

***ULAŞTIRMA ALTYAPI PROJELERİNDE  
DİJİTALLEŞME VE İNOVASYONLAR İLE  
VERİMLİLİK ARTIRMA***

İlgın GÖKAŞAR, Özgenur BAŞTUĞ

## ULAŞTIRMA ALTYAPI PROJELERİNDE DİJİTALLEŞME VE İNOVASYONLAR İLE VERİMLİLİK ARTIRMA

İlgin GÖKAŞARI, Özgenur BAŞTUĞ2

### ÖZET

Çağımızın en önemli konularından biri olan dijitalizasyon sadece günlük hayatımızda değil aynı zamanda tüm sektörlerde hızla önem kazanan bir süreçtir. Bilgisayarların hayatımıza girmesi itibariyle hızla artandijital gelişmeler günümüzde çok daha ileri bir seviyeye ulaşmıştır. Dijitalleşme pek çok sektör tarafından bir problem çözme ve verim artırma aracı olarak görülüp hızla entegrasyon sağlanmıştır; ancak inşaat sektörü hem Türkiye’de hem de tüm dünyada diğer sektörlerle kıyasla bu alanda geri kalmıştır. Dijitalleşmenin faydaları yerine maliyetine ve projeleri yavaşlatacağı düşüncesine odaklanılmış vemevcut süreçleri koruma isteği ile inşaat sektörünün dijitalleşme ile yolu çok daha sonra kesişmiştir. Buarastırmada, Türkiye’de ve dünyada inşaat sektöründeki dijitalizasyon ve inovasyonlar incelenmiştir. Dijitalizasyonun ulaştırma altyapı proje süreçlerine ve verimliliklerine etkileri proje ve firma bazında incelenmiştir. Dijital transformasyonun sağlanması için gerekenler belirlenmiş ve bu transformasyon süresinde ve sonrasında yaşanan maliyet ile verim artışı ilişkisi tartışılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye’de ulaştırma altyapı projelerinin dijitalleşme alanında diğer ülkelere kıyasla geride kaldığı gözlemlenmiştir; nitekim dijitalleşme sürecinin devam ettiği ve bu alanda önemli gelişmeler yaşandığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** BIM, Dijitalleşme, Dijitalleşme ile verim artışı, İnovasyon, Ulaştırma altyapı projelerinde dijitalleşme.

### GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ve hayatın her alanında yer almaya başlaması ile beraber dijitalleşme ve inovasyon ön plana çıkan konular olmuştur. İnovasyon OECD tarafından “Yeni veya önemli bir ölçüde geliştirilmiş bir ürünün, sürecin, yeni bir pazarlama yönteminin veya iş uygulamalarında, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni bir organizasyonel yöntemin uygulanması” olarak tanımlanmıştır. [1] Dijitalleşme ise genel olarak dijitalleşmiş kaynakların şirketlerin büyümesini ve şirketlere değer katmasını sağlamak amacıyla her alanda entegre edilmesi olarak tanımlanabilir.

Dijitalleşmenin önemi Endüstri 4.0 ile bir kez daha anlaşılmiş ve dünyanın her yerinde dijitalleşmenin hızla arttığı görülmüştür. Yapılan araştırmalara göre 2005 yılında dünya ekonomisinde %15 dijitalleşme görülürken bu oran 2015’te %22’ye çıkmıştır. 2020 yılında ise bu rakamın daha da artıp %25 seviyelerine çıkması beklenmektedir. [2]

Tüm dünya hızla dijitalleşirken Türkiye’de de bu alanda önemli adımlar atılmaktadır. Muhasebe ile başlayan dijitalleşme zamanla tüm alanlara ve tüm sektörlerle yayılmaya başlamıştır. Buna rağmen Türkiye’nin bu konuda diğer ülkelere göre oldukça geride kaldığı gözler önündedir. Amerika, Almanya ve Hollanda’nın başı çektiği “Enabling Digitalisation Index” listesinde Türkiye 48. Sırada yer almaktadır. Bu da kat edilmesi gereken çok yol olduğunun bir göstergesidir. [3]

