

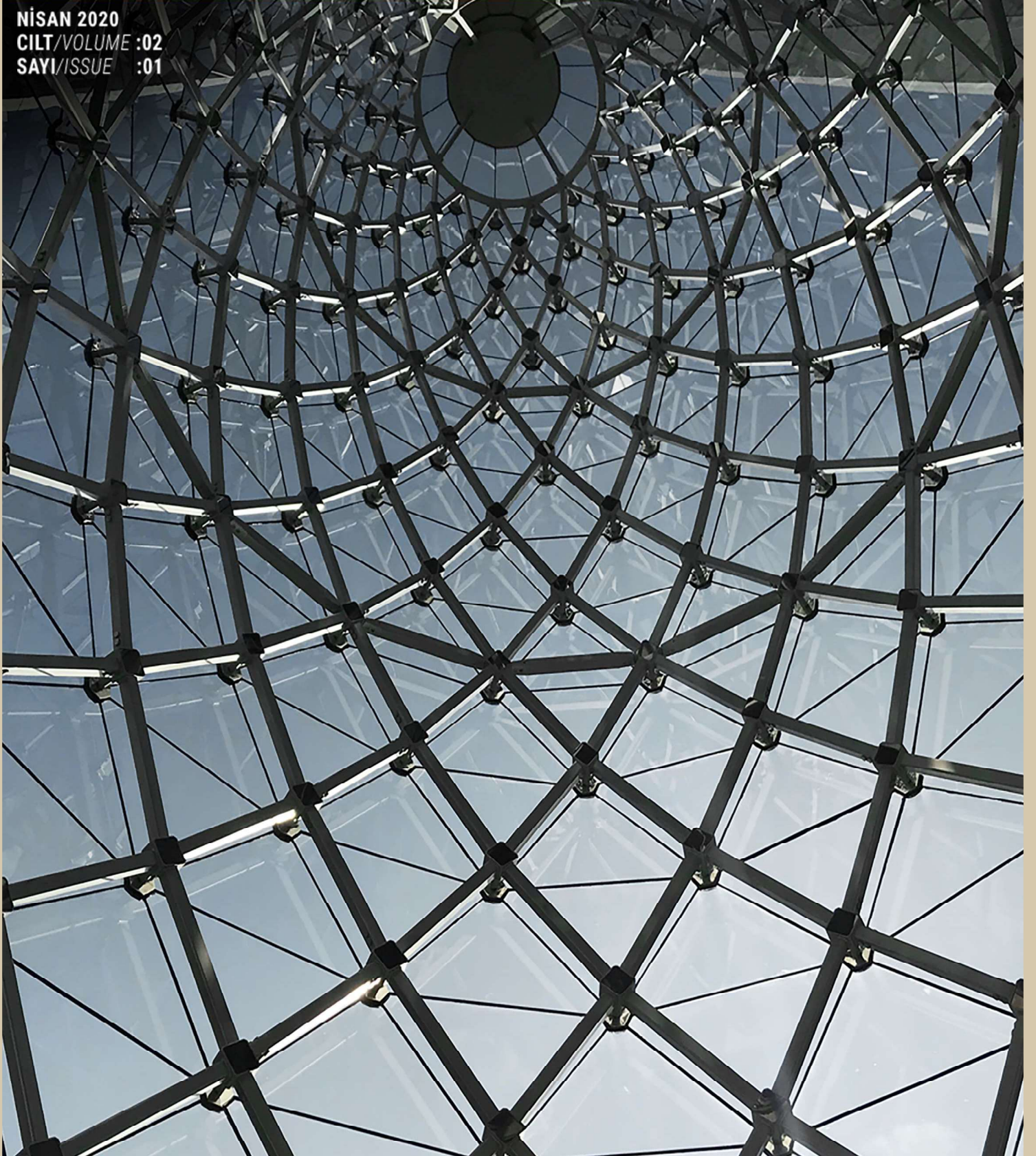
YAPI BİLGİ MODELLEME

ULUSLARARASI HAKEMLİ AKADEMİK DERGİ



MİMAR SİNAN
GÜZEL SANATLAR
ÜNİVERSİTESİ

NİSAN 2020
CİLT/VOLUME :02
SAYI/ISSUE :01



İçindekiler

Editörden...

BIM & GIS Entegrasyonu ile Kentsel Verinin Erken Mimari Tasarımda Kullanımı	1
<i>Cüneyt ŞEKER</i>	
Hatıllı Duvarların Metraj ve Hakediş Süreçlerinin Yönetimi	9
<i>Eylem ZORLUTUNA</i>	
İklim Krizinde BİM'in Üstleneceği Rol	19
<i>Burcu ÖLÇER</i>	
Küçük Ölçekli Firmalarda ve Projelerde Bina Bilgi Modelleme- sinin Verimliliği	30
<i>Selda TOKLU</i>	

Editörden...

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

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

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

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

Prof.Dr.Ümit İŞIKDAĞ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Enformatik Bölümü

YAPI BİLGİ MODELLEME

Uluslararası Hakemli Akademik Dergi

Nisan 2020
Cilt : 02- Sayı : 01
ISSN 2687-4660

Sahibi

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Editörler

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Yardımcı Editör

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Editörler Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç.Dr.Bülent Onur Turan

Dr. Öğr. Üyesi Seher Başlık

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç.Dr.Bulent Onur Turan

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Dr.Öğr. Gör. Salih Akkemik

Dr.Öğr. Gör. Sertaç Karsan Erbaş

Hakem Kurulu

Prof. Dr. Salih Ofluoğlu

Prof. Dr. Burçin Arabacıoğlu

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Doç.Dr.Bülent Onur Turan

Doç. Dr. Çetin Tüker

Doç. Dr. Derya Güleç Özer

Doç. Dr. Ozan Özener

Doç. Dr. Levent Arıdağ

Dr. Öğr. Üye. Tigin Töre

Dr. Öğr. Üyesi Nazım Ziya Perdahçı

Dr. Öğr. Üyesi Seher Başlık

Dr. Öğr. Üyesi Belinda Torus

Dr. Öğr. Üyesi Türkan İrgin Uzun

Dr. Öğr. Üye. Suzan Girinkaya Akdağ

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

Kurumsal Kimlik Sorumlusu:

Dr.Öğr.Gör. Salih Akkemik

Dergi Asistanı/Dergi Sekreteri:

Yeşim Sur

Dergi Yayın Koordinatörü:

Doç. Dr. Bülent Onur Turan

Hukuk Kurulu:

MSGSÜ Hukuk Müşavirliği

İngilizce Dil Editörü:

Prof. Dr. Ümit Işıkdag

Görsel Tasarım Sorumlusu:

Dr. Öğr. Gör. Kemal Şahin

İletişim

ADRES: MSGSÜ Enformatik Bölümü

MSGSÜ Bomonti Kampüsü - 6.Kat - Sağ Blok

Cumhuriyet Mh. Silahşör Cd. No: 89

Bomonti - Şişli / İstanbul

TELEFON : 0212 246 00 11 - 6100

E-POSTA : enformatik@msgsu.edu.tr

BIM & GIS ENTEGRASYONU İLE KENTSEL VERİNİN ERKEN MİMARİ TASARIMDA KULLANIMI

Cüneyt ŞEKER

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta:cuneytseker@gmail.com

ÖZET

CBS ve YBM süreçlerinin entegrasyonu umut vadeden fakat zorluklar içeren bir alan olmuştur. Bu yazıda erken mimari tasarımda girdi olarak kullanılacak, CBS altyapısı ile sayısallaşmış veya işlenmiş kentsel-coğrafi verilerin, YBM ile CBS'nin bütünleştirmesinde kullanılacak veri, süreç ve uygulama düzeylerinde entegrasyondan bu yöntemlerin sunduğu sınırlama ve imkanlardan bahsedilecek ve nihayetinde YBM CBS entegrasyonu ile erken mimari tasarımda sürdürülebilirlik analizi ve form arayışı gibi karar alma mekanizmalarına sağlanabilecek katkılardan bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: YBM; CBS; Erken Tasarım;

ABSTRACT

The integration of GIS and BIM processes has been promising but challenging. In this article, digitized or processed urban-geographical GIS data that can be used as an input in early architectural design, with data, process and application levels that can be used in the integration of YBM and GIS to be discussed. Contributions to decision-making mechanisms such as sustainability analysis and search for forms will be discussed.

Keywords: BIM; GIS; Early Design;

1.GİRİŞ

YBM ve CBS'nin entegrasyonu, bir projenin yaşam döngüsünün, planlama, tasarım, yapım, işletme ve bakım gibi farklı aşamalarında etkili yönetim imkanı sağlar. Böyle bir sistemde herhangi bir mekansal ve zamansal ölçekte, herhangi bir bilgi, farklı uygulamalar için kullanıma hazırdır. Farklı kaynaklardan elde edilen heterojen bilgilerin etkin

bir şekilde yönetilmesi karar verme süreçleri için gerekli destekleri de sağlar (Xui Liu ve ark., 2017).

CBS altyapısı ile sayısallaşan kentsel veri YBM-CBS entegrasyonu sayesinde Erken Tasarımda kullanılarak yapı yaşam halkasına planlama ve konsept tasarım aşamasından dahil olabilmektedir. Erken mimari tasarımda alınan kararların yapının; estetiği, fonksiyonelliği, performansı, yapılı ve doğal çevresi ile uyumu üzerinde önemli etkisi bulunur. Bu yazıda Erken mimari tasarıma odaklanılmasının sebebi erken tasarım evresinde alınan kararların kesin ve / veya geçerli bilgiler değerlendirilmeden alınabilmesi ve YBM araçları erken tasarım evresi için yetersiz ve kullanışsız görülmesidir. YBM araçları içerdiği bilgi ve hesaplama kabiliyeti ile bu süreçlere destekleyici olabilmekte (Çavuşoğlu,2015), CBS ile yapılacak entegrasyon sayesinde kentsel veri ile etkileşime geçerek çok değişkenli ve sübjektif olan tasarım sürecine rasyonel katkı yapabilecektir.

2. ERKEN MİMARİ TASARIM UYGULAMALARI

RIBA Plan of Work 2013 belgesinde proje aşamaları 0-7 arasında numaralar ile 8 aşamada tariflenmiştir. Bunlar sırası ile, 0-Stratejik Tanım, 1-Hazırlık ve Özet, 2 Konsept Tasarım, 3 Tasarım Geliştirme, 4 Teknik Tasarım, 5 İnşa, 6 Kabul Teslim, 7 İşletme'dir. Özellikle aşama 1 Hazırlık ve Özet'te yer alan, sürdürülebilirlik hedefleri, proje özetinin hazırlanması, fizibilite çalışmaları ve arazi bilgileri ile aşama 2 Konsept Tasarımda yer alan, proje programının hazırlanması, tasarım programının hazırlanması, yapı sistemleri önerileri ve nihai proje özetinin hazırlanması erken tasarım kapsamında ve bu çalışmanın hedefi olarak gösterilebilir.

Endüstri devriminden sonra oluşan hızlı üretim, yüksek enerji tüketimi, yüksek karbon ayak izi ve iklim krizi gibi sorunlara yol açmıştır. Erken tasarımda değerlendirilen konulardan birisi olan sürdürülebilirlik analizlerinin önemi için, günümüzde var olan binaların küresel enerji tüketiminin üçte birinden ve enerji nedenli karbondioksit emisyonlarının beşte birinden sorumlu olduğu (Renner, 2016) ve gelecekte

kentlerin binaların çevresel ayak izini azalmak zorunluluğunda olacaklarını belirtmek önemlidir. Bu durum özellikle yeni binalar için daha önemlidir. Çünkü yapı inşa edilmeden uygun tasarımın uygulanması emisyon ve diğer değerlerde ciddi tasarruf sağlayacak, oysa önden yapılan kötü seçimler yıllarca sürecek gereksiz yüksek enerji, su ve materyal kullanımını mecbur kılacaktır (Renner,2016).

Erken tasarım evresi, fikirlerin ilk olarak oluştuğu, değerlendirildiği ve diğer aşamalara giderek geliştirilecek bir ya da daha fazla alternatifin oluşturulduğu çizgisel olarak ilerlemeyen bir süreçtir. Bu aşamada bilgi toplama, analiz, sentez ve değerlendirme süreçleri döngüsel olarak beraber çalışılmaktadır (Tükyılmaz, 2010).

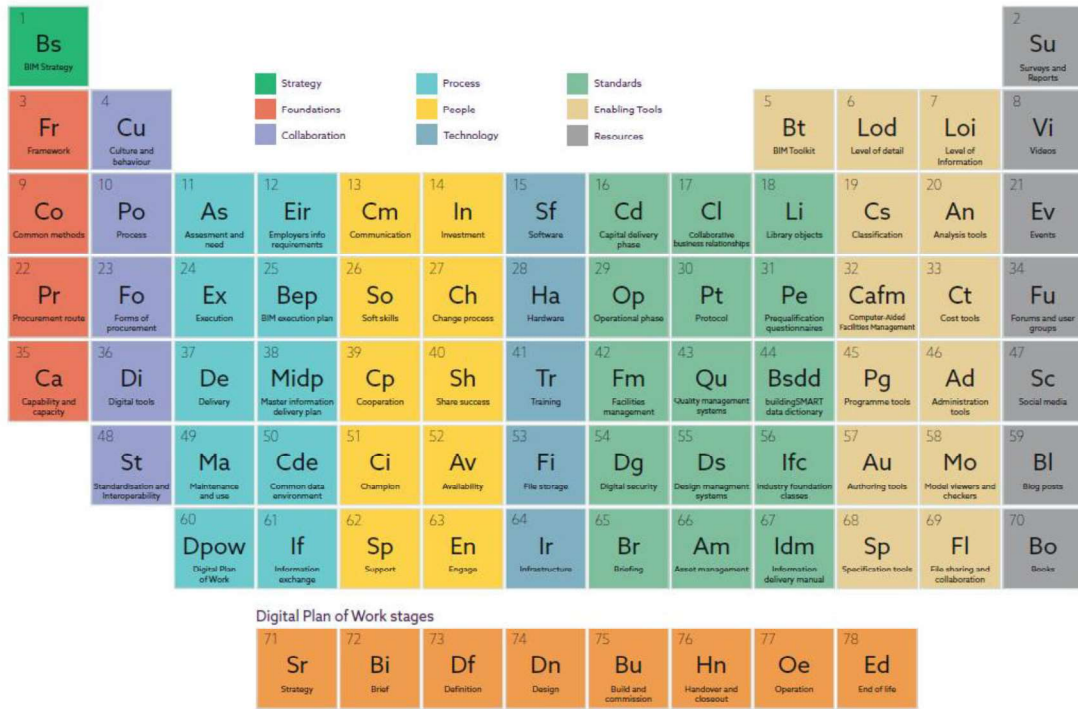
CBS ile üretilen coğrafi ve kentsel veriler devlet kurumları ve belediyelerce kanun ve imar planları oluşturulurken kullanılmaktadır. Aynı veriler erken mimari tasarımda süreçlerine de dahil edilmektedir fakat günümüzde bu iletişim CAD(computer aided design)'e çevrilmiş verilerin mimarlara belediyelerce tahsis edilmesinden öteye gitmemektedir ve değer elde edilebilecek veriler tasarım sürecine dahil edilememektedir.

3. YBM

Günümüzde BIM (Building Information Modelling) olarak genel kabul gören YBM (Yapı Bilgi Modeli), proje yaşam döngüsünde bilgi üretme ve yönetme süreci olarak kabul edilir. Bu sürecin ana çıktısı Yapı Bilgi Modeli tüm yapı elemanlarının sayısal tanımıdır. Yapı Bilgi Modeli, işbirliğine dayalı olarak toplanan bilgilere dayanır ve her projenin anahtar aşamalarında güncellenir. Sayısal Yapı Bilgi Modeli oluşturmak, binayla etkileşenlerin eylemlerini verimlileştirmelerini sağlar ve bu da proje yaşam sürecine değer katar (NBS, 2016).

YBM'nin kökeni bilgisayar destekli tasarım(CAD) araştırmalarında genel kabul görmüş bir tanımı yapılmamış iken bile görülebilir. Örneğin M.A. Mortenson Şirketinde Mimarlığın akıllı simülasyonu olarak düşünülmüştür. Birleşik proje teslimine ulaşmayı hedefleyen bu simülasyon altı özelliğe dikkat çekmektedir (Eastman ve ark.,2008)

- Sayısal
- Mekansal (3B)
- Hesaplanabilir (sayılabilir, ölçülebilir ve sorgulanabilir)
- Ayrıntılı
- Ulaşılabilir
- Sürekli



Şekil 1. YBM periyodik tablosu (NBS, 2016)

National Building Specification (NBS) tarafından 2016 yılında yayımlanan YBM periyodik tablosu YBM uygulaması için gerekli adımları içeren bir rehber olma özelliğindedir. Farklı renklerde ifade edilen başlıklar; Strateji, Temeller, Ortak Çalışma, Süreç, İnsan, Teknoloji, Standartlar, Araçlar ve Kaynaklardır. Her başlıkla alakalı süreçte önem arz eden bilgiler sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Örneğin Kaynaklar başlığının altında araştırma ve raporlar, videolar, etkinlikler, forumlar, sosyal medya, bloglar ve kitaplar listelenmiştir.

YBM yazılımları bir binanın fiziki ve içsel özelliklerini, veri tabanına bağlı nesne yönelimli bir model olarak temsil edebilir. Buna ek olarak, çoğu YBM yazılımları render motorlarına, özel tasnifleri ve model bileşenleri yaratmak için bir programlama ortamına sahiptir. Kullanıcı, modeli üç boyutlu görünümde ve modelin ortografik iki boyutlu plan, kesitler ve görünüşler görünümünde görüntüleyebilir ve etkileşimde bulunabilir. Model geliştirildiğinde, projedeki diğer tüm çizimler buna göre ayarlanacak, bir yerde yapılan değişiklik tüm çizimlere aksedecektir.

Parametrik bir yapı modelleyicisi, kullanıcıya, belirtilen duvar yüksekliğine bağlanabilen ve parametrik olarak ayarlanabilen, geometriye bağlı dinamik bir veri tabanı modeli oluşturarak yatay bir yükseklik gibi kısıtlamalar oluşturabilmesini sağlar. Bu gelişme, mimari endüstride birden fazla ölçekte ve parçalanmış çizim sayfalarında çizimleri değiştirebilmek için bir ihtiyaca cevap vermiştir. Çizimlerin üretimi için gerekli olan saat miktarı, 1964'ten beri Amerika Birleşik Devletleri'nde tarım dışı işçiliğin genel eğilimi ile birlikte zamanla istikrarlı bir şekilde azalmıştır. Verimlilikteki bu iyileşme, bilgisayar kullanımı ile sıkıcı ve tekrara dayalı işleri otomatikleştirerek bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile birlikte yükselmiştir (Quirk, 2012). Tüm bunlara dayanarak Yapı Bilgi Modelleme süreçleri için inşaat sektöründe sayısallaşma sağladığı, birlikte çalışabilirliği arttırdığı ve projelerin verimliliğine olumlu katkı yapacağı savunulabilir.

3.1. ERKEN MİMARİ TASARIMDA YBM UYGULAMALARI

Çağdaş mimaride son gelişmeler, sayısal teknolojilerin ortaya çıkışı ile üretim aracı olarak yeni yollar ortaya çıkarmaktadır. Bu yeni gelişmeler, yeni malzeme araştırmalarıyla birlikte imalat teknolojileri kullanarak, geçmişte mümkün olmayan yaratıcı tasarımlara fırsat oluşturmaktadır. Yapı performansı simülasyonu ve analizi ile YBM sunduğu sayısal araçlar ile mimarinin daha geniş okunmasına ve yenilikçi tasarımlara imkan tanımaktadır (Zarzycki, 2010).

