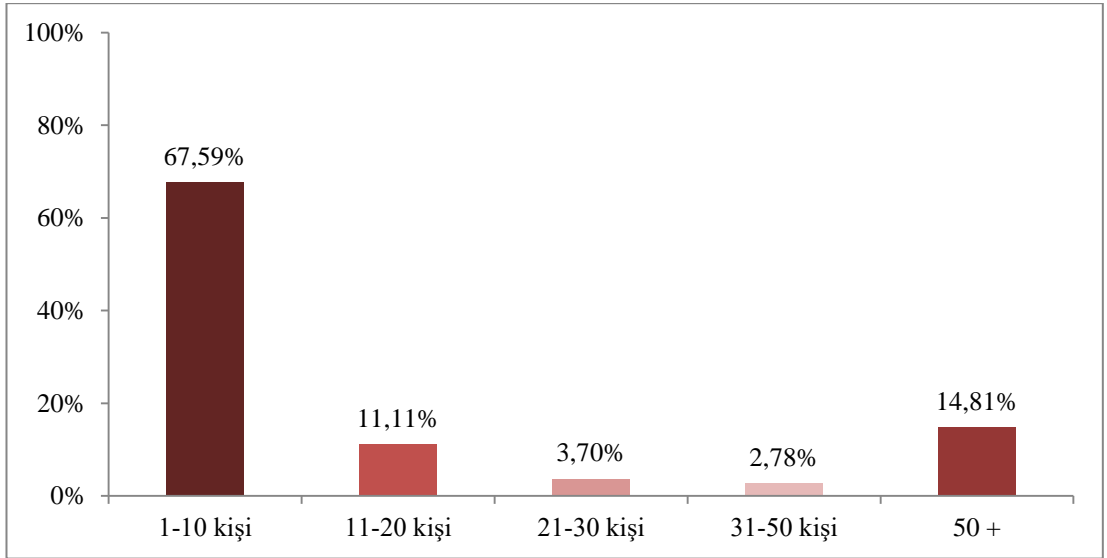
**Şekil 5.2:** BIM kullanmayan katılımcıların firmalardaki pozisyonları.

Ankete katılan firmalara yönelik grafikler, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da verilmektedir. BIM kullanan firmaların çalışan sayılarına göre dağılımı da Şekil 5.3 'te verilmiştir. Firmaların %11,30'unda 1 ile 10 kişi, %8,70'inde 11 ile 20 kişi, %10,43'ünde 21 ile 30 kişi, %10,43'ünde 31 ile 50 kişi çalışmaktadır. Ankete katılan firmaların %59,13'ünde ise 50 kişiden fazla personel çalışmaktadır.

BIM kullanmayan firmaların çalışan sayılarına göre dağılımı da Şekil 5.4 'te verilmiştir. Firmaların %67,59'unda 1 ile 10 kişi, %11,11'inde 11 ile 20 kişi, %3,70'inde 21 ile 30 kişi, %2,78'inde 31 ile 50 kişi çalışmaktadır. Ankete katılan firmaların %14,81'inde ise 50 kişiden fazla personel çalışmaktadır.



**Şekil 5.3:** BIM kullanan firmaların çalışan sayılarına göre dağılımı.

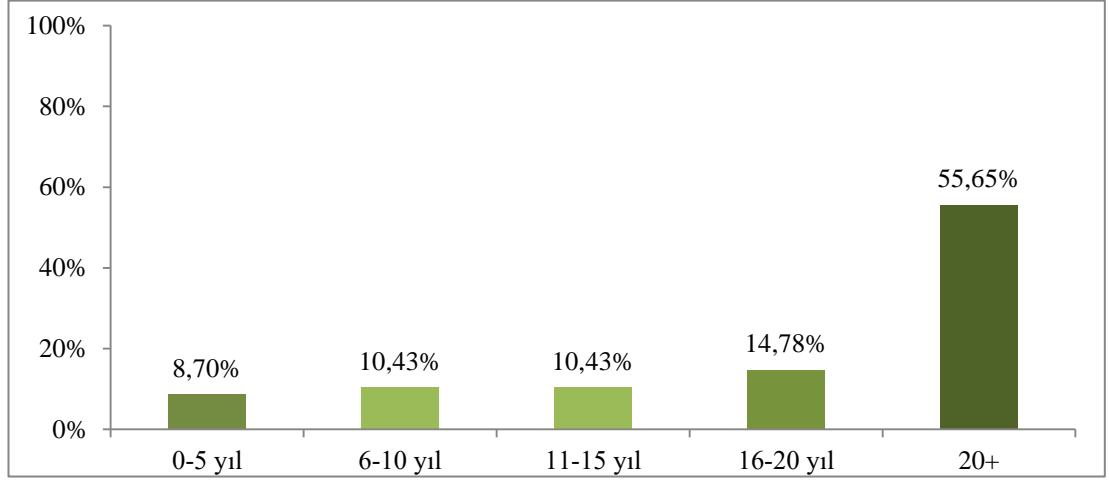


**Şekil 5.4:** BIM kullanmayan firmaların çalışan sayılarına göre dağılımı.

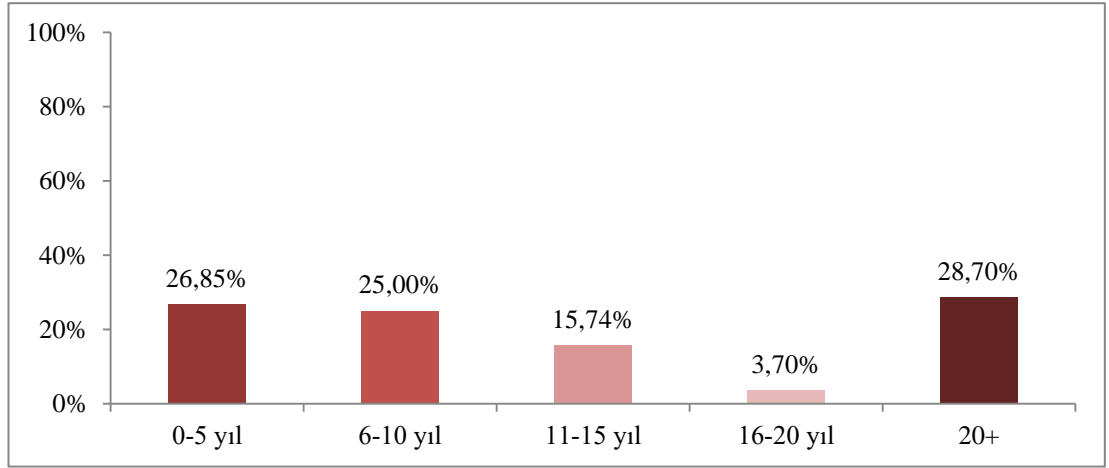
Şekil 5.5 BIM kullanan firmaların kurumsal yaşlarının dağılımını göstermektedir. Şekil 6.5’de görüldüğü gibi; firmaların %8,70’i 0 ile 5 yıldır, %10,43’i 6 ile 10 yıldır, %10,43’ü 11 ile 15 yıldır, %14,78’i 16 ile 20 yıldır ve %55,65’i de 21 yılı aşkın süredir sektörde faaliyet göstermektedir.

Şekil 5.6 ise BIM kullanmayan firmaların kurumsal yaşlarının dağılımını göstermektedir. Şekil 6.6’da görüldüğü gibi; firmaların %26,85’i 0 ile 5 yıldır, %25’i

6 ile 10 yıldır, %15,74'ü 11 ile 15 yıldır, %3,70'i 16 ile 20 yıldır ve %28,70'i de 21 yılı aşkın süredir sektörde faaliyet göstermektedir.



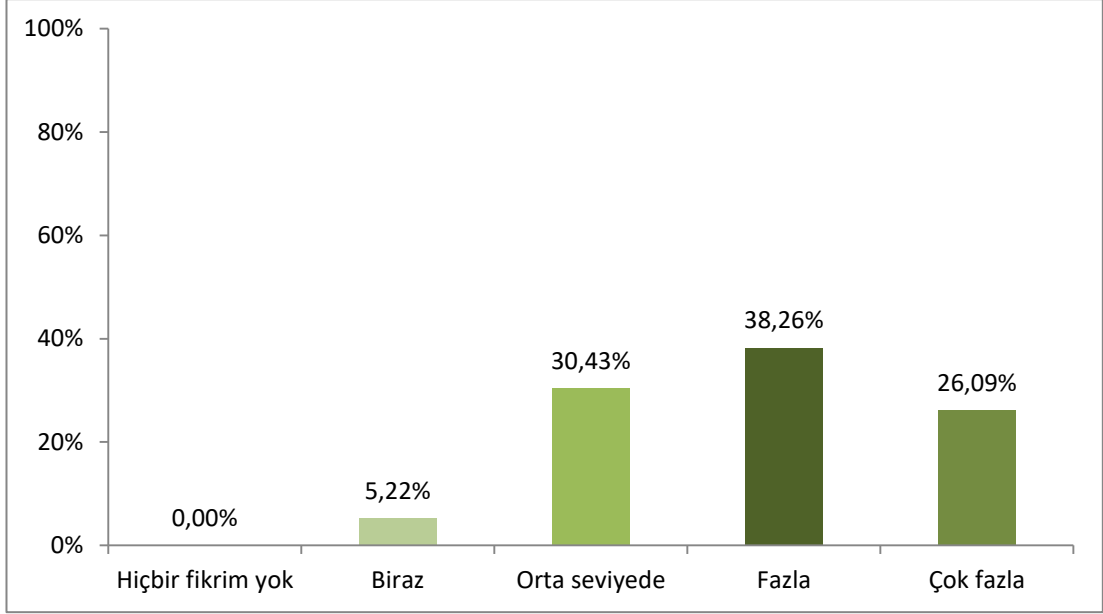
Şekil 5.5: BIM kullanan firmaların kurumsal yaşlarına göre dağılımı.



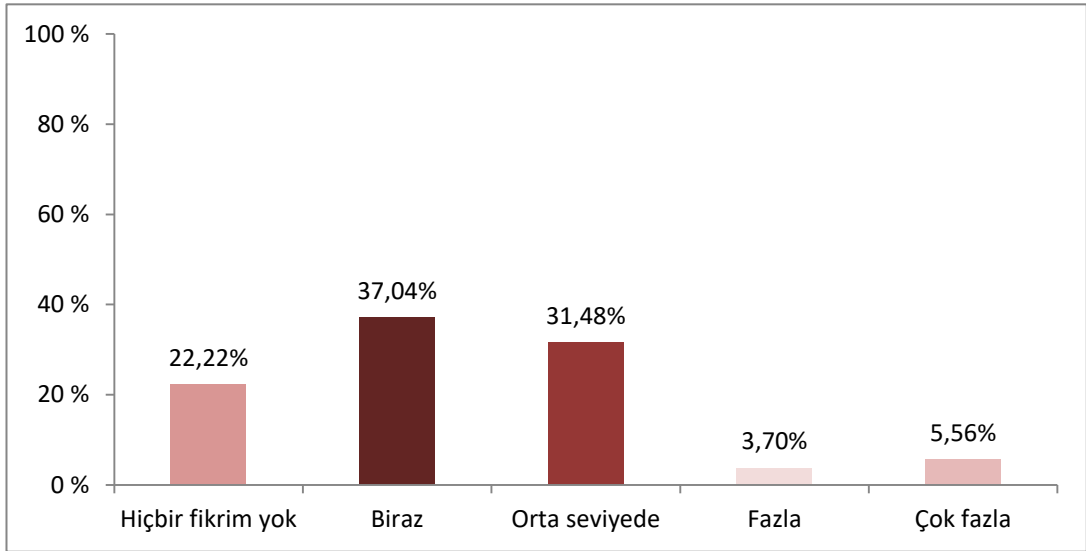
Şekil 5.6: BIM kullanmayan firmaların kurumsal yaşlarına göre dağılımı.

Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 katılımcıların BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) konusundaki bilgi düzeylerini göstermektedir. Şekil 5.7'de görüldüğü üzere BIM kullanan firmalardaki katılımcıların % 5,22'si konu hakkında biraz, %30,43'ü orta seviyede, %38,26'sı fazla ve %26,09'u de çok fazla bilgi sahibi olduğunu düşünmektedir.

Şekil 5.8'de ise BIM kullanmayan firmalardaki katılımcıların % 22,22'si BIM hakkında hiçbir fikri olmadığını, %37,04'ü biraz, %31,48'i orta seviyede, %3,70'i fazla ve %5,56'sı de çok fazla bilgi sahibi olduğunu düşünmektedir.

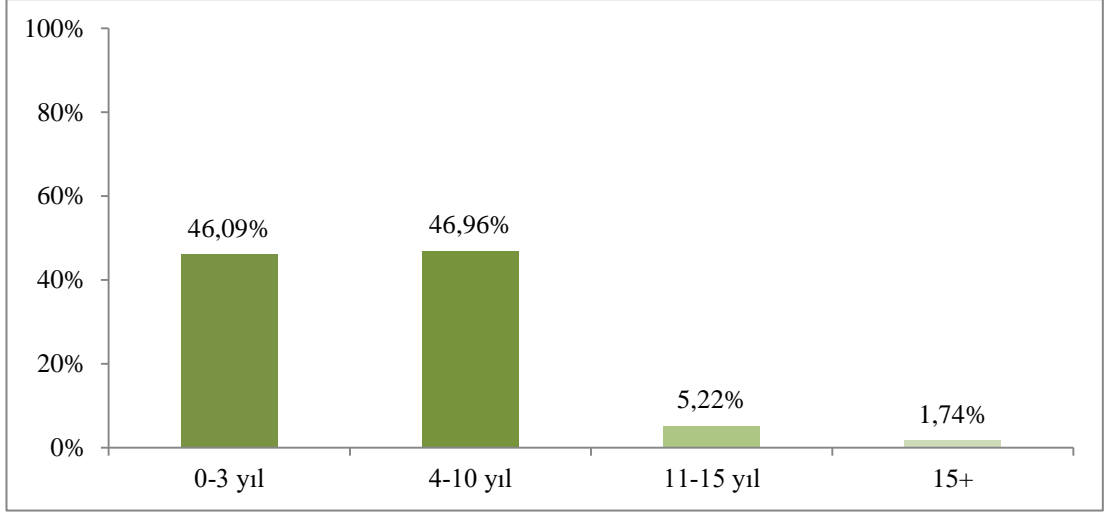


Şekil 5.7: BIM kullanan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki bilgi düzeyleri.