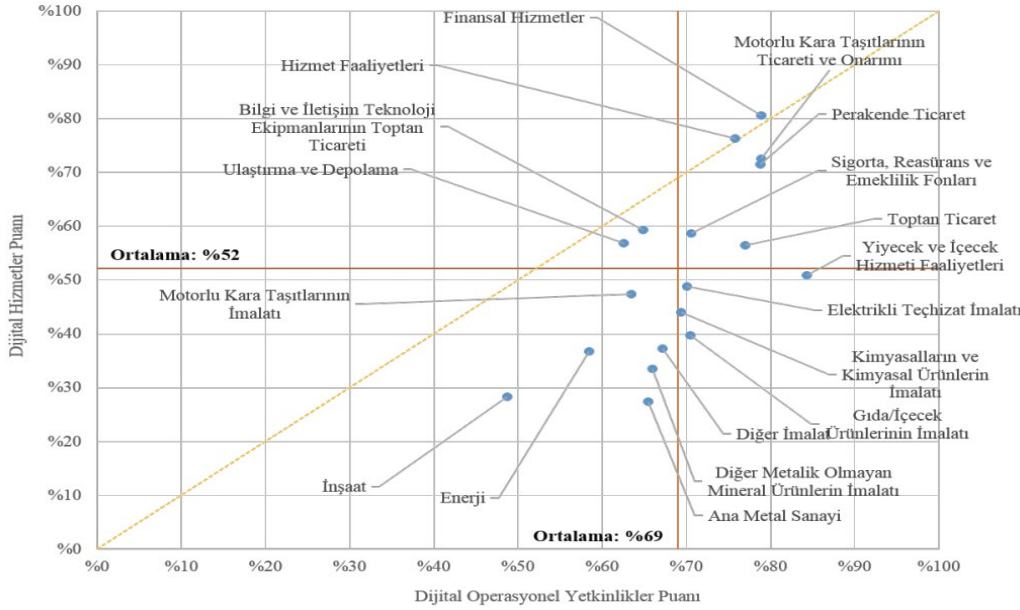
Bilgi ve iletişim teknolojileri, medya, finans ve sigorta şirketleri dijitalizasyona en çok uyum sağlayan sektörler olurken sağlık ve tarım ile beraber inşaat sektörü bu konuda tüm dünyada geri kalmıştır.

---

İlgin Gökaşar, Bogazici University Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Istanbul, Turkey, ilggin.gokasar@boun.edu.tr

Özgenur Baştuğ, Bogazici University Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Istanbul, Turkey, ozgenur.bastug@boun.edu.tr

Türkiye içinde yapılan dijitalleşme araştırmalarına bakıldığında dünyada görülen trendlere benzerlik saptanmış ve sektörler arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. İnşaat sektörü ortalama %40 dijitalleşme oranı ile en düşük dijitalleşme oranına sahip sektör olmuştur. [4]



**Şekil 1. Sektörlerin Dijital Hizmetler ve Dijital Operasyonel Yetkinlik Performansları [5]**

İnşaat sektörü çok çeşitli alt dallara sahip ve proje bazlı bir sektör olarak tanımlanabilir. Bu yapısından ötürü de yapılan her proje kendine özgüdür. Böyle bir sektöre yenilik getirmek oldukça zor ve zahmetlidir. Her şeyden önce büyük ölçeklere sahip inşaat dalları projelere yenilikçi çözümler getirmektense konvansiyonel olanı tercih edip güvenli tarafta kalmayı tercih etmiştir. Bundan dolayı da bu alandaki dijitalleşme ve inovasyonların adaptasyonu için uzun bir süre gerekmiştir. Bunun yanı sıra teknik ve finansal açıdan görülen yetersizlikler ile yatırımların geri dönütünü alamama korkusu da dijitalizasyonu engelleyen sebeplere örnek olarak verilebilir.