YBM'nin başarılı bir uygulamasının önündeki engellerde birisi de tasarımın ilk aşamalarında etkin kullanılmamasıdır. Buna sebep olan iki önemli maddeden bahsedilebilir; arayüzün karmaşıklığı ve modelin altında çalışan veri modelinin sınırlamaları (Meagher ve Langley, 2016). Günümüzde, YBM tabanlı araçlar önemli üretken tasarım modüllerinden yoksundurlar ve bu yüzden mimari tasarım sürecine tam olarak dahil olamadıkları görülmektedir. Bu eksikliğin, yaratıcılığı, problem çözmenin didaktik biçimleriyle birleştirilmenin güçlüğüne yansıttığı söylenebilir. Bu sınırlamalardan kurtulmak için kullanımı ve çalışması daha basit ara yazılımlar ile melez iş akışları kullanılabilir. Anlık görselleştirmeler ve kısıtlanmış fonksiyonellik ile daha şeffaf bir süreç oluşabilir. (Derix 2010). YBM erken tasarımda tasarımcılara bir tasarım aracı olarak değil yardımcı bir araç faydalı olabilmektedir (Çavuşoğlu,2015).

Aynı zamanda, yaygın kullanılan üretken tasarım yazılımları sayısal modelleriyle ilişkili veri tabanı ve malzeme temelli bilgiden yoksundur. Genellikle sınırlı basit örgü tanımları, geleneksel sayısal modeller, dış dünyaya herhangi bir fiziksel referans olmaksızın gerçek birimler ve boyutların dışında var olurlar. Bu açıdan, dijital olarak yaratılmış tasarımlar hala tasarımın bir dizi soyutlama, analogi ve metafor ile temsil edildiği Alberti tarafından tanımlanan eski paradigmada faaliyet göstermektedir (Alberti, 1991).

Üretken tasarım yazılımları veri tanımında sayısaldırlar, ancak kavramsal çerçevelerinde halen analoglardır. Mimarlar bunlarla ilginç tasarımlar geliştirebilirler; Bununla birlikte, tasarımların fiziksel olarak yapısal olanlara karşılık gelip gelmediğini ve belirli bir ölçekte veya belirli malzeme özellikleriyle ilişkilendirilip eşleştirilebileceğini doğrulamak mümkün olmayabilir. Konsept ve uygulama tasarım aşamaları arasındaki yaratıcı süreçteki bu süreksizlik sayısal araçların önemli bir kısıtlamasını örneklendirmektedir. Bu boşluğu doldurmak için, bu yazıda, parametrik olarak kontrol edilen yapısal ayrıntılara ilişkin nispeten dar ama güçlü bir örnekle YBM platformunun üretken nitelikleri ile CBS entegrasyonu araştırılmakta, YBM'nin birlikte çalışabilirliğini ve parametrik kaliteleri erken, üretken tasarım aşamaları haline getirerek genel anlamdan spesifik hale getirme biçimini izleyen geleneksel bir işleme iki yönlülük getirmeyi önermektedir.



Şekil 2. Su şebekesi altyapısı (Murat Komesli Yaşar Üni)

4. CBS UYGULAMALARI

Uluslararası literatürde Geographical Information System (GIS) olarak adlandırılan Coğrafi Bilgi Sistemi, CBS'nin tanımı, kullanılan geniş uygulamalara ve son kullanıcının isteklerine yanıt olarak zamanla değişmiştir. CBS'in gelişimi, bilgisayar bilgi sistemleri, yazılım ve analitik algoritmalar gibi diğer teknolojik gelişmelere paralel olarak gerçekleşmiştir. Bu, zamanla farklılaşan bir tanım hedefine yol açmıştır. Aşağıda, CBS tanımlarına bazı örnekler verilmiştir:

Longley ve ark. (2005) "Herkesin en sevdiği bir CBS tanımı vardır ve seçim yapacak pek çok şey vardır" Bunlar arasında CBS bulunmaktadır: "dijital formda bir harita konteyneri; coğrafi problemleri çözmek için bilgisayarlı bir araç; mekansal karar desteği sistemi; coğrafi olarak dağılmış özelliklerin ve tesislerin mekanik bir envanteri; coğrafi bilgilerde görünmeyen olanı ortaya çıkarmak için bir araç; Coğrafi verilere, çok sıkıcı ya da pahalı ya da elle yapıyorsa yanlış işlemler gerçekleştirmek için bir araç ve ESRI (2011)'e göre CBS coğrafi olarak referans verilen her türlü bilgiyi yakalamak, yönetmek, analiz etmek ve görüntülemek için donanım, yazılım ve verileri bütünleştirir."

CBS kartografya, uzaktan algılama, jeodezi, fotogrametri ve görüntü işleme disiplinleri ile ilişkilidir. Bunun yanında jeoloji, jeofizik, oşinografi, tarım, biyoloji, ekoloji, çevre bilimi, coğrafya, sosyoloji, siyasi bilimler ve antropoloji bilimleri CBS'nin potansiyel kullanıcılarıdır.

CBS veri tabanında nokta çizgi alan ve yazı gibi grafik veriler, sözel veriler (her türlü veri tabanı), Uydu fotoğrafı, hava fotoğrafı ve taranmış haritalar gibi raster veriler barındırabilir. Bu verileri coğrafi referanslandırarak bünyesindeki fonksiyonlar ile anlamlı sonuçlar üretmeye çalışır. Fonksiyonlara örnek olarak; Sorgulama, tampon bölge, tematik haritalama, kesit analizleri, Eğitim ve bakı analizi, Network-şebeke analizleri, çakışma analizleri, kısa yol analizi ve elektrik-su şebekesi uygulamaları

gösterilebilir. Buna örnek olarak şekil 3'te verilen örnekte 1 km yürüme mesafelerinin yine 1km'lik bir çember içerisinde gösterimi iki farklı örneğin karşılaştırılması ile görülebilir. Sadece yol mesafesinin harita üzerinde işaretlenen noktadan olan uzaklıklarının nasıl farklılaşabileceğini gösteren bu örnek, ulaşım altyapısını açıklarken günlük hayatta yaygın olarak kullandığımız navigasyon sistemleri de bu altyapı üstünden çalışırken trafik dolaşımı ve yoğunluğu verilerini de gözetir ve anlamlı seyahat süreleri tahminleri yapmak için bu verileri işler.



Şekil 3. Merkezdeki noktadan 1km uzaklığı ifade eden kırmızı çember ve 1km yürüyerek ulaşılan alanlar mavi olarak gösterilmiştir

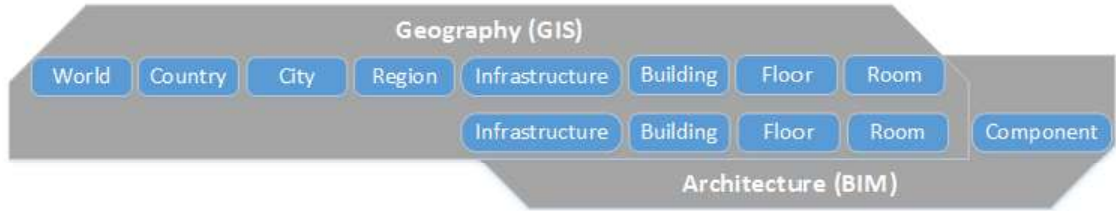
<http://humantransit.org>

5. YBM – CBS ENTEGRASYONU

CBS sistemleri elde edilen mekansal verileri bütünleştirebildikleri için farklı kaynakları destekler (haritalar, nüfus sayımı verileri, arazi kayıt kayıtları, uydu görüntüleri, vb.) ve mekansal analizi gerçekleştirir. Doğru ilişkiyi sağlamak için kuruluşlar arasında veri hiyerarşik olarak organize edilir, coğrafi referanslıdır ve gerçek dünyaya yerleştirilir.

CBS'de birkaç çeşit veri modeli vardır, ancak vektör ve raster format en yaygın olarak kullanılanlardır. Verilerin farklı kaynaklardan farklı ayrıntılarda veya çeşitli ölçme biçimlerinde gelmesi çalışma zorluklarından birisidir (Gröger ve Plümer, 2012).

Bu arada YBM ile ilgili araçlar sayısal ortamda 3D projeler oluşturabilir. Temel elemanlar hacimler, duvarlar, pencereler ve kirişlerdir. Parametreler ve anotasyonlar üç boyutlu modele bağlıdır. YBM proje ile ilgili bilgileri tümleşik ve otomatik bir şekilde



Şekil 4. CBS ve YBM alanlarının çakışmaları
(Xui Liu ve ark., 2017)

üretme ve yönetme yoludur (Cowen, 1988). Bunlardan da anlaşılacağı gibi her ne kadar CBS ve YBM kavramsal olarak farklı olsalar da her ikisi de veri saklama ve yönetim merkezi olarak hareket eder: Bunları yaparken YBM binayı oluşturan her bileşene odaklanırken CBS coğrafi bilgi entegrasyonu üzerine odaklanmıştır YBM ve CBS içeriklerinin bir Geo-BIM altyapısında kullanılması gerekmektedir. CityEngine yazılımı, GeoBIM modellemesinin bir örneğidir (El-Mekawy ve ark., 2012).

Xui Lui Yapı Modelleri ile coğrafi-mekansal içeriğin entegrasyonu için çeşitli yöntemlerden bahsetmektedir (Xui Liu ve di, 2017). Bunlar, anlamsal veya geometrik seviye, tek yönlü veya çift yönlü yöntem, ticari veya açık kaynak yazılımlar olarak sıralanabilir. Bu alanda yapılan çalışmalar Amirebrahimi ve ark. (2016) tarafından üç seviyede sınıflandırılmıştır; veri seviyesi, süreç seviyesi ve uygulama seviyesi.

YBM ve CBS nin veri seviyesinde entegrasyonu, yeni standartlar eski standartların revizyonu veya dönüştürülmesi / çevrilmesini içerir. Bunu yaparken Yapı Modelleri için IFC standardını Geo-Mekansal veri için de CityGML modelini çevirme dönüştürme ve uyumluluğunu artırmaya çalışır. Bu standartların kullanılmalarının sebepleri kendi alanlarında en yaygın ve kabul edilen açık veri standartları olmalarıdır. Fakat mevcut durumda CityGML ve IFC proje yaşam halkasımdestekleyecek seviyede uyumlu değildirler. Bu dönüştürme yöntemleri otomatik yarı otomatik ve el ile olarak üç sınıfa ayrılabilir (Xui Liu ve ark., 2017).

YBM ve CBS'nin süreç seviyesinde entegrasyonunda iki yöntemden söz edilebilir (Xui Liu ve ark., 2017): Anlamsal Web teknolojileri ve Servis bazlı yöntemler. Anlamsal Web teknolojileri YBM ve CBS nin verilerinde değişiklik yapmadan onları kendisinde toplamakta ve uyumluluk için işlemler yapmaktadır. Fakat günümüz için bu işlemler zaman ve maliyet olarak yüksek ve el ile yapılan uzun süreçlerdir. Hizmet tabanlı yöntemin

SWOT Matrisi

	Güçlü Yanlar	Zayıf Yönler
Teknik açıdan	<ul style="list-style-type: none"> Yapı geometrisinin 3B gösterimi Nesne yönelimli veri modelleriyle betimlenen mekânsal hiyerarşi YBM'ler zengin semantik (anlamsal) bilgi içerir Yapının mevcut durumunu gösteren gelişme modeli İç mekan geometrisinin sorgu tabanlı gösterimi Açık mekan bölümlenmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Yapı sektörü ile coğrafi bilgi alanlarında nesnelerin geometrik gösterimlerindeki farklılıklar YBM'ler lokal ve bağıl koordinatları kullanır Mekansal ilişkiler, bağlantılılık ilişkileri biçiminde tutulmaz Çoklu geometrik gösterimler Sınıf farklılıkları
Etki alanı açısından	<p>Fırsatlar</p> <p>Yapı sektörü etki alanı</p> <ul style="list-style-type: none"> Yer seçimini kolaylaştırması Tasarım tekliflerinin değerlendirilmesi Enerji tüketimi ve ışıklandırma gereksinimlerinin analizlerini kolaylaştırması Lojistik operasyonların büyük ölçekli 4B simülasyonlara entegre edilmesi Hasar değerlendirmesi ve yenileme projelerine destek <p>Kentsel yönelim etki alanı:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kent ortamının 3B modellenmesini kolaylaştırması Tahliye faaliyetlerini kolaylaştırması 3B coğrafi kodlama/refernaslama Halkın katılımı Emlak vergisinin değerlendirilmesi 	<p>Tehditler</p> <ul style="list-style-type: none"> Özel hayat ve kişisel alan üzerindeki sınırlamalar Bilgi fazlalığı Coğrafi referanslı bina bilgilerine yetkisiz erişim

Tablo 1. Mekansal bağlamda YBM gerçekleştirimi için SWOT Matrisi (Isikdag ve Zlatanova, 2009)

sistem performansı, hem anlamsal hem de geometrik dönüşüm ve daha az veri kaybı yaşanır. Bununla birlikte, böyle bir sistemin esnekliği ve uzatılabilirliği düşüktür. Kod ile ilgili bir problem çıktığında uzman bir ekipten pahalı bir destek almak gerekmektedir. Ayrıca, hizmet tabanlı yöntem de benzer dezavantajları diğerleriyle paylaşmaktadır; Süreç seviyesinde entegrasyon yöntemleri. Süreç seviyesi entegrasyonu her zaman insan içermektedir. Müdahale, düşük verimlilik, entegrasyon sisteminin geliştirilmesinin erken safhasındaki bir dezavantajdır (Xui Liu ve ark., 2017).

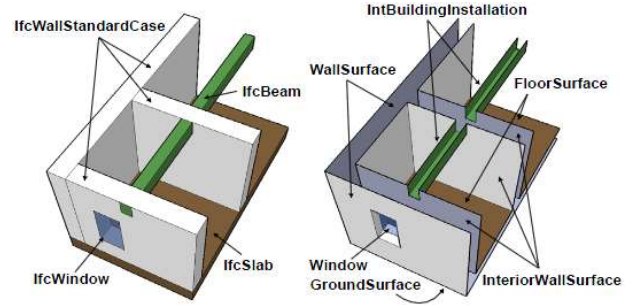
Entegrasyon yöntemlerinin son grubu uygulama düzeyindedir. Bu seviyede, hem kaynak veri hem de nesne verisi değiştirilmez ve hizmet veya ontoloji geliştirilmez. Bu tür çalışmalar normalde belirli bir kullanım durumuna hizmet etmek için uygulanmıştır. bilgi ve özelleştirilmiş araçlara ek olarak, şema başka entegrasyon aracı olarak çalışmak için seçenektir. Green Building XML (gbXML) Xui Liu ve ark., (2017) tarafından CBS ve YBM arasındaki veri biçimi aracı olarak kabul edilerek bir uygulama yapılmıştır. YBM'deki basitleştirilmiş, yararlı bilgiler ayıklanmış ve enerji analizi sonrasında KML ve COLLADA'ya dönüştürülen gbXML dosyası olarak depolandırılmıştır.

Simülasyon, daha sonra Google Earth içerisinde de sunulabilmektedir. Uygulama seviyesindeki entegrasyon yöntemleri, problemi belli bir açıdan çözer ve normalde diğer yöntemlere uygulanamaz. Genel olarak, bu tür yöntemler, zaman ve emek bakımından maliyetli değildir. (Xui Liu ve ark., 2017).

5.1. YBM CBS uyumsuzlukları

YBM genel olarak var olmayan şeyleri modellemeye odaklanmışken CBS var olan objeleri modellemeyi ve bunların kolayca anlaşılabilir olmasını hedefler. YBM ve CBS'nin entegrasyonundaki temel sorunlardan biri bu bilgilerin birbirlerini tutmamasıdır (Xui Liu ve ark., 2017).

YBM ve CBS, üç boyutlu modellemeyi iki farklı perspektiften yorumlamaktadır: Coğrafi Bilgi Sistemleri dünya modellemeye, YBM ise tasarım sürecine daha fazla odaklanmıştır. Bu nedenle, örneğin CityGML'de, bir duvar, her bir oda için ayrı ayrı yüzey olarak gösterilirken, IFC(International Foundation Class)'de bir duvar bir hacim nesnedir; odalar ve dış kabuk arasında paylaşılır (Nagel ve ark. 2009).



Şekil 5. IFC (solda) ve CityGML (sağda)'de modellenen kat örnekleri (Nagel ve ark., 2009).

Genel olarak, farklılıkları ve uyumsuzlukları şu şekilde özetlenebilir: farklı kullanıcılar, farklı uygulamalar, farklı gelişim aşamaları, farklı mekansal ölçekler, farklı koordinat sistemleri, farklı semantik ve geometrik gösterimler, farklı parçacık düzeyleri ve farklı bilgi saklama ve erişim yöntemleri. Her ne kadar bu YBM ve CBS ayrı ayrı olgunlaşmış olsalar da farklı şekillerde, aralarındaki örtüşme son zamanlarda daha da büyümüştür (Şekil 5).

5.2. YBM CBS Entegrasyon Uygulamaları

CBS YBM entegrasyonu CBS tarafında veri işlenirken bina verilerinin LOD4 (cityGML LOD düzeyi) seviyesinde elde edilmesi ve daha sağlıklı veri zenginliği modeller ile fonksiyonların çalışması ile daha isabetli analizler yapılmaya olanak sağlarken YBM tarafında erken tasarım evresinde 3B modeller ve veriler ile zenginlik ve yapı performansına ve çevresi ile ilişkisine yönelik daha sağlıklı karar alma mekanizmalarının oluşmasını sağlayabilmektedir. YBM CBS entegrasyonundan fayda sağlayabileceğini söyleyebileceğimiz alanlardan: Konum tabanlı hizmetler ve Navigasyon, Varlık yönetimi, Kültür Mirası Yönetimi, Arazi seçimi ve plan yerleşimleri, Kentsel Çevre analizi ve Güvenlik olarak bahsedebiliriz.

Entegrasyon başlığı altında bahsedilmesi gereken uygulamalardan biri "3D Cadastre"dir: Hedefi, aşağıdaki adımları içeren tam yaşam döngüsü desteğini 3B olarak gerçekleştirmektir:

- Bölgeleme planlarını 3B olarak geliştirilmesi ve kaydedilmesi
- 3B'de kayıt (kamu hukuku) kısıtlamaları
- 3B'de yeni mekan birimleri / nesnelere tasarlanması
- 3B'de uygun araziye / alanın edinilmesi
- 3B olarak izin talep etme ve sağlama (onay sonrası)
- Gelecekteki nesnelere için finansman (ipotek) elde edilmesi ve kayıt altına alınması
- Uzay birimlerini / nesnelere (yapımdan sonra) 3B olarak ölçülmesi

- İlişkili hakları / partileri ve bunların mekansal birimlerini 3B olarak gönderilmesi
- Verilen verileri doğrulama ve kontrol edilmesi (kabul edildiğinde kaydolma)
- Uzamsal birimleri 3B olarak saklanması ve analiz edilmesi
- Uzaysal birimleri 3B olarak yaymak, görselleştirmek ve kullanılması

6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

YBM ve CBS üç boyutlu modellemeyi iki farklı perspektiften yorumlamaktadır ve farklı yollarla olgunlaşmışlardır. Geometrik ve anlamsal bilgiler bina modellemesinden coğrafi ortam bağlamına aktarılması arazi seçimi çevresel etki değerlemesi, güvenlik yönetimi gibi alanlarda faydalı olabilir. CBS YBM entegrasyonu CBS tarafında veri işlenirken bina verilerinin LOD4 seviyesinde elde edilmesi ve daha sağlıklı veri zengini modeller ile fonksiyonların çalışması ile daha isabetli analizler yapılmaya olanak sağlarken YBM tarafında erken

7.KAYNAKLAR

Alberti, L. B., 1991, *On the Art of Buildings in Ten Books*; The MIT Press.

Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P. ve Ngo, T., 2016, "A BIM-GIS integration ethod in support of the assessment and 3D visualisation of flood damage to a building" *Journal of Spatial Science*, 61 (2), 317-350.

Çavuşoğlu, Ö. 2015, H., *Building Information Modelling Tools: Oppurtunities for Early Stages of Architectural Design*.

Cowen, D. J., 1988, "GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences?", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11), 1551-1555.

Derix, C., 2010, "Mediating spatial phenomena through computational heuristics", *Proceedings of ACADIA 2010*, New York.

Eastman, C, Teicholz, P., Sacks, Liston ve K.. 2008. *BIM Handbok A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, and Contractors*, Wiley.

El-Mekawy, M., Ostman, A., Hijazi, I. 2012, "A Unified Building Model for 3D Urban GIS", *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 1(3), 120-145.

tasarım evresinde 3B modeller ve veriler ile zenginlik ve yapı performansına ve çevresi ile ilişkisine yönelik daha sağlıklı karar alma mekanizmalarının oluşmasını sağlayabilecektir. Günümüzde, YBM ve CBS'nin geliştirilmesi bazı örtüşen alanlara sahiptir. Bu arada, iki alan arasındaki boşluklar giderek daha küçük hale gelmektedir. Veri, süreç ve uygulama düzeylerinde farklı sınırlamaları ve potansiyelleri, YBM ve CBS'nin gelecekteki entegrasyonu için aynı anda var olmaktadır. Tüm bu potansiyel ve sınırlamalar CBS ye entegre edilen kentsel veri Erken mimari tasarıma sayısal bir veri tabanı olarak çalışan BIM süreçlerine dahil olmasının karar alma mekanizmalarına olumlu etki yapacağı görülmektedir. IFC ve cityGML gibi açık veri formatları ve açık veriler ile Erken Tasarım süreçleri YBM araçlarının üretken tasarım araçlarının da bu doğrultuda gelişmesine itici güç olabilir.

ESRI, 2011, "What is GIS?" URL: <http://www.esri.com/what-is-gis/index.html> Son Erişim Tarihi: Son Erişim Tarihi: 14.12.2019.

Gröger, G. ve Plümer, L., 2012, "Transaction rules for updating surfaces in 3D GIS", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Volume 69*, April 2012, Pages 134-145.

Işıkdağ, Ü. ve Zlatanova, S., 2009, "A SWOT analysis on the implementation of Building Information Models within the Geospatial Environment", Editörler: A. Kreak, M. Rumor, S. Zlatanova ve E.M. Fendel, *Urban and Regional Data Management; UDMS Annual 2009*, CRC Press.

Liu, X, Wang, X, Wright, G., Jack, C., Cheng, P., Li, X. Ve Liu, R, 2017, "A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS)", *International Journal of Geo-Information* 6(2):53.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D.J. ve Rhind, D. W., 2005, *Geographic information systems and science*, John Wiley & Sons.

Meagher, M. ve Langley, P., 2016, "TopoBIM: Web-based spatial topology for early design participation. Complexity & Simplicity", *Proceedings of the 34th eCAADe Conference, Oulu, Finland, 22-26 August 2016*, pp. 663-672.

Nagel, C., Stadler, A., Kolbe, T., 2009, *Conceptual Requirements for the Automatic Reconstruction of Building Information Models from Uninterpreted 3D Models*, Academic Track of Geoweb 2009 Conference, Vancouver.

National Building Specification (NBS), What is Building Information Modeling (BIM)?, URL:<https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>
Son Erişim Tarihi: 14.12.2019.

Quirk, V. 2012, A Brief History of BIM, URL:<https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>, Son Erişim Tarihi: 14.12.2019.

Renner, M. (2016). Binaların çevresel ayakizini azaltmak, Editör L. Mastny, Dünya'nın durumu 2016: bir kent sürdürülebilir olabilir mi? (s.137-159) İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

RIBA Plan of Work Stages, Royal Institute of British Architects, URL: <https://www.ribaplanofwork.com/>
Son Erişim Tarihi, 23.12.2019.

Türkyılmaz, Ç. C., 2010, Mimari tasarım eğitiminde erken tasarım evresinde bilgini dönüşümünün irdelenmesi ve bir model önerisi Doktora Tezi, FBE, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Zarzycki, A. 2010, "Exploring parametric BIM as a conceptual tool for design and building technology teaching" Proceedings of the 2010 Spring Simulation Multiconference, 1-4.

HATILLI DUVARLARIN METRAJ VE HAKEDİŞ SÜREÇLERİNİN YÖNETİMİ

Eylem ZORLUTUNA^{(ORCID: 0000-0002-5870-3011)*}

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
20192109013@msgsu.edu.tr

ÖZET

Karmaşık proje teslim sistemlerinin olduğu disiplinlerarası yapım projelerinde inşaat aşamasının başladığı ve tasarım kararlarının henüz belirlenemediği, proje teslim sisteminin karmaşıklaşan yapısında, aynı model ortamında tasarımın hem kesin hem de uygulama aşamaları için çıktıları yönetmek için alternatif iş akış prosedürleri gerekmektedir. Bu makalede M9 İkitelli-Ataköy Metro Hattı Projesi'nde hatıllı duvar sistemlerinin metraj ve hakediş süreçlerini yönetmek için oluşturulan alternatif bir iş akışı sunulacaktır. Hatıllı duvarların imalatı parçalı olarak yapılmakta ve metraj bilgisi mevcut model üzerinden elde edilememektedir. Buna bağlı olarak maliyet yönetimi süreci otomatize edilememektedir. Bu nedenle projede seçilen BIM yazılımı olan Revit model üzerinde aylık hakedişlere yönelik olarak parçalı hatıllı tuğla duvar metrajı ve proje bütçesini elde etmeye yönelik toplam hatıllı tuğla duvar metrajını elde etmek için Revit yazılımı içerisinde modelleme tekniğini değiştirilerek yeni bir maliyet yönetimi iş akışı önerilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bina Bilgi Modellemesi; Hatıllı Duvar ; Maliyet Yönetimi; Modelleme Teknikleri, İş Programı

ABSTRACT

As the design decisions are finalized in the construction projects made with BIM based project management, the maturity level of the BIM model is expected to increase and the model

will contain more detailed information. On the other hand, complex work structures, in which various disciplines working together and design decisions are not matured yet, while construction is started may have difficulty in managing workflows in terms of integrated project delivery systems. In such work structures the complexity of the project delivery system requires alternative workflow procedures to manage the outputs for both the final and implementation phases of the design in the same model environment. In this article, an alternative workflow will be presented to manage the material takeoff and progress payment processes of the walled systems of M9 İkitelli-Ataköy Metro Line Project. Confined walls are manufactured partially in construction site and the takeoff data cannot be obtained from the current model and the takeoff process cannot be automated. For this reason, this study suggests to change modeling technique in order to obtain the partial confined wall take-off for the monthly progress payments on the model and describes an alternative cost management workflow.

Key Words: Building Information Modeling ; Confined Walls ; Cost Management ; Modeling Guidelines ; Construction Planning

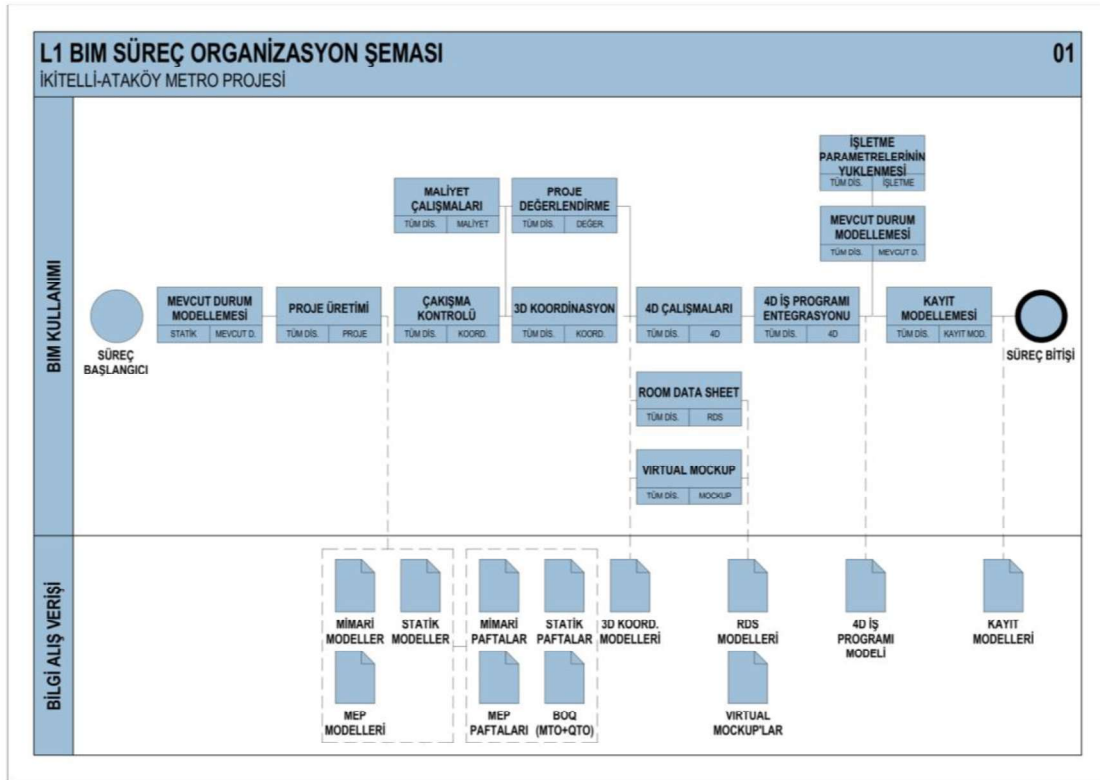
1.GİRİŞ

Gerçekleşen ve planlanan maliyet çalışmaları arasındaki verimlilik BIM projeleri için girdi oluşturmaktadır. Maliyet analizi ve planlamasının doğru yapılması yapım aşamasında projenin verimli

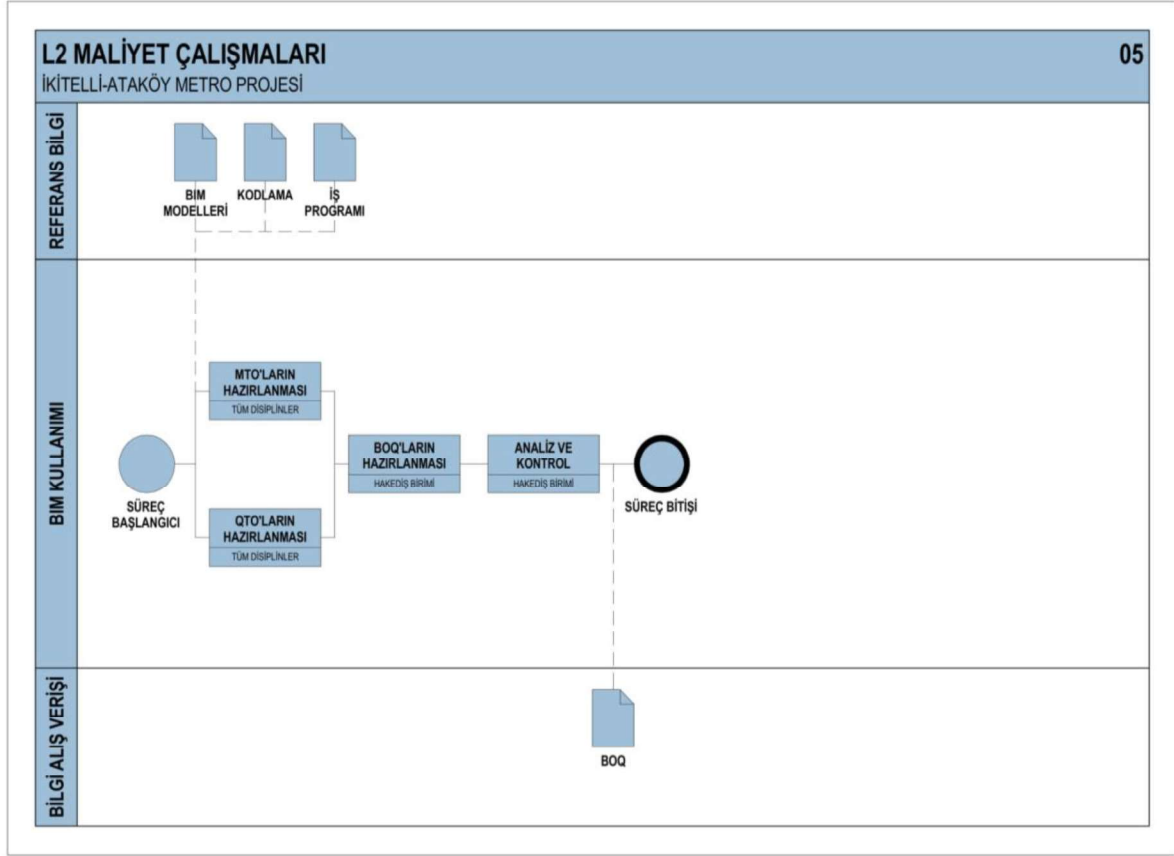
şekilde yönetildiğini göstermektedir. BIM ile maliyet yönetiminin sayısallaştırılmasının zaman ve bilgi kayıplarını azalttığı görülmüştür (Bečvarovská. ve ark, 2014). Bununla birlikte BIM ile maliyet yönetiminin verimliliğini ölçerken yapım projelerinin tasarım ve yapım aşamasında kendilerine özgü problemleri ve gereksinimlerinin ve iş akışlarının detaylı tanımlanması gerekmektedir.

Geleneksel BIM ile proje yönetimi yaklaşımı bağlamında, tasarım kararları olgunlaştıkça daha ayrıntılı ve daha fazla bilgi içeren modeller elde edilmesi beklenmektedir (Smith, 2014). Tasarım ve yapım aşamalarının eş zamanlı olarak ilerlediği ve tasarım kararlarının henüz kesinleşmediği karmaşık proje teslim sistemlerine sahip yapım projelerinde

modelin kesin ve uygulama projeleri ve sahada devam eden yapım imalatlarının maliyet yönetimi ihtiyaçlarına cevap vermesi beklenmektedir. Bu nedenle farklı detay seviyelerinde farklı modelleme tekniklerine ve maliyet yönetimi iş akışlarına gereksinim duyulmuştur. Model detay seviyesinin, model elemanlarının ve modelleme tekniğinin maliyet yönetimi iş akışlarının doğru tanımlanması gerekmektedir. Bu nedenle tasarım ve yapım iş programlarının birbirinden bağımsız olarak değil; tasarım ve yapım işlerinin karmaşılaştığı alanlarda standart yapım ve tasarım iş programlarının daha da detaylandırılması ve BIM modelinin tasarım ve yapım iş programı çıktılarına göre oluşturulması gerekmektedir.



Şekil 1. Ataköy-İkitelli Metro Projesi BIM Süreç Organizasyon Şeması



Şekil 2. Ataköy-İkitelli Metro Projesi BIM Maliyet Çalışmaları

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği M9 Ataköy-İkitelli Metro Hattı projesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından ihale edilen Türkiye'deki ikinci BIM ile yapılmış kamu ihalesi projesidir ve 2016 yılından beri tasarım ve koordinasyon süreçleri BIM ortamında yürütülmektedir. BIM Uygulama Planı projeye ilişkin tasarım, yapım ve işletmeye teslim süreçlerinin tümünü kapsamaktadır. Projenin başlangıcında, bilgi modelleme unsurları BIM Uygulama Planı'nda (BIM Execution Plan-BEP) ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır (Şekil-1). BIM Uygulama Planı, tasarım karar alma süreçlerinde eş zamanlı olarak gerçekleştirilen maliyet tahmini için gereken analiz ve raporları hangi aşamalarda yapılacağına ve toplam proje bütçesini hazırlamak için aylık hakediş çalışmalarına yer verilmiştir (Şekil-2). Modelleme teknikleri, model ihtiyaçları, modelin içereceği parametreler, BIM hedefleri ve BIM kullanımları belirtilmiştir.

BIM Süreç Organizasyon Şeması'nda da görüleceği üzere tasarımların onay için değerlendirildiği ve disiplinlerarası koordinasyon süreci yapıldığı aşamada maliyet çalışmalarının da eş zamanlı olarak yürütülmesi ile karar verme sürecine katkı sağlanmaktadır (Şekil-1). Bu amaçla yapılan mimari modellerden metraj alınması ve bu metraj verilerinin birim fiyatlar ile çarpılarak maliyet alternatiflerinin karşılaştırılması BIM hedeflerinden biridir. Bununla birlikte aylık hakedişlerin de BIM modeli üzerinden elde edilmesi BIM Uygulama Planı'nda yer almaktadır. BIM Uygulama Planı'na göre proje keşif bütçesi ve aylık hakedişler için Şekil-2'de de görülebileceği üzere MTO (Material Takeoff) ve QTO (Quantity Takeoff) olarak adlandırılan metraj listeleri hazırlanacaktır. MTO (Malzeme metrajı) ile m2 ve m3 malzemelerin metrajı, QTO (Quantity Takeoff) ile kapı, ekipman vs. gibi elemanların adet metrajı alınacaktır. Hakedişlerde keşif cetvelindeki birim fiyatlar kullanılacaktır. Modelden alınabilen metraj

listeleri ile hakediş metrajı oluşturulacaktır. Model dosyalarında yer alan Schedule altındaki MTO ve QTO bilgileri; alınması gereken döküman *.xlsx (Microsoft Excel) formatında periyodik olarak sunulacak olan aylık hakediş (BoQ) dökümanlarıdır. Aylık olarak sayısal ortamda metraj (BoQ) alınabilmesi için modelleme elemanlarına ilgili BoQ maddesi ile ilgili parametreler girilecektir. Modellenen her eleman BoQ maddesine ait olup, BoQ maddelerinde karşılığı olmayan elemanlar modelde yer almayacaktır. (Şekil.2)

Bu çalışmada Ataköy-İkitelli Metro Hattı'nda hatıllı tuğla duvarların BIM ile maliyet yönetimi için alternatif bir iş akışı tariflenecek ve model elemanlarının modellenme tekniği üzerine etkileri ve tasarım süreci BIM modeli ve yapım süreci iş programlarının birbirleriyle olan etkileri tartışılacaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Son yıllarda BIM bazlı maliyet yönetimi programları farklı malzemelerin adet, yüzey gibi bilgilerini kısa sürede ve verimli bir şekilde elde edilebilmektedir (Royal Institution of Chartered Surveyors). BIM modelindeki metraj verisine aynı yazılımın içerisinde (Revit, Archicad, Tekla Structure, Allplan vb.) ve model dışında farklı yazılımlar (Vico, Navisworks, Bixel vb.) kullanarak maliyet yönetimi iş akışları oluşturulabilmektedir. (Małgorzata ve Marek, 2017; Olsen ve ark 2017). Ancak BIM süreci tamamen otomatik bir süreç değildir (Bylund ve Magnusson, 2012; Eastman, ve ark, 2011). Model detay seviyesinin yetersizliğinden (Monteiro ve ark, 2013), bazı elemanların çakışarak modellenmesinden (Khosakitchalart ve ark., 2018) ya da sahada uygulaması yapılan imalatın modelleme tekniğinin hatalı olması gibi problemlerle karşılaşılabilir. Bu problemler işgücü ve zaman kayıplarına neden olacağından (Monteiro ve ark, 2013) tüm sürecin otomatikleştirilmesi için modele bilgi aktarımı yapılması, mevcut detay seviyesinin iyileştirilmesi ve gerekli parametrelerin dışarıdan model ortamına aktarılması gerekmektedir.

