



## Şantiyelerde Bilgi Modellemesi ve Dijital Teknolojilerin Kullanımı\*

Rümeysa Betül AKBAY, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Yüksek Lisans Öğrencisi, rbakbay@gmail.com, 0000-0002-5374-3110

Burcu BALABAN ÖKTEN, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Dr. Öğr. Üyesi, burcuokten@fsm.edu.tr, 0000-0001-6916-8475

Yaprak ARICI ÜSTÜNER, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Dr. Öğr. Üyesi, yarici@fsm.edu.tr, 0000-0002-3949-0444

### ÖZ

Son 50 yılda, inşaat endüstrisi diğer endüstrilere kıyasla oldukça az teknolojik yeniliğe sahiptir. İnşaat endüstrisinin parçalı doğası ve projelerin bir kereye özgü oluşu yeniliklere karşı direnç göstermesine neden olmaktadır. Değişime olan bu ilgisizliğin yanı sıra verimlilik ve performansı artırma ihtiyacı uzun bir süredir bilinmektedir. Yapı bilgi modellemesi (YBM), binaların tasarlanma, inşa ve işletilme şeklini hızla değiştiren devrim niteliğinde bir teknoloji ve süreçtir. Bu çalışmanın amacı tasarım aşamasında YBM süreçlerinde modellenen bilgilerin sahadaki personele hangi teknolojiler vasıtasıyla aktarıldığını tespit etmek ve sahadaki üretime sağladığı katkıyı incelemektir. Ayrıca Türk inşaat sektöründe YBM süreçleriyle yürütülen örnekleri incelemek ve sektörün yönelimini arttırmak için akademisyenler ve profesyoneller tarafından yapılan çalışmaları ortaya koymaktır. Araştırma sürecinde Türk inşaat sektöründe YBM uygulamaları incelenmiştir. Sektörde aktif olarak YBM teknolojilerini deneyimlemiş farklı paydaşları temsil eden beş profesyonelle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmeler ve literatürden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Süreçlerin dijitalleşme yönünde hızla ilerlediği fakat aktif şantiye ortamında hala paftaların kullanıldığı, üretim yapan işçilerin bilgiye geleneksel yöntemlerle ulaştığı görülmektedir. Üç boyutlu modellenen projenin iki boyutta paftaya dönüştürülme ihtiyacı zaman almakta ve mevcut bilginin veriminin azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda sahada hala beklenen dijitalleşme sağlanamamıştır. Literatürde incelenen vaka çalışmalarında, şantiyeye kurulmuş dijital istasyonlarla modellere üç boyutlu olarak ulaşılan uygulamalar mevcuttur. Yatırımcının bütçesi dahilinde uygulanabilecek bu uygulama sahada kaybolan veriye çözüm olabilir. İncelenen örnekler ve yapılan görüşmelerde teknolojiye yapılan bu yatırımların işverene büyük oranda kar olarak döndüğü tespit edilmiştir. İşverenler ilk maliyete değil toplam kara odaklanmalıdırlar. Sektörün bu dönüşüme dahil olmaları rekabet avantajı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler** : Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), Saha Uygulamaları, Dijital Teknolojiler, Koordinasyon, İş Birliği

\*Bu makale Rümeysa Betül Akbay'ın 2021 tarihli "Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Şantiyede Kullanımına Yönelik Bir İnceleme" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.



## The Use of Information Modelling and Digital Technologies in Construction Sites

### ABSTRACT

*In the last 50 years, the construction industry has had very few technological innovations compared to other industries. The fragmented nature of the construction industry and the one-off nature of projects make it resistant to innovation. This indifference to change, as well as the need to increase efficiency and performance, has long been recognized. Building information modelling is a revolutionary technology and process that is rapidly changing the way buildings are designed, built and operated. The aim of this study is to determine the technologies through which the information modelled in BIM processes is transferred to the personnel in the field during the design phase and to examine the contribution it provides to the production in the field. In addition, to examine the examples carried out by BIM processes in the Turkish construction sector and to reveal the studies carried out by academicians and professionals to increase the direction of the sector. During the research process, BIM applications in the Turkish construction sector were examined. Semi-structured interviews were held with five professionals representing different stakeholders who have actively experienced BIM technologies in the sector. The interviews and the data obtained from the literature were compared. It is seen that the processes are progressing rapidly towards digitalization, but projects in paper format are still used in the active construction site environment, and the workers who produce are accessed by traditional methods. The need to convert a three-dimensional modelled project into a two-dimensional project takes time and reduces the efficiency of existing information. In this case, the expected digitalization in the field still has not been achieved. In the case studies examined in the literature, there are applications where models are accessed in three dimensions with digital stations installed on the construction site. This application, which can be implemented within the investor's budget, can be a solution to the data lost in the field. In the examined examples and interviews, it has been determined that these investments made in technology return to the employer a large amount of profit. Employers should focus on total profit, not initial cost. The sector's involvement in this transformation will provide a competitive advantage.*

**Keywords** : *Building Information Modelling (BIM), Field Applications, Digital Technologies, Coordination, Collaboration*

### GİRİŞ

İnşaat sektörü sürekli bilgi üreten, çok disiplinli ve çok örgütlü bir yapıya sahiptir. Yoğun bilgi akışının olduğu bu sektörde bilgi paylaşımı ile ilgili zorluklar mevcuttur. Aynı zamanda projelerin geçici doğası gereği değerli bilgiler bireylerde kalabilmekte ve zamanla kaybolabilmektedir. Başarılı bir proje yönetim sürecinde bilginin etkin bir şekilde kullanılması ve paylaşılması kritik bir öneme sahiptir. Yapı bilgi modellemesi (YBM), etkili iş birliği ve öğrenme süreçleri yoluyla bu çabaya yardımcı olabilecek bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır.

Yapı bilgi modellemesi inşaat sektörünün iş yapış biçimini değiştiren, dijitalleştiren ve geliştiren bir süreçtir. YBM, yapıların tasarım, yapım ve işletme evrelerini kapsayan yaşam döngüsü boyunca bilgi akışının doğru ve eksiksiz gerçekleşmesini hedeflemektedir. Yapı bilgi

modellemesi entegre bir süreç sağlamakla beraber proje evrelerine sağladığı fayda ve zorluklar değişkenlik göstermektedir. Bu çalışma yapı bilgi modellemesi süreçlerinin saha uygulamalarına odaklanmıştır. Sahada yapı bilgi modeline hangi teknolojilerle ulaşıldığını ve dijitalleşme sürecinin yapı sektörüne sağlayacağı ileriye dönük uygulamaları tespit etmek hedeflenmiştir. Bir diğer amaç da Türkiye'deki YBM uygulamalarının mevcut durumunu sürecin içerisinde aktif olarak yer alan uzman görüşleriyle incelemektir.

Bu çalışmanın amacı tasarım aşamasında YBM süreçlerinde modellenen bilgilerin sahadaki personele hangi teknolojiler vasıtasıyla aktarıldığını tespit etmek ve sahadaki üretime sağladığı katkıyı incelemektir. Ayrıca Türk inşaat sektöründe YBM süreçleriyle yürütülen örnekleri incelemek ve sektörün yönelimini arttırmak için akademisyenler ve profesyoneller tarafından yapılan çalışmaları ortaya koymaktır.

Araştırma sürecinde yapı bilgi modellemesi hakkında yapılan seminerler takip edilmiştir. Literatür tarama sürecinde sektörde aktif olarak YBM teknolojilerini deneyimlemiş kişilerle yapılandırılmamış görüşmeler yapılmıştır. Literatür taraması sona erdiğinde elde edilen verilerle sorular hazırlanmış, farklı disiplinleri temsil eden beş profesyonelle yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Yapılan görüşmeler ve literatürden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

## 1. YAPI BİLGİ MODELLERİNİN ŞANTİYELERDE KULLANIMI

Yapı bilgi modellemesi, binaların tasarlanma, inşa ve işletilme şeklini hızla değiştiren devrim niteliğinde bir teknoloji ve süreçtir. YBM' nin kökleri 1970'lerin sonunda ve 1980'lerin başında ABD ve Avrupa'da yapılan parametrik modelleme araştırmasına kadar uzanmış olsa da mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi 2000'lerin ortalarından itibaren projelerde uygulamaya başlamıştır (Azhar, Khalfan & Maqsood, 2012). YBM; mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörü içinde tüm paydaşların bir projedeki rollerinin entegrasyonunu teşvik eden yeni bir paradigmayı temsil eder. İnsanları, sistemleri ve iş yapılarını bir araya getirerek atıkların azaltılması ve proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında verimliliği en iyi duruma getirmeyi amaçlar. Ortak bir süreci benimseyen bu durum yeni bir proje teslim yaklaşımı olan entegre proje teslimini desteklemektedir (Azhar, 2011). Yapı bilgi modellemesi tasarım, inşaat ve işletme aşamaları arasında bina bilgilerinin değişimini kolaylaştıran, bina tasarımı ve detaylandırılması için gerekli tüm grafik ve sözel verileri içeren kavramsal bir yaklaşımdır (Wang ve diğerleri., 2013).