Diğer sektörlerde görülen gelişmeler ve verim artışları son yıllarda inşaat sektörünü de dijitalleşmeye itmiştir. Dijitalizasyon ilk etapta firmalar için entegrasyon açısından ve finansal açıdan bir yük gibi görünse de şirketlerin geleceği için faydalı bir süreç olduğu pek çok araştırmada belirtilmiştir. Verimlilik ve büyüme sağlaması beklenen dijitalizasyonun aynı zamanda şirketlere yeni iş fırsatları sunması ve rekabet oranlarını arttırması da önemli beklentilerden biridir. [6] Yapılan çalışmalar, firmaları dijitalleşmeye yönelten etmenlerin;

- Devlet tarafından getirilen regülasyonlar,
- Projelerin zorluğu,
- İş verenlerin isteği,
- Çevresel sürdürülebilirlik,
- Rekabet,
- Değişen trendler,
- Finansal kaynakların ve bilgi kaynaklarının artışı,
- Araştırma geliştirme olanaklarının artışı olduğunu söylemektedir.

İnşaat sektörü farklı departmanlardan oluştuğu için çok çeşitli dijitalleşme yöntemleri görülebilir. Bunlardan en yaygın olanlarına elektronik teklifleri, dijital tedarik platformlarını, uygulamaları, bulut tabanlı çözümleri, mobil çözümleri, 3 boyutlu lazer teknolojilerini, drone teknolojilerini, 3 boyutlu yazıcıları, robotik üretimi ve yapı bilgi modellemesini (BIM) örnek olarak verebiliriz.

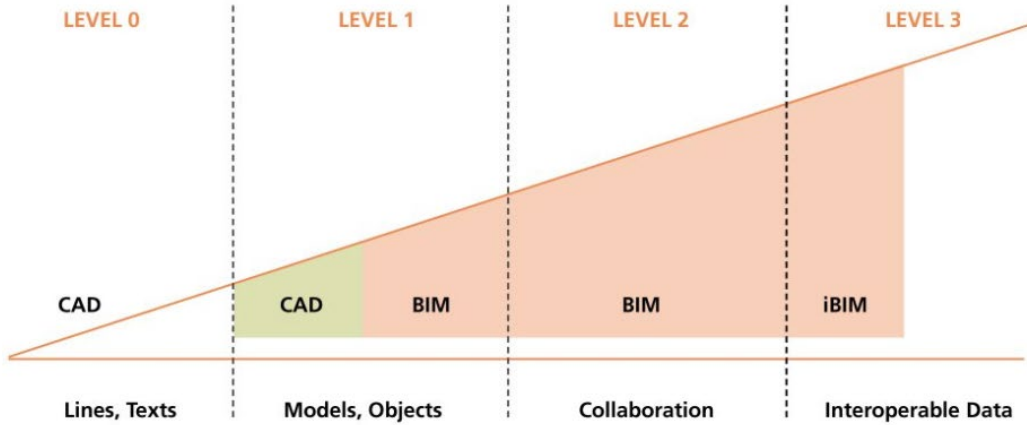
Elektronik teklifler günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Almanya'da kamusal inşaat projelerinin %80-90'ı, İngiltere ve İtalya'da ise tamamı elektronik teklifler ile yapılmaktadır. Bu sayede ihalelerin daha

verimli ve adil olması sağlanmış, maliyetler düşürülerek verimlilik artırılmış ve aynı zamanda çevreye verilen zarar azaltılıp sürdürülebilirliğe katkı sağlanmıştır.

Tedarik zinciri inşaat sektöründe önemli bir yere sahiptir. Dijital tedarik platformları maliyetleri %5 ile %10 arasında azaltma imkânı sağlamıştır. Yapı malzemeleri alanında sektörün önde firmalarından biri olan Hilti kataloglarını elektronik platformlara taşıyarak ve Hilti ürünlerini içeren bir BIM/CAD kütüphanesine ulaşım imkânı sağlayarak bu alanda diğer firmalara örnek olmuştur. İnşaat sektörünün önemli firmalarından biri olan Skanska ise malzeme seçimlerinin yarıya yakın kısmını dijital platformlardan sağlayarak pek çok şirketin önüne geçmiş ve bir emsal olmuştur.