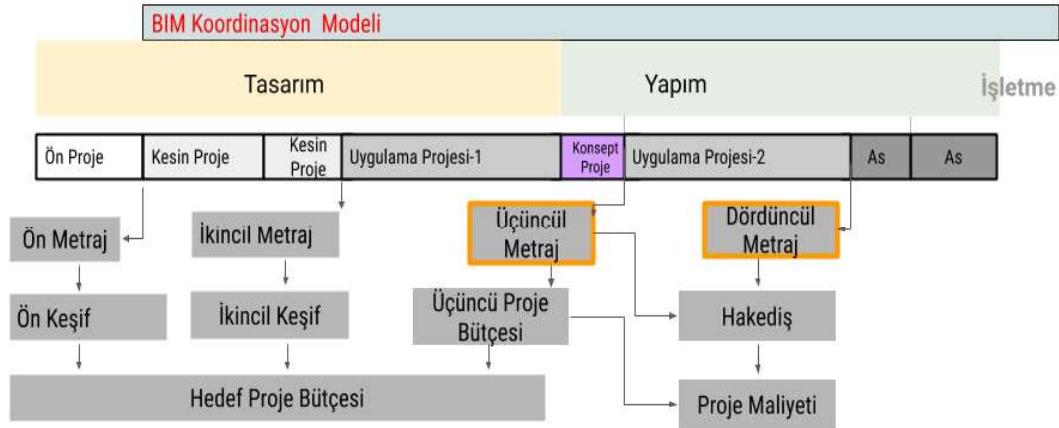
Maliyet yönetimi süreçlerinin, inşaat sürecinin planlanmasını kolaylaştırıp kaynak kullanımının verimli bir şekilde yönetilmesini sağlarken, yanlış veya dikkatsiz bir maliyet tahmini de tasarım ve yapım aşamalarında gecikmelere yol açabilir (Vilventhan ve ark, 2020). Proje iş programındaki iş kırılım yapısına göre BIM modelinin hazırlanması, tasarım ve inşaat aşamalarındaki entegrasyonu sağlar (Mattern ve ark, 2018) ve BIM modelinden elde edilecek metraj verisi projeden elde edilecek ihtiyacı karşılar. Ancak proje iş

programını ve iş kırılım yapısını oluşturmak maliyet yönetimi iş akış sürecinin ilk adımını oluşturmaktadır.(Elbeltagi, Emad & Hosny, Ossama & Dawood, Mahmoud Elhakeem, 2014). Geleneksel ve BIM ile yönetilen yapım projelerinde proje keşif maliyetini ve proje bütçesini hesaplamak için projenin çeşitli aşamalarında metraj alma gerekliliği bulunmaktadır (Fırat ve ark, 2010) . Geleneksel ve BIM ile maliyet yönetiminde ön proje, konsept projelerin belirlenmesiyle birlikte kesin projeden sonra proje keşif maliyeti ve son olarak da sahada aylık hakedişlere cevap vermek için sahada imalatların tamamlanmasıyla uygulama projelerinden metraj alınır. Şekil 3'te görülebileceği üzere tasarım ve süreçlerinin eş zamanlı ilerlediği Ataköy İkitelli Metro Hattı gibi yapım projelerinde daha fazla sayıda metraj alma gereği duyulabilmektedir. Çünkü ihtiyaçların detaylanmasıyla birlikte aynı olgunluk düzeyindeki modelden proje keşif bütçesi ve proje maliyeti ihtiyaçlarını karşılayan metrajlar elde edilememektedir.

Bylund ve Magnusson (2012) BIM modelinde üç çeşit metraj bilgisinin var olduğunu iddia etmiştir. Modelde bilginin açıkça var olduğu ve bilginin doğrudan elde edilebildiği bilgi, bilginin model içerisinde var olduğu; fakat bilginin doğrudan elde edilemediği ve bilginin model içerisinde var olmadığı ve bilginin doğrudan elde edilemediği şekilde bilgi tanımlanmıştır. Bu açıklamaya göre mevcut projede modelin içerdiği parametreler baz alınarak tüm yapı elemanlarının proje keşif bütçesini elde etmek için proje ön proje, kesin proje, konsept proje ve uygulama proje aşamalarında metrajların alınması sürecinde üç farklı metraj tipi kullanılmıştır:

- Otomatik: Modelden enformasyon bileşenini BIM yazılımı içerisinde direkt olarak çekebilme ve listeleyebilme,
- Yarı otomatik: Bileşenin modellenmediği fakat enformasyonunun modelin içerisinde var olması durumunda enformasyonu tekrardan tanımlayarak elde etme,
- Manuel: Bileşenlerin modellenmediği ve modele enformasyon tanımlamadan ölçüm yapılarak hesaplanması

Kesin proje aşamasında tuğla duvarlar tek parça ve hatılsız olarak modellenmiş olsaydı proje keşif bütçesi için tuğla duvar metrajı tek seferde otomatik olarak hesaplanabilirdi. Hatıllı tuğla duvarlar kesin proje aşamasında hatıllarıyla birlikte modellenmediği ve hatıllar tuğla duvar pozuna dahil olmamasından projenin keşif bütçesini hesaplamak için alternatif



Şekil 3. Proje Teslim Aşamalarındaki Maliyet Yönetimi Şeması

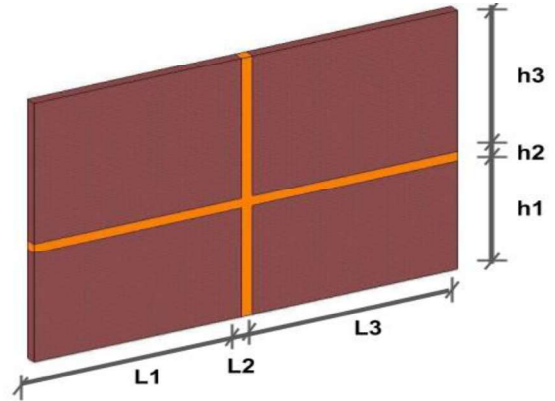
metraj alma yöntemleri daha önceki çalışmalarda önerilmişti. Mevcut model üzerinden duvarın dataları manipule edilerek kaplama malzemelerinin alternatifleri Dynamo ve Roombook ile alternatif metraj iş akışları tanımlanarak proje keşif bütçesine olan etkileri önceki çalışmalarda gözlemlendi. (Zorlutuna ve ark, 2019). Ancak bu metraj çalışmaları yarı-otomatik olup maliyet yönetimi sürecini otomatize edememekte, aylık hakediş için metraj ihtiyacını ve mevcut tasarım ve yapım süreçlerini arasındaki iş programı entegrasyonunu sağlayamamaktadır.

Tasarım ve yapım işlerinin eş zamanlı ilerlediği karmaşık proje teslim sistemlerini içeren yapım projelerinde bütçesibelirlenememektedir. Öte yandan sahada imalat devam etmekte ve aylık hakedişlere yönelik metrajın aynı model üzerinden elde edilmesi gerekmektedir. Mevcut modelleme tekniği ile tuğla duvar metrajı tek seferde otomatik olarak yapılmadığı için modelleme tekniği, sahadaki yapım yöntemi ve yüklenicinin yapım iş programı birbiriyle çakışmaktadır. Tuğla duvarlar yatay hatil seviyesine kadar yarısına kadar orulup imalata gerçekleştirilmiştir ve birinci yatay hatil seviyesinde kadar olan kısmının hakedişi yapılmıştır. Sürecin tam olarak otomatize olmamasından ve birbirine benzer istasyonların tekrardan modelleneceğinden dolayı metraj ve modelleme teknikleri ve tasarım ve yapım iş programı entegrasyonu bu çalışmada anlatılacaktır.

3.YÖNTEM

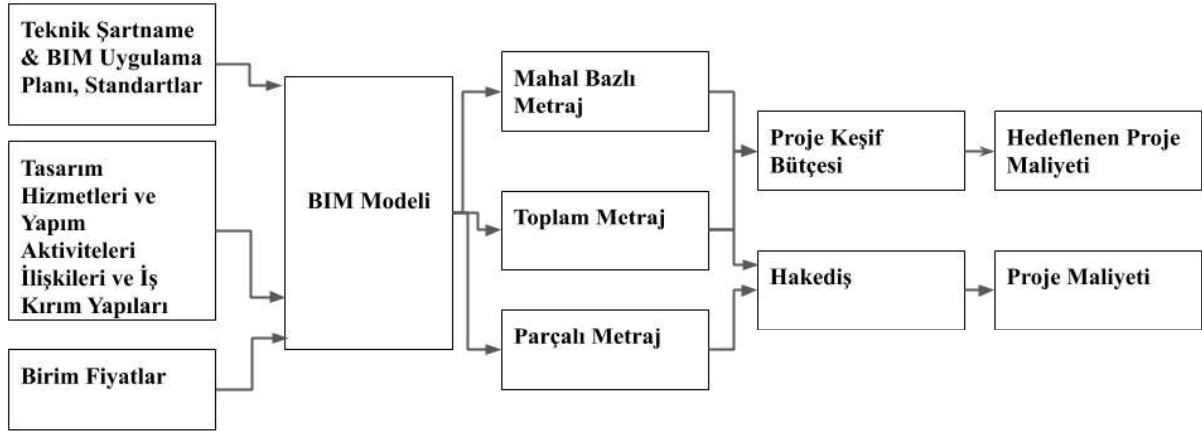
Sözleşmedeki birim fiyat tariflerinde tasarım pozunun porsantaj kırılımına göre öncelikle mimari kesin projeler onaylanacaktır. Onaylı kesin projeler doğrultusunda yapılacak olan mimari uygulama projelerinin birinci fazında tuğla duvar plan ve görünüşlerinin sunulması gerekmektedir. Bu faz

sonunda teknik alanlara ait mahal listeleri oluşturulacaktır. Mahal revizyonlarının uygulama projesi faz 1 aşamasında da devam etmesi nedeniyle uygulama projesi aşaması iki faza ayrılmıştır. Birinci fazda daha hızlı karar verilen malzemelerin yer aldığı teknik mahal yerleşimleri ve teknik mahal malzemeleri; ikinci faz ise yolculu alanlarda konsept projede alınan kararlar sonucu yolculu alan döşeme ve duvar kaplamaları ve tavan malzemeleri yer almaktadır.



Şekil 4. Uygulama Projesi-2 Fazında Modellenen Hatılı Duvar Elemanı

Öte yandan uygulama faz-1 aşamasının bitirilmesiyle tuğla duvar plan ve görünüşlerinin projeleri sunulmasının ardından sahada tuğla duvar imalatına başlanmıştır. Uygulama projesi faz 1 sonunda teknik alanlardaki mahal yerleşimleri kesinleştiğinden konsept proje konsept projede alınan kararlar sonucunda ile aynı uygulama projesinin yolculu alan duvar kaplama malzemelerini proje ve yapımın tümüne yönelik mahal listesi ile su birlikte uygulama projesi faz 2 kısmının sonlandırılması planlanmıştır.



Şekil 5. BIM ile Maliyet Yönetiminde Tasarım ve Yapım Hizmetleri Entegrasyonu

Yolculu alan duvar kaplama malzemelerine karar vermek için yolculu alan metrajının teknik alanlardan mahal bazlı olarak ayrılarak metraj hesabının yapılarak alternatif her malzemenin proje toplam bütçesine olan etkisi daha önceki metraj çalışmalarında incelenmiştir.

Duvar kaplama malzemelerine karar verilecek uygulama projesi faz 1 modellerinde malzeme kaplamaları modellenmediği için metraj verisi modelden elde edilememiştir.. Bunun için uygulama projesinin ilk aşamasında yapılan tuğla duvar modelleri üzerinden yolculu alanlarda kullanılacak kaplama malzeme metrajının elde edilmesi için görsel programlama araçlarıyla çalışılmıştır.

Uygulama aşamasında hatıllı tuğla duvarların birinci yatay hatıl seviyesi ve üstünün imalatı ayrı zamanlarda yapıldığı için hakedişleri de ayrı zamanlarda yapılmaktadır. Bu nedenle BIM hakedişi yapılması için duvarın alt ve üst kısmının metrajının parçalı olarak alınmasına ihtiyaç duyulmuştur. Yapım ve tasarım aktiviteleri arasındaki anlamsal ilişkilerin de yer aldığı yeni bir iş akışı önerilmiştir.

3.1. Tasarım ve Yapım İş Programının Oluşturulması

BIM Uygulama Planı'nda yer alan faz planlama iş programı ile ilişkilendirmenin yapılabilmesi için modelleme elemanlarına bütün disiplinler için (Statik, Mekanik, Elektrik ve Özel Sistemler) ilgili olduğu iş programı aktivitesi ile ilgili parametreler girilecektir. Modellenen her eleman bir aktiviteye ait olacaktır ve aktivite ile ilgili parametre içermeyen eleman modelde yer almayacaktır(Şekil-6).



Şekil 6- İş Kırılım Yapısının Oluşturulması

Text	
01 ALAN	
02 SİSTEM	
03 MAHAL/SEVIYE	
04 MAHAL/SEVIYE SIRASI	
WBS	
Materials and Finishes	

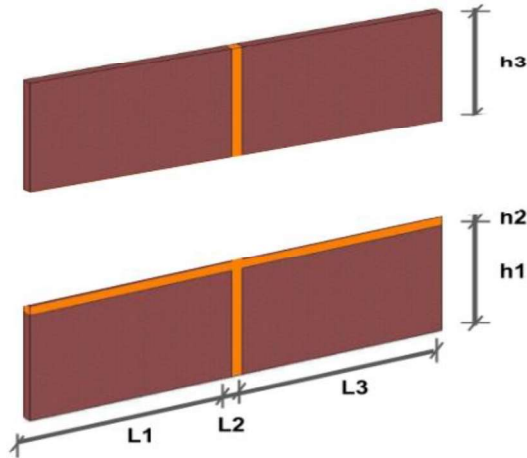
Şekil 7-Faz Planlama Parametreleri

İmalatın kendi içerisindeki iş kırılım yapısından ve bu kırılımların oluşturulmasının tasarım iş programında modelleme tekniğine etkisinin farkında olunması gerekmektedir. Yüklenici sahadaki iş programına göre karmaşık aktivitelerin iş kırılım yapısını sahadaki imalatların iş kırılım yapısı üzerinden ilerleyeceği için planlama ve model ekiplerinin arasındaki koordinasyonun sağlanması gerekmektedir.

Her bir tuğla duvar elemanına iş kırılım kodunun atanmasının yanı sıra aktivite kodu da atanması gerekmektedir. Yüklenicinin iş programının iş kırılım yapısı BIM modelinin girdisi olarak modelleme tekniğini etkileyecektir. Bunun için öncelikli olarak sahadaki parçalı yapılan ya da birbirini etkileyen aktivitelerin tespit edilmesi gerekmektedir. Örneğin bu çalışmada vaka olarak seçilen tuğla duvar imalatı sahada parçalı yapılacağı için iş programında bu imalatın parçalı şekilde yapılacağına bilgisi tasarım ekibine aktarılmalıdır. WBS ve aktivite kodları BIM modeline parametre olarak girilmelidir. (Şekil-7) Öte yandan sıva ve döşeme kaplama imalatları için de yapım yönteminin parçalı olarak yapılmasından dolayı iş kırılım yapısının benzer şekilde BIM modeline aktarılması gerekmektedir.

3.2 Eleman Bölümleme





Hatıllı duvarların birinci yatay hatıl seviyesi ve üstünün imalatı ayrı zamanlarda yapıldığı için hakedişleri de ayrı zamanlarda yapılmaktadır. Bu nedenle BIM hakedişi yapılması için duvarın alt ve üst kısmının metrajının parçalı olarak alınmasına ihtiyaç duyulmuştur.

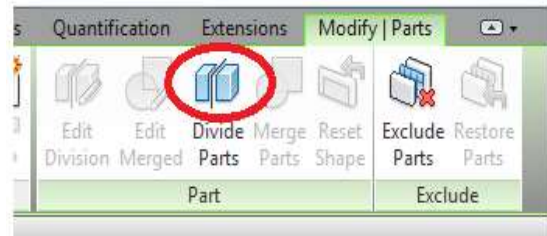


Şekil 8. İmalat İçin Modellenmesi Gereken Hatıllı Duvar Elemanları

Modelleme yapılarının iş akışlarını desteklemek için projede BIM yazılımı olarak seçilen Revit yekpare olarak modellenen duvar, döşeme gibi yapı elemanlarını filtrelenebilen, dışarı aktarılabilen, etiketlenebilen ve metrajı alınabilen ayrı parçalara bölünebilmektedir. Bunun için aşağıdaki adımların takip edilmesi gerekmektedir.

- Çizim alanında, bölünecek duvar veya duvarlar seçilir,

- Modify | Parts tab > Part panel >  (Divide Parts)
- Draw panel >  (Edit Sketch) tıklanır. Çizim panelinde, Çizgi aracı seçili olarak görüntülenir.
- Ayırma geometrisinin çizileceği aktif çalışma düzlemini görüntülemek veya değiştirmek için Çalışma Düzlemi panelindeki araçları kullanılır.
- Çizim çizgisi için başlangıç ve bitiş noktalarını belirledikten sonra yatay ve dikey hatlı geometrileri çizilerek hatıllı duvar geometri parçaları oluşturulur.
- Geometri oluşturulduğunda  (Finish Sketch Mode) tıklanarak çizim modundan çıkılır.
- Yatay ve dikey hatlılar ve tuğla duvar geometrileri düzenlenmeye devam edilebilir ya da  (Finish Edit Mode) tıklanarak çizim modundan çıkılır.
- Değiştirmek istenen geometri seçilir özellikler penceresinde, Identity Data altında, Materials By Original işaretini kaldırılır. Bu sayede seçilen geometrinin malzemesi tuğla duvar ve betonarme olarak değiştirilir.



Şekil 9. BIM Modeli İçerisinde Duvar Elemanının Parçalara Bölünmesi

3.3. Elektrik ve Mekanik Elemanlarla Hatılların Çakışma Analizi

Tuğla duvar ve hatıl imalatının yapılabilmesi için mimari, statik, mekanik ve elektrik modelleri bir araya getirilerek; tuğla duvarlar ve betonarme hatıllar ile mekanik & elektrik tesisatın çakışmalarını tespit edilmesi ve tuğla duvar imalatını etkileyecek olan çakışmaların giderilmesi gerekmektedir.