Yapı bilgi modellemesi oluşturduğu ortak veri ortamı sayesinde paydaşlar arası iş birliğini, koordinasyonu ve iletişimi geliştirmektedir (Amarnath ve diğerleri., 2011). Şantiye ekipleri arasında iş birliğinin sağlanması için ekipler arasında sosyal ilişkilerin de organize edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, iş birliğinin sağlanması için ekipler arasında sağlıklı bilgi paylaşımı olmalıdır (Chiu & Lai, 2020; Getuli, Capone, & Bruttini, 2020; Keskin, Salman, &

Ozorhon, 2020). Yapı bilgi modellemesi ile proje üzerinde farklı disiplinlerin çalışmaları ve çabaları tek bir modelde birleşir. Doğrudan iletişim ve iş birliği sağlanır (Rokooei, 2015). Köseoğlu & Nurtan-Güneş (2018) İstanbul Havalimanı inşaatı sırasında mobil YBM uygulamalarının etkinliğini yalnız inşaat ilkeleri ile araştırmıştır. Sonuçlar, tabletlere gönderilen modellenmiş bilgilerin yardımıyla saha ekiplerinin doğru uygulama bilgilerine sahip olduğunu göstermiştir. Keskin ve diğerleri., (2020) ise yerinde güncel modellere erişerek belge yönetimi için gerçek zamanlı veri paylaşımı ve inşaat koordinasyonunda YBM'nin faydalarını ortaya koymuştur. Yapı bilgi modellemesinin başarısı, iş birliği faaliyetlerindeki tüm katılımcılar tarafından kolektif olarak benimsenmesine bağlıdır. Hızla gelişen mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisinde, YBM-iş birliği modellerini iyileştirmek çok önemlidir. YBM, farklı katılımcılar arasında hızlı ve verimli işbirliğini mümkün kılan bir katalizör görevi görebilir (Liu ve diğerleri., 2016).

Şantiyelerin izlenmesi de şantiye kontrol ve yönetiminin bir parçasıdır. Şantiyeden toplanan güncel bilgilerin belirli bir sistematik süreçle inşaat profesyonellerine aktarılması karar verme süreçlerine katkı sağlar. Şantiyelerin izlenmesi (Edirisinghe, 2019; Han & Golparvar-Fard, 2014; Ibrahim ve diğerleri., 2017; Luo ve diğerleri., 2018; Sezer & Bröchner, 2019; Vegad ve diğerleri., 2014), üretimlerin incelenmesi (Falorca & Lanzinha, 2020; Hamledari ve diğerleri., 2018; Tsai ve diğerleri., 2014), şantiyelerin lazer tarama ile kontrolü (Bosché ve diğerleri., 2015), hava robotları tarafından görsel veri toplanması (Ibrahim ve diğerleri., 2017) ve atık yönetimi (Arif ve diğerleri., 2012; Kim ve diğerleri., 2020) alanda yapılan araştırma konularıdır.

Yapı bilgi modelleri sektör tarafından öncelikle zaman, maliyet, değer, kalite kontrol için kullanılmaktadır (Olatunji & Sher, 2015). Alandaki çalışmalar yapı bilgi modellemesi süreçlerinin, maliyetleri düşürebileceğini ve inşaat süresini kısaltabileceğini öngörmektedir (Kim ve diğerleri., 2017). Jade & Lessard, (2015) projenin planlama ve inşaat aşamalarında sanal ortamda kullanılan entegre bir zaman ve maliyet yönetimi sistemi önermiştir. Fanning, Clevenger, Ozbek, & Mahmoud (2015) vaka çalışması olarak benzer özelliklerde iki köprü inşaatını incelemiş ve YBM süreçleriyle yönetilen projenin yapım aşamasında daha az değişiklik siparişine ve yeniden çalışmaya ihtiyaç duyduğunu ve bu sayede yaklaşık %5-9 oranında maliyet tasarrufu sağladığını ortaya koymuştur.

Yapı bilgi modellemesinin önündeki en büyük engellerden biri farkındalığın yeterli olmayışıdır. Ayrıca alanında uzman personelin eksikliği geçiş sürecini zorlayan durumlardandır. Türkiye’de yapı bilgi modellemesinin yaygınlaşması ve desteklenmesi için çalışmalar yapan çeşitli organizasyonlar ve topluluklar bulunmaktadır. Bu amaçla kurulan topluluklardan bazıları; “buildingSMART Türkiye”, “BIM4TURKEY”, “BIMGenius” ve “Bimfili” dir.

BuildingSMART kâr amacı gütmeyen, yapı sektörünün dijital dönüşümüne dünya çapında katkı sağlamayı amaçlayan tarafsız ve uluslararası bir organizasyondur. İlk olarak

1995 yılında kurulan ve 2013'te ISO statüsüne kavuşan buildingSMART International; Avustralasya, Avusturya, Benelüks, Kanada, Çin, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Kore, Norveç, Polonya, Rusya, Singapur, İspanya, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık ve İrlanda ile ABD'nin içinde yer aldığı 21 ülkede çalışmalarını yürütmektedir. 2017 yılında kurulan buildingSMART Türkiye, yapı bilgi modellemesi uygulamalarının inşaat sektöründe yaygınlaşmasını sağlamayı hedeflemektedir. Bu doğrultuda Türkiye İMSAD'ın ev sahipliğinde toplantı, seminer ve konferanslar düzenlemektedir.

BuildingSMART Türkiye (bSTR) tarafından misyon ve vizyonu doğrultusunda çalışma grupları oluşturulmuştur. Standartlar ve Yayınlar Çalışma Grubu, ISO standartlarının TSE işbirliğiyle ülke formasyonuna göre geliştirmekte ve ihtiyaç olan standartları hazırlamaktadır. Proje Geliştirme Çalışma Grubu, inşaa sürecinde farklı aşamalarda sayısal uygulama ve teknolojilerin nasıl uygulanacağını anlatan doküman ve yönergeleri hazırlanmasına katkı sağlamaktadır. Teknoloji Çalışma Grubu, teknolojiyle birlikte ortaya çıkan sorunları takip ederek IFC ve ona bağlı uygulamalarla ilgili standart ve araçları belirlemektedir. Eğitim ve Belgelendirme Çalışma Grubu, buildingSMART International tarafından geliştirilen kriterleri ve müfredatları Türkiye ihtiyaç ve koşullarına uyarlamaktadır. Ayrıca Türk Standartları Enstitüsü, Mesleki Yeterlilik Kurumu ve belgelendirme kuruluşlarıyla işbirliğini sağlamaktadır. İletişim, Tanıtım ve Üyelik Çalışma Grubu, gerekli tanıtım, üyelik ve işbirliği faaliyetlerini yürütmektedir. Üniversite İşbirliği Çalışma Grubu ise YBM konusunda yapılan çalışmalara akademik destek sağlamakta ve bu konuda üniversite düzeyinde bilinirliği arttırarak yetişmiş uzman personel sayısının çoğaltılmasını hedeflemektedir. Bütün bunlara ek olarak Türkiye'deki ve Türk firmaların Dünya'daki örnek çalışmaların paylaşılması adına çalışmalar yapılmaktadır.

BIM4TURKEY, yapı bilgi modellemesinin inşaat sektörüne, akademiye ve kamu kurumlarına entegrasyonunu kolaylaştırmayı hedefleyen Yapı Bilgi Modellemesi ve Yönetimi Derneği'ne bağlı bir platformdur. Sektör paydaşları ile işbirliği sağlanan bu platformda belirli yapı standartları oluşturmayı hedeflenmekte, bu doğrultuda Türk İnşaat sektörüne entegrasyonunu hızlandırmak için düzenli raporlar ile Türkiye'ye yol haritası çizmektedir. Bu kapsamda sekiz çalışma grubu oluşturulmuştur. Eğitim ve Araştırma Grubu, profesyonellerle akademisyenleri bir araya getirecek bir platform sağlamak, diğer ülkelerde yapılan çalışmaları Türk inşaat sektörü ve akademiye sunmak, YBM kavramlarının teorik temellerini oluşturarak YBM eğitim programları düzenlemek gibi amaçlarla kurulmuştur. Tasarım ve İnşaat Grubu, yapı bilgi modellemesinin uygulanmasına yönelik etkili stratejileri ve metotları tespit etmeyi ve bu bağlamda iyi uygulamaları ve projeleri tanıtarak YBM kullanımının etkileri ortaya koymayı hedeflemektedir. Teknoloji ve Eğitim Grubu, dünyadaki örnek YBM projelerinden yararlanarak bu alandan kullanılan teknolojilerin pratikte uygulanması ve yaşanan sorunları ele almaktadır. Mimari Tasarım Komitesi, İşletme Yönetim Komitesi, Kamu ve Özel Sektörün

Entegrasyonu Komitesi, MEP Komitesi ve Enerji Komitesi’de yapı bilgi modellemesinin Türkiye’de yaygın ve planlı bir şekilde kullanılmasını sağlamayı hedefleyen diğer çalışma gruplarıdır. Ayrıca BIM4TURKEY tarafından “Bim Webinar”, “Bim Coffee Talks”, “Bim Summit” ve “Bim Days” olarak kategori edilmiş etkinlik gruplarıyla çevrimiçi veya Türkiye’nin farklı illerinde gerçekleşen çeşitli seminerler ve toplantılar düzenlenmektedir.