İnşaat sektöründe harcanan zamanın büyük bir kısmı planlama, ulaşım, tedarik gibi aktivitelere giderken yalnızca küçük bir kısmı ana aktivitelere ayrılmaktadır. Ana aktiviteler dışında harcanan sürelerin optimize edilip mümkünse minimuma indirilmesi işlerin hızlanmasını sağlayıp önemli bir verim artışı sağlayabilir. Bu amaçla geliştirilen uygulamalar, kullanılan ürünleri takip edip tedarik zincirini ve kullanılacak ekipmanları uyararak harcanan zamanı azaltabilmektedir. Bunun yanı sıra bulut tabanlı ve mobil çözümler de bilginin her yerden ve herkes tarafından ulaşılmasını sağlaması açısından bilgiye erişimi hızlandırıp verimliliği arttırmıştır. [7]

Kullanılan yöntemler arasında en önemli olarak görüleni ise yapı bilgi modellemesi (BIM) olmuştur. BIM kısaca tüm partnerlerin aynı anda erişebildiği, parametrik ve nesne tabanlı modellerin bulunduğu ve projeye ait bilgilerin paylaşıldığı bir dijital platform olarak tanımlanabilir.

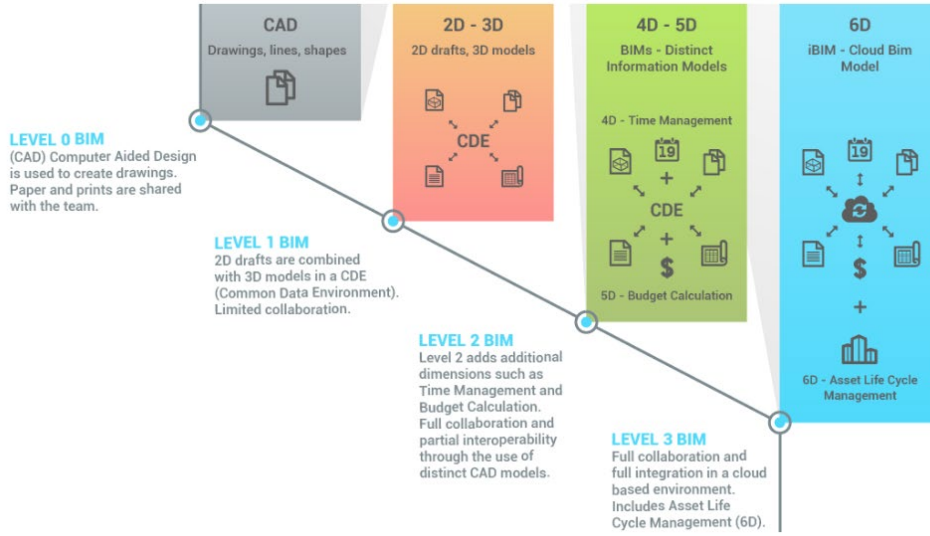


Şekil 2 BIM Olgunluk Seviyeleri [8]

BIM, 0'dan 3'e kadar farklı seviyelere sahiptir:

- 0.seviye iki boyutlu çalışmaların yapıldığı geleneksel üretimi temsil eder.
- 1.seviye 2D ve 3D CAD sistemin kullanıldığı, firmalar arası iş birliğinin olduğu ancak firmaların ortak kullandığı bir modelin olmadığı seviyedir.
- 2.seviye, BIM sistemine geçmek isteyen ülkelerce hedeflenen minimum seviyedir. Bu seviyede tüm disiplinler arasında iş birliği olup dizayn bilgileri tek bir ortak dosya üzerinden paylaşılır. 3D BIM'e zaman boyutu eklenmesi ile 4D, bunların üzerine maliyet verisinin de eklenmesi ile 5D BIM'e ulaşılır. Bu seviye ile saha imalatı sırasında görülen sorunlar en aza inerken yapının ilerleme süreci modellenenebilir hale gelmiş ve daha kolay anlaşılır hale gelmiştir. Böylelikle karşılaşılabilecek sorunlar önceden görülüp önlem alınabilir hale gelmiştir ve projenin yapım sürecinde zaman ve maliyet israfının önlenmesini sağlamıştır.
- 3.seviye ise çıkılabilecek en yüksek BIM seviyesidir. Disiplinler arası tam iş birliği ile birlikte tek bir model üzerinden çalışılması sağlanır. Yapılan değişiklikler tek bir model üzerinden uygulanır. Bu sistem "Açık BIM (Open BIM)" olarak adlandırılır. Bu seviyedeki veriler ile