Şekil 10. Hatıllı Tuğla Duvar ve MEP Model Elemanları Test İçeriği

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Assigned To	Date Approved	Approved By	Clash Point	Item ID	Item Name	Item Type	Item ID	Item Name	Item Type	Comments
	Clash10	Approved	-0.175	T9-S1-02 HFL ŞİŞLET HÖLÜ	Hard (Conservative)	2018/6/27 12:44		2019/7/9 14:48	Berkaynak	#33-036, #33-035, #34-720	Element ID: 4554309	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	Solid	Element ID: 6402589	PRT_PPFC	Line	#321 - Berkaynak - 2019/7/9 14:48 Mekatik proje sunum tekniği gereği duvar içinde gösterilmeyen Sive altı duvar yüzeyi imalatı yapılacaktır. #350 - Berkaynak - 2019/7/10 12:44 ÇİZİM TEKNİĞİ
	Clash15	Approved	-0.146	D7-C-02 HFL ŞİŞLET HÖLÜ	Hard (Conservative)	2018/6/27 12:44		2019/7/9 14:50	Berkaynak	#33-349, #45-794, #34-720	Element ID: 4554346	03 31 00 CONCRETE, STRUCTURAL	Solid	Element ID: 5610488	PRT_PPFC	Line	#332 - Berkaynak - 2019/7/9 14:50 Mekatik proje sunum tekniği gereği duvar içinde gösterilmeyen Sive altı duvar yüzeyi imalatı yapılacaktır. #351 - Berkaynak - 2019/7/10 12:45 ÇİZİM TEKNİĞİ #327 - Berkaynak - 2019/7/9 14:50

Şekil 11. Hatıllı Tuğla Duvar ve MEP Model Elemanları Test Raporu

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
HATIL ve E&M	Done	35	0	0	0	19	16

Şekil 12. Hatıllı Tuğla Duvar ve MEP Model Elemanları Çakışma Durumları

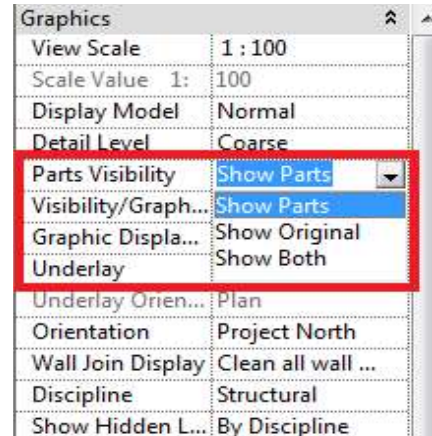
Giderilmiş olan çakışmalar mimari model aracılığı ile tuğla duvar projelerine aktarılmalıdır. Gerekli rezervasyonlar açılmalı ve şantiyede yapılacak hatalı imalatların önüne geçilmelidir.

BIM Uygulama Planı'nda da belirtildiği gibi BIM süreçleri dahilinde projede uygulanacak olan koordinasyon süreçlerinin ana amacı dijital çakışması olmayan sıfır-çakışma (zero clash) bir modele ulaşmaktır. Ancak projenin tümünde çakışmaları sıfırlamak mümkün olmayacağı için, çakışması olmayan modelin kabul edilebilir bir çakışma sayısı tüm disiplinler tarafından onaylanacaktır. Çizim tekniği ve yüzey temasından kaynaklanan çakışmaların göz ardı edilmesi gerekmektedir.

3.4. Parçalı Metraj Alma ve Maliyet Hesabı

Modelleme yazılımı içerisindeki hatıllı tuğla duvarlar ölçülerine göre parçalarına ayrıldıktan sonra grafik ayarları içerisinde parça görünüm (Parts Visibility) ayarları parçalanmış kısımları gösterecek şekilde ayarlanabilir. Şekil. 13 Bu şekilde aylık hakedişler için

metraj hazırlanırken model içerisinde sahada imalatı yapılan imalatların metrajı alınabilir duruma gelir. Hatıllı duvar elemanlarının her biri, sadece istenen kategorileri gösterecek şekilde filtrelenebilir.

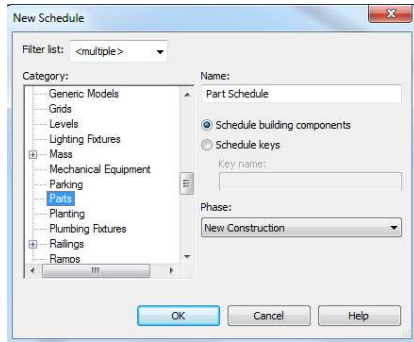


Şekil 13. BIM İçerisinde Görünüm Seçenekleri

POZ NO: 4.1.D.3-100C; 19 cm Kalınlığında Tuğla Duvar Yapılması (m2)																	
İmalatın Yeri					İmalatın Yeri					İmalatın Yeri							
Element ID	Kat & Konkors	İlerleme %	Alan m ²	Kısmi m ²	Toplam	Element ID	Kat & Konkors	İlerleme %	Alan m ²	Kısmi m ²	Toplam	Element ID	Kat & Konkors	İlerleme %	Alan m ²	Kısmi m ²	Toplam
ÖNCEKİ SAYFADAN GELEN						ÖNCEKİ SÜTUNDAN GELEN					21,56	ÖNCEKİ SÜTUNDAN GELEN					40,25
D 201	BİLET HOLÜ	47%	5,69	2,69		D 230	BİLET HOLÜ	66%	5,85	3,85		D 260	BİLET HOLÜ	49%	4,10	2,00	
D 202	BİLET HOLÜ	47%	5,69	2,69		D 231	BİLET HOLÜ	100%	0,39	0,39		D 261	BİLET HOLÜ	100%	0,38	0,38	
D 203	BİLET HOLÜ	47%	5,69	2,69		D 232	BİLET HOLÜ	60%	3,31	2,00		D 262	BİLET HOLÜ	58%	5,16	3,00	
D 204	BİLET HOLÜ	47%	5,69	2,69		D 233	BİLET HOLÜ	47%	8,45	4,00		D 263	BİLET HOLÜ	100%	0,98	0,98	
D 205	BİLET HOLÜ	100%	2,99	2,99		D 234	BİLET HOLÜ	57%	5,24	3,00		D 264	BİLET HOLÜ	100%	0,34	0,34	
D 206	BİLET HOLÜ	22%	9,20	2,00		D 235	BİLET HOLÜ	47%	6,45	3,00		D 265	BİLET HOLÜ	100%	0,24	0,24	
D 207	BİLET HOLÜ	57%	3,51	2,00		D 236	BİLET HOLÜ	29%	6,87	2,00		D 266	BİLET HOLÜ	56%	3,60	2,00	
D 208	BİLET HOLÜ	66%	5,81	3,81		D 237	BİLET HOLÜ	100%	0,45	0,45		D 267	BİLET HOLÜ	100%	0,98	0,98	
ARA TOPLAM					21,56	ARA TOPLAM					40,25	ARA TOPLAM					50,17
GENEL TOPLAM															97,06		

Şekil 14. BIM den Elde Edilmiş Hatıllı Duvar Metraj Listesi

- Hatıllı tuğla duvar elemanlarının malzeme Alanlarını içeren bir Parça metrajı oluşturulur.(Şekil. 15)
- Malzemeler için "Non-parts" Alanları gösteren "overall" bir tuğla duvar metrajı Oluşturulur.
- Aylık hakediş için Hakedişe girilen Parts ve Non-Parts metrajları Genel Toplam Malzeme metrajında birleştirilir. (Şekil. 14)



Şekil 15. BIM İçerisinde Parçalı Metrajın Seçilmesi

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Karmaşık proje teslim sistemlerinin olduğu disiplinlerarası yapım projelerinde inşaat aşamasının başladığı ve tasarım kararlarının henüz belirlenemediği, proje teslim sisteminin karmaşıklaşan yapısında, aynı model ortamında tasarımın hem kesin hem de uygulama aşamaları için çıktılarını yönetmek için alternatif iş akış prosedürleri gerektiği ortaya çıkmıştır.

Aksi takdirde mevcut yapım projesi maliyet yönetim teknikleriyle ve araçlarıyla mevcut model üzerinden elde edilememektedir. BIM Uygulama Planı'nda BIM kullanımı ile ilgili hedeflerin önceliklerinin projenin başında tariflenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Ana BIM hedeflerinde önceliklerin, hedef açıklamalarının ve potansiyel BIM kullanım alanlarının belirtilmesi gerekmektedir.

BIM modeli için geliştirilen sistemsel yaklaşım çerçevesinde BIM modelinin amacı, bütünleşmiş proje yönetimi ilgi alanlarının etkileşimleri göz önüne alınarak yapılmalıdır. BIM modelinin kurgulanmasında, en başından, uygulama sürecindeki değişiklikleri kolaylıkla uyarlayabilecek şekilde kurgulanması gerekmektedir. Tasarım ofisi, saha ve planlama ofisi arasındaki etkin iletişim yöntemleri ile en az değişiklikle BIM modeli güncellenmelidir. BIM modelinin sahada uygulanacak imalat sırasına ve aktivite ilişkilerinde de cevap vermesi BIM modeli kurgusunda önemli bir girdidir. Bu noktada tasarım ekibinin, saha ekibinin ve planlama ekibinin birlikte çalışabilirliği ve proje yönetim becerilerine sahip olması büyük önem taşımaktadır. BIM ile bütünleşik proje yönetiminde teknolojilerinin uyarlanması sistemsel yaklaşım ve proje paydaşlarının entegrasyonu öncelikli konulardır.

Maliyet yönetimi yapım projelerinin başarı ile tamamlanabilmesinde önemli rol oynar. Metrajın hatasız çıkarılması maliyetin doğru hesaplanabilmesini etkiler. Geleneksel 2B yöntemlerle metraj çıkarılması işgücü ve zaman gerektirdiğinden hatalı sonuçlara neden olabilirler. BIM uygulamalarının bu alanlarda kullanılarak süreçlerin otomatize edilmesi ise olası hataları önleyebilir ve zaman kazanımları sağlayabilir. BIM teknolojilerinin metraj ve maliyet hesabı alanlarında kullanılabilmesi için uygulama süreçlerinin tasarlanması gerekmektedir. Bu projede maliyet

yönetim şeması kurgusunun hatalı olmasından dolayı zaman ve iş gücü kaybı gecikmiş ve iş programında yaşanacak aksamlar en aza indirgenmiştir.

5.KAYNAKLAR

Bečvarovská & Matějka, 2014. Comparative Analysis Of Creating Traditional Quantity Takeoff Method And Using A BIM Tool. In Construction Macroeconomics Conference.

Bylund, C., & Magnusson, A. (2011). *Model based cost estimations: an international comparison*. Lund: Institutionen för byggetenskaper, Lunds tekniska högskola.

Eastman, C. M., Teicholz, P. M., Sacks, R., & Lee, G. (2018). *Bim handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Hoboken, NJ: Wiley.

Elbeltagi, E., Hosny, O., Dawood, M., & Elhakeem, A. (2014). BIM-Based Cost Estimation/ Monitoring For Building Construction.

Firat, C.E., Arditi, D., Hamalainen, J., Stenstrand, J., & Kiiras, J. (2010). QUANTITY TAKE-OFF IN MODEL-BASED SYSTEMS.

Khosakitchalart, C., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2018). The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models. *Proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*. doi: 10.22260/isarc2018/0108

Małgorzata, Marek S., 2017. Challenges In Takeoffs and Cost Estimating in the BIM Technology, Based on the Example of a Road Bridge Model.

Mattern, H., Scheffer, M., & König, M. (2018). BIM-Based Quantity Take-Off. *Building Information Modeling*, 383–391. doi: 10.1007/978-3-319-92862-3_23

Monteiro A. and Martins J.P. A survey on modeling guidelines for quantity takeoff-oriented BIM-based

design. *Automation in Construction*, 35:238-253, 2013.

Olsen, D., & Taylor, J. M. (2017). Quantity Take-Off Using Building Information Modeling (BIM), and Its

Limiting Factors. *Procedia Engineering*, 196, 1098–1105. doi: 10.1016/j.proeng.2017.08.067

Royal Institution of Chartered Surveyors. (2011). *Cost analysis and benchmarking*. Coventry

Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.03.053

Vilvenhan, A., & R., R. (2020). 4D BIM for the Management of Infrastructure Projects. *Handbook of Research on Emerging Technologies for Effective Project Management Advances in Logistics, Operations, and Management Science*, 63–82. doi: 10.4018/978-1-5225-9993-7.ch004

Zorlutuna E., Kaya U., Düz S. (2019) Comparison of BIM Based Alternative Scheduling Methodologies for Confined Wall Systems.Eurasian BIM Forum.

İnternet Kaynakları:

URL-1 Revit Products. (n.d.). Retrieved from <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Model/files/GUID-924CBB1E-71D9-47A4-9463-89CCB680C633-htm.html> Erişim Tarihi 19.12.2019

URL-2 Revit 2016 - Construction Parts. (n.d.). Retrieved from <https://www.cadlinecommunity.co.uk/hc/en-us/articles/206172881-Revit-2016-Construction-Parts>- Erişim Tarihi 03.01.2019

İKLİM KRİZİNDE BİM'İN ÜSTLENECEĞİ ROL

Burcu ÖLÇER (ORCID: 0000-0003-3920-9947)

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta:burcuolcer12@gmail.com

ÖZET

BİM uygulamaları, mevcut yapı çevre ve yeni yapılacak yapıların yaşam döngüleri boyunca çevreye olan etkilerini, model içerisine girilen yapı elemanları ile ilgili bilgileri ve çevresel verileri kullanarak, dinamik simülasyon ve enerji analizleri yaparak ortaya koymaktadır. Bu makalede, küresel iklim krizine neden olan yapı çevre kaynaklı sera gazı salımlarını, dünya ölçeğinde sınırlandırmayı ve azaltmayı sağlamak amacıyla Yapı Bilgi Modelleme veya diğer tanımıyla Building Information Modelling (BİM) yazılımları ile izlenebilecek yollar ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Krizi; Yapı Bilgi Modelleme; Sürdürülebilir Mimari; Enerji Analizi; Geri dönüşüm.

ABSTRACT

In this article, it is aimed to investigate the ways that BIM (Building Information Modelling) software can be used to limit and reduce greenhouse gas emissions which caused global environmental crisis.

Keywords: Climate Crisis; Building Information Modelling; Sustainable Architecture; Energy Analysis; Recycling.

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden itibaren, fosil kaynaklı yakıtların kullanılması, arazi kullanımındaki değişiklikler ve ormansızlaştırma gibi çeşitli insan etkinlikleri sonucunda, sera gazlarının atmosferdeki birikimleri artmaktadır. Buna bağlı olarak doğal sera etkisinde hızlı bir yükseliş devam etmektedir. Sera gazları miktarındaki bu artış yerkürenin ısınmasına neden olmakta, ısınan yerküre nedeni ile şiddetli kasırgalar, seller, kuraklık gibi hava olaylarının sıklığı ve etkisinde artış, deniz ve okyanus seviyelerinde yükselme, buzulların erimesi gibi etkenler sonucunda ekosistemde bozulmalar yaşanmakta, bitkiler, hayvanlar ve insan toplulukları ciddi risk altında bulunmaktadır. Sera

gazı etkisini azaltmak için, küresel sera gazı emisyonları belirgin düzeyde düşürülmelidir. Bunun için somut önlemler almak, farklı kaynaklardan gelen emisyonları en az seviyeye indirmek gereklidir. Karbon emisyonu salımına etki eden önemli etkenler arasında bulunan yapı çevre aynı zamanda bu krizi önlemede de önemli bir rol üstlenmelidir.

BİM uygulamaları, mevcut yapı çevre ve yeni yapılacak yapıların yaşam döngüleri boyunca çevreye olan etkilerini, model içerisine girilen yapı elemanları ile ilgili bilgileri ve çevresel verileri kullanarak, dinamik simülasyon ve enerji analizleri yaparak ortaya koymaktadır. Bu çıktılar sayesinde hem mevcut yapı stoğu hem de yeni yapılacak yapıların çevreye verdiği zararlar önenebilir.

2. İKLİM KRİZİ NEDİR?

İklim krizi terimi, küresel ısınmanın gezegen üzerindeki tehdidini tanımlamak için kullanılmıştır. ABD eski başkan yardımcısı Al Gore tarafından 1980'lerden itibaren kullanılmaya başlanan terim, Gore tarafından şu şekilde açıklanmaktadır (Gore, 1992).

“Gezegenin devam eden sera gazı emisyonlarından kaynaklanan tehditlerin ciddiyetini uyandırdığına ve iklim savunuculuğunda uzun süredir eksik olan bir tür siyasi irade gücünün teşvik edilmesine yardım edebileceğine inanıyoruz.”

2.1. İklim Krizinin Boyutları

NASA'nın yayınladığı yer yüzeyi- okyanus sıcaklık değişimi verilerini incelendiğinde 138 yılın en sıcak 20 yılı 1997 sonrasında, en sıcak 10 yılı ise 2005 sonrasında yaşanmıştır. En sıcak yıl 2016 yılında yaşanmış, sapma 0.98°C olmuştur. 2018 yılındaki sapma ise 0.8°C olarak ölçülmüştür. 1958 yılından günümüze düzenli olarak ölçülen verilere göre yeryüzündeki CO₂ miktarı 1958 yılında 315 ppm(milyonda bir) değerinde iken 2019 kasım ayında bu değer 408 ppm düzeyine ulaşmıştır. Milattan önce dört yüz binlere dayanan verilere göre en yüksek CO₂ miktarı 300 ppm değerinde ölçülmüştür. 1993 yılından itibaren ölçülen deniz seviyesi ölçümlerine göre ise deniz seviyesinde 93

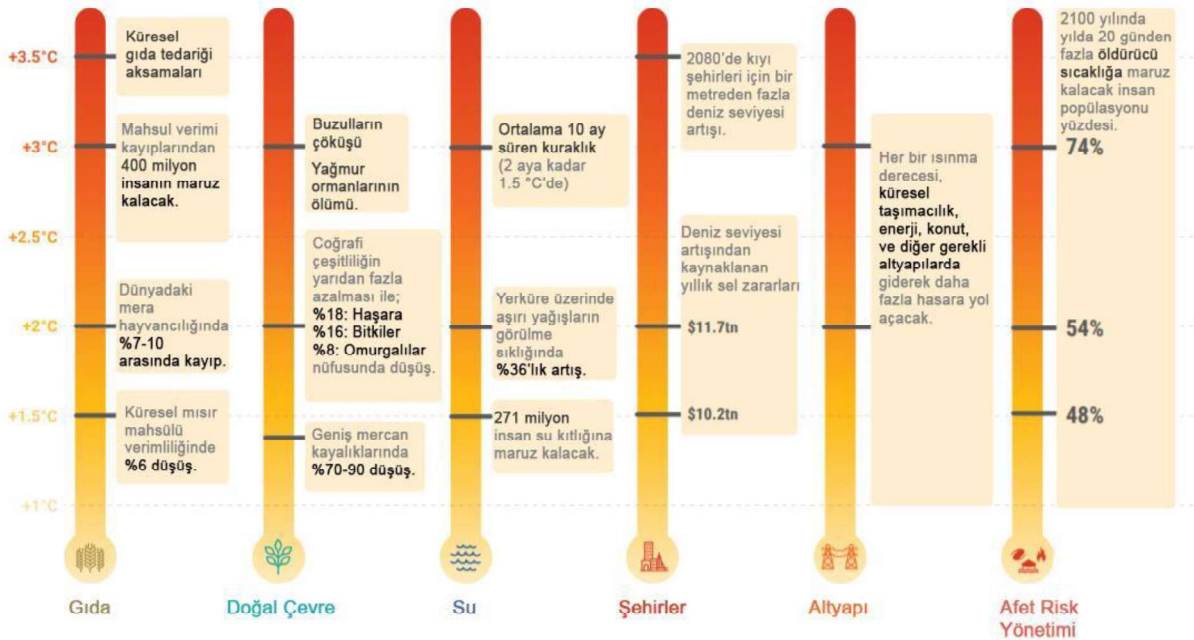
yılından günümüze 95 mm artış görülmüştür (URL-1).

Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Paneli'nin (IPCC) 2018 Ekim ayında yayınladığı raporda küresel ısınmada 2°C derecelik bir artışın meydana gelmesi sonucunda, gezegenin 5'de biri ile 12'de biri arası bir büyüklükte yeşil alanın çölleşmesi, mercanların % 99'unun yok olması, 450 milyon insanın yüksek sıcaklıkların etkisi altında kalması, yüz milyonlarcasının iklim değişikliğine bağlı olarak yoksulluk sınırının altına düşmesi anlamına geldiğini belirtilmektedir. Küresel ısınmanın kontrol altına alınmaması durumunda, deniz seviyesindeki yükselmenin tarım alanlarını ve su kaynaklarını kirletmesine bağlı olarak gıda ve su kıtlığı krizlerinde artma görülmesi ve çölleşen toprak miktarında artış olacağı öngörülmektedir. Ortaya çıkacak bu sonuçlar sonrası, kaynak savaşlarının sıklıklaşması, açlıktan ve savaşlardan kaçan göçmen nüfusun, Avrupa ve ABD gibi ülkelerin siyasi dengelerini etkileme riskini de beraberinde getirmektedir.

Şekil 1'de yer kürenin mevcut sıcaklık değerlerinde meydana gelebilecek artış miktarlarına bağlı olarak gıda, doğal çevre, su, şehirler, altyapı ve afet risk

yönetimi başlıkları altında oluşabilecek riskler gösterilmiştir. Mevcut sıcaklık ortalamalarında meydana gelebilecek 3.5°C bir artış küresel gıda tedarikinde aksamalara, buzulların erimesine, aylar süren kuraklık dönemlerine, kıyı şehirleri için deniz seviyelerinde artışa ve buna bağlı olarak yüzbinlerce insanın evlerini terk etmesine neden olacağı öngörülmektedir.

2019 Eylül ayında başlayan ve aylarca süren Avustralya kıtasındaki yangının nedeni olarak alışılmışın dışında kurak geçen mevsim gösterilmektedir. NASA Observatory'de paylaşılan verilere göre yangınlar, atmosfere ve Dünyanın dört bir yanına kadar yükselen dumanlar göndermiştir ve uydular Pasifik'i geçen ve Güney Atlantik Okyanusu üzerinde hareket eden kirleticileri tespit etmiştir. Yerel olarak, duman Sydney'i örterek hava kalitesini önemli ölçüde düşürmüştür. Orman yangınları odun, bitki örtüsü, evler ve diğer malzemeleri tükettikçe, karbon monoksit, karbon dioksit, hidrokarbonlar, azot oksitler, organik karbonlar dahil olmak üzere birçok gaz ve parçacık yaymaktadırlar. Yangın nedeni ile yayılan siyah karbon, insanlar ve hayvanlar için akciğerlere ve kan dolaşımına girecek kadar küçük parçacıklardan oluştuğu için oldukça zararlıdır (URL-2).



Şekil 1. Sıcaklığın artması ile Dünya üzerinde meydana gelebilecek olan olayların risk grafikleri (Global Commission on Adaptation, 2019).

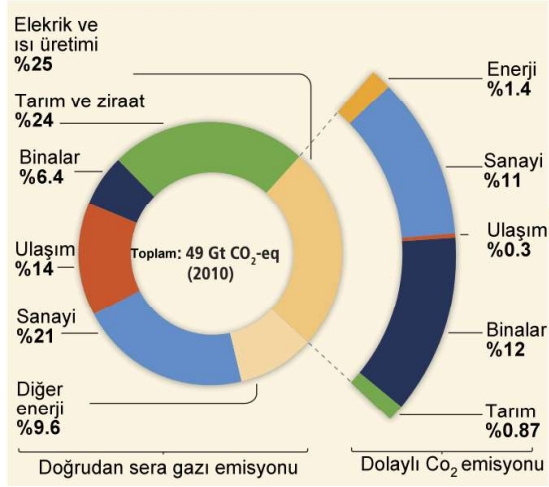
2.2. İklim Krizine Neden Olan Faktörler

2.2.1. Sera Gazları

Dünya, üzerine düşen güneş ışınlarından çok, dünyadan yansıyan güneş ışınlarıyla ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denir. Atmosferdeki bu gazların oranı arttıkça, Güneşten

gelen ve yüzeyden yansıyan radyasyonun uzaya geri dönmesi zorlaşmakta ve yer küre içinde kalan ışınlar nedeni ile Dünya hızlı bir şekilde ısınmaya devam etmektedir. Karbondioksit, su buharı, metan, ozon ısıyı atmosferde tutan önemli sera gazlarıdır. CO2; solunum, volkanik patlamalar gibi doğal süreçlerin yanında, fosil yakıtların kullanımı, ormanların yok edilmesi gibi insan kaynaklı

etkenler sonucunda da salınmaktadır. Şekil 2’de yer alan grafikte CO₂ salımına neden olan sektörlerin yüzde oranlı dağılımı verilmiştir.



Şekil 2. Doğrudan ve dolaylı olarak küresel ısınmaya yol açan Co₂ emisyonu dağılımı (IPCC Raporu-2013).

2.2.2. Fosil Yakıtların Kullanımı

Fosil yakıt, karbon ve hidrokarbon açısından zengin, milyonlarca yıl önce ölen canlıların fosillerini toprak altından çıkartılarak elde edilen yenilenemez bir enerji kaynağıdır. Kömür, doğalgaz ve petrol en çok kullanılan fosil yakıt türleridir. Fosil yakıtlar, yapıların ısıtma, soğutma, havalandırma sistemleri ile birlikte birçok makinenin ana yakıt malzemesi olarak kullanılması nedeniyle Dünya üzerinde en yaygın olarak tüketilen enerji çeşididir. Ayrıca plastik, demir ve bir çok farklı malzemenin üretilmesinde de hammadde olarak kullanılmaktadırlar. Fosil yakıt kullanımı sonucunda atmosfere sera etkisine neden olan gazlar salınmaktadır.

2.2.3. Tarım ve Ziraat

Tarımsal ve zirai üretim sonucunda CO₂, CH₄ ve N₂O gazları atmosfere yayılmaktadır. Bitkiler fotosentez yolu ile CO₂ tüketirken aynı zamanda CH₄ ve N₂O gazlarının büyük oranda atmosfere yayılmasından tarım süreçleri sorumludur (IPCC, 2013).

2.2.4. Yapılı Çevre

Yapılar üretim süreçlerinden başlayarak kullanım ömürleri ve yıkım süreçleri de dahil olmak üzere yaşam döngüleri boyunca sürekli bir enerji kullanıcısı ve sera gazı üreticisidirler. Şekil 2’de yer alan verilere bakıldığında sera gazı emisyonlarının yaklaşık %19’undan sorumlu oldukları görülmektedir.

2.2.5. Küresel Nüfus Artış Hızı

Nüfus artışı ile enerji, zirai faaliyet, yapılı çevre gibi bir çok sera gazı üreticisi faaliyet artmaktadır. Sera gazı emisyonlarına neden olan faktörlerin kullanımının artmasına neden olduğu için iklim krizinin en önemli faktörüdür.

3. YAŞAM DÖNGÜLERİ BOYUNCA YAPILARIN ÇEVREYE ETKİLERİ

Bir binanın tam yaşam döngüsü, hammadde çıkarma, inşaat malzemesi üretimi, yerinde malzeme montajı, kullanım, onarım ve bakım, yıkım veya yeniden kullanım süreçlerini içerir (Gustavsson ve ark., 2010).

“Çevresel sürdürülebilirlik” kavramı uzun yıllardır inşaat endüstrisinde gündemde olmasına rağmen, resmi istatistikler inşaat sektörünün büyük bir enerji tüketicisi olmaya devam ettiğini göstermektedir. Örneğin, tüm küresel enerji son kullanımının yaklaşık %10’u inşaat malzemeleri üretimi sırasında tüketilmektedir. Binaların işletme aşamasında kullandıkları son enerji tüketiminin neden olduğu toplam küresel sera gazı emisyonlarının oranı ise % 30 ile %40 aralığındadır. İnşaat ve yıkım atıkları, gelişmiş ülkelerdeki tüm katı atıkların yaklaşık % 40’ını oluşturmaktadır (Rode ve ark. 2011).

Binaların nasıl inşaa edildiği, nasıl kullanıldığı ve nerede oldukları gibi kriterlerin yanı sıra, binalarda kullanılan malzemelerin üretilmesi süreci, üretilen malzemelerin şantiyede kullanılmak üzere sahaya nakliyesi ve bina yaşam ömrü boyunca, binanın ısıtılması, soğutulması, aydınlatılması için kullanılan fosil yakıtlar, binaların sera gazı emisyonlarına olan etkilerinin başlıca aktörleridir. Sürekli artan sera gazı emisyonları, enerji maliyetleri ve kaynak kıtlığı nedeni ile enerji tüketimini en aza indirmek zorunlu hale gelmiştir. Mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisi sera gazı emisyonları ve enerji tüketiminde büyük bir paya sahip olmasına rağmen bu konuda yeterli somut adımlar atmaması nedeni ile eleştirilmektedir. (Wong ve ark. 2012).

Binaların emisyonları iki şekilde ölçülmektedir. Bunlardan ilki aydınlatma, ısıtma ve soğutma gibi günlük enerji kullanımı, ikincisi yapının inşaatı sırasında kullanılan malzemenin üretilmesi, nakliyesi ve şantiye süreci olarak belirtilmiştir. Şantiye süreci “bir binanın somutlaşmış karbonu” olarak adlandırılmaktadır ve bu bina yaşam döngüsü boyunca salınan sera gazlarının %11’ine eşittir (GlobalABC, 2018).

Binalarda malzeme kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyonları, yapılı çevreden kaynaklı CO₂ emisyonlarının %28’ini oluşturmaktadır. Bu

emisyolların çoğu, yapı inşaaında kullanılan çimento ve çelik üretimi sürecinde ortaya çıkmaktadır. Alüminyum, cam ve yalıtım malzemeleri çimento ve çelikten sonra yüksek oranda emisyonlara neden olan diğer malzeme türleridir . Ülkeler doğrudan emisyonları (örneğin binalardaki fosil yakıt yanmasından) ve dolaylı emisyonları (örneğin elektrik tüketiminden) en aza indirmek için çeşitli önlemler alırken, yapıları oluşturan malzeme kaynaklı karbon emisyonu azaltma hedefleri arka planda bulunmaktadır. (GlobalABC, 2018).

Enerji tüketimi ve emisyonların büyük bir bölümü; ısıtma ve soğutma sistemleri, aydınlatma ve elektrikli aletlerin kullanımı ve diğer bina ihtiyaçları gibi binanın işletilmesi ile ilgilidir (Schlueter, 2008).

Yapıların yaşam döngüleri boyunca çevreye verdikleri zararlı etkileri sınırlamak için sürdürülebilir mimari prensiplerinden yararlanmak gerekmektedir.

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARİ

Sürdürülebilir gelişme terimi ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından yayımlanan Ortak Geleceğimiz-Brundtland raporunda kullanılmıştır. Raporda, sürdürülebilir gelişme, “günün gereksinimlerini karşılarken gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılama yeteneklerini ortadan kaldırmayan gelişme” olarak tanımlanmıştır (Brundtland,1987).

Sürdürülebilir mimari ise Sev (2009) tarafından, “içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümü” olarak tanımlanmıştır.

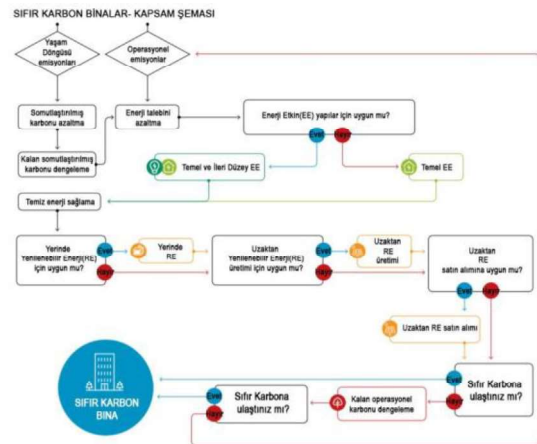
Sürdürülebilir mimari, ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel sürdürülebilirlik başlıklarını kapsamaktadır. Enerji kaynaklarını ve biyoçeşitliliği korumak, enerji tüketimini en aza indirerek enerji maliyetlerini azaltmak, düşük bakım maliyetlerine olanak sağlamak, kullanıcılar için konfor sağlamak gibi alt başlıklara sahiptir (Erengözgin, 2005).

Sürdürülebilir mimari, yeşil bina ya da çevre dostu bina gibi birçok farklı terim ile adlandırılan mimari tasarım prensibinin iki temel paradigması vardır. İlki, fiziksel çevre koşulların iç mekan üzerindeki etkisini sınırlamak için doğal çözümler (doğal hava akışı ve gün ışığı gibi) kullanan “pasif” tasarım

prensibidir. Soğuk iklim bölgelerinde yapılarda kullanılan kalın duvarlar ve küçük boyuttaki pencereler ile nemli bölgelerde avlu ve teraslı doğal havalandırılmalı geleneksel binalar bu kategoriye girmektedir. Pasif tasarım, ısıtma, soğutma, havalandırma, yapay aydınlatma ihtiyacını ortadan kaldırırken veya azaltırken aynı zamanda kullanıcı için konforlu bir ortam sağlamayı amaçlamaktadır. İkinci paradigma, binaların enerji yükünü azaltmak için son teknoloji ürünlerin bina yönetim sistemlerine dahil edilerek kullanılan daha “aktif” bir yaklaşıma dayanmaktadır. Yüksek performanslı bina kabuğu malzemeleri, ışık tüpleri, fotovoltaiik paneller (PV), rüzgar türbinleri ve diğer yüksek teknolojili ürünler binalara eklenebilmektedir. Her iki paradigma da yeni binalar ve mevcut bina stoğuna uyarlanabilir (Rode ve diğ., 2011).

Son yıllarda, birçok ülkede enerji ve kaynak verimliliği için yeni bina projeleri ve güçlendirme projelerinde emisyon azaltımını teşvik eden artan sayıda düzenleme olmuştur. Binaların çevresel performansını değerlendirmek için çeşitli ülkelerde farklı derecelendirme sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler arasında; ABD’de Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (LEED), İngiltere’de Bina Araştırma Kurulumu Çevresel Değerlendirme Metodolojisi (BREEAM), Avustralya’da Green Star, Japonya’da Çevresel Verimliliği Binada Kapsamlı Değerlendirme Sistemi ve Hong Kong’da Bina Çevresel Değerlendirme Yöntemi (BEAM) Plus yer almaktadır. Mimarlar ve plancılar, binaların çevresel etkilerini ve enerji tüketimini en aza indirme yollarını, artan tasarım, artan enerji verimliliği ve koruma ile değerlendirmektedir (Wong, 2015).

Yapıların çevreye olan etkisini azaltmak için ortaya çıkarılan bu değerlendirme ölçütleri sürdürülebilir mimari anlayışın temel prensiplerini baz alarak oluşturulmuşlardır.



Şekil 3. Sıfır Karbon Bina kapsam şeması (WRI, 2019).

Mevcut sürdürülebilir mimari sertifikasyon sistemleri (LEED, BREEAM, vb.) iklim krizine neden olan ölçütleri azaltmak için gerekli tüm parametrelere sahip değildir. Bu nedenle IPCC raporları ile UN Environment'ın GlobalABC raporu baz alındığında yapı çevre kaynaklı karbon emisyonlarını sıfır düzeyine getirmek için World Green Building Council ve International Finance Corporation gibi kurumlara danışmanlık yapan Architecture 2030 tarafından 2018'de yayınlanan Zero Code standardı tanımlanmıştır. Bu standard, yeni yapılacak olan ticari, kurumsal, orta ve yüksek katlı konut yapılarında fosil yakıt bazlı enerji tüketiminin neden olduğu karbon emisyonlarını azaltmak için ulusal ve uluslararası enerji standardını belirlemek adına oluşturulmuştur. Bu standard binaların yıllık enerji tüketimlerini karbon emisyonu oluşturmayan yenilenebilir enerji ile çözerek yüksek enerji verimliliğine ulaşmayı amaçlamaktadır. Şekil 3'te Sıfır Karbon Binalara (Zero Carbon Buildings) ulaşmak için hangi koşulların yerine getirilmesi ile ilgili grafik anlatım yer almaktadır. Bina kabuğu, güneşiği kullanımı, pasif ısıtma, soğutma, havalandırma, yerinde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı, ekipmanların verimliliği konularına odaklanmaktadır. Küresel sıcaklık artışını 1.5 C ile sınırlandırmayı hedefleyen Paris Antlaşmasının hedeflerini tutturmak için 2050 yılına kadar tüm binaların net sıfır karbon olması gerekmektedir ve günümüzde sıfır karbon yönetmeliğini sağlayan binaların oranı %1'in altında kalmaktadır. Bu yönetmeliğin gereklilikleri ile ilgili özet Şekil 3'te ana başlıkları ile belirtilmiştir. Bu hedefi tutturmak için binalarda alınması gereken en önemli ve kolay yol enerji kullanımını değiştirmektir (WRI, 2019).

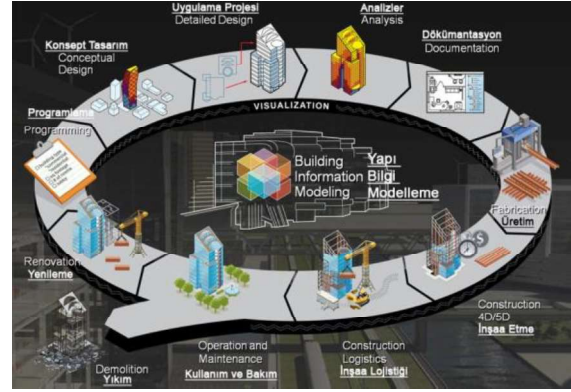
Yeşil BIM (Green BIM), bir projede sürdürülebilirlik ve / veya iyileştirilmiş bina performansı hedeflerine ulaşmak için BIM araçlarının kullanılması olarak kabul edilir (McGraw-Hill Construction, 2010).

Yapılı çevredeki mevcut ya da yapılması planlanan yapılarda enerji analizlerinin yapıp, sonuçların enerji verimli hale gelebilmesi adına yapım tekniği, malzeme gibi alternatiflerin kolayca denenebilmesi açısından Yapı Bilgi Modelleme veya diğer tanımıyla Building Information Modelling (BIM) yazılımları kullanılması maliyet, zaman, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve sıfır karbon salınımı hedefine ulaşmak açısından oldukça önemlidir.

5. BIM

BIM, mimari, mühendislik ve inşaat endüstrisinde 3 boyutlu modelleme, çakışma tespiti, fizibilite analizi, yapılabirlik incelemesi, maliyet hesabı, iş akışı oluşturma, enerji analizleri, imalat çizimleri,

bina yönetiminde kullanılmaktadır. BIM, inşaat sürecinin verimliliğini artırmakta, proje paydaşları arasında bilgi paylaşımı ve işbirliğini sağlamakta ve inşaat sürecinde sahanın ihtiyacı olan bilgileri kolaylıkla erişmesini sağlamaktadır. BIM'in zengin veri modeli sayesinde, projeye dahil olan tüm disiplinler, işveren, tasarım ekibi, inşaat, operasyon ve bakım uzmanları, her bir yapı sistemi özelliğini, yapının farklı yaşam döngüsü aşamalarında eş zamanlı olarak görebilmekte ve değerlendirmektedir.