BIMgenius, 2017’de kurulan yapı bilgi modellemesi ve yapı sektöründeki dijital teknolojilerle ilgili profesyonelleri bir araya getirmeyi amaçlayan bir platformdur. Sayısallaşan inşaa süreçlerine katkı sağlamayı ve bu konudaki çalışmalarını yaygınlaştırmayı amaçlayan bu platformda sektörün önde gelen birçok uzmanıyla seminerler düzenlenmektedir. Çevrimiçi olarak yaptıkları anket çalışmalarını da Türkiye’de YBM ile ilgili genel eğilimleri ve beklentileri ortaya koyacak raporları yayınlamaktadırlar. BIMgenius topluluğu, disiplinlerarası bir perspektif ile sektörün geleceğini tartışırken günümüzün problemlerine pratik çözümler aramayı amaçlamaktadır.

BIMGenius platformu 2018 ve 2019 yıllarında Türk yapı sektörünün yapı bilgi modellemesi kullanımını anlamak, ilgili problemleri ve beklentileri belirlemek amacıyla Google Forms üzerinden dijital anketler düzenlemiştir. Farklı disiplinleri temsil eden yapı sektörü profesyonellerinden oluşan 385 katılımcının gerçekleştirdiği bu ankete BuildingSMART Türkiye, Makine Mühendisleri Odası ve Elektrik Tesisat Mühendisleri Derneği destek vermiştir. Katılımcıların çoğunluğunu mimarlar oluştururken mühendislik disiplinlerinde inşaat, makine ve elektrik mühendisliği öne çıkan diğer meslek grupları olmuştur. YBM deneyimine sahip katılımcıların çoğunluğunun çalıştıkları kurumların 100 ve üzeri çalışana sahip firmaların olması dikkat çeken verilerdendir. Projelerde YBM kullanılıp kullanılmadığına dair verilen cevaplarda 2018 – 2019 yılı verileri karşılaştırıldığında YBM kullanan ve kullanmayı düşünen katılımcı yüzdesindeki artış sektör için olumlu bir tablo çizmektedir. Projeler de hangi disiplinlerde ve hangi aşamalarda YBM kullanıldığına yönelik sorularla YBM olgunluk seviyesini ölçmek amaçlanmış ve sonuçlara göre mimari ile birlikte tüm mühendislik disiplinlerinde YBM kullanan katılımcılar çoğunluğu oluşturmuştur. Eğitim ile ilgili olan problemler verilerinde ise sektörel ve üniversitelerdeki eğitimlerin yetersiz olması ve YBM ile ilgili Türkçe kaynakların yetersiz olması çoğunluğun verdiği yanıtlardır. Yapı bilgi modellemesi süreçlerinin kullanıldığı proje tiplerinin tespiti sorularında ise karma yapı projeleri ve ofis yapıları öne çıkarken havalimanları, metro projeleri, endüstriyel tesisler, büyük ölçekli konut projeleri, alışveriş merkezleri, sağlık yapıları, eğitim yapıları diğer yanıtlardır. Katılımcıların değerlendirmelerine göre YBM iş süreçlerini daha etkin yönetmeye yardımcı oluyor, saha koordinasyon problemlerini azaltıyor ve proje sürelerini kısaltıyor. %17’lik bir kesim ise proje maliyetlerini arttırdığını, benzer bir oranda katılımcı da YBM ile çalışmak istediklerini ancak yazılım maliyetlerinin çok yüksek olduğunu belirtmiştir (Bimgenius, 2020).

Bimfili akademisyenler ve profesyonellerden oluşan Yapı Bilgi Modellemesi üzerine değer ve farkındalık yaratmayı hedefleyen sosyal bir platformdur. 2019 yılından bu yana aktif olarak etkinlik düzenleyen bu topluluk üniversitelerde gerçekleştirdiği seminerlerin yanı sıra çevrimiçi seminerler de düzenlemektedir. Pandemi sürecinde sosyal medya platformlarından canlı yayınlar yapılan bu platformda alanında uzman birçok profesyonel çalıştıkları projeleri sunmaktadır. Mimarlık, mühendislik ve inşaat sektöründe aktif kullanılan YBM uygulamalarının tasarım aşamasından işletme aşamasına kadar tüm yaşam döngüsünde kullanımına yönelik sorular ve sorunlar ortaya konmaktadır. Yapı bilgi modellemesinin iyi uygulamalarıyla birlikte bu süreçlerde kullanılan diğer dijital teknolojiler de ele alınmaktadır.

Yapı bilgi modellemesi inşaat sektöründe çalışan profesyoneller için yeni bir uzmanlık alanı haline gelmiştir. Artan taleple birlikte YBM konusunda oluşturulan bu platformlar ve toplulukların yanısıra bazı üniversitelerde ve özel kuruluşlarca sertifika programları düzenlenmektedir. İTÜ SEM “BIM Uzmanı Sertifika Programı”, ODTÜ SEM “Yapı Bilgi Modellemesi Sertifika Programı”, BÜYEM (Boğaziçi Üniversitesi Yaşamboyu Eğitim Merkezi) “İnşaat Projelerinde Uygulamalı BİM Süreçleri”, Antalya SEM “Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Modelleme Uzmanlığı Eğitim Programı” ve ESOGÜSEM (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi) tarafından “BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) Uzmanlığı Uygulamalı Eğitimi Sertifika Programı” eğitimleri düzenlenmektedir. Üniversiteler tarafından yürütülen bu eğitimler YBM uzmanı olarak firmalarda görev alacak kişilere gerekli teorik ve pratik altyapıyı sağlamayı amaçlamaktadır. Üniversitelere ek olarak bazı yazılım şirketleri ve özel eğitim kurumları da YBM alanında eğitimler vermektedir.

## 2. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler, nitel araştırma için en yaygın kullanılan görüşme formatıdır ve bir bireyle veya gruplar halinde gerçekleştirilebilmektedir (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006). Yarı yapılandırılmış görüşmeler görüşme esnasında daha esnek bir yaklaşım sunmakta ve bu esneklik görüşülen kişi tarafından gündeme getirilen konular hakkında da veri toplamayı sağlamaktadır (Ryan et al., 2009).

Çalışma aşağıdaki amaçlar doğrultusunda şekillendirilmiştir:

- 1) Yapı bilgi modellemesi süreçlerinin saha uygulamalarına sağladığı katkıyı tespit etmek.
- 2) Sahada yapı bilgi modelleme hangi teknolojilerle ulaşıldığını ve dijitalleşme sürecinin yapı sektörüne sağlayacağı ileriye dönük uygulamaları ele almak.
- 3) Türkiye’deki YBM uygulamalarının mevcut durumunu sürecin içerisinde aktif olarak yer alan uzman görüşleriyle incelemek.

Araştırmanın hedefleri doğrultusunda görüşme talebi yapılacak katılımcılar belirlenmiştir. Görüşme talebi yapılan katılımcılar, saha uygulamalarında aktif olarak üretime dahil olan, alanında tecrübeli ve farklı disiplinleri temsil eden uzmanlardan seçilmiştir. Amaç çok paydaşlı inşaat uygulamalarında hangi disiplinin hangi alanda daha çok fayda elde ettiklerini ve bu sürecin paydaşlar arası iletişime olan katkısını araştırmaktır. Katılımcılara profesyonel iş ağı platformundan ulaşılmıştır. Toplamda on profesyonele görüşme talebinde bulunulmuş, beş profesyonel olumlu dönüş yapmıştır.

Araştırmaya dahil olan katılımcılar; yüklenici, alt yüklenici, müşavir, mimarlık-mühendislik ve eğitim-danışmanlık firmalarını temsil eden uzmanlardır (Tablo 1). Katılımcıların üçü mühendis, ikisi mimar olmak üzere; iki katılımcının sektördeki deneyimi 10-15 yıl, diğer katılımcıların deneyimleri 5-10 yıl, 15-20 yıl ve 20-25 yıldır. Katılımcılardan ilki YBM direktörü, ikisinin pozisyonu YBM yöneticisi olmakla beraber biri danışman ve bir diğeri de YBM uzmanıdır. Katılımcıların her biri YBM ile en az beş yıldır çalışmaktadır. Aynı zamanda aktif olarak yurtdışında da YBM projelerinde yer almışlardır.

**Tablo 1:** Araştırmaya Dahil Olan Katılımcılar

Katılımcı	Firma Türü	Pozisyon	Meslek	Tecrübe
#A	Yüklenici	YBM Direktörü	Mühendis	20-25
#B	Alt Yüklenici	YBM Yöneticisi	Mühendis	10-15
#C	Müşavir	YBM Yöneticisi	Mimar	10-15
#D	Mimarlık ve Mühendislik	YBM Uzmanı	Mühendis	5-10
#E	Danışmanlık ve Eğitim	YBM Danışmanı	Mimar	15-20

Yapılan tüm kaynak (makale, tez, internet, rapor vb.) taramalarının sonucunda görüşme yapmak üzere sorular hazırlanmıştır (Tablo 2). Görüşmeler görüntülü veya sesli çevrimiçi toplantılar şeklinde yapılmış, 45 ile 75 dakika arasında sürmüştür. Katılımcıların izniyle toplantılar kayıt altına alınmıştır. Sorular ilk defa görüşme sırasında sorulmuş, görüşme yapılırken ilgili sorular katılımcının temsil ettiği paydaşa veya pozisyona göre şekillendirilmiştir. Görüşmeler sonucu elde edilen veriler amaçlar doğrultusunda kategorize edilmiştir.