projenin yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılabilir. Ayrıca içerdiği bilgiler sayesinde ileriki dönemlerde ortaya çıkan sorunların sebebi kolaylıkla saptanabilir ve yapının yönetimi de kolaylaşmış olur. [9,10]



**Şekil 10 BIM Seviyeleri Açıklaması [11]**

Dijitalleşme ve BIM adaptasyonu dünyada hızla yayılırken bu konuda Amerika Birleşik Devletleri'nin ve İskandinav ülkelerinin başı çektiği görülmektedir. Bu ülkeler kamusal altyapı projelerinde BIM kullanımını zorunlu kılarak ülkelerinde BIM adaptasyonunu hızlandırmışlardır.

İngiltere hükümeti önemli bir adım atıp 2016 yılına kadar tüm kamusal altyapı projelerinde 2.seviye BIM kullanılmasını zorunlu kılmıştır. 2019 yılı için ise 3.seviye BIM'e geçiş hedeflenmiştir. Almanya bu konuda İngiltere'nin gerisinde kalıp 2.seviye için hedefi 2020, 3.seviye içinse 2022-2024 olarak belirlemiştir. [12]

Türkiye'de BIM'e geçişin çok yaygın olmadığı bilinen gerçekler arasındadır. Özel sektörde BIM entegrasyonu sağlamaya başlayan firmalar olmasına rağmen uzun bir süre BIM çok fazla önemsenmemiş ve geri planda kalmıştır. Devlet tarafından da hala konuya ilişkin bir regülasyon getirilmemiştir.

Bu alanda atılan ilk ses getiren adım olarak İstanbul 3. Havalimanı örneğini verebiliriz. Autodesk 360 Bulut sisteminin ve 30000'den fazla aktivitenin entegre edildiği dünyanın en büyük 4D modelinin kullanılması ile proje tüm dünyaya örnek olan bir proje olmuştur. BIM'in en önemli artlarından biri olan proje sürelerindeki kısalma da 3. Havalimanı ile gözler önüne serilmiştir. [13]

Türkiye'de BIM kullanımı açısından önemli olan diğer projeler ise İstanbul'da son yıllarda açılan metro ihaleleridir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı inisiyatif olarak bu alanda bir emsal oluşturmuş ve açtığı ihalelerde 5D BIM kullanılmasını zorunlu hale getirmiş, böylelikle firmaları BIM'e geçişe teşvik etmiştir.

Bu geçişi incelemek için Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı müşavir firması ele alınmıştır. Firmanın mevcut sistemden BIM'e geçiş kararı raylı sistem işlerinde şartnamelerine eklenen BIM ile ilgili maddeler sayesinde olmuştur. Projeler ilerledikçe müşavirlik ve tasarım ekipleri değişmiş ve proje bazında BIM danışmanları ile çalışılmıştır.

Şartnameler öncesinde maalesef dijitalleşme hedefi konulmamış; hedefler uygulanan regülasyonlara, hazırlanan şartnamelere ve proje içeriklerine ve aşamalarına göre gelişmiştir.

Entegrasyon sürecini ise yapılan işin kapsamı belirlemiştir. Genel olarak tasarım ve müşavirlik işleri yapılmış, ikisinin farklı içeriği olduğundan zamanla ihtiyaca göre daha fazla gelişim sağlanmıştır. Örneğin müşavirlik işlerinde BIM, ilk olarak sadece belli kişilerin yönetiminde ilerlerken ilerleyen süreçte daha fazla kişi tarafından benimsenip proje içinde yaygınlaşmıştır.