Şekil 4. Binaların yaşam döngüsü ve BIM (Autodesk).

Şekil 4'te görselleştirildiği gibi bir binanın tam yaşam döngüsü, projelendirme aşamasından başlayarak, hammadde çıkarma, inşaat malzemesi üretimi, yerinde malzeme montajı, kullanım, tamir ve bakım, yıkım veya yeniden kullanım süreçlerini içerir. Tüm bu süreçlerde BIM, bir yapının, ön tasarım aşamasından yıkımına kadar fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal bir temsili ve yaşam döngüsü boyunca kararlar için güvenilir bir temel oluşturan bilgi kaynağı olarak tanımlanmıştır.

5.1. BIM ile Geliştirilen Projelerin Doğaya Salınan Atık Maddeler ve Kullanılan Enerjinin Azaltılmasına Katkıları

BIM, disiplinler arası bilgilerin bir modelde üst üste konulmasına izin verdiğinden, bu yaklaşım çevresel performans analizleri ve sürdürülebilirlik geliştirme önlemlerinin tam ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi için bir fırsat sunmaktadır (Azhar ve ark. 2010).

Sürdürülebilirlik, projenin tasarım aşamasında özel BIM yazılımı kullanılarak yapılan simülasyonlarla sağlanabilir. Bunu yapmak, enerji verimli, sağlıklı ve çevreye daha duyarlı binaların üretimine olanak sağlayacaktır. BIM, bir yapının sayısal temsili olduğundan bir bina içindeki enerji ve su kullanımını taklit edebilmekte, kullanıcıya optimum tasarımı tasarlamasına izin vermektedir (Chong, Lam, 2013).

BIM'in simülasyon teknolojisi, çevre koruma ve yenilenmeyi performans geliştirme ve optimizasyon perspektifinden yürütmeyi mümkün kılmıştır. Bu, çevre koruma çalışmasının verimliliğini ve bilimsel seviyesini büyük ölçüde artırmış ve çevre korumanın kapsamlı bilgi ve modernizasyonunu teşvik etmiştir. Bu nedenle BIM, büyük uygulama değerine ve geniş uygulama olanaklarına sahiptir (Qin, 2018).

BIM yazılımları kullanılarak geliştirilen projelerde çevresel verilere, malzeme özelliklerine vb. verilere dayalı olarak yapılan simülasyonlar ve bunların çıktıları sayesinde binaların yaşam döngüleri boyunca kullandıkları enerji ve neden oldukları atıkları minimum seviyeye indirmek olasıdır.

İklim krizine neden olan sera gazı üretiminin büyük bir bölümü mevcut yapı stoğunda kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle sadece yeni yapılacak olan binalarda BIM kullanımı, analizlerin gerçekleştirilmesi ve buna bağlı olarak tasarım, malzeme, sistem değişikliği yapılması yeterli değildir. Mevcut yapı stoklarından da bu değişimin sağlanması gerekmektedir. Bunun içinde mevcutta bulunan yapıların verileri işlenmeli ve yapı sektörü oyuncularını ile ortak bir çalışma disiplini içinde sürecin nasıl yönetebileceği irdelenmelidir.

Yeşil BIM, bina enerji verimliliği performansını artıran proje yaşam döngüsü boyunca koordineli ve tutarlı bina verisi oluşturma ve yönetme temelli sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesini kolaylaştıran model tabanlı bir süreçtir (Wong, Zhou, 2015).

Bazı devlet kurumları, ABD Genel Hizmetler İdaresi gibi(GSA) yeni yapılacak tüm binalarda BIM kullanımını zorunlu kılmıştır (GSA, 2007). BIM yazılımları kullanılarak yapılacak yeni yapı stoğunun çevreye olan etkilerini proje aşamasında elde edilen veriler sayesinde önceden hesaplayıp gerekli düzenlemeleri yapmak iklim krizini önlemek adına önemli bir adımdır.

5.2. İklim Krizini Önlemede BIM Sistemleri ile İzlenebilecek Yollar

Bir binanın karbon üretimini azaltmak için en etkili değişiklikler; hizmet ömrünü artırmak ve bina alanı başına enerji tüketimini azaltmaktır (Li ve ark., 2013).

İşletme aşamasında çevresel performansı yöneten bir analiz aracı olarak BIM, çeşitli uygulamalar önermiştir. Bu uygulamalar aşağıdakileri içerir (Novitski, 2009) :

1. Isıtma ve soğutma gereksinimlerinin analizi,

2. Günışığı aydınlatma fırsatlarının ve hem elektrik aydınlatma yükünü hem de müteakip ısı ve enerji yüklerini azaltma araçlarının belirlenmesi,

3. Enerji kullanımını azaltabilecek uygun bina ekipmanlarının seçilmesi.

Yukarıda belirtilen uygulamaların hızlı ve güvenilir sonuçlar vermesi için kullanılacak yazılımlar arasında veri aktarımının eksiksiz ve doğru yapılması gerekmektedir. IFC (Industry Foundation Classes) ve gbXML(Green Building XML) gibi dosya formatları sayesinde BIM yazılımları ve mühendislik analiz araçları arasında veri aktarımı ve değişimi sağlanmaktadır. IFC formatı aynı zamanda sensörler, ölçüm araçları gibi akıllı bina ekipmanlarından gelen bilgiyi sınıflandırmak ve işlemek için yapı yönetiminde kullanılan veri deposu yazılımları ile birlikte kullanılabilir (Mousa and ark., 2016).

Yapıların yaşam döngüsü boyunca iklim krizine olan etkilerini en aza indirebilmek için BIM sistemleri ile izlenebilecek yollar aşamalı olarak aşağıda örneklenmiştir.

5.2.1. Tasarım Aşamasında BIM kullanımı

Kesin tasarım kararlarını mümkün olduğunca erken almak, sürdürülebilir tasarım sürecinin çok daha verimli ve uygun maliyetli olmasına yardımcı olacaktır. BIM sürdürülebilirlik analizi araçları, farklı tasarım seçeneklerini hızlı bir şekilde değerlendirerek ve daha çevreci tasarımları tanımlayarak tasarım ekibinin daha bilinçli kararlar almasını sağlamaktadır (Bynum ve ark. 2012). Bu analizler tasarımcıların, bina tasarımlarının çevreye ve binayı kullanacak kişilere olan etkilerini anlamaya yardımcı olmaktadır. Geleneksel tasarım süreci, tasarımcılara veya proje ekibi üyelerine erken tasarım kararlarının uygulanabilirliğini görselleştirmek için daha az destek sağlamıştır. (Wong, Zhou, 2015).

BIM, bina performans verimliliğini arttırarak, tasarım hataları veya paydaşlar arasındaki iletişimsizlikten kaynaklı gereksiz çevre etkilerini en aza indirgemeye yardımcı olmaktadır (Clevenger, Khan, 2014).

BIM'in bina sürdürülebilirliği için planlama ve tasarımda yardımcı olabileceği farklı yollar özetlenebilir (Krygiel ve Nies, 2008). Bunlar;

1. Binanın yönelimini belirlemek (enerji maliyetlerini azaltabilecek iyi bir yönelim seçmek),

2. Bina kütlelerini analiz etmek. (bina formunu analiz etmek ve bina cephesinin optimizasyonu için eşdeğer şeffaflık oranı gibi çeşitli faktörlerin analizi),
3. Güneş ışığı analizi yapmak (Kullanılacak yapay ışık sayısını azaltarak, gereksiz enerji tüketimini engellemek için),
4. Su toplama potansiyelini araştırmak (bir binadaki su gereksinimini azaltmak için),
5. Bina enerji performansını modellemek (enerji ihtiyaçlarını azaltmak veya düşük enerji maliyetlerine katkıda bulunabilecek yenilenebilir enerji seçeneklerini analiz etmek için),
6. Sürdürülebilir malzemelerin uygunluğunu incelemek (malzeme ihtiyaçlarını azaltmak ve geri dönüştürülmüş malzemeler kullanmak için),
7. Saha ve lojistik yönetimini tasarlamak (atıkları ve karbon ayak izlerini azaltmak için).

Yukarıda özetlenen yolların BIM yazılımlarında kullanılabilmesi için hem akademik hem de ticari çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar arasında, Jalaei ve Jade'nin (2014) geliştirdiği araç; çeşitli yeşil bina tasarım seçenekleri arasında, sürdürülebilir bina sertifikasyon sistemleri için enerji performans analizi ve maliyet keşfi değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bunun yanında bazı ticari yazılımlar da tasarımcıların kavramsal tasarımlarını enerji analitik modellerine dönüştürmelerine yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilir tasarımın karmaşık süreçlerini desteklemek için bir çok farklı yazılım aracı geliştirilmeye devam etmektedir.

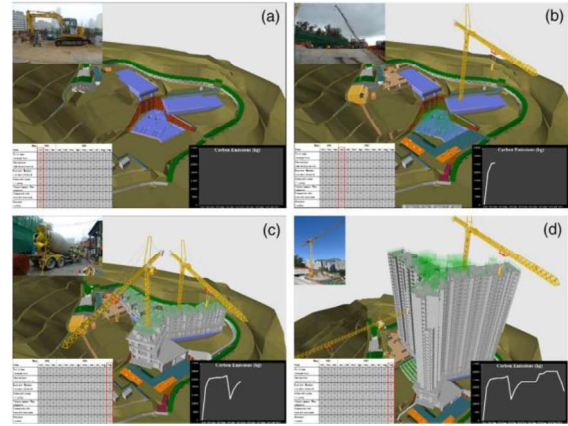
5.2.2. Yapım Aşamasında BIM kullanımı

Yapılarda kullanılan hammaddelerin çıkarılması, üretimi, şantiye alanına sevki aşamalarında ve şantiye sürecinde kullanılan araçların tükettikleri fosil yakıtların atıklarından ortaya çıkan emisyon değerlerini en aza indirmek için bir çok çalışma sürdürülmektedir. Bunlardan biri Peña-Mora ve ark., (2009) şantiye emisyonlarını planlamak, izlemek ve yönetmek için bir çerçeve geliştirdiği çalışmadır. Emisyon tahmini modeli, tasarımcıların planlama aşamasında düşük emisyonlu inşaat stratejileri seçmelerine yardımcı olmakta, bu model aynı zamanda, fiili inşaat aşamasında yönetim kararlarının başarısını belirlemek için bir temel sağlamaktadır.

Şantiye sürecinde oluşan karbon emisyonu değerlerini azaltmak için Artenian ve ark., (2010) BIM ve GIS (Coğrafi Bilgi Sistemi) teknolojilerini kullanarak beton mikser kamyonlarının rotasını optimize etmişlerdir.

Wong ve ark., (2013) ise şantiye süreci boyunca karbon emisyonu seviyelerini tahmin eden ve bu verileri görselleştiren bir araç geliştirmişlerdir. Bu araç, yüklenicilere emisyonların kaynaklarını tanımlamada ve üretilen emisyon miktarlarını belirleme konusunda yardımcı olmaktadır. Bu çalışmaya göre emisyon tahmini görselleştirmesinin geliştirilmesi dört adımdan oluşur;

- Genel proje ve ekipman verilerini toplamak,
- Bina işletme planlarını oluşturmak,
- Tahmini emisyon miktarlarını hesaplamak ve emisyon tahmin modelini (PEEM) ayarlamak,
- 4 boyutlu sanal prototip geliştirmek ve emisyon verilerini almak.



Şekil 5. Yapının CO2 emisyonunu gösteren 4D modeli (Wong ve ark., 2013).

Wong ve ark., yapmış olduğu Toplu Konut Geliştirme Projesinin farklı aşamalarında CO2 emisyonunu gösteren (tahmini) 4D simülasyon modellerinden görseller şekil 5'te yer almaktadır. Temel inşaatından başlayarak çatı konstrüksiyonun tamamlanmasına kadar olan süreç 4D model üzerinden analiz edilmiş ve yapım aşamasında salınacak CO2 miktarına ilişkin veriler sunulmaktadır.

5.2.3. Bina Tesis Yönetimi Aşamasında BIM kullanımı

Binaların işletme aşamasında enerji tüketiminin, bir binanın ömrü boyunca toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturduğu, bir binanın yaşam döngüsündeki bu aşama, binanın küresel karbon emisyonlarının yaklaşık üçte birini ürettiği belirtilmektedir (Costa, 2013).

Yapılı çevre özellikle de mevcut binalar elektrik enerji tüketiminin %45'inden sorumludur. Bu oranın %40'ı işletme aşamasında tüketilmektedir (Prasad, Hall, 2004). Elektrik tüketiminin karbon emisyonlarındaki payı düşünüldüğünde bina yönetimi aşamasında BIM sistemleri kullanılarak verilerin işlenmesi ve akıllı çözümlerin sunulmasının önemi de anlaşılmaktadır.

Bina yönetimi açısından, BIM teknikleri, verimli bina işletimini teşvik etmek, müşterilere hizmet kalitesini artırmak, binanın işletme aşamasında acil durumları azaltmak, güvenlik performansını artırmak ve kaynak israfını azaltmak için yardımcı olmalıdır. Bu avantajların tümü yeşil binaların oluşturulmasını sağlayacaktır (Liao ve ark., 2012).

Piyasada yer alan yazılımlar, bina enerji kullanımının analizi için yenilikçi bulut bilişim teknolojilerini içerirler. Bu yazılımlar, mevcut bir binada enerji tüketimi, karbon emisyonu tahminleri ve yenilenebilir enerji kullanımı için potansiyel değerlendirmelerine izin vermektedirler (Wong ve Zhou, 2015).

Akıllı şehirler için Akıllı Binalar İttifakı (The Smart Building Alliance, SBA) 2012 yılında kurulduğunda, Fransada'ki 200 kurumu bir araya getirerek, birlikte çalışabilir ve akıllı veriler üzerinden aktif bina yönetimine öneri ve çözümlerle yardımcı olabilecek "Ready2Grid" ve "Ready2Services" adı verilen iki kalite patentleriyle yapı sektöründeki dijital ve enerji geçişini birleştirmeyi amaçlamıştır. Enerji yönetimi, alan planlaması, atık ve hijyen yönetimi, konfor gibi bir çok alanda BIM yazılım araçlarını kullanmaktadır (GSR, 2017).

Mousa ve ark., (2016) önerdiği BIM ile karbon hesaplama yöntemiyle, sensörlerden alınan veriyi karbon hesaplama yöntemi ve BIM araçları kullanarak anlamlı veri oluşturmuşlardır. Bu çalışma kapsamında işletme sırasında kullanılan elektrik ve doğal gazın ürettiği CO₂ miktarını hesaplamışlardır. İlk aşama olan verilerin toplanması için sensörler kullanılmıştır. KiloWatt başına üretilen CO₂ miktarına bağlı olarak hesaplama metodu geliştirilmiştir. Bu hesaplamalar MatLAB ve araçlar ile yapılabilmektedir. Karbon hesaplama modeli tamamlandıktan sonra çıkan veriyi BIM modeli içine IFC dosya formatında aktarmışlar ve gerçek zamanlı karbon verisinin model üzerinde etkisini görmeyi mümkün kılmışlardır. Bu sayede yapıdaki hangi alanlarda enerji tüketimine bağlı olarak emisyon değerlerinin fazla olduğu görselleştirilmiş ve alınması gereken önlemler için bir altlık oluşturulmuştur.

5.2.4. Onarım ve Bakım Aşamasında BIM kullanımı

Yapıların periyodik olarak bakımlarının ve olası onarım gerekliliklerinin hızlı bir şekilde yapılması, düşük maliyetlerin yanı sıra daha verimli bir yapı kullanımını sağlamaktadır. Bu sayede olası sorunlar nedeni ile ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. tüketimlerde ortaya çıkacak artış kısa sürede normal seviyelere indirilebilmektedir. Yapı içerisinde kullanılan ve eş zamanlı olarak verileri BIM modeline ileten sensörler sayesinde, yapı içerisinde herhangi bir değişim yöneticiler ve bakım ekibi tarafından görülmekte ve hızlı bir şekilde müdahale yapılabilmektedir.

Wong ve Lau 2013 yılında yayınladıkları çalışmada Hong Kong'un yoğun nüfuslu bir bölgesinde mevcut binaların çatılarını yeşil çatı olarak kurgulayan bir çok 3D model üretmişler ve yüksek binaların birbirine olan mesafeleri ve yönelimlerini de dikkate alarak birbirleri üzerindeki gölgelendirme durumlarını analiz etmişlerdir. Bu üç boyutlu sanal model kullanılarak, çalışılan alan içindeki mevcut binaların komşu ya da bitişik binaların gölgelendirmesinden etkilenmeyen alanların miktarı tespit edilmiş ve bu veriler baz alınarak yeşil çatı tasarım modelleri oluşturulmuştur.

Ayrıca mevcut yapıların işletme aşamasında kullandıkları enerji miktarı ile ilgili kaygılar arttıkça bina yöneticileri de mevcut yapıların daha sürdürülebilir olması için alınabilecek önlemleri araştırmaktadırlar. Bu önlemlerin araştırılması, mevcut yapılara sürdürülebilir tasarım özelliklerinin dahil edilmesi, işletme maliyetlerinin azaltılması, çevresel etkilerin sınırlandırılması ve bina dayanıklılığının artırılmasını sağlamaktadır (Wong, Zhou, 2015).

5.2.5. Yıkım ya da Yeniden Kullanım Aşamasında BIM kullanımı

Gelişmiş ülkelerde, inşaat sektörü sürdürülebilirlik esaslarını baz alarak, mevcut binaların, enerji talebini azaltarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak daha çevre dostu hale getirmek için çalışmalarını sürdürmektedir. Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'nın kentleşmiş bölgeleri artık bina stoklarını hızla arttırmamaktadır. Örneğin İngiltere'de mevcut bina stokunun yüzde 75'inin 2050 yılında kullanılması beklenmektedir. Bu gibi durumlarda, mevcut binaların güçlendirilmesi enerji taleplerini ve dolayısıyla sera gazı emisyonlarını azaltmak için kritik bir müdahale alanı haline gelmektedir (Ravetz 2008).

Gelişmekte olan ülkelerde ise artan inşaat faaliyetleri nedeni ile inşaat ve yıkım çalışmalarının

çevreye olan etkileri konusunda endişeler artmaktadır. Bilim insanları yapıların yıkım aşamasında ortaya çıkacak olan atıkların hesaplanması için birçok yazılım geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bunlar arasında İngiltere Bina Araştırma Kurumu (UK Building Research Establishment) tarafından geliştirilen SMARTWaste aracı sahada üretilecek atık ürünlerin türlerini ve miktarlarını tahmin etmeye ve tanımlamaya yardımcı olmaktadır. SMARTWaste aracı atık yönetiminin yanı sıra; su, enerji, nakliye, malzeme, biyoçeşitlilik yönetimine yardımcı olmak için topladığı çevre ve yapı verilerinden raporlar sunmaktadır (URL-3).