**Tablo 2:** Görüşme soruları.



Amaçlar	Sorular
Yapı bilgi modellemesi süreçlerinin saha uygulamalarına sağladığı katkıyı tespit etmek.	<ul style="list-style-type: none"><li>•Yapı bilgi modellemesinin saha uygulamalarına sağladığı faydalar nelerdir?</li><li>•En çok verim aldığınız kullanım alanı nedir?</li><li>•İş sağlığı ve güvenliği konusunda YBM uygulamalarını kullanmayı düşündünüz mü?</li></ul>
Sahada yapı bilgi modeline hangi teknolojilerle ulaşıldığını ve dijitalleşme sürecinin yapı sektörüne sağlayacağı ileriye dönük uygulamaları ele almak.	<ul style="list-style-type: none"><li>•Şantiyede bilgiyi doğru ve hızlı aktarmak için hangi teknolojileri kullanıyorsunuz?</li><li>•Herhangi bir projenizde sanal gerçeklik ya da artırılmış gerçeklik teknolojisini kullandınız mı?</li><li>•Saha personeline güvenlik eğitimi verirken VR ortamını kullanmak hakkında ne düşünüyorsunuz?</li><li>•Lazer tarama teknolojisinin kullanımının fayda ve zorlukları nelerdir?</li><li>•Robotik üretimi deneyimlediğiniz bir proje oldu mu?</li><li>•Türkiye’deki teknolojik ilerlemeler hakkında ne düşünüyorsunuz?</li><li>•İleriye yönelik kullanmayı düşündüğünüz teknolojiler nelerdir?</li></ul>
Türkiye’deki YBM uygulamalarının mevcut durumunu araştırmak.	<ul style="list-style-type: none"><li>•Firmanız kaç yıldır YBM süreçleriyle projeleri yürütüyor?</li><li>•YBM süreçlerine geçişteki etken faktör ne oldu?</li><li>•Geçiş sürecinde nasıl engellerle karşılaştınız?</li><li>•Yurtdışında dahil olduğunuz projelerle Türkiye’deki projeleri karşılaştırdığınızda ülkemizde öne çıkan ve geride kalan alanlar nelerdir?</li><li>•Türkiye’nin mevcut durumu hakkında yorumlarınız nelerdir?</li><li>•YBM süreçlerini iyileştirmek için herhangi bir öneriniz var mı?</li></ul>

### 3. BULGULAR

**Amaç 1 Doğrultusunda Elde Edilen Veriler:** Katılımcıların her biri farklı paydaşları temsil ettiği için YBM’nin süreçlerine olan katkısı ortak noktalarda buluşmakla beraber katılımcılara en çok sağladığı fayda değişkenlik gösterebilmektedir. A katılımcısı YBM süreçlerinden faydalanırken en büyük katkıyı risk yönetiminde elde ettiklerini ifade etmiştir. Tasarım değişikliklerinin ve belirsizliklerinin sahadaki süreç başlamadan modelde öngörülebilir olmasının süreçleri netleştirdiğini ve çakışma analizleriyle oluşabilecek hataların önüne geçtiklerini belirtmiştir. Yüklenici firma olarak tasarım firmasıyla iş birliği

sağlayabildiklerini ve bu durumun zaman ve maliyet karı olarak döndüğünü ifade etmiştir. Ortak veri ortamının bilgi yönetimini de güçlendirdiğini, sahadaki verilerin saatlik olarak güncellenebildiğini ve saha dışı birimlerin mevcut durumdan haberdar olabildiğini vurgulamıştır. B katılımcısı revizyonlarının takip edilebilmesinin sahada doğru bilgi erişimine oldukça fayda sağladığını, hangi versiyonun güncel olduğunu takip edilebildiğini ve önceki versiyonlara da kolaylıkla erişilebileceğini vurgulamıştır. Ortak veri ortamı sayesinde dosya paylaşımının ortadan kalktığını herkesin zaten dosyaya sahip olduğunu belirtmiştir. Bahsedilen başka bir fayda da projelerin uluslararası yürütülebilmesidir. Dünyanın her yerinde sadece internetle veri ulaşılabilir kılınmaktadır. C katılımcısı da benzer görüşte olmakla birlikte sahayla olan güçlü iletişimin yapım sürecine ve projeye oldukça katkı sağladığını belirtmiştir. Kesin proje aşamasında birim fiyatın dışına çıkmadan yapılabilen tasarım değişikliklerinin de mali bir avantaj sağladığı ve karar süreçlerinin hızlandığı görüşündedir. Ayrıca iş birliği içinde herkesin aynı dili konuşmasının (standartlaşmış dosya isimleri, belirli detay seviyeleri gibi) proje verimliliğini arttırdığını ifade etmiştir. B ve D katılımcısı doküman yönetimine olan katkılardan bahsetmiş, veri akışındaki doğruluğun en büyük faydalardan olduğunu belirtmişlerdir. B katılımcısı saha denetiminin daha doğru ve hızlı yapılabildiğini de vurgulamıştır. Yapılan iş atamaları ve yazışmaların ortak veri ortamında kayıtlı olmasının da sürecin şeffaf yürütülmesine katkıda bulunduğunu belirtmiştir. Bu konu hakkında A katılımcısı da sahadaki raporlamaların ve tarihlerin önemini vurgulamış, iş takibinin çok daha doğru yapıldığını, herhangi bir gecikme ya da yanlış olduğunda mesul tarafın tespit edilebildiğini ifade etmiştir. D katılımcısı tüm bu faydalara ek olarak inşaat ortamının riskli doğasının ve kalabalık ekiplerin varlığının kimin nerede olduğunu takip etmeyi gerektirdiğini, iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan çalışmaların artırılması gerektiğini belirtmiştir. E katılımcısına göre, yapı bilgi modellemesi en önemli faydayı zamana bağlı parametrelerde sağlamaktadır. Zamanda elde edilen kar ile iş gücü de azaltmakta bu da mali kazanç olarak geri dönmektedir. Doküman yönetiminde de oldukça fayda sağlamakta, ofisle saha arasındaki iletişim güçlenmektedir. Sahada oluşabilecek imalat hataları modelde öngörülebilmektedir. Kalite yönetimini de oldukça kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır.

Veri kayıpları ve paydaşlar arası anlaşmazlığın inşaat sektörünü zarara uğrattığı, birlikte çalışılabilirliğin başarıyı getirebilecek anahtar kelimelerden olduğu tüm katılımcılar tarafından ifade edilmiştir. YBM'nin inşaattaki iş kültürünü değiştirdiği, projedeki bilgi akışlarının hız kazandığı belirtilmiştir. Katılımcıların ortak fikri, yapı bilgi modellemesinin süreçleri optimize ettiği ve veri yönetimine katkı sağladığıdır. Projenin erken tasarım aşamasından yıkımına kadar olan yaşam döngüsü boyunca üretilen bilgi kullanılabilen ve süreç boyunca tüm paydaşlar veriye doğru ve hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir. Güçlü bir iş birliğinin projenin başarısında en önemli faktörlerden olduğu vurgulanmıştır.

**Amaç 2 Doğrultusunda Elde Edilen Veriler:** Katılımcıların tümü mobil cihazlarla verinin sahaya ulaştırıldığını ifade etmiştir. Bu cihazların akıllı telefonlar ve tabletler

olduğunu ifade etmişlerdir. Sahada kare kodların cihazlara okutulmasıyla üç boyutlu modele hızlı erişim sağlanan uygulamalar da mevcuttur. Verilerinin bulut teknolojisiyle depolandığı, tüm paydaşların güncel veriye ulaşabildiği belirtilmiştir. A katılımcısı bulut tabanlı hibrit dosyalarla çalıştıklarını, sahada internetin olmadığı durumlarda da verilerin görüntülenebildiğini ifade etmiştir. Ayrıca işverenin isteğine bağlı olarak saha takibinde lazer tarama teknolojisini aktif olarak kullandıklarını belirtmiştir. B katılımcısı dosya yüklerinden dolayı modelleri parçalayarak görüntülediklerini belirtmiştir. E katılımcısı projelerde yatırımcının mali durumuna göre süreçte kullandıkları teknolojilerin değişiklik gösterdiğini belirtmiş, sahada tablet kullanımının en yaygın proje görüntüleme teknolojisi olduğunu ifade etmiştir. A, C ve E katılımcısı sanal gerçeklik teknolojilerinden de faydalanmaktadır. A katılımcısı henüz tamamlamadıkları projede kiralanacak alanların müşteriye sunumu için kullandıklarını belirtirken, C katılımcısı çalışma durumlarının görselleştirilerek üretimden önce raporlamak ve süreci iyileştirmek için kullandıklarını ifade etmektedir. E katılımcısı ise iş güvenliği alanında eğitimler için kullanmaktadır. VR gözlüklere aktardıkları yapı modeliyle sahadaki personelin hangi tehlikelerle karşılaşacağını gösterdiklerini, düşme senaryolarıyla eğitim verdiklerini, sahadaki riskli bölgeler hakkında personeli bilgilendirdiklerini ifade etmiştir.