BIM'in projeye etkilerini ele alırsak ilk etapta şartnamelerde istenen yazılım ve donanım ihtiyaçlarının tasarım firmalarının ve yüklenicilerin ilk yatırım maliyetlerini etkilediğini söyleyebiliriz. Ülkemizde bir CAD standardı olmadığından ötürü BIM standardı getirilmesi firmaları zorlayan bir süreç olmuştur ve zorlamaya da devam etmektedir. Tasarım ve kontrol açısından BIM araçlarını kullanan elemanların bulunmasında sıkıntılar yaşanmaktadır. BIM modellerinden paftalar üretilmesi tasarım firmalarının mevcut standartlarını yeniden oluşturmasına sebep olmuştur. Bu sebeple proje üretimi ve adaptasyonda zorluk çekilmektedir. Proje sayısı arttıkça adaptasyon ve farkındalığın artmasıyla işlemlerin daha hızlı ve sorunsuz bir şekilde yapılabileceği ve tasarım üretiminde elde edilen faydaların da sahaya yansıtılabileceği düşünülmektedir.

Bunun yanı sıra ortak bir veri tabanı sağlanarak hem farklı disiplinlerin bir araya gelmesi sağlanmış, hem dokümanlar tek bir ortamda kayıt altına alınmış hem de istenilen dokümanlara ulaşım kolaylaşmıştır.

BIM entegrasyonu Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey metro yapım işinde müşavirlik açısından yeni bir pozisyon eklemeyip sadece mevcut kadrolara eksta iş yükü yüklese de yüklenici şartnamesinde BIM yöneticisi ve BIM araçlarını kullanabilen elemanlar eklemiştir. İstanbul Raylı Sistemler Proje Müdürlüğü proje kontrol işinde müşavir kadrosuna BIM Uzmanı, Göztepe – Ataşehir Metrosu yapım işi müşavirlik kadrosuna BIM ile ilgili kadro eklenmiş, doküman Kontrolü için ilave personel ihtiyacı belirlemiştir. Personelin yanı sıra BIM kullanılması ile beraber yeni programlar kullanma ihtiyacı da doğmuştur. Bunlardan başlıcaları şöyledir:

- Modelleme için: Revit,
- Koordinasyon için: Navisworks,
- Planlama için: MS Project, Primavera,
- Ortak Veri Alanı için: M-Files, Aconex.

Projeler henüz tamamlanmadığı için projelerin maliyet ve verim ilişkisini gösteren çalışmalar mevcut bulunmamaktadır. Projelerin bitimi ile çeşitli analizlerin yapılabileceğini söylemek mümkündür; ancak projelerin planlanan değerler ile örtüşebilmesi için birkaç proje daha yapıp yeterli seviyeye gelmesi gerektiği de firma tarafından belirtilmektedir. Firma bazında baktığımızda ise BIM entegrasyonu ofis standartlarının oluşturulması sağlamış ve firmaya uluslararası rekabete girme fırsatını vermiştir.

Şirketin bundan sonra dijitalleşme alanında atacağı adımlar ise her projede edinilen bilginin dijitalleştirilerek bilgi birikiminin tüm projelere yayılmasını sağlamak ve bir arşiv sistemi oluşturmak olarak belirtilmiştir.

Devletle yapılan işlerin yanı sıra özel sektör firmaları da şirketlerinin geleceği için BIM entegrasyonunun önemini farkına varmışlardır. Yalnızca müşavir veya tasarımcı firmalar değil, teknoloji ve tedarik firmaları da BIM'e entegre olmaya başlamıştır.

Ytong firması, BIM projelerinde kullanılmak üzere ürünlerinin birebir dijital kopyalarını oluşturmuştur. Oluşturulan BIM objeleri ürünler hakkındaki tüm teknik bilgileri de içermektedir. Aynı zamanda uygulama çözümlerini içerecek şekilde oluşturulan bu objeler planlama safhasında tasarımcılara yardımcı olup hataları da minimuma indirmeye yardımcı olabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede hem sonraki safhalarda görülmesi muhtemel sıkıntılar önlenmiş hem de zaman kayıpları ile maddi kayıplar önlenmiştir. Bunlara ek olarak internet sitesinden ücretsiz olarak indirilmesi ile de firma kullanıcılarına kolaylık sağlamıştır. Yaptığı tüm bu yenilikler ile firmanın diğer firmaların önüne geçtiği görülebilmektedir. [14]

Yapılan araştırmalara göre BIM ile;

- Şantiye hatalarında %41 oranına varan düşüşler sağlanmıştır.
- İnşaat maliyetlerinde %23 düşüş görülmüştür.
- Proje süreleri %19 azalmıştır.