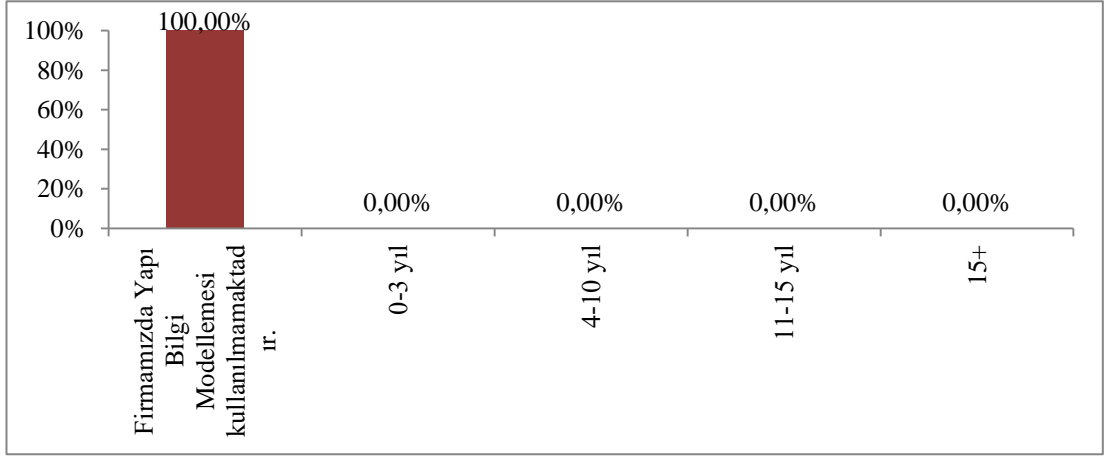


Şekil 5.8: BIM kullanmayan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki bilgi düzeyleri.

Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 ankete katılan firmaların BIM deneyimini göstermektedir. Şekil 5.9’da görüldüğü gibi BIM kullanan firmaların %46,09’u 0 ile 3 yıldır, %46,96’sı 4 ile 10 yıl, %5,22’si 11 ile 15 yıl, %1,74’ü 15 yılı aşkın süredir BIM kullanmaktadır. Şekil 5.10’da ise BIM kullanmayan firmaların BIM ile hiçbir deneyimi olmadığını göstermektedir. Bunun sebebi ise firmaların geleneksel benzer yöntemlerin ihtiyaçlarını karşıladığı ve fiyat, performans açısından zamanla kıyaslandığında klasik tasarım sürecinde hızın önüne geçemediği düşüncesi olabilir.



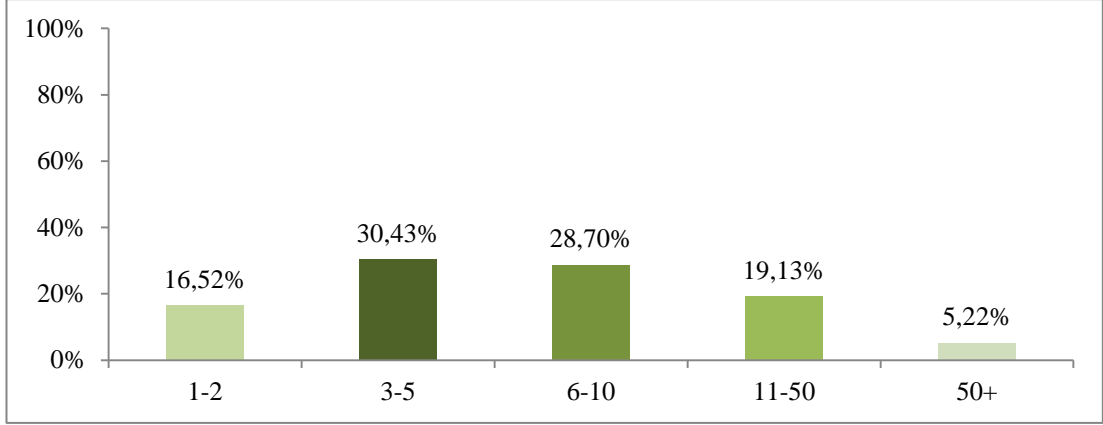
Şekil 5.9: BIM kullanan firmaların BIM deneyimi.



Şekil 5.10: BIM kullanmayan firmaların BIM deneyimi.

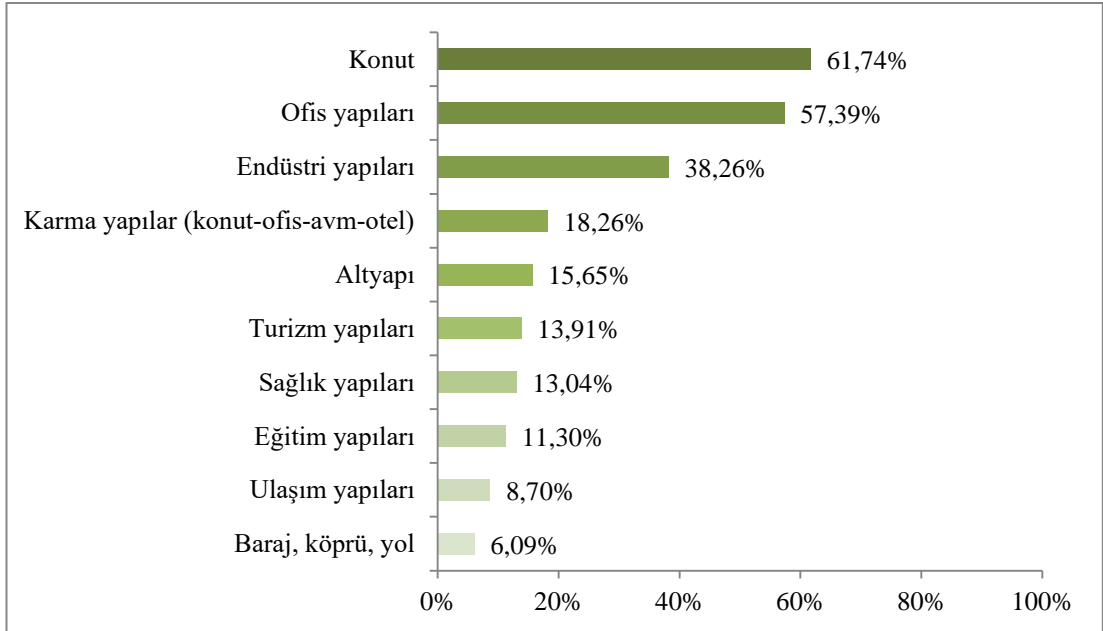
Şekil 5.11 ankete katılan firmalarda BIM kullanılan toplam proje sayısının dağılımını göstermektedir. BIM kullanan firmaların %16,52'si 1 ile 2 projede, %30,43'ü 3 ile 5 projede, %28,70'i 6 ile 10 projede, %19,13'ü 11 ile 50 projede ve %5,22'si 50'den fazla projede BIM kullanmaktadır.





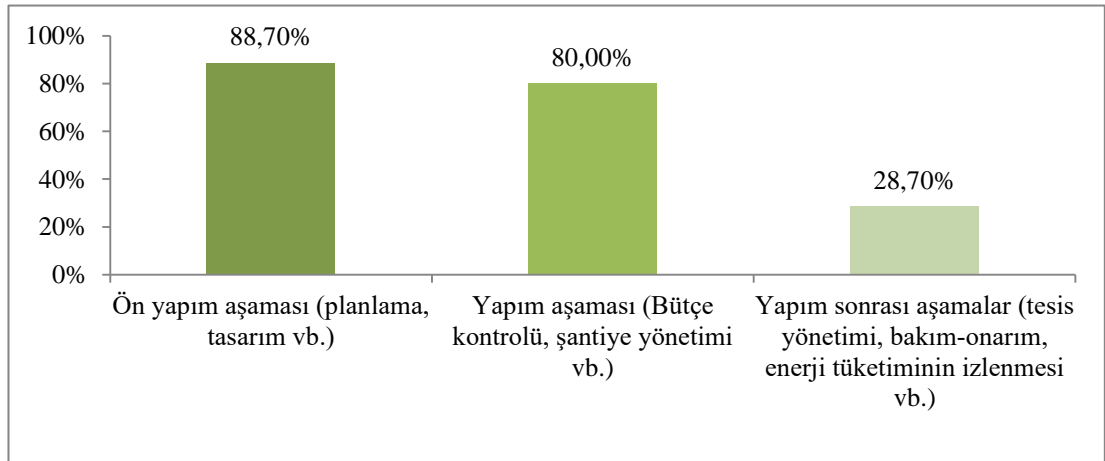
**Şekil 5.11:** Firmalarda BIM kullanılan toplam proje sayısı.

Şekil 5.12 ankete katılan firmalarda BIM kullanılan proje türlerinin dağılımını göstermektedir. Şekil 6.12’de görüldüğü gibi BIM kullanan firmaların %61,74’ü konut yapılarında, %57,39’u ofis yapılarında, %38,26’sı endüstri yapılarında, %18,26’sı karma yapılarda, %15,65’i altyapı projelerinde, %13,91’i turizm yapılarında, %13,91’i sağlık yapılarında, %11,30’u eğitim yapılarında, %8,70’i ulaşım yapılarında ve %6,09’u baraj,yol ve köprü projelerinde BIM’i kullanmaktadır. Sonuç olarak firmaların çoğunda BIM’in konut projelerinde kullanılmasının müşteri talebi doğrultusunda olduğu düşünülebilir.



**Şekil 5.12:** Firmalarda BIM kullanılan proje türleri.

Şekil 5.13 ankete katılan firmalarda BIM kullanılan aşamaları göstermektedir. Firmaların %88,70'i ön yapım aşamasında (planlama, tasarım vb.), %80,00'i yapım aşamasında (bütçe kontrolü, şantiye yönetimi, vb.) ve % 28,70'i ise yapım sonrası aşamalarda (tesis yönetimi, bakım-onarım, enerji tüketiminin izlenmesi vb.) BIM kullanmaktadır. Firmaların BIM kullanımında süreçlerden en çok ön yapım aşamasına önem vermesinin sebebi, bu aşamada oluşabilecek hataları BIM yazılımlarının üç boyutlu model oluşturulması ile önceden tespit etme, düzeltme yapabilme, çizim yöntemlerinden kaynaklanan iş tekrarını önleyici yönde faydasının olması yeteneği ile risklerin en aza indirilerek yapım aşamasına geçildiğinde planlama ve tasarım kararlarının, performans ve maliyet tahminlerinin ve yapım planlamasının daha iyi olmasını sağlaması olabilir.



Şekil 5.13: Firmaların BIM kullandıkları aşamalar.

## 5.2 Firmaların BIM sürecine adaptasyonunu etkileyen faktörler

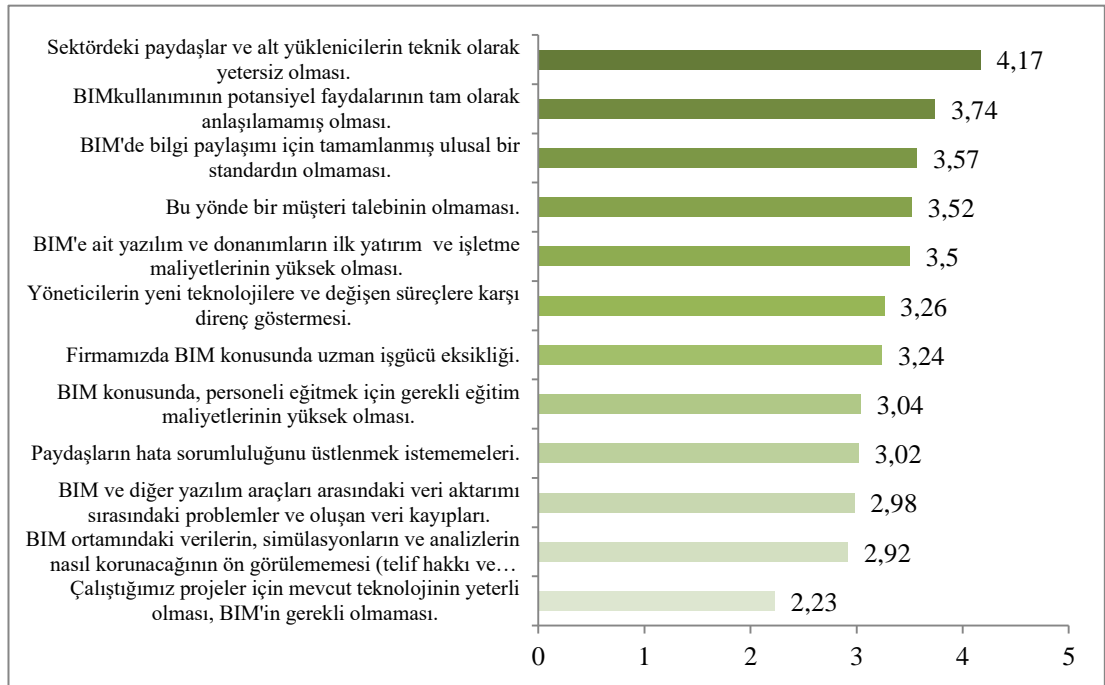
Şekil 5.14'te BIM'i aktif olarak kullanan firmalardaki anket katılımcılarının çoğu sektördeki paydaşların ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olmasının BIM kullanımını engellediğini belirtmişlerdir. Ayrıca BIM'de bilgi paylaşımı için tamamlanmamış ulusal bir standardın olmamasını ve BIM'in potansiyel faydaların firmalar tarafından henüz anlaşılammış olmasını da BIM kullanımını engelleyen en önemli diğer iki faktör olarak ifade etmişlerdir.