İleriye yönelik teknolojiler hakkında A katılımcısı, dijitalleşmeyle birlikte bu teknolojilerin geliştiğinin ve giderek öngöremediğimiz imkanlar sağlayacağını ifade ederken, dijitalleşmede en önemli noktanın veri üreten ve veri kullanan teknolojiler olduğunu belirtmiştir. B katılımcısı yapı bilgi modellerinin teknolojiler için verimli bir altyapı sağladığını, birçok dijital teknolojinin bu modellere entegre olduğunu ve gelecek teknolojilere de zemin hazırladığını ifade etmiştir. D katılımcısı prefabrik üretimin YBM ile artabileceğini, sahada üretimin azalmasıyla zaman kazanmak, iş gücünün azalması, mali karlar gibi kazançlar elde edilebileceğini söylemiştir. Bu durumun yaygınlaşması için ise proje yapış biçimlerinde birtakım değişiklikler olması gerektiğini belirtmiştir. Bu değişikliklerin ilkinin projedeki ana kararların sürecin başında alınması ve tasarıma yönelik değişikliklerin sürece uygun ilerlemesi olduğunu ifade etmiştir. Robotik kollar ve robotların yakın gelecekte şantiyede yaygınlaşacağını belirten E katılımcısı, yapay zekanın, nesnelere internetinin de projelerin bir parçası haline geleceğini öngörmektedir.

**Amaç 3 Doğrultusunda Elde Edilen Veriler:** A katılımcısı dahil oldukları projenin şartnamesinde yer almasıyla, 2011 yılında YBM süreçlerine dahil olduklarını, başladıkları yıllarda teknolojik altyapının yetersizliği, yazılım ve donanım eksikliklerinden dolayı zorluk yaşadıklarını belirtmiştir. Yetişmiş personel eksikliğinin ise hala bir sorun olduğunu, konu hakkında işverenlerin ve personelin farkındalığının artması gerektiğini ifade etmiştir. İşverenlerin isteksizliğinin yaptıkları yatırımı risk olarak görmelerinden kaynaklandığından bahsetmiştir. B katılımcısı yapı bilgi modellemesini insan, teknoloji ve süreç çerçevesinde

değerlendirilmesi gerektiğini, zorlukların en büyük kaynağının sosyolojik direnç olduğunu ifade etmiştir. Günümüz şartlarında kaynakların ulaşılabilir, yazılımların gelişmiş ve hala gelişmekte olduğunu önemli olan noktanın insanların sürece dahil olması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca sektörel eğitimin devam etmesi teknolojinin sürekli gelişen hızına ayak uydurmak için önemli noktalardandır. C katılımcısı tasarım ofislerinin süreçlere daha çok dahil olduğunu fakat bu sürecin proje başarısını getirmesi için yapı yaşam döngüsü boyunca tüm paydaşların dahil olması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca modele aktarılan bilgilerin sahada kullanılabilmesinin başarıyı etkileyen kilit noktalardan olduğunu belirtmiştir. 2016 yılından beri danışmanlık hizmeti veren E katılımcısı, 2016-2018 yılları arasında Türkiye’de inşaat sektörünün geleneksel proje yönetiminden dijital süreçlere geçme eğiliminin arttığını belirtmiştir. Şimdiye kadar 136 firmaya YBM danışmanlığı verdiklerini, danışmanlık hizmeti isteyen firmaların yüzde ellisinin mimarlık firması, yüzde otuzunun müteahhit firma, yüzde on beşinin mekanik hizmet veren firma ve yüzde beşinin ise elektrik hizmeti veren firma olduğunu ifade etmiştir. Müteahhit firmaların dahil oldukları projelerin şartnamelerinde YBM’nin yer almasıyla danışmanlık hizmeti almak istediklerini, mimarlık ve mühendislik ofislerinin ise genellikle kendi tercihleriyle bu dönüşüme dahil olmak istediklerini belirtmiştir. E katılımcısı Türkiye’de YBM süreçlerinin önündeki engelleri; prosedürler, yetkin personel eksikliği, zaman ve maliyet olarak dört ana başlıkta kategorize etmiştir. YBM kültürünü benimsemek için danışmanlık alan bazı firmaların mali nedenlerden dolayı geçiş sürecini tamamlayamadıklarını belirtmiştir. Personel ücretleri, yazılım ve donanım maliyetlerinin firmaların önündeki mali engeller olduğunu ifade edilmiştir.

A katılımcısı Türkiye’de standartların oluşturulduğunu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı ve İBB ile bu konu hakkında görüşmelerin yapıldığı ve kamunun standartlara dahil olması için yapılan çalışmalar olduğundan bahsetmiştir. B katılımcısı Türkiye’de alt yapı projelerinde YBM süreçlerinin zorunlu hale gelmesinin tüm paydaşların aynı sisteme dahil olmasını sağladığını ve projenin ilk aşamasından itibaren kararların ve isteklerin belirli olmasıyla proje başarısının arttığını ifade etmiştir. Türkiye’nin dünya ülkelerine kıyasla Ar-Ge faaliyetlerinin daha zayıf olduğunu belirten D katılımcısı, bu gibi teknolojilerin adaptasyon sürecine ihtiyaç duyduğunu fakat yapılan yatırımının ilerleyen safhalarda olumlu sonuçlanacağını ifade etmiştir. Ayrıca Türkiye’de YBM süreçlerine en hızlı dahil olan firmaların yurtdışında özellikle orta doğuda çalışan yükleniciler olduğunu belirtmiştir. Türkiye’deki firmaların dijitalleşme sürecinde iki kategoriye ayrıldığını, bazı firmaların inovatif yaklaşım sergilerken diğer firmaların geleneksel yöntemlerden uzaklaşmayı tercih etmediklerinden bahsetmiştir. E katılımcısı Türk mühendis ve mimarlarının teknolojik gelişimlere ilgili ve hevesli olduğunu ifade etmiş, genç nüfusun varlığının dünya ülkelerine göre ciddi bir avantaj olduğunu belirtmiştir.

**Katılımcıların Önerileri:** A katılımcısı YBM’nin yaygınlaşması için talep yaratılması gerektiğini, bilinçli işverenlerin artması gerektiğini belirtmiştir. Proje süreçlerinde doğru tarif ve doğru dilin anahtar kelimelerden olduğunu, anlayış eksikliğinin varlığını ve standartlarla

bu durumlara net bir tarifi getirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Standartların tek başına yeterli olmayacağını fakat iyi bir başlangıç olacağını, firmaların bilgi ve görgüsünün de süreçleri ileri taşıyabileceğini vurgulamıştır. Son üç projeyi kağıtsız tamamladıklarını, sadece kapak yazılarının hazırlanmasının milyonlarca dolara denk geldiğini ve bu durumun ortadan kalkmasıyla bile bu teknoloji yatırımlarının maliyetini karşıladığını belirtmiştir. İş verenlerin kazanımlarını hesap etmesi gerektiğini YBM ile yaptıkları yatırımın karşılığını almakla kalmayıp birçok alanda ciddi karlar elde edebileceklerini ifade etmiştir. B katılımcısı sahadaki personelin modellenen verileri kullanabilmesi gerektiğinin, personelin bu konuda teşvik edilmesi ve eğitilmesi gerektiğinin altını çizmiştir. Tek bir yazılımla problemlerin hepsinin çözülmeyeceğini, ihtiyaca göre ve birlikte çalışabilen yazılımların tercih edilmesi gerektiğini belirtmiştir. C katılımcısı YBM'nin yaygınlaşması için en önemli itici gücün şartnameler olduğunu ifade etmiştir. İnşaat firmalarının verimlerini arttırmaları için iyi bir teknoloji ve süreç olduğunu, rekabet avantajı elde edeceklerini belirtmiştir. Geçiş sürecinin zamana ihtiyacı olduğunu ama istek olduğu noktada başarı elde edeceklerini vurgulamıştır. Ayrıca başarılı bir sürecin tüm paydaşların ortak katılımı ve iş birliğiyle gerçekleşebileceğinin altını çizmiştir. D katılımcısı görselleştirme sektörünün önde gelen bazı oyun motoru şirketlerinin yapı sektörüne katkı sağladığını, yazılım merakı olan uzmanların inşaat sektörüne olan ilgisinin arttırılarak alandaki ihtiyacın karşılanması gerektiğini önermiştir. Sektörün YBM teknolojilerini geliştirecek, yazılımları güçlendirecek uzmanlara ihtiyacı olduğunu belirtmiştir. E katılımcısı üniversite müfredatlarına YBM eğitiminin dahil edilmesi gerektiğini, sadece teorik bilginin değil uygulama bilgisinin de verilmesi gerektiğini belirtmiştir. Piyasada ciddi bir uzman eksikliği olduğunu, bu durumun mühendis ve mimarların farkındalığının artması ve eğitimle ortadan kalkabileceğini ifade etmiştir.

Katılımcıların ortak fikri süreçlerin yaygınlaşması için işverenin teşvik edilmesi gerektiğidir. Ayrıca her katılımcı YBM'nin iş yapış biçimini değiştiren, geliştiren ve zamana ihtiyacı olan bir süreç olduğunu, inşaat sektörünün ilerleyen dönemlerde evrileceğini vurgulamıştır. Bu değişimle beraber entegre olabilen firmaların rekabet avantajı sağlayacağını, işlerinin verimlerinin artacağını vurgulamışlardır. Üniversite eğitimine YBM süreçlerinin dahil edilmesi de üzerinde durulan bir diğer önemli konudur. Ayrıca firma içi sektörel eğitimlerin de mevcut personele değer katacağını belirtilmiştir.