Bunların yanı sıra üretkenlikte, rekabette ve iş veren memnuniyetinde artış görülmüş, sürdürülebilirliğe katkıda bulunulmuştur. [15]

## SONUÇLAR

Endüstri 4.0 çağında olduğumuz günümüzde pek çok alanda olduğu gibi inşaat sektöründe de dijitalleşme neredeyse zorunlu bir hal almıştır. Bu çalışmada dünyada ve Türkiye’de inşaat sektöründe görülen dijitalleşmeden bahsedilmiştir. Dünyada elektronik teklifler, tedarik çözümleri, bulut tabanlı ve mobil çözümler, yapı bilgi modellemesi (BIM) gibi pek çok yeni trend oluşmuştur. Bu trendlerden en önemlisi ise BIM olmuştur.

Dijitalleşmede diğer ülkelere geri kalırsa da Türkiye’de de önemli adımlar atılmıştır. İstanbul 3.Havalimanında dünyanın en büyük 4D BIM modeli kullanılmıştır. Bunun yanı sıra İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı tarafından BIM kullanılması zorunlu hale getirilerek dijitalleşme teşvik edilmiş ve bu alanda öncü olunmuştur.

Dijitalleşme ve yapı bilgi modellemesinin bir sonucu olarak firmaların üretim etkinliğinin artması, sorunların öngörülebilmesi ve daha kolay çözülebilmesi, maliyetlerin düşmesi, proje sürelerinin kısalması gibi sonuçlar beklenmektedir. Bunlar şimdiden yapılan araştırmalar ile kanıtlanmıştır. Firmaların gelecekteki sürdürülebilirliğini sağlaması için dijitalleşmeye önem vermeleri gerektiği gözler önünde serilmiştir.

## TEŞEKKÜRLER

Bu bildirinin yazılmasına ilk günden itibaren yardımcı olan Emay Project ve Mehmet Kaba’ya verdikleri destekten ötürü teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Organization for Economic Cooperation, and Development (OECD), 2005, Oslo manual, 3rd Ed., OECD/Eurostat, Paris.
- [2] Accenture, 2016, Digital Distruption: The Growth Multiplier.
- [3] <http://www.eulerhermes.com/economic-research/blog/EconomicPublications/measuring-digitagility-the-enabling-digitalization-index-report-mar18.pdf>
- [4] Accenture, 2016, Accenture Türkiye Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları.
- [5] Accenture, 2016, Accenture Türkiye Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları.
- [6] Özorhon B., 2013, “Analysis of construction innovation process at project level”, ASCE Journal of Management in Engineering, 29(4), 455-463.
- [7] Roland Berger Focus, 2017, Turning Point for the Construction Industry.
- [8] Bew & Richards, 2008, [www.stroma.com](http://www.stroma.com)
- [9] 3D-4D-5D-6D BIM, <https://inovabim.com/3d-4d-5d-6d-bim-boyutlari/>
- [10] BIM Levels Explained, <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>
- [11] BIM Olgunluk Seviyesi (BIM Maturity), <https://inovabim.com/bim-olgunluk-seviyesi-bim-maturity/>
- [12] Roland Berger, 2016, Digitization in the Construction Industry.
- [13] BIM in Turkey: Using BIM on Istanbul Grand Airport, <http://www.bimireland.ie/2017/04/04/bim-in-turkey-using-bim-on-istanbul-grand-airport/>
- [14] BIM/CAD Kaynakları, <https://www.hilti.com.tr/content/hilti/META/TR/tr/engineering/software/bim-cad-resources.html>
- [15] <http://turkiyedebimzamani.com/>