Şekil 5.15'te BIM'i kullanmayan firmalardaki anket katılımcılarının çoğu BIM kullanan firmalardaki anket katılımcıları gibi sektördeki paydaşların ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olması BIM kullanımını en çok etkileyen faktör

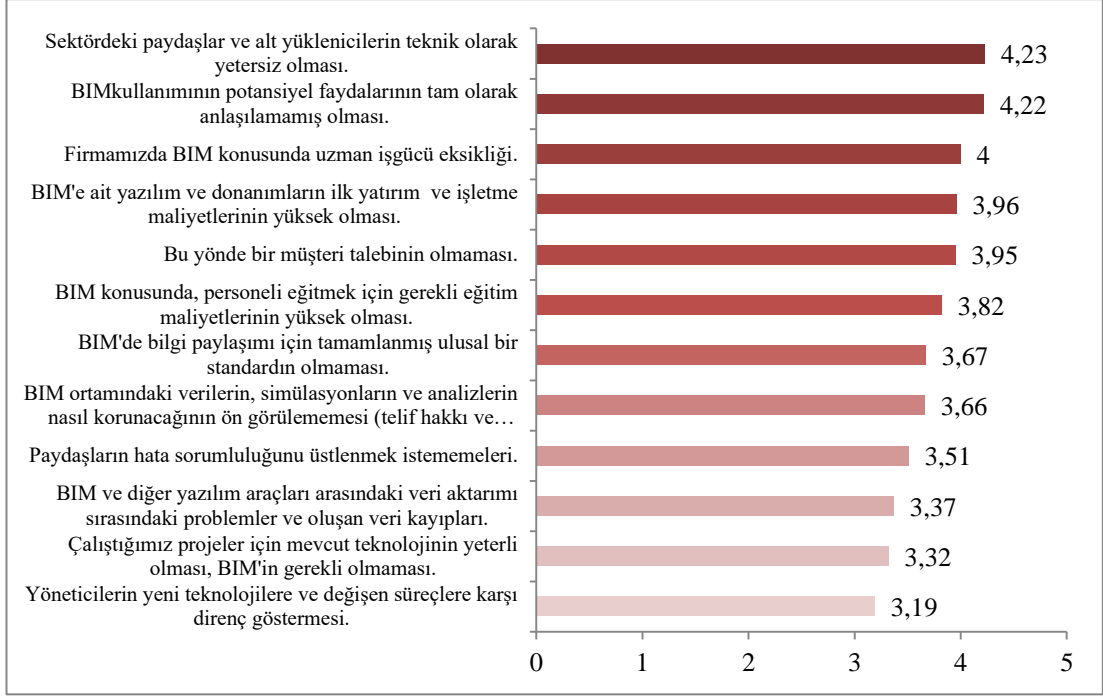
olarak belirtmişlerdir. Ayrıca BIM'in potansiyel faydaların firmalar tarafından henüz anlaşılammış olması ve BIM konusunda uzman iş gücü eksikliği kullanımını engelleyen en önemli diğer iki faktör olarak ifade etmişlerdir.

Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'de görüldüğü gibi BIM kullanan ve kullanmayan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörler karşılaştırıldığında iki tarafta da en etkili engelleyici faktör sektördeki paydaşlar ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olması olsa bile genel anlamda bakıldığında BIM kullanan ve kullanmayan firmalar arasında engelleyici faktörlere yönelik farklı düşüncelerin olduğu görülmektedir.

BIM kullanan firmalara göre bu yönde bir müşteri talebi olmaması, yönetilerin yeni teknolojilere ve değişen süreçlere karşı direnç göstermeside önemli engelleyici faktörler olarak değerlendirirken, BIM kullanmayan firmalara göre ise tam tersi yeni yöneticilerin yeni teknolojilere ve değişen süreçlere karşı direnç göstermesi faktörü diğerlerine göre geri planda bırakılmış olup, uzman işgücü eksikliği ve personel eğitmenin ve BIM'e ait yazılım ve donanımların ilk yatırım maliyetleri yüksek olmasının engelleyici faktörler arasında daha ön planda olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.14: BIM kullanan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörler.



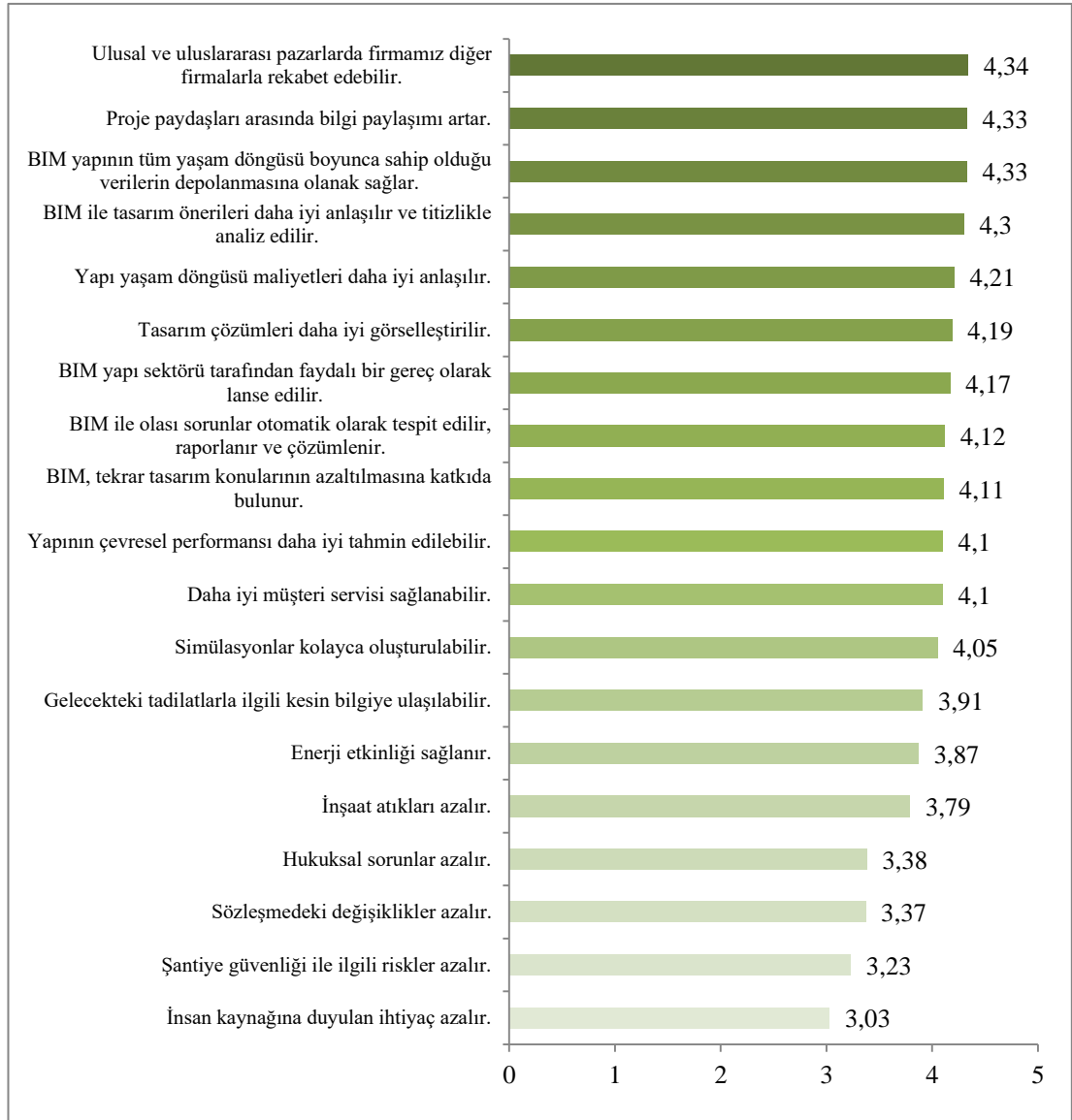
**Şekil 5.15:** BIM kullanmayan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörler.

Şekil 5.16 BIM kullanan firmalara göre firmaları BIM kullanımına yönelten faktörleri göstermektedir. BIM kullanan firmalardaki anket katılımcılarının çoğu sektördeki ulusal ve uluslararası pazarda firmaların diğer firmalarla rekabet edebilmesini, proje paydaşları arasında bilgi paylaşımının artmasını ve yapının tüm yaşam döngüsü boyunca sahip olduğu verilerin depolanabilmesini BIM kullanımına yönelten önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

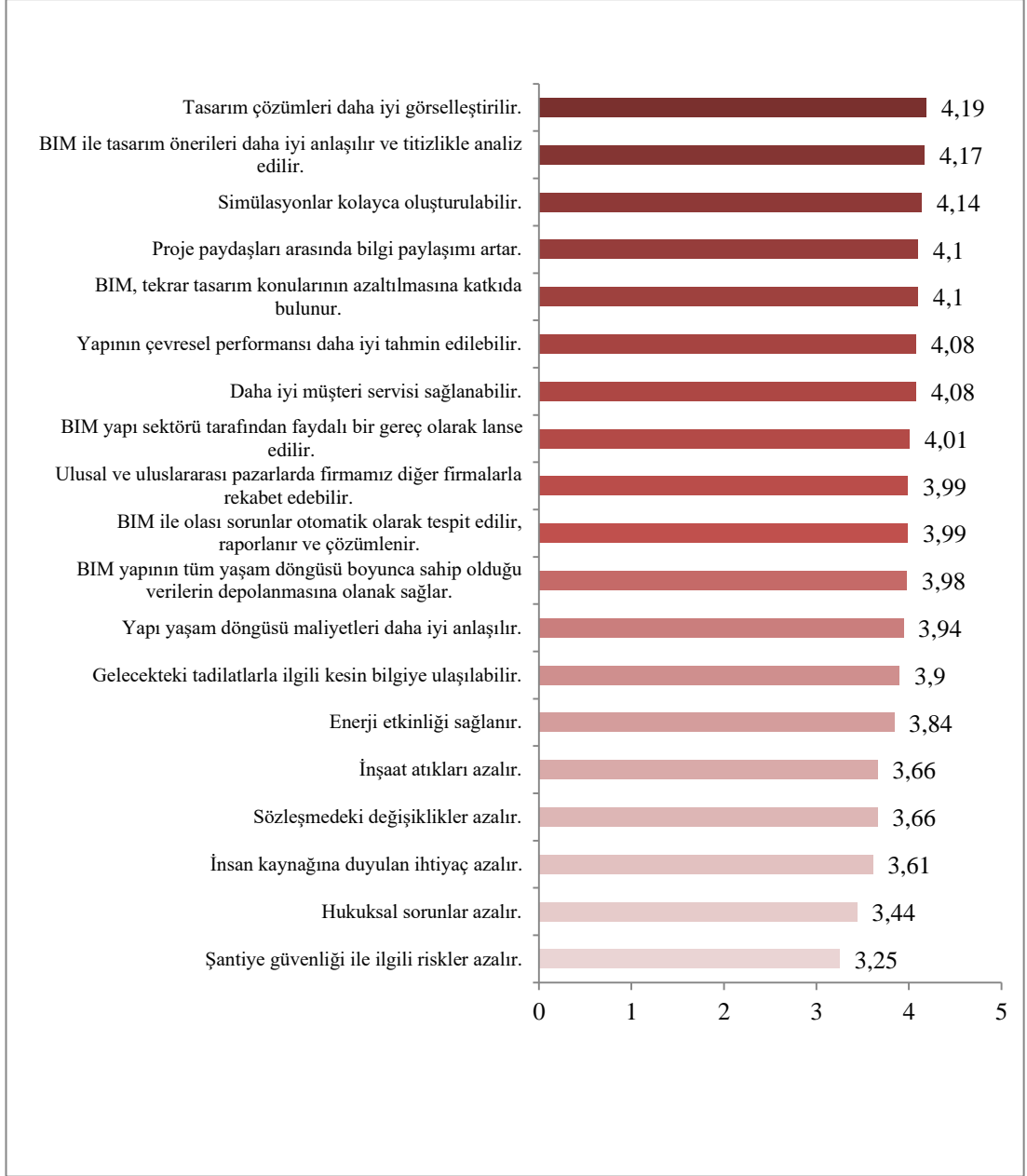
Şekil 5.17 ise BIM kullanmayan firmalara göre firmaları BIM kullanmaya motive edecek faktörleri göstermektedir. Anket katılımcılarının çoğu BIM ile tasarım çözümlerini daha iyi görselleştirilmesi, tasarım önerilerinin daha iyi anlaşılması ve titizlikle analiz edilmesi, simülasyonların daha kolay oluşturulması ve proje paydaşları arasında bilgi paylaşımını artırması ve tekrar tasarım konularının azaltılmasını firmaları BIM kullanmaya motive edecek önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

Şekil 5.16 ve Şekil 5.17'de görüldüğü üzere BIM kullanan ve kullanmayan firmalara göre BIM kullanımına yönelten veya BIM kullanmaya motive edecek faktörler karşılaştırıldığında kullanan firmaların daha çok ulusal ve uluslararası pazarlarda rekabet ortamında başarılı olmak gibi bir kaygısı olduğu, bu nedenle BIM kullanımına yöneltecek en etkili faktörün rekabetle mücadele etmek olduğu

düşünülebilir. Ancak BIM kullanmayan firmalara bakıldığında ise daha çok tasarımsal kaygıları olduğu bu nedenle BIM kullanmaya motive edecek en etkili faktörlerin tasarım sürecini iyileştirmek olduğu söylenebilir. Hem BIM kullanan hem de kullanmayan firmalar için insan kaynağına duyulan ihtiyacı azaltması BIM kullanımına yönelten veya BIM kullanmaya motive edecek faktörler arasında diğerlerine göre daha geri planda tutulmuştur. Bunun sebebi BIM kullanımı ile insan kaynağına duyulan iş gücünün azaltarak işsizlik sorununu ortaya çıkaracak olması olabilir.