#### **4. BULGULARIN TARTIŞILMASI**

Yapılan görüşmelerle literatür taramasından elde edilen veriler karşılaştırıldığında benzer faydalar tespit edilmiştir. Ancak öne çıkan bazı alanlar vardır. YBM'nin yapım evresinde daha iyi iletişim ve koordinasyon sağladığı ve paydaşlar arası iş birliğini güçlendirdiği ortak fikirdir. Ortak veri ortamı sistemi bu faydaların öne çıkmasında kilit bir uygulamadır. Projenin tasarım aşamasından itibaren disiplinler arası iş birliğiyle yürütülmesi sahada oluşabilecek çakışmaların erken tespitini sağlamakta ve saha yükünü ciddi anlamda

azaltmaktadır. Bir diğer öne çıkan fayda ise kolay iş takibi ve kalite kontrolde verim elde edildiğidir. Şantiyenin üretim hızı yüksek, kalabalık ekiplerle aynı anda farklı bölgelerde birçok faaliyetin gerçekleştiği bir ortam olduğu dikkate alındığında bu faydalar göz ardı edilemeyecek kadar önemlidir. Projenin toplam başarısına katkı sağladığı hem literatürde yer alan hem de katılımcılar tarafından belirtilen faydalardandır. Şantiyede üretim yapan ekibin teknik çizimlerden projeyi yeteri kadar anlayamadığı, üç boyutlu model aracılığıyla ifade edildiğinde daha sağlıklı bir iletişim kurulduğu ifade edilen bir başka konudur. Yapı bilgi modellemesinin karar süreçlerinde iyileşme sağladığı, planlamadaki doğruluğu arttırdığı, iş tekrarlarının azalmasını sağladığı, toplam proje süresine olumlu yönde etki ettiği ve maliyette kazanç sağladığı tespit edilmiştir. Yapım sürecinde bir takım tasarım değişiklikleri gerçekleşebilmektedir. Bu noktada yapı bilgi modellemesiyle çalışılması tasarım değişikliklerinde meydana gelebilecek her türlü olumsuzluğu minimuma indirmeyi sağlar. İş verenin proje süreçlerine hâkim olmak istemesi şantiyede raporlamanın doğru ve hızlı yapılmasını gerektirmektedir. YBM süreçleri dokümantasyona oldukça katkı sağlamaktadır. Proje işleyişinin sürekli güncel tutulmasıyla taraflar arası iletişim güçlenmektedir. Yapı bilgi modellemesinin güvenlik performansını arttırdığı faydalar arasında yer almakla beraber bu konudaki çalışmaların ve araştırmaların yeterli olmadığı tespit edilmiştir.

Yapı bilgi modellemesinin önündeki engeller ele alındığında en önemli faktörün uzman personel eksikliği olduğu tespit edilmiştir. Bu engel YBM süreçlerinin en başından beri süregelen ve dünya çapında bir problemdir. Bir diğer önemli engel ise sosyolojik dirençtir. Sektör paydaşları mevcut sistemlerinde çalışmaya devam etmek istemektedir. Kalabalık ekiplerin varlığı da bu direnci arttıran faktörlerdendir. Ayrıca sistem değişikliği yatırım ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. İhtiyacı karşılayan yazılım ve donanımların maliyeti oldukça yüksektir. Bir diğer konu ise bu donanım ve yazılımların bazı noktalarda yetersiz kalmasıdır. İnşaat projelerinde yapı bilgi modellemesi süreçlerinin projeye dahil olması işverenin isteğiyle gerçekleşmektedir. İş verenlerin ve sektörün farkındalığının yeterli olmaması, eğitimlerin eksikliği ve yetersizliği YBM'ye geçişin önündeki diğer önemli engellerdendir. Hem literatürde hem de görüşmelerde tespit edilen diğer engeller; adaptasyon için zaman ihtiyacı, devlet desteğinin yetersizliği, standartların eksikliği, süreçlerin karmaşıklığı, yasal sorunlar, veri güvenliği endişeleri ve yazılımlar arası iş birliğinin yetersiz oluşudur.

Yapılan görüşmelerde literatürde tespit edilen yapı bilgi modellemesine entegre teknolojiler hakkında sorular sorulmuş, bu teknolojilerden bulut bilişim ve mobil cihazların aktif olarak kullanıldığı, lazer tarama teknolojisinin maliyeti ve iş yükünden ötürü işverenin isteğine bağlı olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin yurtdışı projelerinde sahada özellikle imalat takibi ve raporlamada kullanıldığı ancak Türkiye'de bu teknolojilerin tasarım uyumsuzluğunu tespit etme, müşteriye proje önizlemesi sunma gibi alanlarda kullanıldığı ifade edilmiştir. Ayrıca katılımcılar robotik üretimi mevcut uygulamalarda kullanmadıklarını fakat gelecek zaman içerisinde

yaygınlaşabileceğini belirtmişlerdir. Katılımcılar inşaat sektörünün dijitalleşme süreçlerinde ivme kazanacağını düşünmekte, gelecek diğer teknolojiler için yapı bilgi modellemesinin iyi bir teknolojik altyapı sunduğunu belirtmektedir.

Yapı bilgi modellemesinin Türkiye’de kullanımına yönelik literatürde bazı çalışmalar vardır. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak YBM süreçlerinin faydaları ve önündeki engellerle ilgilidir. Aynı zamanda süreçlere geçiş için yol haritası oluşturmayı hedefleyen çalışmalar da mevcuttur. Işıkdag ve diğerleri., (2009) inşaat sektöründe bilgi iletişim teknolojilerini araştırmış, yapı bilgi modellemesi ile proje yönetiminde verimin artacağını, iletişim ve iş birliğinin önündeki engellere çözüm olabileceğini ifade etmiştir. Özorhon ve Karahan, (2016) Türkiye'deki kamu ve özel sektör çalışanlarına düzenledikleri anketle yapı bilgi modellemesi uygulamalarının kritik başarı faktörlerini araştırmıştır. Elde ettikleri verilere göre başarının birincil kaynakları; insan, teknik, teknolojik ve mali kaynaklardır. Aladag, Demirdögen ve Isık, (2016) altı katılımcıdan oluşan odak grup tartışması yöntemiyle Türkiye'de inşaat şirketlerini YBM kullanımına yönlendiren itici güçleri ve benimsenmesinin önündeki engelleri tespit etmeyi amaçlamıştır. Öktem ve Ergen, (2017) sundukları çerçevede YBM süreçlerine geçiş yapmak isteyen firmaların daha kolay adapte olmalarını ve fayda elde etmelerini hedefleyen bir kılavuz oluşturmuştur. Özorhon, Karahan ve Çağlayan, (2017) literatür taraması yapmış, elde ettikleri verileri; yapı bilgi modellemesi uygulamaları için itici güçler, engeller, kolaylaştırıcılar, girdiler, faydalar ve etkiler olmak üzere altı kategoriye ayırmıştır. Kalfa, (2018) YBM süreçlerinin sektör için faydalarını, risklerini ve zorluklarını araştırmış, dünyadaki ve Türkiye'deki uygulamaları incelemiştir. Köseoğlu, Sakin ve Arayıcı (2018), YBM ve yalın üretim stratejilerinin arasındaki sinerjiyi vaka çalışması olarak belirledikleri İstanbul Yeni Havalimanı projesinde analiz etmiştir. YBM ve yalın üretimin entegrasyonunu tasarım ve mühendisliğe sağladığı katkılar ve inşaat yönetimine sağladığı katkılar olmak üzere iki ana başlıkta değerlendirmiştir. Ademci ve Gundes, (2018) mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisinde YBM teknolojilerinin benimsenmesi ve uygulanmasında karşılaşılan zorlukları araştırmıştır. Tekin ve Atabay, (2019) Türk inşaat sektöründe başarılı YBM uygulamaları için yol haritası oluşturmayı hedeflemiştir. Bu hedef doğrultusunda öncelikle 21’i Türkiye’den olmak üzere 36 görüşme gerçekleştirilmiş, Türkiye’de YBM uygulamalarının SWOT (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) analizi yapılmıştır. Daha sonra dünya çapında başarılı YBM uygulamaları incelenmiş, analizler doğrultusunda yol haritası önerilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde vaka çalışması üzerinden süreçleri ele alan çalışmalar oldukça azdır. Türkiye’de yapı bilgi modellemesi süreçlerine dahil olan proje sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Uygulanan bu projeler çeşitli platformlarda sürece dahil olan uzmanlarca sunulmaktadır. Fakat projeler hakkında yazılan makale sayısı yeterli değildir. Süreçlerden elde edilen faydaların projeler üzerinden değerlendirilmesi YBM’nin anlaşılması ve uygulanmaya teşvik edilmesi için oldukça önemlidir. Bu noktada başarı elde etmiş ya da

engellerle karşılaşmış uygulama projeleri üzerinden yapılacak vaka çalışmalarının hem literatüre hem de sektöre fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

## SONUÇ

Yapı bilgi modellemesinin literatürde farklı tanımları olmasıyla birlikte dijitalleşme bu tanımların ortak noktasıdır. Başarılı bir proje yönetiminin insan, teknoloji ve süreç iş birliğiyle gerçekleşebileceği ele alındığında, yapı bilgi modellemesi bu üç bileşeni bir araya getiren entegre bir sistemdir. Bu sistem yapı yaşam döngüsü boyunca veri üretmekte ve veriyi kullanmaktadır. Tasarım evresinde projeye yönelik birçok karar alınmakta ve bu bilgiler yapı bilgi modeline aktarılmaktadır. Bu çalışmanın odak noktası tasarım safhasında ofiste modellenen bilgilerin şantiye ortamına hangi yöntemler ve teknolojilerle ulaştırıldığıdır. Bu bağlamda kavramsal yaklaşımlar ele alınmakla birlikte vaka çalışmaları içeren makale, yayın, rapor gibi kaynaklar ve sektör profesyonellerinin deneyimlerini paylaştığı örnek projeler üzerinden pratik uygulamalara yer verilmiştir. İnşaat sektörünün teknoloji eğilimleri araştırılmış, geleceğe yönelik yaklaşımlar ve Türkiye'deki durum değerlendirilmiştir.

Katılımcılardan elde edilen veriler ve sektör eğilimlerini ortaya koyan anketler incelendiğinde Türkiye'de yapı bilgi modeline geçen ve geçmek isteyen firmaların mimarlık ve mühendislik alanında hizmet veren tasarım firmaları olduğu dikkat çekmektedir. Fakat YBM sistemlerinin en ağır yükü tasarım ofislerindedir. Verilerin en yoğun işlendiği bu safhada geleneksel yöntemle kıyasla daha fazla efor sarf edilmesi gerekmektedir. Sahada oluşabilecek hataların bu safhada ön görülebilmesiyle çözülmesi gereken sorun sayısı artmaktadır. Sahadaki yükü mümkün olduğunca azaltan bu sistem yüklenici firmalar tarafından benimsenmeli ve sağladığı katkılardan faydalanılmalıdır. Yapılan çalışmada saha uygulamalarında yapı bilgi modellemesinin faydalarına odaklanılmıştır. Elde edilen veriler aşağıda sıralanmıştır:

- Paydaşlar arası veri aktarımının doğru ve hızlı yapılması sahada oluşabilecek olası çakışmalara engel olmaktadır. Bu sayede birçok hatanın önüne geçilebilmekte ve yeniden yapımı azaltmaktadır.
- İnşaat malzemelerinin ve iş sürecinin değerlendirilmesini kolaylaştırarak proje kalite değişkenlerini iyileştirmektedir.
- Saha personelinin, yüklenicilerin ve altyüklenicilerin sahada yaptığı uygulamalar takip edebilmekte ve kolayca yönlendirilebilmektedir.
- Revizyonların azalmasını sağlayarak zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesine katkıda bulunmaktadır.
- Geleneksel yöntemlere göre maliyet tahmininin ve kontrolünün doğruluğunu artıracak veriler üretebilmektedir.
- 4B YBM araçlarıyla projeye eklenen zaman verileri daha doğru planlama yapılmasını sağlamakta, ayrıca tüm yapı bileşenleri için malzeme siparişi, üretim



ve teslimat programlarını koordine etmek için de etkili bir şekilde kullanılabilir.

- YBM sektördeki bilgi paylaşımı ve koordinasyon sürecini kolaylaştırmaktadır. Paylaşılan bu bilgileri yükleniciler ve alt yükleniciler inşaat faaliyetlerinin yerinde doğrulanması, yönlendirilmesi ve takibi için kullanabilmektedir.
- İnşaat projesinin programa göre veya programdan önce teslim edilmesi sağlanmaktadır.
- İş güvenliği analizleri model içeriğini ve ayrıntılarını güvenlik açısından kontrol edebilmekte ve iş güvenliği riskine neden olan koşulların tanınmasında rol almaktadır.
- Yapı bilgi modellemesini iş süreçlerine entegre etme ve uygulamaya yönelik bir organizasyon politikası veya stratejisi rekabet avantajlarını artırabilmektedir.
- Sahada kullanılan mobil cihazlar, sanal gerçeklik teknolojileri gibi dijital cihazlarla model görüntülenebilmekte ve bu sayede tasarımın daha iyi anlaşılması sağlanmaktadır.

Yapı bilgi modellemesinin yapı yaşam döngüsü boyunca birçok alanda fayda sağladığı ortadadır. Ancak önünde bazı engeller de vardır. Bunların başında işverenlerin farkındalığının yeterli seviye olmaması gelmektedir. Uzman eksikliği de hala süregelen bir problemdir. Projelerin erken tasarım aşamasından itibaren YBM ile yürütülmesi yapım sürecinde ortaya çıkabilecek yeniden yapım, çakışma gibi birçok problemin önüne geçer. Bu yapı yaşam döngüsünde, geleneksel yaklaşıma oranla tasarım safhasına daha çok iş yükü getirmektedir. Fakat bu eforun toplam proje başarısına katkı sağlayacağı göz ardı edilmemelidir. Süreçlerde meydana gelen bu değişiklikler sosyolojik dirençle karşılaşılmasına da neden olmaktadır. Özellikle uzun yıllar aynı iş yapma biçimine sahip personel yeni bir sürece adapte olmak istemeyebilir. Bu noktada sektörel eğitimlere de ağırlık verilmeli, yapının karmaşıklığı yalınlaştırılarak anlatılmalı ve personel motive edilmelidir. Adaptasyon süreci zaman alan bir süreç almakla beraber sonucunda elde edilecek başarı göz önünde bulundurulmalıdır. Sektörün önüne çıkan bir diğer engel de yatırım maliyetleridir. Yazılımlar ve bu yazımların ihtiyacını karşılayan donanımların maliyetleri oldukça yüksektir. Sektörde birçok yazılımın kullanılmasıyla birlikte bazı veri kayıpları gerçekleşebilir. Bu noktada çalışmalar aktif bir şekilde yürütülmekle beraber yazılımlar arası iş birliğinin yeterli olmayışı YBM'nin önündeki engellerdendir. Hem literatürde tespit edilen hem de katılımcılar tarafından belirtilen diğer zorluklar; veri güvenliği endişeleri, devlet desteğinin yeterli olmayışı, standartların eksikliği ve yasal sorunlardır.

YBM yapının dijital ortamda inşa edilmesini sağlamaktadır. Projenin ihtiyacı olan tüm verileri depolayan bu model birçok teknolojiye altyapı sağlamaktadır. Türkiye'de ve dünyada, şantiye ortamında veriye ulaşmayı sağlayacak yapı bilgi modellemesiyle entegre kullanılan

teknolojilerin başında mobil cihazlar gelmektedir. Bu durumun nedeni en yaygın, ulaşılabilir ve maliyeti düşük bir teknoloji olması gelmektedir. Mobil cihazlar iletişim ve koordinasyonu arttırmakta, projeye üç boyutlu olarak ulaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca kalite kontrol, proje yönetimi ve raporlamada aktif olarak kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri de sahada veriye kolaylıkla ulaşmayı sağlayan teknolojilerdendir. Mobil cihazlara göre daha az yaygın olan bu teknolojiden yurtdışında aktif olarak sahada kalite yönetimi ve raporlama için yararlanılmakta, Türkiye’de ise proje sunumları, çakışmaların kontrolü, personele güvenlik eğitimi vermek için kullanılmaktadır. Lazer tarama teknolojisi ise hem Türkiye’de hem de dünyada aktif olarak faydalanan teknolojilerdendir. Bu teknoloji iş sonu modeli, şantiyelerin kalite değerlendirmesi ve ilerleme takibi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca hassas ölçümü sayesinde restorasyon ve yenileme projeleri için doğru ve hızlı veri elde etmeyi sağlamaktadır. Robotik üretim teknolojileri ise çalışmaların devam ettiği, sahada aktif kullanılan birkaç örnek olmakla beraber henüz inşaat endüstrisinde yerini alamamış fakat gelecek vadeden teknolojilerdendir. İnşaat endüstrisinde yapı bilgi modellemesi paydaşları bir araya getirerek entegre bir sistem sağlamaktadır. Ancak henüz üretimde istenen dijitalleşme yakalanabilmiş değildir. Fakat yapılan araştırmalar ve pilot projeler umut vadetmektedir.

Süreçlerin dijitalleşme yönünde hızla ilerlediği fakat aktif şantiye ortamında hala paftaların kullanıldığı, üretim yapan işçilerin bilgiye geleneksel yöntemlerle ulaştığı görülmektedir. Üç boyutlu modellenen projenin iki boyutta paftaya dönüştürülme ihtiyacı zaman almakta ve mevcut bilginin veriminin azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda sahada hala beklenen dijitalleşme sağlanamamıştır. Literatürde incelenen vaka çalışmalarında, şantiyeye kurulmuş dijital istasyonlarla modellere üç boyutlu olarak ulaşılan uygulamalar mevcuttur. Yatırımcının bütçesi dahilinde uygulanabilecek bu uygulama sahada kaybolan veriye çözüm olabilir. İncelenen örnekler ve yapılan görüşmelerde teknolojiye yapılan bu yatırımların işverene büyük oranda kar olarak döndüğü tespit edilmiştir. İşverenler ilk maliyete değil toplam kara odaklanmalıdırlar. Sektörün bu dönüşüme dahil olmaları rekabet avantajı sağlayacaktır.