Şekil 5.16: BIM kullanan firmalara göre firmaları BIM kullanımına yönelten faktörler.

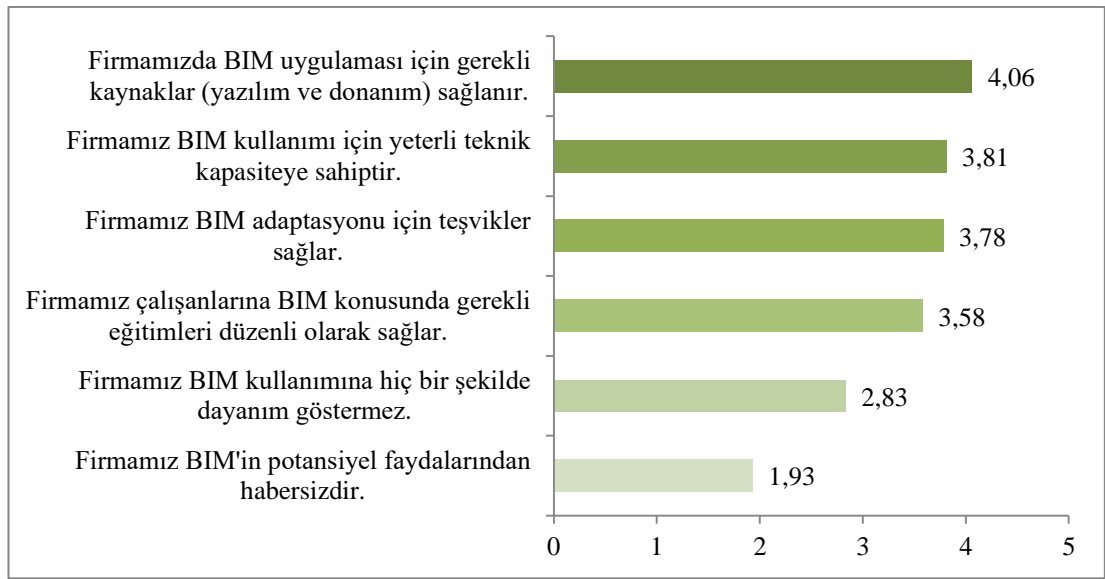


**Şekil 5.17:** BIM kullanmayan firmalara göre firmaları BIM kullanmaya motive edecek faktörler.

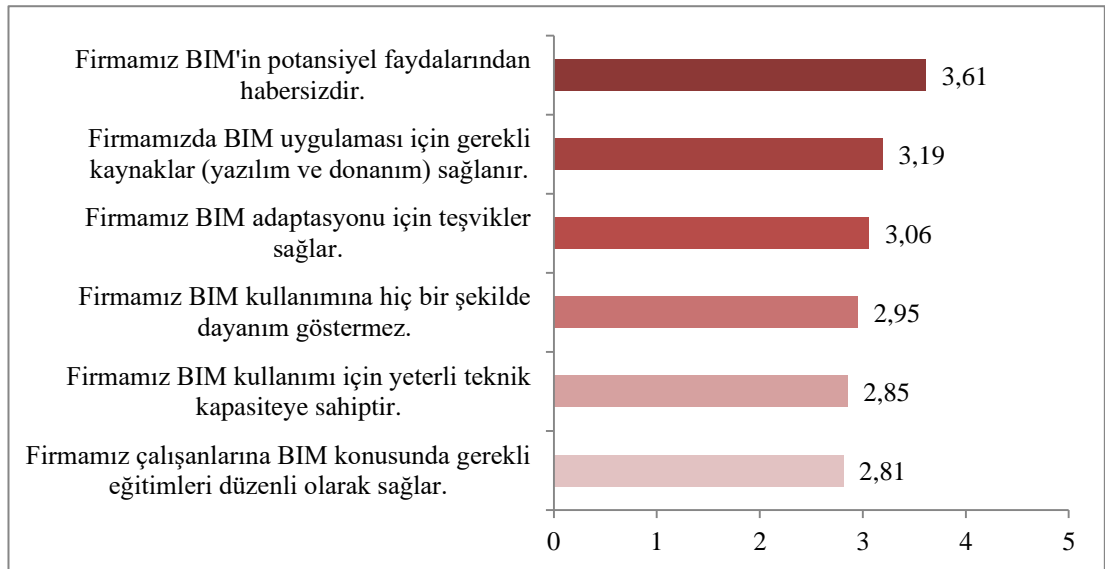
Şekil 5.18 BIM kullanılan firmalarda üst yönetim desteği açısından durum tespitini göstermektedir. BIM adaptasyonuna teşviki sağlayan firmaların ağırlıklı ortalaması 3,78 olmasına rağmen adapte olduğunu varsayabileceğimiz büyük ölçekli firmalarda bile bununla ilgili desteğin tam anlamıyla olmadığı görülmektedir. Sonuçlara göre çoğu firmanın BIM'in potansiyel faydalarından haberdar olduğu da görülmektedir.

Şekil 5.19 ise BIM kullanmayan firmalarda üst yönetim desteği açısından durum tespitini göstermektedir. Anket katılımcılarının çoğu firmalarının BIM'in potansiyel faydalarından haberdar olduğu görüşündedir.

Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'da görüldüğü gibi BIM kullanan ve kullanmayan firmalarda üst yönetim desteği karşılaştırıldığında her iki tarafında BIM adaptasyon teşvikinin birbirlerine yakın değerlerde olduğu söylenebilir. Ancak BIM'i kullanmayan firmaların kullanmamalarındaki en önemli etkenin BIM'in potansiyel faydalarından habersiz olmaları olabilir.



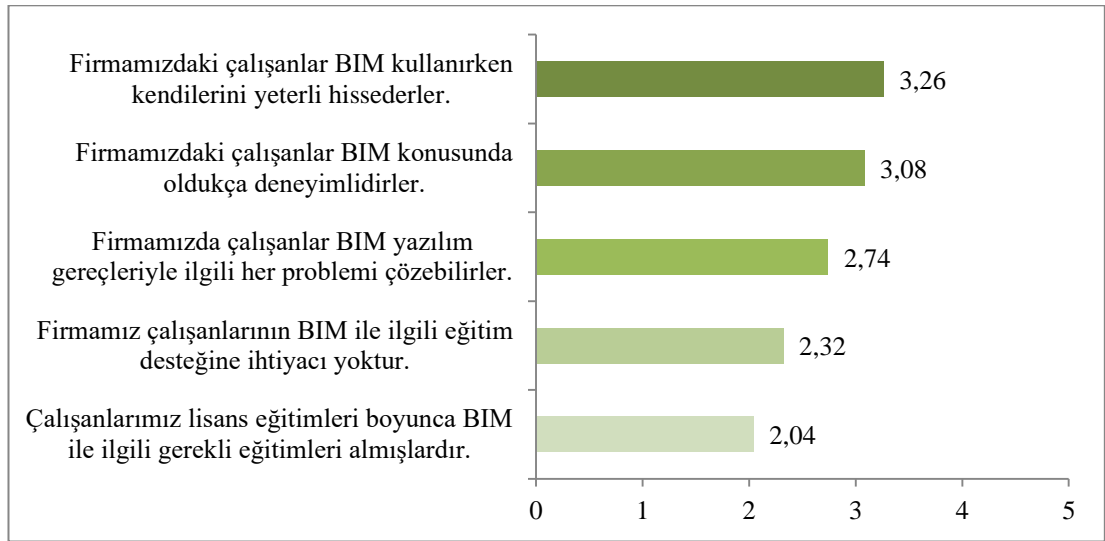
Şekil 5.18: BIM kullanan firmalarda üst yönetim desteği.



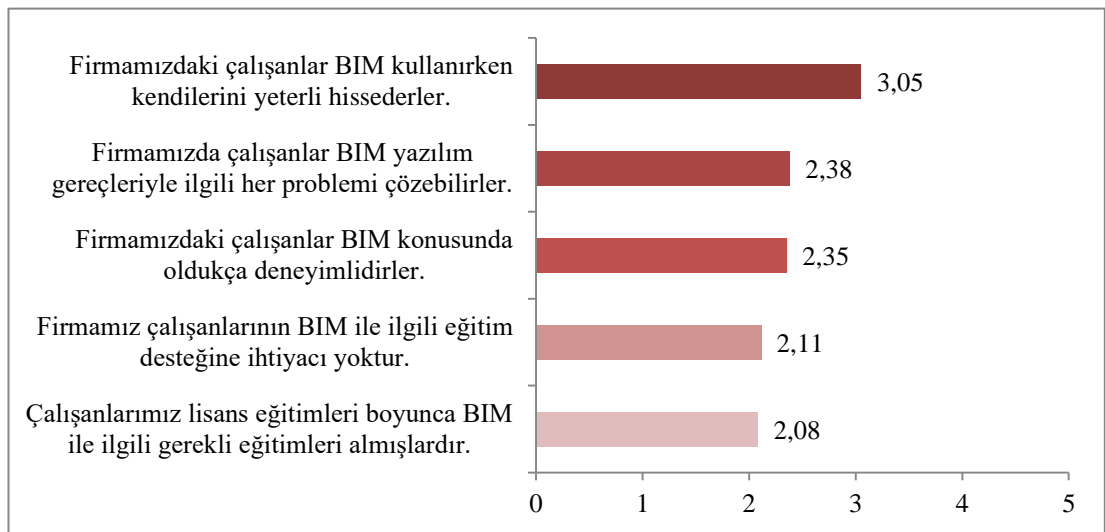
Şekil 5.19: BIM kullanmayan firmalarda üst yönetim desteği.

Şekil 5.20 BIM kullanan firmalardaki anket katılımcılarının BIM konusundaki yeterlilikleri açısından durum tespitini göstermektedir. BIM'i aktif olarak kullanan firmalardaki çalışanlar kendilerini yeterli hissettikleri ve BIM konusunda oldukça deneyimli olduklarını düşünmektedirler.

Şekil 5.21 ise BIM kullanmayan firmalardaki anket katılımcılarının BIM konusundaki yeterlilikleri açısından durum tespitini göstermektedir. BIM kullanmayan firmalardaki çalışanlar da en az BIM kullanan katılımcılar kadar kendilerini yeterli hissettikleri ancak hem kullanan hem de kullanmayan firmaların BIM ile ilgili eğitim desteğine ihtiyacı olduğu söylenebilir.



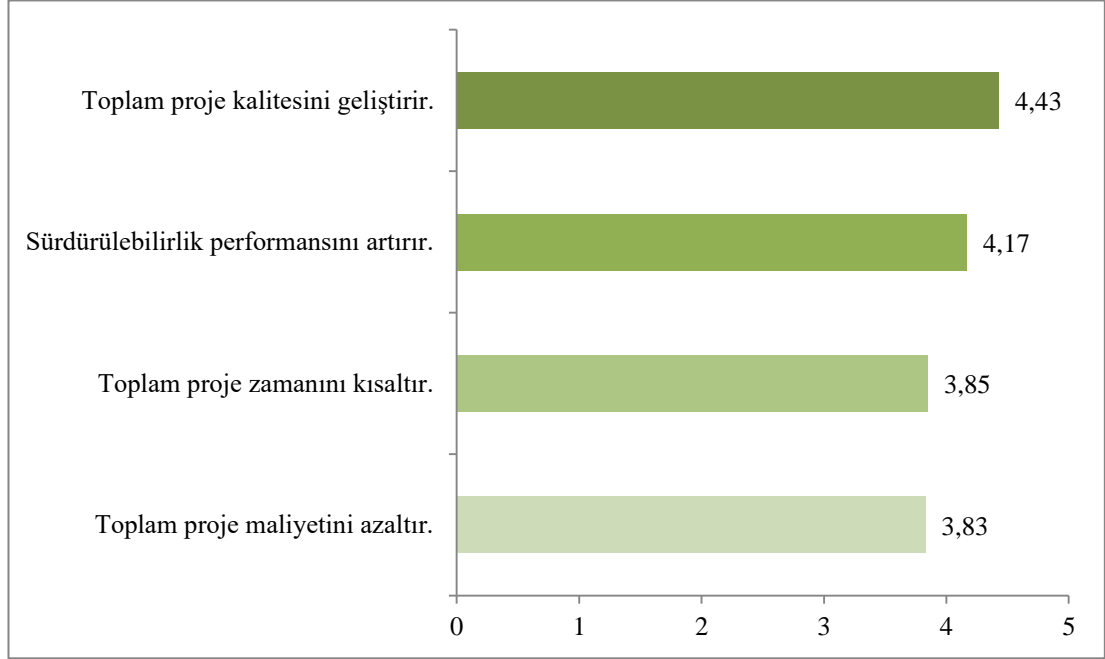
Şekil 5.20: BIM kullanan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki yeterlilikleri



Şekil 5.21: BIM kullanmayan firmalardaki katılımcıların BIM konusundaki yeterlilikleri



Şekil 5.22 ise BIM kullanan firmalardaki anket katılımcılarına göre BIM'in performans etkileri açısından durum tespitini göstermektedir. Şekil 6.22'de de görüldüğü gibi anket katılımcıları BIM'in performans üzerine en büyük etkisinin toplam proje kalitesini geliştirmesi olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte BIM'in toplam proje maliyetini azaltması, toplam proje zamanını kısaltması ve sürdürülebilirlik performansını artırması diğer önemli etkileridir.



Şekil 5.22: BIM kullanan firmalara göre BIM'in performans üzerine etkileri

### 5.3 Tartışma

Bu çalışmada BIM'i aktif olarak kullanan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörlerden en önemlisi *sektördeki paydaşlar ve alt yüklenicilerin BIM konusunda yetersiz olmasıdır* (ortalama=4,17). Ayrıca *BIM'in potansiyel faydalarının firmalar tarafından henüz anlaşılabilmiş olması* (ortalama=3,74) ve *BIM'de bilgi paylaşımı için tanımlanmış ulusal bir standardın olmaması* (ortalama=3,57) BIM adaptasyonunu engelleyen en önemli diğer iki faktördür. BIM kullanımının yaygınlaşması için ulusal bir stratejinin geliştirilmesi, ulusal öncelikleri ortaya koyacak ve tüm sektör genelinde rehber olacaktır. BIM sürecini standartlaştırmak ve uygulanması için kılavuzlar yayınlamak gereklidir (Azhar, 2011; Thomson ve Miner, 2006). BIM uygulaması ve kullanımı ile ilgili net bir genel standart olmayıp bazı

inşaat kuralları geliştirilmiştir (Björk ve Laakso, 2010), ancak BIM uygulaması için yeni standartların geliştirilmesini gerektirmektedir. Uygulama sürecinde tüm paydaşlar arasında veri paylaşımı için ulusal bir standart bulunmaması BIM kullanımı önündeki engel olarak görülmektedir (Allen Consulting Group, 2010).

BIM'i henüz kullanmayan firmalara göre BIM kullanımını engelleyen faktörlerden en önemlisi *sektördeki paydaşlar ve alt yüklenicilerin BIM konusunda yetersiz olmasıdır* (ortalama=4,23). Ayrıca *BIM'in potansiyel faydalarının firmalar tarafından henüz anlaşılammış olması* (ortalama=4,22) ve *BIM konusunda uzman işgücü eksikliği* (ortalama=4,00) BIM adaptasyonunu engelleyen en önemli diğer iki faktördür. Yapılan araştırmalar sonucunda BIM eğitimi alan öğrencilerin iş piyasasındaki rekabet ortamında büyük bir avantaja sahip olduğu görülmüştür (Wu ve Issa, 2014). Eğitim ve öğretim; BIM öğrenme eğrisini hızlandırabilecek bir çözüm olarak kabul edilmiş olup BIM'in adaptasyonunun ve yaygınlaşmasının özüdür (Sharag-Eldin ve Nawari, 2010). Nitelikli BIM uzmanların eksikliği BIM'in uygulanmasını ve mimarlık, mühendislik ve yapı sektöründe kullanımını engellemiştir (Becerik-Gerber ve diğ., 2011). Gelecek 20 yılda nitelikli BIM uzmanlarının devam eden eksikliği nedeniyle daha da kötüleşmesi olası bir durumdur (Smith ve Tardif, 2009).

Çalışmada BIM'i aktif olarak kullanan firmaları BIM kullanımına yönelten faktörlerden en önemlileri; ulusal ve uluslararası pazarda firmaların diğer firmalarla rekabet edebilmesi (ortalama=4,34), proje paydaşları arasında bilgi paylaşımını arttırması (ortalama=4,33) ve BIM'in yapının tüm yaşam döngüsü boyunca sahip olduğu verilerin depolanmasına olanak sağlamasıdır (ortalama=4,33). 4,34 ortalama ile *ulusal ve uluslararası pazarda firmaların diğer firmalarla rekabet edebilmesi* firmaları BIM kullanımına yönlendirecek en önemli faktördür. Firmalar BIM kullanımıyla proje ve yapım sürecini kolaylaştırmakla birlikte ulusal ve uluslararası pazardaki rekabet ortamında avantaj sağlayacaklardır (Eastman ve diğ., 2011).

*BIM proje paydaşları arasında bilgi paylaşımını arttırır* (ortalama=4,33) ve *BIM yapının tüm yaşam döngüsü boyunca sahip olduğu verilerin depolanmasına olanak sağlar* (ortalama=4,33).Yapı yaşam döngüsü boyunca elde edilen tüm veriler, daha sonra kullanılmak üzere saklanarak tüm proje paydaşlarının ortak olarak kullanabileceği bir bilgi deposu oluşturur (Eastman ve diğ., 2011). BIM yapının dijital

bir gösterimi, nesne yönelimli üç boyutlu bir model veya ilgili yazılım uygulamaları ile birlikte çalışabilirliği ve bilgi alışverişini kolaylaştırmak için bir proje bilgisi deposudur (Succar 2009).

BIM'i henüz kullanmayan firmaları BIM kullanımına motive edecek faktörlerden en önemlileri; tasarım çözümlerinin daha iyi görselleştirilmesi (ortalama=4,19), BIM ile tasarım önerilerinin daha iyi anlaşılması ve titizlikle analiz edilebilmesi (ortalama=4,17) ve simülasyonların kolayca oluşturulabilmesidir(ortalama=4,14). 4,19 ortalama ile *tasarım çözümlerinin daha iyi görselleştirilmesi* firmaları BIM kullanımına yönlendirecek en önemli faktördür. Görselleştirme birçok araştırmacı tarafından BIM'in en önemli faydası olarak görülür (Hergunsel 2011; Qian 2012; Azhar ve diğ.,2008). Hergunsel (2011)'e göre; BIM binanın 3 boyutlu sanal bir temsilini sağladığı için iyi bir görselleştirme aracıdır. Görselleştirme sonuç ürünün nasıl görüneceğinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur.

*BIM ile tasarım önerileri titizlikle analiz edilebilir* (Ortalama=4,17). Geliştirilmiş görselleştirme, bina önerilerinin doğru analizine yardımcı olur. İşveren ya da son kullanıcının geri bildirimlerine dayalı olarak farklı tasarım alternatifleri ve konfigürasyonları kolaylıkla modellenabilir ve gerçek zamanlı olarak değiştirilebilir. 3 boyutlu doğru bir görselleştirmenin kullanımı; farklı tasarım çözümlerini anlamak için fiziksel modellere duyulan ihtiyacı ortadan kaldırır (Sanchez ve diğ.,2016).

*BIM ile simülasyonlar kolayca oluşturulabilirler* (Ortalama=4,14). BIM'in en önemli faydalarından biri, tasarımcıların farklı mevsimlerdeki güneş ışığı gibi değişkenleri görselleştirmesini sağlayan veya bina enerji performansı hesabının yapılmasına imkan veren simülasyon araçlarıdır. Simülasyonlar; tasarımcılara tasarım, yapım ve bakım aşamalarının rafine olmasında yardımcı olurlar. Aynı zamanda karar alma süreçlerini geliştirdikleri için paydaşlara farklı alternatifler sunabilmek için önemlidirler. Issa ve diğerleri'nin (2009) çalışması da önümüzdeki 10 yılda BIM kullanılarak yapılan simülasyonlarda artış olacağını öngörmektedir.

BIM'i aktif olarak kullanan firmalarda üst yönetimin desteği açısından bakıldığında; *firmamızda BIM uygulanması için gerekli kaynaklar (yazılım ve donanım) sağlanır* (ortalama=4,06) ve *firmamız BIM kullanımı için yeterli teknik kapasiteye sahiptir* (ortalama=3,81) önemli faktörlerdir. BIM'i henüz kullanmayan

firmalarda üst yönetimin desteği açısından bakıldığında; *firmamız BIM'in potansiyel faydalarından habersizdir* (ortalama=3,61) ve *firmamızda BIM uygulaması için gerekli kaynaklar (yazılım ve donanım) sağlanır* (ortalama=3,19) önemli faktörlerdir. Bir organizasyonun BIM'i adapte etme kararı üst yönetimin desteği olmadıkça risklidir. Bazı çalışmalarda üst yönetimin desteği BIM adaptasyonunda ana başarı faktörlerindedir (Gilligan ve Kunz 2007; Lee ve diğ, 2015). McGraw-Hill yapım raporuna göre (2012), BIM adaptasyonu 2007'de %28 iken 2012'de %70'e kadar çıkmıştır. BIM'in geleceğin trendi olduğu çok açıktır. Bew ve Underwood (2010) çalışmalarında; BIM adaptasyonunun başarılı olabilmesi için organizasyonun değişimi kabul etmeye hazır bir organizasyon kültürü ile mümkün olduğunu vurgulamışlardır.

BIM'i aktif olarak kullanan firmalardaki çalışanların BIM adaptasyonu ile ilgili yeterlilikleri kapsamında ise; *firmamızdaki çalışanlar kendilerini BIM konusunda yeterli hissederler* (ortalama=3,26) ve *çalışanlar BIM konusunda oldukça deneyimlidirler* (ortalama=3,08) önemli iki faktör olarak göze çarpmaktadır. BIM'i henüz kullanmayan firmalardaki çalışanların BIM adaptasyonu ile ilgili yeterlilikleri kapsamında ise; *firmamızdaki çalışanlar kendilerini BIM konusunda yeterli hissederler* (ortalama=3,05) ve *çalışanlar BIM Yazılım gereçleriyle ilgili her problem çözebilirler* (ortalama=2,38) önemli iki faktör olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca anket katılımcılarının çoğunun lisans eğitimleri kapsamında müfredatlarında BIM ile ilgili derslerin olmadığı görülmektedir. Sadece ülkemizde değil BIM adaptasyonu konusunda önde giden ülkelerden biri olan Amerika'da da durumun çok farklı olmadığı görülmektedir (Becerik-Gerber ve diğ.,2011). Ders müfredatlarında BIM'in yer almaması BIM ile ilgili dersleri öğretecek uzmanların olmamasından kaynaklanmaktadır. Üniversitelerde BIM öğrenimi gelecekteki profesyonelleri pratiğe hazırlamak için faydalı olabilir (Becerik-Gerber and Kensek, 2010). Firma çalışanlarının BIM konusunda eğitim desteğine ihtiyacı olduğu açıktır. Anket katılımcılarının çoğu firmalarının BIM'in potansiyel faydalarından habersiz olduğu görüşündedir. Firmalar BIM için yeterli teknik kapasiteye sahip değildir ve çalışanlarına BIM konusunda gerekli eğitimleri düzenli sağlamazlar.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mimarlık, mühendislik ve yapı sektöründe faaliyet gösteren firmaların ulusal ve uluslararası pazardaki rekabet ortamından farklılık ve farkındalık yaratarak başarılı bir şekilde ayrılabilmeleri için; proje yaşam döngüsü sürecinde zaman ve maliyet kayıplarını en aza indirebilmeli, yaşam kalitesini arttırabilmeli, daha sürdürülebilir projeler üretebilmeli, enerji ve kaynakları daha etkin ve verimli kullanabilmeli, proje sürecindeki tüm paydaşlar arasında etkili bir işbirliği ve bilgi paylaşımı sağlayabilmeli, projenin sadece ön yapım ve yapım aşamasını değil yapım sonrası aşamalarını da kapsayan bilgileri en doğru şekilde depolanarak yönetebilmelidir. Bunlarla birlikte firmaların her geçen gün gelişen ve ilerleyen teknolojiye ve teknolojiyle birlikte ortaya çıkan yeniliklere de adaptasyon sağlamaları gerekmektedir.

Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda gelişen teknolojinin desteği ile birlikte proje paydaşları arasında işbirliğini etkin kılan ve projenin yaşam döngüsü boyunca gerekli olan bütün bilgilerin yönetimini sağlamayı hedefleyen BIM'in firmaların beklentilerini tam olarak karşılayabilmesi, olumlu geri dönüşler sağlaması ve sunmuş olduğu fırsatlardan tam olarak faydalanılabilmesi BIM uygulamalarının etkin bir şekilde kullanımı ile mümkün olacaktır.

BIM'in (Yapı Bilgi Modellemesi) yapı sektöründe BIM kullanan ve BIM kullanmayan firmaların adaptasyonunu incelemeyi amaçlayan bu çalışma için gerekli olan veriler, bilimsel araştırma yöntemlerinin belirlemiş olduğu ilkeler doğrultusunda hazırlanan bir anket çalışması uygulanarak toplanmıştır. Anket formu, BIM'i kullanan ve kullanmayan firmalarda farklı adaptasyon faktörlerinin tespitini sağlamak amacıyla iki ayrı formatta hazırlanmış olup, ayrı ayrı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre;

- Firmalarda BIM kullanılan proje sayıları az olmakla birlikte en fazla konut ve ofis projelerinde BIM kullanımını tercih ettikleri görülmektedir.
- Firmalarda BIM'i projenin yapım ve yapım sonrası aşamasını büyük ölçüde etkilediklerini düşünmeleri sebebiyle en çok ön yapım aşamasında kullanmaktadır.