Yapılan literatür taraması, internet kaynaklarının incelenmesi, seminerler ve mülakatların sonucunda Türkiye’de TAV, Rönesans, ENKA gibi büyük ölçekli inşaat firmalarının ve bazı alt yüklenicilerin bu süreçlerin içinde olduğu ve yurtdışındaki büyük projelerde de yer aldıkları tespit edilmiştir. Türk inşaat sektöründe yapı bilgi modellemesini yapım süreçlerine dahil eden projelerin sayısı 2016 yılından bu yana artış göstermektedir. Bu projelerin çoğunluğunu raylı sistem projeleri oluşturmakta, hastane projeleri de ön plana çıkmaktadır. Ayrıca son on yıl içerisinde gerçekleştirilen havalimanı çalışmalarının tamamı da proje yönetimlerini YBM ile gerçekleştirmiştir. Projelerin çoğu yurtdışında da iş yapan büyük ölçekli firmalar tarafından gerçekleştirilmiş kompleks yapılardır.

2014 yılından bu yana alt yapı projelerinde yapı bilgi modellemesi uygulamalarına yer verilmektedir. İBB'nin sözleşmelere YBM süreçlerini proje ve yapım işlerinde dahil etmesiyle sektördeki farkındalık da artmıştır. Yapı bilgi modellemesinin yaygınlaşmasında en önemli rol işveren ve devlete düşmektedir. Yapıların yaşam döngüsünde tasarım ve yapım aşaması en fazla beş yıl sürmekle beraber işletmesi elli yıla kadar varabilmektedir. Bu noktada asıl faydayı işveren elde etmektedir. Bilinçli işverenlerin artması ve devlet teşvikiyle sektör hızlı ve doğru bir şekilde bu süreçlere adapte olabilir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı ve İBB ile yürütülen çalışmalar sektörün geleceği hakkında olumlu bir izlenim bırakmaktadır. Standartların oluşturulmasıyla beraber kavram karmaşasının minimuma ineceği öngörülmektedir. Geçiş süreçlerinin zamana ihtiyacının olduğu, sektörün bu noktada aceleci davranmaması gerektiği de önemli noktalardandır. Bir diğer anahtar kelime de "eğitim" dir. Üniversite müfredatında güncel gelişmeler yer almalı, mezunların sektörden haberdar olmaları sağlanmalıdır. Türkiye genç mimar ve mühendis nüfusa sahip gelişmeye açık ve hevesli bir ülkedir. Bu potansiyeller ele alındığında doğru bir stratejiyle inşaat sektöründe başarılı bir dönüşüm yaşanacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Ademci, E., & Gundes, S. (2018). Review of Studies on BIM Adoption in AEC Industry. *5th International Project and Construction Management Conference*, November, 14. [https://www.researchgate.net/publication/329058494\\_Review\\_of\\_Studies\\_on\\_BIM\\_Adoption\\_in\\_AEC\\_Industry](https://www.researchgate.net/publication/329058494_Review_of_Studies_on_BIM_Adoption_in_AEC_Industry)
- Aladag, H., Demirdögen, G., & Isık, Z. (2016). Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.520>
- Amarnath, C. B., Sawhney, A., & Uma Maheswari, J. (2011). Cloud computing to enhance collaboration, coordination and communication in the construction industry. *Proceedings of the 2011 World Congress on Information and Communication Technologies*, WICT 2011, 1235–1240. <https://doi.org/10.1109/WICT.2011.6141425>
- Arif, M., Bendi, D., Toma-Sabbagh, T., & Sutrisna, M. (2012). Construction waste management in India: An exploratory study. *Construction Innovation*, 12(2), 133–155. <https://doi.org/10.1108/14714171211215912>
- Azhar, S. (2011). Building information modelling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*.
- Bosché, F., Ahmed, M., Turkan, Y., Haas, C. T., & Haas, R. (2015). The value of integrating Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM techniques for construction monitoring using laser scanning and BIM: The case of cylindrical MEP components. *Automation in Construction*, 49, 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.014>
- Bimgenius. (2020). *Türkiye BIM Raporu Genel Eğilim ve Beklentiler*. [www.bimgenius.org](http://www.bimgenius.org)
- Chiu, W. Y. B., & Lai, J. H. K. (2020). Building information modelling for building services engineering: benefits, barriers and conducive measures. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2018-0460>
- DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>
- Edirisinghe, R. (2019). Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site. In *Engineering, Construction and Architectural Management* (Vol. 26, Issue 2, pp. 184–223). *Emerald Group Publishing Ltd*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2017-0066>
- Falorca, J. F., & Lanzinha, J. C. G. (2020). Facade inspections with drones—theoretical analysis and exploratory tests. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-07-2019-0063>
- Fanning, B., Clevenger, C. M., Ozbek, M. E., & Mahmoud, H. (2015). Implementing BIM on infrastructure: Comparison of two bridge construction projects. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 20(4), 04014044. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000239](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000239)

- Getuli, V., Ventura, S. M., Capone, P., & Ciribini, A. L. C. (2016). A BIM-based Construction Supply Chain Framework for Monitoring Progress and Coordination of Site Activities. *Procedia Engineering*, 164(June), 542–549. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.656>
- Hamledari, H., Rezaazadeh Azar, E., & McCabe, B. (2018). IFC-Based Development of As-Built and As-Is BIMs Using Construction and Facility Inspection Data: Site-to-BIM Data Transfer Automation. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32(2), 04017075. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000727](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000727)
- Han, K. K., & Golparvar-Fard, M. (2014). Automated monitoring of operation-level construction progress using 4D bim and daily site photologs. *Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network - Proceedings of the 2014 Construction Research Congress*, 1033–1042. <https://doi.org/10.1061/9780784413517.106>
- Ibrahim, A., Roberts, D., Golparvar-Fard, M., & Bretl, T. (2017). An Interactive Model-Driven Path Planning and Data Capture System for Camera-Equipped Aerial Robots on Construction Sites. *Computing in Civil Engineering 2017*. <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784479247.083>
- Işıkdag, U., Underwood, J., Kuruoğlu, M., Goulding, J., & Açıklan, U. (2009). Construction informatics in Turkey: Strategic role of ICT and future research directions. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 14, 412–428
- Jrade, A., & Lessard, J. (2015). An Integrated BIM System to Track the Time and Cost of Construction Projects: A Case Study. *Journal of Construction Engineering*, 2015, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2015/579486>
- Kalfa, S. M. (2018). Building information modeling ( BIM ) systems and their applications in Turkey. *3rd International Conference on Turkey and Turkish Studies, Atina, Yunanistan, 27-30 Haziran*, 1(1), 55–66.
- Keskin, B., Salman, B., & Ozorhon, B. (2020). Airport project delivery within BIM-centric construction technology ecosystems. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2019-0625>
- Kim, S., Chin, S., Han, J., & Choi, C. H. (2017). Measurement of Construction BIM Value Based on a Case Study of a Large-Scale Building Project. *Journal of Management in Engineering*, 33(6), 05017005. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000551](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000551)
- Kim, S. Y., Nguyen, M. V., & Luu, V. T. (2020). A performance evaluation framework for construction and demolition waste management: stakeholder perspectives. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2019-0683>
- Köseoğlu, O., & Nurtan Güneş, E. T. (2018). Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0188>
- Köseoğlu, O., Sakin, M., & Arayıcı, Y. (2018). Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1339–1354. <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0186>
- Liu, Y., Nederveen, S. Van, & Hertogh, M. (2016). Understanding effects of BIM on collaborative design and construction : An empirical study in China. *JPMA*. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>

- Luo, X., Li, H., Cao, D., Dai, F., Seo, J., & Lee, S. (2018). Recognizing Diverse Construction Activities in Site Images via Relevance Networks of Construction-Related Objects Detected by Convolutional Neural Networks. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32(3), 04018012. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000756](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000756)
- Olatunji, O. A., & Sher, W. (2015). Estimating in geometric 3D CAD. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 20(1), 24–49. <https://doi.org/10.1108/JFMPC-07-2014-0011>
- Öktem, S., & Ergen, E. (2017). BIM'e Geçiş Sürecinin Operasyonel Çerçevesi. *Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi*, 627–635. [http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18260\\_41\\_00.pdf](http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18260_41_00.pdf)
- Özorhon, B., & Karahan, U. (2016). Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 33(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000505](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000505)
- Özorhon, B., Karahan, U., & Çağlayan, S. (2017). Analysing the Components of Building Information Modelling ( BIM ) in Construction Projects. *7th Construction Management Congress with International Participation*, 0212, 609–618.
- Rokoei, S. (2015). Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *4th International Conference on Leadership, Technology, Innovation and Business Management*, 210, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.332>
- Ryan, F., Coughlan, M., Cronin, P., & Ryan, F. (2009). Interviewing in qualitative research: The one-to-one interview. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 16(6), 309–314.
- Sezer, A. A., & Bröchner, J. (2019). Site managers' ICT tools for monitoring resources in refurbishment. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(1), 109–127. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2018-0074>
- Tekin, H., & Atabay, Ş. (2019). Building information modelling roadmap strategy for Turkish construction sector. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 172(3), 145–156. <https://doi.org/10.1680/jmuen.17.00001>
- Tsai, Y.-H., Hsieh, H.-H., & Kang, S.-C. (2014). A BIM-enabled Approach for Construction Inspection. *Computing in Civil and Building Engineering*, 955–1865.
- Vegad, K., Madurwar, M., & Ralegaonkar, R. (2014). *Application of AV-ERP system for on-site project monitoring*. The Eletronic Library.
- Wang, Y., Wang, X., Wang, J., Yung, P., & Jun, G. (2013). Engagement of facilities management in design stage through BIM: Framework and a case study. *Advances in Civil Engineering*, 2013(30836). <https://doi.org/10.1155/2013/189105>