- Hem BIM'i kullanan hem de kullanmayan firmalara göre sektördeki paydaşların ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olması BIM'in potansiyel faydalarının anlaşılmamış olması BIM kullanımını önemli ölçüde engeller.
- Kullanan ve kullanmayan firmalar karşılaştırıldığında ise kullanan firmaların BIM'de bilgi paylaşımı için tanımlanmış ulusal bir standardın olmaması ve bu yönde müşteri talebi olmaması diğer önemli engelleyici faktör olarak görmelerine rağmen kullanmayan firmalarda ise daha çok uzman iş gücü eksikliği ve yazılım vb. maliyetlerin yüksek olması BIM kullanımının önüne geçen engeller olarak ifade etmişlerdir.
- BIM kullanan firmalara göre BIM kullanarak ulusal ve uluslararası pazarda diğer firmalarla rekabet edebildiklerini ifade etmekte olup, firmaları BIM kullanımına yönelten en önemli faktör olduğunu belirtmişlerdir. BIM kullanmayan firmalar ise BIM'in en önemli faydasının tasarım çözümlerini daha iyi görselleştirmesi olduğunu belirtmişlerdir.
- İki durum göz önünde bulundurulduğunda BIM kullanan firmalara göre BIM uygulamalarının adaptasyon sürecindeki kullanıma yönlendiren faktörleri sektör bazlı faktörler iken kullanmayan firmalara göre ise projeye dair faktörler olarak değerlendirilebilir.
- BIM kullanan firmalarda BIM kullanımı için üst yönetimin desteğine dair ortalama 3,33 iken, BIM kullanmayan firmalarda ise bu ortalama 3,07 olarak görülmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda BIM kullanan firmalarda dahi tam anlamıyla üst yönetim desteği olmadığı görülmektedir.
- BIM kullanan firmaların BIM konusundaki yeterlilik ortalaması 2,69 iken, BIM kullanmayan firmaların ise BIM konusundaki yeterlilik ortalaması 2,39'dur. Bu veriler doğrultusunda aslında BIM kullanan firmalarında BIM konusunda yeterli olmadıkları ortaya çıkmaktadır.
- BIM kullanan firmalar BIM'in performans üzerine en büyük etkisinin zaman ve maliyetten daha çok proje kalitesi üzerinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak İngiltere başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde kullanımı zorunlu olan yapı bilgi modellemesi kavramı, Türkiye'de de önemi zamanla artmakta

olup kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Öncelikli olarak raylı sistem, havalimanları, hastane projelerinde kullanılan yöntemin kısa zamanda Türkiye'deki yapı sektörünün vazgeçilmez bir parçası olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle BIM'in potansiyel faydalarının farkında olan firmaların sistemi kararlı bir şekilde kullanabilmesi için kamu ve özel sektör işverenlerinin projelerde BIM kullanımı zorunlu kılarak destek sağlaması ve ileriki zamanlarda uygulamalarda sistemi geliştirerek adaptasyon sürecini engelleyici faktörlerin minimuma indirilmesi hatta ortadan kaldırılması amaçlanmalıdır.

BIM'in adaptasyon sürecini hem kullanan hem de kullanmayan firmalara göre önemli ölçüde etkileyen sektördeki paydaşların ve alt yüklenicilerin yetersizliği faktördür. BIM farkındalığını öncelikli olarak proje sürecinin vazgeçilmez parçası olan sektördeki paydaşlara ve yüklenicilere aşılama gerekmektedir. Dolayısıyla hem üniversiteler hem de kamu ve özel sektör kurumlarına önemli roller düşmektedir. Üniversitelerin lisans ve yüksek lisans programlarında yapı sektöründe BIM'in potansiyel faydalarının farkındalığının artmasını sağlamak ve kullanımını teşvik etmek amacıyla müfredatlarında BIM ile ilgili derslere yer verilmesi sektöre BIM hakkında bilgi sahibi bireylerin yetişmesine katkı sağlayabilirler. Ayrıca üniversitelerin, eğitim kurumların ve bazı kurum ve kuruluşların eğitim, seminer, konferans düzenlemesi BIM eğitimi için gereken maliyeti de minimuma indirebilir. BIM uzmanları yetiştirilerek firmalarda iş olanakları oluşturulmalıdır. Sadece sektördeki paydaşlara değil müşterilerinde BIM hakkında bilinçlenmesi sağlanarak müşteri taleplerini arttıracak çözüm önerileri geliştirebilir.

BIM'in kullanımının önüne geçen en büyük sorunlardan biri de Ulusal bir standartın olmayışıdır. Bu nedenle BIM'in Türk yapı sektöründe kullanımını yaygınlaşmasını hızlandırmak için tüm ilgili kurum ve kişiler aracılığıyla ulusal BIM standartları, kılavuzları, kanun ve yönetmelikleri hazırlanıp kullanımını zorunlu kılan uygulamalarla teşvik edilmesi sağlanmalıdır. Yöneticilerin ise yeni teknolojilere ve değişen süreçlere direnç göstermemesi uyum sağlaması ve uzun vadeli geri dönüşler için sabırlı olması gereklidir.

İnovasyon günümüzde rekabetin vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Etkin AR-GE teşvikleri ile sanayisi desteklenen ülkeler bu rekabet sıralamasında en üst seviyelerde yer almaktadır. Üniversite- sanayi işbirliği ile yapılan

AR-GE çalışmalarının ülkemize ekonomimizde katma değer yaratarak uluslararası pazarda rekabet gücümüzü artıracak ileri teknoloji içeren ürünler olarak dönebilir.

BIM kullanımının yaygınlaşması için yazılım ve donanımların ilk yatırım ve işletme maliyetleri ile eğitim maliyetleri en aza indirilmelidir. Bununla birlikte BIM ortamındaki verilerin, simülasyonların ve analizlerin nasıl korunacağıın ön görülememesi (telif hakkı sorunu) problem çözülebilirse BIM karşımıza daha çok tercih edilen ve güvenilir olan bir sistem olarak karşımıza çıkabilir.

Türk yapı sektörü için BIM kullanımı henüz başlangıç aşamasında olup, birçok firmanın BIM ile çalışmaya sıcak bakmamasına rağmen sektördeki BIM kullanan öncü firmaların kendi iş süreçlerine BIM adaptasyonunu sağlamak için kullanılabilecek metodların, yapılacak hamlelerin, alınacak kararların, uluslararası projelerdeki deneyimlerinin diğer firmalara ilham kaynağı olacağı ve BIM kullanımına yönlendirebileceği düşünülmektedir. Türk yapı sektöründe BIM adaptasyonuna önemli derecede yöneltecek faktörler ise digital fabrikasyon, bulut bilgi işlem, büyük veri ve matematiksel analiz, coğrafi bilgi sistemleri, akıllı şehirler ve mobil platformlar olarak sıralanabilir.

Ayrıca yapı sektörü için önemli bir gelişme olan BIM ile diğer yazılım araçları arasındaki veri aktarımları sırasındaki problemler ve veri kayıpların azaltılabilmesi ortak bir bilgi paylaşım alanı oluşturabilmesi için yazılımların anlaşılması-uygulanması daha kolay tek bir düzende çalışması sağlanabilir.



## 7. KAYNAKLAR

AIA (American Institute of Architects) (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide: Version 1*, AIA, Washington DC.

Akkaya, D. (2012). İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilimdalı, İstanbul.

Akkoyunlu, T. (2015). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilimdalı, İstanbul.

Alexander, K. (1996). *Facilities Management*. London, United Kingdom: Taylor and Francis.

Allen Consulting Group. (2010). Productivity in the buildings network: *assessing the impacts of Building Information Models, report to the Built Environment Innovation and Industry Council*, Sydney.

Anker-Jensen, P. (2009). Design Integration of Facilities Management: A Challenge of Knowledge Transfer. *Architectural engineering and design management*, 5(3), 124-135.

Atkin, B. and Brooks, A. (2014). *Total facility management*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons Incorporated.

Aumba, Chimay, Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Messner, J., vd. BIM Project Execution Planning Guide. *1st ed. Computer Integrated Construction Research Program. Pennsylvania State University*, Oct. 2009. Web. Apr. 2010.

Azhar, S., Hein, M., and Sketo, B. (2008). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. *Proceedings of the 44th ASC Annual Conference (on CD ROM)*, Auburn, Alabama, ABD, April 2-5, 2008.

Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. N., and Leung, B. H. Y. (2008). Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects. *Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries*, Karachi, Pakistan, 435-446.

Azhar, S., Brown, J. and Farooqui, K. (2009). BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software. *International Journal of Constuction Education and Research*, 5, 276-292.

Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11 (3), 241-252.

Azhar, S., Carlton, W. A., Olsen, D., and Ahmad I. (2011). Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. *Automation in Construction*, 20(2), 217-224.

Barnes, P. and Davies, N. (2014). *BIM in Principle and in Practice*. London: ICE Publishing.

Bazjanac, V. (2006). Virtual Building Environments (VBE) – Applying Information Modeling to Buildings [WWW document]. URL <http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL56072>.

Becerik-Gerber, B., and Rice, S. (2010). The perceived value of building information modeling in the U.S building industry. *Information technology in Construction*, 15(2), 185-201.

Becerik-Gerber, B., Gerber, D. J., and Ku, K. (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. *Journal of Information Technology in Construction*, 16, 411-432.

Bernstein, H. M., Jones, S. A., and Russo, M. A. (2012). The business value of BIM in North America: Multi-year trend analysis and user rating (2007–2012), *McGraw-Hill Construction*, Bedford, MA.

Bew, M. and Underwood, J. (2010). Delivering BIM to the UK market. In handbook of research on building information modelling and construction informatics: concepts and technologies, edited by Jason Underwood and Umit Isikdag, Hershey, New York: Information Science Reference 30–64.

Bozoglu, J. (2016). Collaboration and Coordination Learning Modules for BIM Education. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* 21, 152–163. <http://www.itcon.org/2016/10>.

Björk, B.C., and Laakso, M. (2010). CAD standardisation in the construction industry—A process view. *Automation in Construction*, 19(4), 398-406. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.010>

Bozoğlu Demirdoven, J. ve Arditi, D. (2014). Bina Bilgi Modelleme (BIM) Ortamının Oluşturulması için bir Uzman Sistem, *Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, 8 Kasım 2014, Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya.

Carr, R., (1989). Cost Estimating Principles. *J. Constr. Eng. M.*, 115, 545.

Chan, C., (2014). Barriers of Implementing BIM in Construction Industry from the Designers Perspective A Hong Kong Experience. *Journal of System and Management Sciences* 4, 24-40.

Cotts, D., Roper, K. O., and Payant, R. P. (2009). *The facility management handbook*. New York, NY: AMACOM.

Çapkın D.F. ve Özcan S. (2013), “DBC Mimarlıkta BIM kullanımı”, [online], (15 Eylül 2018), <http://sayisalmimar.com/kurslar/mb1697e/cases/furkanserkan.pdf> .

Deutsch, R. (2011). BIM and Integrated Design, Strategies for Architectural Practice, *John Wiley and Sons, Inc.*, Canada.

Dispenza, K. (2010). The Daily Life of Building Information Modeling (BIM), <http://buildipedia.com/in-studio/design-technology/the-daily-life-ofbuilding-information-modeling-bim>

Duru S. ve Badem Y.(2010). “Tesis Yönetiminde BIM: TAV Örneği”, İTÜ, [online], (15 Eylül 2018), [http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/vaka\\_tav.pdf](http://www.sayisalmimar.com/kurslar/beykent/vaka_tav.pdf).

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. (2008) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd Edition, *John Wiley & Sons*, New Jersey.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd Ed., *John Wiley & Sons*, Hoboken.

Emmitt, S. (2007). *Design Management for Architects*. Chichester, West Sussex, UK: Blackwell Publishing.

Erdener, E. (2003). Linking programming and design with facilities management. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 17(1), 4-8.

Fischer, M. and Kunz, J. (2004). The scope and role of information technology in construction. CIFE Technical Report No. 156, CIFE Stanford University, CA.

Foster, B. (2011a), BIM for Facility Management: Design for Maintenance Strategy. *Journal of Building Information Modeling*, 18-19.

Fu, C., Aouad, G., Lee, A., Mashall-Ponting., A and Wu, S. (2006). IFC model viewer to support nD model application. *Automation in Construction*, 15 (2), 178-185.

Gilligan, B. and Kunz, J. (2007). VDC use in 2007: significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity. CIFE Technical Rep. No. TR171, Stanford Univ., Palo Alto, CA, 1-40.

GSA, (2007). “BIM Guide Overview”, GSA BIM Guide Series, U.S. General Services Administration Public Buildings Service Office of the Chief Architect.

Hardin, B. (2009). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows*. Chichester: Sybex.

Hannon, J. J. (2007). Estimators' Functional Role Change with BIM. *AACE International Transactions IT*, 03, 01-08.

Haron A.T., Maarshall-Ponting A.J., and Aouad G. (2009). Building information modelling in integrated practice, in *2nd Construction Industry Research Achievement International Conference (CIRIAC 2009)*, Kuala Lumpur, Malaysia.

Hergunsel, M. (2011). Benefits of building information modeling for construction managers and Bim based scheduling. Thesis Submitted to the Faculty of Worcester Polytechnic Institute, 1-89.

Hill, R. C., and Bowen, P. A. (1997). Sustainable Construction: Principles and a Framework for Attainment. *Construction Management and Economics*, 15(3), 223 - 239.

IFMA International Facility Management Association (1998). What is Facility Management?. [https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management\(15.08.2018\)](https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management(15.08.2018))

Issa, R. R., Suermann, P. and Olbina, S. (2009). Use of building information models in simulations. *Proceedings of the 2009 winter simulation conference (WSC 09)*, Austin, TX, 2264–2271.

İlhan, B., ve Yaman, H., BIM ve Sürdürülebilir Yapım Bütünleşme: IFC-Tabanlı Bir Model Öneri, *Megaron 2015*, 10(3), 440-448.

Jensen, P. (2008). Integration of Considerations for Facilities Management in Design. Design Management in the Architectural Engineering and Construction Sector: *CIB W096 Architectural Management & TG49 Architectural Engineering*, 191-199.

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

Kamardeen, I., (2010). 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. In *26th Annual ARCOM Conference, Leeds, Association of Researchers in Construction Management*, 1, 281-289.

Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D. and Harris, F. C., (2010). Factors of Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-Rise Project in Indonesia. *J. Constr. M. Econ.*, 15.

Kekana, T.G., (2014). Building Information Modelling (BIM) Barriers in Adoption and Implementation Strategies in the South Africa Construction Industry. *International Conference on Emerging Trends in Computer and Image Processing*, 15-16.

Kelly, G., Serginson, M., Lockley, S., Dawood, N. and Kassem, M. (2013). BIM for Facility Management: A review and case study investigating the value and

challenges, *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, Teesside University, 30-31 October, 191.

Khosrowshahi, F and Arayici, Y. (2012). Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19 (6), 610-635.

Kıvrıkcık, İ. (2016). An Investigation Into The Building Information Modeling Applications In The Construction Project Management. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Kraus, W. E., Watt, S., and Larson, P. D. (2007). Challenges in Estimating Costs Using Building Information Modeling. *AACE International Transactions*, 01.1-01.3.

Kymmell, W. (2008). Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations (McGraw-Hill 53 Construction Series): Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. McGraw Hill Professional.

Lassen, A.K., and Merschbrock, C. (2015). Investigating ‘Green BIM’ in a Norwegian construction project: an institutional theory perspective. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*, 519-530.

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

Lee, S., Yu, J. and Jeong, D. (2015). BIM acceptance model in construction organizations. *Journal of Management Engineering*, 31 (3): 04014048- 1–04014048-1-13.

Liu, S. Xie, B. Tivendal, L. and Liu, C. (2015). Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry, *International Journal of Marketing Studies*, 7.

Love, P., Edwards, D., Han, S., and Goh, Y. (2010). Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling. *Research in Engineering Design*, 22(3), 173-187.

Love, P. E. D., D. J. Edwards, S. Han, and Y. M. Goh. (2011). Design Error Reduction: Toward the Effective Utilization of Building Information Modeling. *Research in Engineering Design*, 22 (3), 173–187.

Matarneh, R.T., and Hamed, S.A., (2017). Exploring the Adoption of Building Information Modeling (BIM) in the Jordanian Construction Industry. *Journal of Architectural oJ Engineering Technology*, 6, 1. DOI: 10.4172/2168-9717.1000189

McCuen, T. L. (2008). Scheduling, Estimating, and BIM: a Profitable Combination. *AACE International Transactions*, 1-8.

McGrawHillConstruction. (2012). SmartMarket Report The Busniess Value of BIM for Construction in Major Global Markets. McGraw Hill Construction.

McGrawHillConstruction. (2014). SmartMarket Report The Busniess Value of BIM for Construction in Major Global Markets. McGraw Hill Construction.

Mitchell, D. (2012). 5D BIM: Creating cost certainty and better buildings. 2012 RICS Cobra, Las Vegas, Nevada USA.

Motowa, İ., and Carter, K. (2013). Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings. *Social and Behavioral Sciences*, 74, 419-428.

Muratoğlu, H. (2015). BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıkları Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Newton, K. and Chileshe, N. (2012). Awareness, usage and benefits of Building Information Modelling (BIM) adoption the case of the South Australian construction organisations In: (ed: S.D. Smith), *Procs 28th Annual ARCOM Conference*, 3-5 September 2012, Edinburgh, UK, *Association of Researchers in Construction Management*, 3-12.

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

Ogwueleka, A.C., (2015). Upgrading from the use of 2D CAD systems to BIM technologies in the construction industry consequences and merits. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* 28, 403-411, 17.

Öktem S. ve Ergen E., (2017). BIM'e Geçiş Sürecinin Operasyonel Çerçevesi. 4. Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi, Samsun, Türkiye.

Özorhon, B., ve Karahan, U. (2016). Critical Success Factors of Building Information Modeling (BIM) Implementation, *ASCE Journal of Management in Engineering*, 33 (3).

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi, İBB İstanbul Anadolu Yakası Raylı Sistem Projeleri*. Abaküs Yayıncılık.

Pati, D., Park, C., and Augenbroe, G. (2010). Facility Maintenance Performance Perspective to Target Strategic Organizational Objectives. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 24(2), 180-187.

Pektaş, Ş. T. (2009). Mimarlıkta Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları. *Mimarlık*, No. 346, 81-84. (Avery Index to Architectural Periodicals)

Penttilä, H. (2006). Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression,

ITcon Vol. 11, Special issue The Effects of CAD on Building Form and Design Quality, 395-408, <http://www.itcon.org/2006/29>

Percio, S. D. (2007). Building Information Modeling- BIM: Contractual Risks are Changing with Technology. Retrieved from Green Real Estate Journal: <http://www.greenrealestatelaw.com/2007/02/building-information-modeling-bimcontractual-risks-are-changing-with-technology/>

Perera, S. and Watson, I. (1998). Collaborative Case-Base Estimating and Design. *J. Adv.in Eng.*, 29, 801-8.

Pfitzner, M., Benning, P., Tulke, J., Outters, N., Nummelin, O., and Fies, B. (2010). Barriers and Opportunities – Future ICT and Organizational Requirements. The InPro Consortium.

Qian, A. Y. (2012). Benefits and ROI of BIM for multi-disciplinary project management. National University of Singapore. <http://www.icoste.org/wp-content/uploads/2011/08/Benefits-and-ROIof-BIM-for-Multi-Disciplinary-Project-Management.pdf> (E.T.16.12.2018) .

Reddy, K.P. (2011). BIM for Building Owners and Developers, Making a Business Case Using BIM on Projects, *John Wiley and Sons Inc.*, NJ, USA.

Rundell, R. (2006). How can BIM benefit facilities management? Primeedge. Retrieved from [http:// www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revitbim-and-fm-3432](http://www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revitbim-and-fm-3432)

Sabol, L. (2008a). Challenges in Cost Estimating with Building. Information Modeling. *News: Design + Construction Strategies*.

Sabol, L. (2008b). Building Information Modeling & FM.” IFMA World Workplace.

Sanchez, A. X., Hampson, K. D. and Vaux, S. (2016). Delivering value with BIM: A whole-of-life approach, Abingdon: Routledge, 1–366.

Sarı, R. (2017). An Investigation of Building Information Modeling Maturity in Turkish Small-Medium Size Enterprises Architectural and Engineering Firms. Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Schueter, A., and Thessling, F. (2009). Building Information Model Based Energy/Exergy Performance Assessment in Early Design Stages. *Automation In Construction*, 18, 153–163.

Seifloo A. ve Pamuk R., “BIM ile Avinal (ERP) Sistem Entegrasyonu”, [online], (15 Eylül 2018), <http://sayisalmimar.com/kurslar/mbl697e/cases/seifloopamuk.pdf> (2014).

Sharag-Eldin, A., and Nawari, N. O. (2010). BIM in AEC Education. *Structures Congress jointly with North American Steel Construction Conference in Orlando, Florida*, 1676-1688. [http://dx.doi.org/10.1061/41130\(369\)153](http://dx.doi.org/10.1061/41130(369)153)

SmartMarket report (2010). Green BIM. McGraw Hill Construction, 1-800-591-4462, 2010.

Smith, D. (2007). An Introduction to Building Information Modeling (BIM). *Journal of Building Information Modeling*, Fall 2007, 12-16.

Smith, D. K., and Tardif, M. (2009). Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers. *John Wiley & Sons*. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470432846>

Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *27th IPMA World Congress, Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475-484.

Strafaci A. (2008). What does BIM mean for civil engineers?. *Transportation, CE News*, October 2008, <http://www.cenews.com/article/6098/>

Stumpf, A., Kim, H., and Jenicek, E. (2009). Early Design Energy Analysis Using BIMs (Building Information Models). *Construction Research Congress 2009*, 426-436.

Succar, B. (2009). Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders. *Automation in Construction*, 18, 357-375.

Sun, C., J. Shaohua, J. Mirosław, P. M. Qing, and S. Liyin. (2017). A Literature Review of the Factors Limiting the Application of BIM in the Construction Industry. *Technological and Economic Development of Economy*, 23 (5), 764-779.

Taşlı, Ş. (1998). A Commentary Bibliography: Knowledge Representation for Architectural Systems, <http://www.art.bilkent.edu.tr/iaed/cb/Tasli.html> (6 Ocak 2009).

Taşlı, Ş. (2001). What does Computer Aided Design Offer for Producing Livable Buildings in the 21st Century?. *Proceedings of the Livable Environments and Architecture International Congress LIVENARCH 2001*, KTÜ, Trabzon, 278-282.

Taşlı, Ş. and Özgüç, B. (2001). Dynamic Simulation in Virtual Environments as an Evaluation Tool in Architectural Design. *Architectural Science Review*, 44(2), 139-144.

Tatum, C. (1989). Organizing to increase innovation in construction firms. *Journal of Construction Engineering and Management*, 115(4), 602-617.

Teicholz, E. (2012). Technology for Facility Managers: The Impact of Cutting-edge Technology on Facility Management. *John Wiley & Sons*.



Tekin, H. (2017). Yapı Bilgi Modellemesi Sisteminin Türk İnşaat Sektörüne Uygulanması ve Adaptasyonunda Kritik Yol Haritasının Oluşturulması. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Thurairajah, N. and Goucher, D., (2013). Advantages and challenges of using BIM: A cost consultant's perspective. *49th ASC Annual International Conference*, viewed 20 November 2013.

Thomson, D. B., and Miner, R. G. (2006). Building Information Modeling – BIM: Contractual Risks are Changing with Technology. Retrieved from <http://bit.ly/1CXsvka>

Tulubas Gokuc Y. and Arditi D. (2017) Adoption of BIM in architectural design firms. *Architectural Science Review*, 60(6), 483-492.

UKCO. (2011). *Government Construction Strategy*. London: United Kingdom Cabinet Office.

USGBC. (2009). The LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction For the Design, Construction, and Major Renovations of Commercial and Institutional Buildings Including Core & Shell and K-12 School Projects, *United States Green Building Council*, Washington, DC.

Volk, R., Stengel, J. and Schultmann, F. (2014). Building information Modeling BIM for existing buildings- Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.

Wong, J. and Yang, J. (2010). Research and Application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: a review and direction for future research, *Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC)*, Loughborough University, U.K., Pennsylvania State University, 356–S. 365.

Wu, W., and Issa, R. R. A. (2014). BIM Education and Recruiting: Survey-Based Comparative Analysis of Issues, Perceptions, and Collaboration Opportunities. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140(2). [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000186](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000186)

Yaman, H., ve İlhan, B. (2010). İnşaat Sektörü'nde Bina Enformasyonu Modellemesi Kavramına Genel Bir Bakış. *1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi 2010*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Yan, H. and Damian, P. (2008). Benefits and barriers of Building Information Modeling. *12th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, Beijing.

Zhao, X., Feng, Y., Pienaar, J. and O'Brien, D. (2017). Modelling Paths of Risks Associated with BIM Implementation in Architectural, Engineering and Construction Projects. *Architectural Science Review*, <https://doi.org/10.1080/00038628.2017.1373628>.

## İNTERNET KAYNAKLARI

URL 1: [http://bimtalk.co.uk/bim\\_glossary:bim\\_dimensions#fn\\_2](http://bimtalk.co.uk/bim_glossary:bim_dimensions#fn_2), [online], (15 Mayıs 2018).

URL 2: <https://geniebelt.com/blog/bim-maturity-levels>, [online], (15 Mayıs 2018).

URL 3: Messner, J. (2009), "BIM Project Execution Planning", [online], (16 Mayıs 2018), [https://bimforum.org/wpcontent/uploads/presentations/phillyoctober2009/Messner\\_AGC\\_BIMForum\\_Presentation.pdf](https://bimforum.org/wpcontent/uploads/presentations/phillyoctober2009/Messner_AGC_BIMForum_Presentation.pdf)

URL 4: <https://www.penta.com.tr/markalar/autodesk/yapi-bilgi-sistemi-bim/en/> [online], (27 Temmuz 2018).

URL 5: Ofluoğlu, S. (2009), "Yapı bilgi modelleme: yeni nesil mimari yazılımlar", [online], (15 Temmuz 2018), <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf>

URL 6: <https://www.computerworks.ch/vectorworks-blog/details/bim-prozess-bis-ins-detail-ausgeleuchtet.html>, [online], (23 Ağustos 2018).

URL7: [https://www.google.com.tr/search?q=EMAAR+SQUARE&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj\\_sN2a2dvdAhUrposKHRTThCoQ\\_AUICygC&biw=1396&bih=686#imgrc=DsRB1j5xbeodiM](https://www.google.com.tr/search?q=EMAAR+SQUARE&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj_sN2a2dvdAhUrposKHRTThCoQ_AUICygC&biw=1396&bih=686#imgrc=DsRB1j5xbeodiM): [online], (15 Temmuz 2018).

URL 8: <http://www.nigdeteknopark.com/icerik.asp?kid=4>: [online], (15 Temmuz 2018).

URL 9: [http://emrearolat.com/eaaprojects\\_pdf/Abdullah%20Gul%20Presidential%20Museum%20and%20Library.pdf](http://emrearolat.com/eaaprojects_pdf/Abdullah%20Gul%20Presidential%20Museum%20and%20Library.pdf), [online], (18 Temmuz 2018).

URL 10: <http://www.arkitera.com/proje/7334/abdullah-gul-cumhurbaskanligi-muzesi-ve-kutuphanesi1>, [online], (18 Temmuz 2018).

URL 11: <https://docplayer.biz.tr/29181608-Insaat-proje-yonetimi-sempozyumu.html>, [online], (18 Temmuz 2018).

URL 12: <http://www.tasyapi.com/tr/okmeydani-egitim-ve-arastirma-hastanesi-0917#lg=1&slide=15>, [online], (18 Temmuz 2018).

URL 13:

<http://yts.saglikyatirimlari.gov.tr/dosyalar/yatirim/497/Sunum/Web/0Kapak.jpg>, [online], (18 Temmuz 2018).

URL 14: [http://www.sera.com.tr/tr\\_ataturk-havalimani-ek-binasi-elektrik-elektronik-imalatlar-p4.php#2](http://www.sera.com.tr/tr_ataturk-havalimani-ek-binasi-elektrik-elektronik-imalatlar-p4.php#2), [online], (18 Temmuz 2018).

URL 15:

[https://www.google.com.tr/search?q=istanbul+yeni+havaliman%C4%B1+BIM&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjtrtbO9dbdAhUJDywKHdwfApUQ\\_AU IDCgD&biw=1396&bih=686#imgsrc=cTb7lxBvGV2CkM](https://www.google.com.tr/search?q=istanbul+yeni+havaliman%C4%B1+BIM&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjtrtbO9dbdAhUJDywKHdwfApUQ_AU IDCgD&biw=1396&bih=686#imgsrc=cTb7lxBvGV2CkM): [online], (18 Temmuz 2018).

URL 16: <https://www.slideshare.net/sapturkiye/sap-forum-istanbul-2017-dnyanin-en-byk-havalmaninin-erp-projes>, [online], (18 Temmuz 2018).

URL 17: [http://boldmimarlik.com/portfolio\\_page/eap-project/](http://boldmimarlik.com/portfolio_page/eap-project/), [online], (30 Ekim 2018).

URL 18: <http://www.emay.com/Projeler/>, [online], (18 Temmuz 2018).

URL 19: <https://www.metrorailforum.org/files/II.Uluslararası-Metro-Rail-Forum-Oturum-VI-5-Ekim.pdf>, [online], (30 Ekim 2018).

URL 20: <http://www.emay.com/Projeler/>, [online], (30 Ekim 2018).

URL 21: <http://www.metearat.com/de/typologie.html>, [online], (30 Ekim 2018).

URL 22: <http://www.almetsan.com/en/tr/medya-merkezi/tt-arena.aspx#prettyPhoto>, [online], (30 Ekim 2018).

# **EKLER**

## 8. EKLER

### EK A “BIM Kullanan Firmalara Yönelik Anket Formu”

BIM

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM kullanan firmalar)

**Bu anket; “Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu” başlıklı yüksek lisans tez çalışması için hazırlanmıştır. Anketin sonuçları, sadece çalışma kapsamında kullanılacaktır. Bizimle değerli görüşlerinizi paylaştığınız için teşekkür ederiz.**

**Mimar Merve**

**ERDİK**

**Yüksek Lisans**

**Öğr.**

**Balıkesir Üniversitesi**

**Mimarlık Bölümü**

**Çağış Kampüsü**

**10145 BALIKESİR**

#### 1. Firmanızdaki pozisyonunuz

- |   |  |
|---|--|
| <input type="radio"/> BIM Müdürü/ BIM Uzmanı    | <input type="radio"/> Dizayn Ofis Şefi |
| <input type="radio"/> Proje Müdürü              | <input type="radio"/> BIM Danışmanı    |
| <input type="radio"/> Mimar                     | <input type="radio"/> Genel Müdür      |
| <input type="radio"/> İnşaat Mühendisi          |  |
| <input type="radio"/> BIM Mühendisi             |  |
| <input type="radio"/> Diğer (Lütfen belirtiniz) |  |

#### 2. Firmanızda çalışan sayısı

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> 1-10 kişi  | <input type="radio"/> 31-50 kişi |
| <input type="radio"/> 11-20 kişi | <input type="radio"/> 50+        |
| <input type="radio"/> 21-30 kişi |                                  |

3. Firmanız sektörde kaç yıldır faaliyet göstermektedir?

- 0-5 yıl  16-20 yıl  
 6-10 yıl  20+  
 11-15 yıl

4. Yapı Bilgi Modellemesi konusundaki bilgi düzeyiniz nedir?

- Hiçbir fikrim yok  Çok  
 Biraz  Çok fazla  
 Orta seviyede

5. Yapı Bilgi Modellemesi ile firmanızın deneyimi

- Firmamızda Yapı Bilgi Modellemesi kullanılmamaktadır.  11-15 yıl  
 0-3 yıl  15+  
 4-10 yıl

6. Hangi projelerde BIM kullanıyorsunuz?

- Konut  Turizm Yapıları  
 Ofis Yapıları  Sağlık Yapıları  
 Endüstri Yapıları  Eğitim Yapıları  
 Karma Yapılar (Konut-ofis-avm-otel)  Ulaşım Yapıları  
 Altyapı  Baraj, köprü, yol

7. BIM'i hangi aşamalarda kullanıyorsunuz?

- Ön yapım aşaması (planlama, tasarım vb.)  
 Yapım aşaması (bütçe kontrolü, şantiye yönetimi vb.)  
 Yapım sonrası aşamalar (tesis yönetimi, bakım-onarım, enerji tüketiminin izlenmesi vb.)

8. Firmanızda BIM kullanılan toplam proje sayısı?

- 1-2  11-50  
 3-5  50+  
 6-10

**9. Firmanızda Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) kullanımını engelleyen/engelleyecek faktörler nelerdir?**

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Bu yönde bir müşteri talebinin olmaması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM kullanımının potansiyel faydalarının tam olarak anlaşılammış olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Çalıştığımız projeler için mevcut teknolojinin yeterli olması, BIM'in gerekli olmaması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yöneticilerin yeni teknolojilere ve değişen süreçlere karşı direnç göstermesi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM'de bilgi paylaşımı için tamamlanmış ulusal bir standardın olmaması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM'e ait yazılım ve donanımların ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızda BIM konusunda uzman işgücü eksikliği.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM konusunda, personeli eğitmek için gerekli eğitim maliyetlerinin yüksek olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sektördeki paydaşlar ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
BIM ve diğer yazılım araçları arasındaki veri aktarımı sırasındaki problemler ve oluşan veri kayıpları.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM ortamındaki verilerin, simülasyonların ve analizlerin nasıl korunacağını ön görülememesi (telif hakkı ve lisans sorunu).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paydaşların hata sorumluluğunu üstlenmek istememeleri.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diğer (lütfen belirtin)	<input type="text"/>				

**10. Firmanızda sizi BIM kullanımına yönelten ya da yöneltecek nedenler nelerdir?**

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
BIM yapı sektörü tarafından faydalı bir gereç olarak lanse edilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tasarım çözümleri daha iyi görselleştirilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM ile tasarım önerileri daha iyi anlaşılır ve titizlikle analiz edilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
BIM, tekrar tasarım konularının azaltılmasına katkıda bulunur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM yapının tüm yaşam döngüsü boyunca sahip olduğu verilerin depolanmasına olanak sağlar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM ile olası sorunlar otomatik olarak tespit edilir, raporlanır ve çözümlenir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Proje paydaşları arasında bilgi paylaşımı artar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ulusal ve uluslararası pazarlarda firmamız diğer firmalarla rekabet edebilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
İnsan kaynağına duyulan ihtiyaç azalır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simülasyonlar kolayca oluşturulabilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Daha iyi müşteri servisi sağlanabilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sözleşmedeki değişiklikler azalır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yapının çevresel performansı daha iyi tahmin edilebilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gelecekteki tadilatlarla ilgili kesin bilgiye ulaşılabilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
İnşaat atıkları azalır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yapı yaşam döngüsü maliyetleri daha iyi anlaşılır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hukuksal sorunlar azalır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Şantiye güvenliği ile ilgili riskler azalır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enerji etkinliği sağlanır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Diğer (lütfen belirtin)

**11. Firmanızda BIM kullanımına yönelik üst yönetimin desteğini aşağıdaki ifadeler üzerinden değerlendiriniz.**

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Firmamız BIM'in potansiyel faydalarından habersizdir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızda BIM uygulaması için gerekli kaynaklar (yazılım ve donanım) sağlanır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız BIM kullanımı için yeterli teknik kapasiteye sahiptir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız BIM kullanımına hiç bir şekilde dayanım göstermez.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız çalışanlarına BIM konusunda gerekli eğitimleri düzenli olarak sağlar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız BIM adaptasyonu için teşvikler sağlar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Diğer (lütfen belirtin)

**12.** Firmanızda BIM kullanımına yönelik çalışanların (mimar-mühendis) yeterliliğini aşağıdaki ifadeler üzerinden değerlendiriniz.

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Firmamızdaki çalışanlar BIM kullanırken kendilerini yeterli hissederler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızdaki çalışanlar BIM konusunda oldukça deneyimlidirler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız çalışanlarının BIM ile ilgili eğitim desteğine ihtiyacı yoktur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızda çalışanlar BIM yazılım gereçleriyle ilgili her problemi çözebilirler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Çalışanlarımız lisans eğitimleri boyunca BIM ile ilgili gerekli eğitimleri almışlardır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**13.** BIM'in performans üzerindeki etkileri

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Sürdürülebilirlik performansını artırır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toplam proje maliyetini azaltır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toplam proje zamanını kısaltır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Toplam proje kalitesini geliştirir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anketimize katıldığınız için teşekkür ederiz.

## EK B “BIM Kullanmayan Firmalara Yönelik Anket Formu”

BIM

Yapı Bilgi Modellemesi

**Bu anket; “Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu” başlıklı yüksek lisans tez çalışması için hazırlanmıştır. Anketin sonuçları, sadece çalışma kapsamında kullanılacaktır. Bizimle değerli görüşlerinizi paylaştığınız için teşekkür ederiz.**

**Mimar Merve**

**ERDİK**

**Yüksek Lisans**

**Öğr.**

**Balıkesir Üniversitesi**

**Mimarlık Bölümü**

**Çağış Kampüsü**

**10145 BALIKESİR**

### 1. Firmanızdaki pozisyonunuz

- Proje Müdürü  Dizayn Ofis Şefi
- Mimar  Genel Müdür
- İnşaat Mühendisi
- Diğer (Lütfen belirtiniz)

### 2. Firmanızda çalışan sayısı

- 1-10 kişi  31-50 kişi
- 11-20 kişi  50+
- 21-30 kişi

### 3. Firmanız sektörde kaç yıldır faaliyet göstermektedir?

- 0-5 yıl  16-20 yıl
- 6-10 yıl  20+
- 11-15 yıl

**4. Yapı Bilgi Modellemesi konusundaki bilgi düzeyiniz nedir?**

- Hiçbir fikrim yok  Çok  
 Biraz  Çok fazla  
 Orta seviyede

**5. Yapı Bilgi Modellemesi ile firmanızın deneyimi**

- Firmamızda Yapı Bilgi Modellemesi kullanılmamaktadır.  11-15 yıl  
 0-3 yıl  15+  
 4-10 yıl

**6. Firmanızda Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) kullanımını engelleyen/engelleyecek faktörler nelerdir?**

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Bu yönde bir müşteri talebinin olmaması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM kullanımının potansiyel faydalarının tam olarak anlaşılammış olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Çalıştığımız projeler için mevcut teknolojinin yeterli olması, BIM'in gerekli olmaması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yöneticilerin yeni teknolojilere ve değişen süreçlere karşı direnç göstermesi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM'de bilgi paylaşımı için tamamlanmış ulusal bir standardın olmaması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM'e ait yazılım ve donanımların ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızda BIM konusunda uzman işgücü eksikliği.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM konusunda, personeli eğitmek için gerekli eğitim maliyetlerinin yüksek olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sektördeki paydaşlar ve alt yüklenicilerin teknik olarak yetersiz olması.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
BIM ve diğer yazılım araçları arasındaki veri aktarımı sırasındaki problemler ve oluşan veri kayıpları.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM ortamındaki verilerin, simülasyonların ve analizlerin nasıl korunacağını ön görülememesi (telif hakkı ve lisans sorunu).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paydaşların hata sorumluluğunu üstlenmek istememeleri.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diğer (lütfen belirtin)	<input type="text"/>				

## 7. Firmanızda sizi BIM kullanmaya motive edecek nedenler nelerdir?

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
BIM yapı sektörü tarafından faydalı bir gereç olarak lanse edilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tasarım çözümleri daha iyi görselleştirilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
BIM ile tasarım önerileri daha iyi anlaşılır ve titizlikle analiz edilir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Firmanızda BIM kullanımına yönelik üst yönetimin desteğini aşağıdaki ifadeler üzerinden değerlendiriniz.

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Firmamız BIM'in potansiyel faydalarından habersizdir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızda BIM uygulaması için gerekli kaynaklar (yazılım ve donanım) sağlanır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız BIM kullanımı için yeterli teknik kapasiteye sahiptir.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız BIM kullanımına hiç bir şekilde dayanım göstermez.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız çalışanlarına BIM konusunda gerekli eğitimleri düzenli olarak sağlar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız BIM adaptasyonu için teşvikler sağlar.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Diğer (lütfen belirtin)



9. Firmanızda BIM kullanımına yönelik çalışanların (mimar-mühendis) yeterliliğini aşağıdaki ifadeler üzerinden değerlendiriniz.

	Kesinlikle katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle katılmıyorum
Firmamızdaki çalışanlar BIM kullanırken kendilerini yeterli hissederler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızdaki çalışanlar BIM konusunda oldukça deneyimlidirler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamız çalışanlarının BIM ile ilgili eğitim desteğine ihtiyacı yoktur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Firmamızda çalışanlar BIM yazılım gereçleriyle ilgili her problemi çözebilirler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Çalışanlarımız lisans eğitimleri boyunca BIM ile ilgili gerekli eğitimleri almışlardır.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anketimize katıldığınız için teşekkür ederiz.