Akbarnezhad ve arkadaşları, çeşitli bina dönüşümlerinin ekonomik maliyetleri ve çevresel faydaları (karbon salınımı ve enerji tüketiminin en aza indirilmesi) açısından etkilerini değerlendirmek için BIM tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Bu model yapım malzemelerinin yaşam döngüsünü analiz etmektedir. BIM veritabanına, malzeme ile ilgili tüm veriler, malzeme özellikleri, taşıyıcı olma özelliği, sahaya nakliyesi, montaj detayları, topografik ve geometrik verileri vb. bilgiler işlenmektedir.

BIM veritabanından alınan bilgiler IFC formatında analiz araçlarına iletilmekte ve Ekonomik ve Çevreci Etki Analizcisi (EEIA) adını verdikleri analiz aracı kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Kullanılan programın veri kütüphanesi çeşitli yapı malzemeleri, yapım aşaması, kullanım, yıkım veya yeniden kullanım aşamalarındaki malzeme fiyatı, enerji tüketimi ve karbon emisyonu miktarları ile ilgili bilgiler içermektedir. Özellikle yıkım aşaması için geliştirilen bu program ile hangi teknik ile yıkımın gerçekleştirilmesinin uygun olduğu bilgisi elde edilmektedir (Akbarnezhad ve ark., 2014).

Geri dönüşüm, geleneksel yıkım ve katı atık depolama alanlarından çok daha sürdürülebilir bir seçenek olarak görülmektedir. Geri dönüşüm, sadece katı atık depolama işlemi sırasında ortaya çıkan maliyet, enerji kullanımı ve karbon emisyonunun bir kısmından kaçınmakla kalmamakta, aynı zamanda alternatif geri dönüştürülmüş malzemeleri temin ederek yeni malzemelerin çıkarılması talebini de azaltmaktadır (Klang ve ark., 2003).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İklim krizinin en önemli faktörü olan fosil tabanlı enerji kullanımı ve sonucunda salınan emisyonları en aza indirmek hatta sıfır düzeyine düşürebilmek için yapılması planlanan yeni yapılar ve de mevcut yapıları çevrede BIM araçları kullanılarak oluşturulan analizler ve hesaplamalar

sayesinde olası tüm sonuçlar, değerler ve alternatifler hızlı bir şekilde yapıların sayısal ikizleri üzerinden değerlendirilebilir. Bahsedilen bu sistemlerin yaygın olarak kullanılması resmi kurumlar tarafından teşvik edilmeli, geleneksel çizim teknikleri ile sınırlandırılan inşaat endüstrisi eğitiminde köklü değişiklikler yapılmalı ve akıllı yapı sektörünün gelişmesi sağlanmalıdır. Bütün bu önerilerin bir an önce gerçekleştirilmesi iklim krizini önlemek için alınacak en önemli önlemlerden birisidir.

Architecture 2030 tarafından yayınlanan Net Zero Buildings standardında yer alan hesaplama ve analiz ilkeleri baz alınarak oluşturulacak BIM tabanlı yeni analiz araçları sayesinde, iklim krizi konusunda yapı sektörünün alması gereken önlemler her bir bina ve şehir için analizlerin hızlı bir şekilde yapılmasını sağlayabilir. Alınan sonuçlar bina yaşam döngüsünün tüm aşamalarında kullanılarak Paris Antlaşması hedeflerine ulaşılabilir.

BIM tabanlı kullanılabilen analiz ve hesaplama araçlarının geliştirilmesi ve açık kaynaklı olarak kullanılması gereklidir.

Ayrıca binaların çevreye verdiği etkiyi azaltmak için yapıları kullanan kullanıcıların da etkisinin önemli olduğu unutulmamalıdır. Yapı yönetimi olarak adlandırdığımız bölümde atık ve enerji kullanımı konusunda her bir bireyin bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

7.KAYNAKLAR

Akbarnezhad, Ong, Chandra, 2014. Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling, *Autom. Constr.* 37, 131–144.

Artenian, Sadeghpour, Teizer, 2010. A GIS framework for reducing GHG emissions in concrete transportation, *Proc. of Construction Research Congress, Canada*, sayfalar; 1557–1566.

Azhar, Brown, Sattineni, 2010. A case study of building performance analyses using building information modeling, *Proceedings of the 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Bratislava, Slovakia*.

Brundtland, 1987. *Our Common Future- Brundtland Report by World Commission on Environment and Development- United Nations*.

Bynum, Issa, Olbina, 2012. Building information modeling in support of sustainable design and construction, *J. Constr. Eng. Manag.* 139 24–34.

- Chong, Wang, (2014) Improving quality and performance of facility management using building information modelling. In: Luo Y (ed) Cooperative design, visualization, and engineering. Springer International Publishing, Berlin, pp 44–50
- Clevenger, Khan, 2014. Impact of BIM-Enabled Design-to-Fabrication on Building Delivery, *Pract. Period. Struct. Des. Constr.* 19, 122–128.
- Costa, Keane, Torrens, Corry, 2013. Building operation and energy performance: monitoring, analysis and optimisation toolkit, *Appl. Energy* 101 310–316.
- D. Li, H. Chen, E. C. Hui, J. Zhang and Q. Li, "A Methodology for Estimating the Life-Cycle Carbon Efficiency of a Residential Building," *Building and Environment*, vol. 59, pp. 448-455, 2013.
- Erengözgin, 2005. Enerji Mimarlığı. 4. Yenilenebilir Enerjiler Sempozyumu ve Sanayi Sergisi Bildiri Özetleri, Ege Üniv. Güneş Enerjisi Enstitüsü, 47-48.
- General Service Administration U.S. (GSA), 2007. GSA Building Information Modeling Guide Series 01—Overview, General Services Administration, Washington, DC, USA.
- GlobalABC, 2018. Global alliance for buildings and constructions, 2018 Global Status Report.
- Gustavsson, Joelsson, Sathre, 2010. Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-story wood-framed apartment building, *Energy Build.* 42 (2) 230–242.
- Global Commission on Adaptation, 2019. Adapt Now: A Global Call For Leadership on Climate Resilience.
- GSR, 2017. Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector, Global Status Report, UN Environment.
- Gore, 1992. *Earth in the Balance*, A Bloom Book.
- Jalaei, Jade, 2014. Integrating BIM with green building certification system, energy analysis, and cost estimating tools to conceptually design sustainable buildings, *Construction Research Congress*, 140–149.
- Klang, Vikman, Bratteb, 2003. Sustainable management of demolition waste -an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects, *Resour. Conserv. Recycl.* 38,317–334.
- Krygiel, Nies, 2008. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*, John Wiley & Sons.
- Liao, Tan, Li, 2012. Research on the application of BIM in the operation stage of green building, *Appl. Mech. Mater.* 174 2111–2114.
- McGraw-Hill Construction, 2010. *Green BIM: How Building Information Modelling is Contributing to Green Design and Construction: SmartMarket Report*, McGraw-Hill Construction.
- Mousa, Luo, McCabe, 2016. Utilizing BIM and Carbon Estimating Methods for Meaningful Data Representation. *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction*.
- Novitski, 2009. BIM promotes sustainability, Practitioners are finding paths to green through interoperable software.
- Prasad, Hall, 2004. *Construction challenge: sustainability in developing countries*. London: RICS Leading Edge Series.
- Peña-Mora, Ahn, Golparvar-Fard, Hajibabai, Shiftehfar, An, Aziz, Song, 2009. A framework for managing emissions during construction, in *National Science Foundation, Cairo, Egypt (Ed.), Proceedings of the NSF International Workshop on Green Buildings and Sustainable Construction*.
- Qin, 2018. *The Use of BIM Information Building Models in Environmental Protection*.
- Ravetz, 2008. “State of the stock – What do we know about existing buildings and their future prospects?” *Energy Policy*, 36, 12, 4462-4470.
- Rode, Burdett, Gonçalves 2011. “Buildings: investing in energy and resource efficiency” published in *United Nations Environment Programme, (corp. ed.) Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. United Nations Environment Programme*, pp. 331-373.
- Sev, 2009. “Sürdürülebilir Mimarlık”, *Yapı-Endüstri Merkezi*, Yem Yayın
- Schlueter, Thesseling, 2008. Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages, *Autom. Constr.* 18 pp.153–163.
- WIT, 2015. *Transactions on The Built Environment*, sayı 149, WIT Press.

Wong, Li H., Wang, Huang, Luo, Li V., 2012. Toward low-carbon construction processes: the visualisation of predicted emission via virtual prototyping technology.

Wong, H. Li, Wang, Huang, Luo, V. Li, 2013. Toward low-carbon construction processes: the visualization of predicted emission via virtual prototyping technology, Autom. Constr. 33 s.72–78.

Wong, Lau, 2013. From the ‘urban heat island’ to the ‘green island’? A preliminary investigation into the potential of retrofitting green roofs inMongkok district of Hong Kong, Habitat Int. 39, 25–35.

Wong, Zhou, 2015. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review.

WRI, 2019. World Researches Institute, Accelerating Building Decarbonization: Eight Attainable Policy Pathways to Net Zero Carbon Building For All.

WRI-Ross Center, 2019. Unlocking The Potential For Transformative Climate Adaptation in Cities. Background Paper. Authors, based on Chu, E., Brown, A., Michael, K., Du, J., Lwasa, S., and Mahendra, A.

İnternet Kaynakları

URL-1 <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>
(Erişim tarihi 17 Kasım 2019).

URL-2
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/145898/au-ssie-smoke-plumes-crossing-oceans> Aussie Smoke Plumes Crossing Oceans (Erişim tarihi 4 Ocak 2020).

URL-3
<https://www.bresmartsite.com/products/smartwaste/#section2> SMARTWaste (Erişim tarihi 19 Aralık 2019).

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ FİRMALARDA VE PROJELERDE BİNA BİLGİ MODELLEMESİ'NİN VERİMLİLİĞİ

Selda TOKLU (ORCID: 0000-0002-7600-8282)*
Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
e-posta:stoklu@gtu.edu.tr

ÖZET

Bina Bilgi Modelleme (BBM) dijital formatta bilgi alışverişi ve birlikte çalışmayı kolaylaştırmak için inşa sürecinin sayısal temsilidir. BBM, bir yazılım değil yapının tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar olan yapının tüm yaşam döngüsü içerisinde kullanılabilir verilerin üretildiği çalışma yaklaşımıdır. Bu çalışmada, küçük ölçekli projeler ve mimarlık firmalarında Bina Bilgi Modelleme kullanımının (BBM) verimliliği araştırılmaktadır. Bu çalışma, geleneksel yöntem ile BBM yöntemi süreçlerini karşılaştırarak, BBM yazılımlarının geleneksel yöntemle göre avantajlarını ve küçük ölçekli projelerde ve firmalardaki BBM kullanımını anlamaya çalışmaktadır.

Anahtar Kelimeler: BBM, BBM'ye Geçiş, BBM Uygulamaları, Küçük ve Orta Ölçekli Mimarlık Firmaları.

ABSTRACT

This study aims to investigate the efficiency of Building Information Modelling (BIM) in small scale projects and architecture firms. It is intended to understand the advantages of BIM software over traditional method and its use of BIM in small scale projects and firms by comparing the traditional method and BIM method processes.

Keywords: BIM, Transition to BIM, BIM Implementation, Small and Medium Architectural Firms.

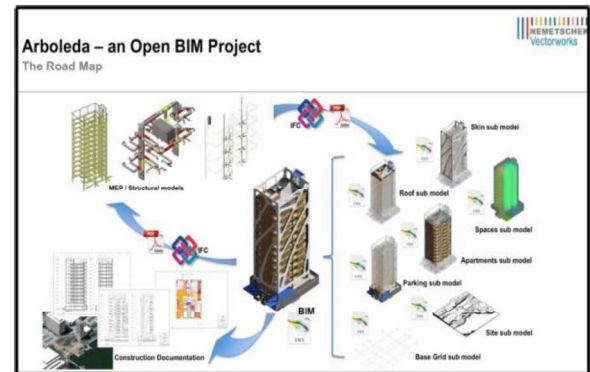
1.GİRİŞ

Bina Bilgi Modelleme (BBM) dijital formatta bilgi alışverişi ve birlikte çalışmayı kolaylaştırmak için inşa sürecinin sayısal temsilidir (Charles Eastman, 2011). BBM, bir yazılım değil yapının tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar olan yapının tüm yaşam döngüsü içerisinde kullanılabilir verilerin üretildiği çalışma yaklaşımıdır.

Dünya genelinde Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (MMİ) endüstrisi Bina Bilgi Modellemesine (BBM) geçiş sürecini yaşamaktadır. Proje ölçekleri büyümeye başladıkça projelerde gerekli veriler ve üretilen verilerin boyutları da arttıkça BBM' ye yönelim hızlanmıştır. Bazı ülkelerde bu yönelim ve adaptasyon süreci daha hızlı olurken, diğer ülkelerde BBM önündeki eğitim eksikliği ve teknik eleman yetersizliği gibi engellerden dolayı daha yavaş olmaktadır.

BBM çalışma yaklaşımı içerisinde kullanılan farklı yazılımlar arasındaki bilgi alışverişi birçok araştırmanın konusu olmuştur (Selim, 2019; AIA, 2014; Fox ve Hietanen, 2007; McGraw-Hills Construction, 2012). BBM yaklaşımında yazılımlar arası bilgi alışverişini geliştirmek üzere çalışan başlıca kurumlardan bir tanesi de BuildingSMART 'tır. International Alliance Interoperability (IAI) adı altında farklı disiplinler ve yazılımlar arası işbirliğini sağlamak amacıyla çalışmak üzere 1994 yılında 12 firmanın katılımı ile kurulan bu kuruluş, 2005 yılında buildingSMART olarak ismini değiştirmiştir. Bu inisiyatif çerçevesinde IFC (Industry Foundation Class), sektörde birçok yazılım için ortak format olarak geliştirilmiştir (URL-1).

IFC yapı endüstrisinde karşılaşılan tüm nesne element tipleri için bir tanım seti ve bu tanımları bir veri dosyasında saklamak için metin tabanlı bir yapı sağlar (Şekil 1).



Şekil 1.BBM ve IFC arasındaki veri paylaşımı(Samuel ve ark., 2017)

Ortak formatta çalışma sistematığını teşvik eden IFC küçük ölçekli firmalar için de avantaj sağlamaktadır. Çünkü IFC sayesinde proje üzerinde çalışan tüm paydaşlar birbirleri ile aynı yazılıma sahip olmadan veri paylaşabilmekte; aynı zamanda farklı firmalarla farklı boyutta projelerde işbirliği yapabilmekte ve bunlar da birlikte çalışılabilirliği kolaylaştırmaktadır.

Küçük ölçekli projelerde BBM kullanımına bakıldığında, 100 m2 den 1000 m2 ye olan endüstri yapıları, ofis binaları ve konutları gibi projelerde BBM'nin avantajları olsa da ana çalışma alanı bu tip projeler olan küçük ölçekli firmalar tarafından BBM yaygın kullanılmamaktadır (Foremny, 2013; Boton ve Forgues, 2018; NBS,2019).

Bu çalışmanın amacı küçük ölçekli firmalarda BBM'nin nasıl kullanıldığını ve bu firmalara katkısını anlamaktır. Çalışmanın ilk bölümünde BBM tanımı yapılmakta, geleneksel 2B Modelleme araçlarının iş akışı kıyaslanmakta, daha sonra küçük ölçekli ofis tanımı yapılmaktadır. Sonrasında ise vaka çalışmaları bölümünde küçük ölçekli firma olup BBM yi kullanan firmaların proje tasarım süreçleri ve BBM'nin katkısı ele alınmakta, bu verilerin sonucunda BBM'nin küçük ölçekli projelerde sağladığı verimlilik incelenmektedir.

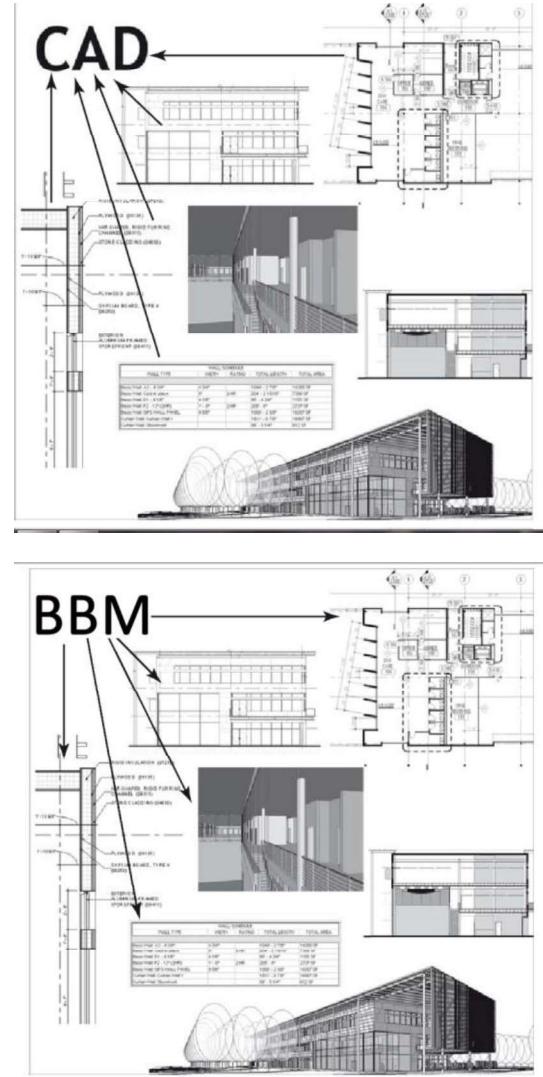
2.BİNA BİLGİ MODELLEMESİ

BBM teknolojisi mal sahibi, tasarımcı, mühendis, müteahhit, tesis sahibi ve yöneticisi gibi birçok meslek gruplarının bir arada koordine bir şekilde çalışmasını kolaylaştıran, disiplinler arası iletişimin çok yüksek olduğu bir çalışma biçimidir.

BBM bazı ülkelerde ulusal hükümetlerin yönlendirmesi, yatırımcı şirketlerin baskısı, sözleşmelerde BBM kullanılmasının talebi, çalışılan firmanın BBM kullanması gibi birçok sebepten ötürü daha yaygın kullanılmaktadır. Norveç, Finlandiya, Danimarka 2007 yılından itibaren kamu yapılarında BBM kullanılırken, Hollanda 2012, İngiltere'de 2016 yılında BBM kullanımı kamu projelerinde zorunlu kılınmıştır. Fransa 2017, İspanya 2018 yılında BBM kullanımı artmış ve Almanya 'da 2020 yılından itibaren kamu projelerinde BBM kullanılması zorunlu olacaktır. Diğer ülkeler ise bu geçişten etkilenip BBM konusunda farkındalık artmıştır (Öktem,2016).

Geleneksel yöntem ile BBM kullanımındaki tasarım süreci karşılaştırıldığında iş akışı çok farklıdır. BBM ile CAD (Computer Aided Design veya BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) sistemleriyle benzer yapıya sahip olmasına rağmen, BBM süreci tamamen farklı bir modelleme

sistemidir. Geleneksel BDT sisteminde 2 boyuttan 3 boyut üretme süreci uygulanırken, BBM'de 3 boyuttan iki boyut elde etme imkânı sunulmaktadır (Sarı, 2017). Krygiel ve Nies 2008'deki çalışmalarında da belirtildiği gibi, BBM çalışma sistematığında bütün bilgiler modelin içerisinde alınabilirken, geleneksel metotta bütün çizimler (kesitler, görünüşler, perspektifler) tek tek oluşturulur (Şekil 2).



Şekil 2. CAD ve BBM'ye dayalı sistemin grafiksel gösterimi (Krygiel ve Nies, 2008)

BDT ile üretilen projelerde kat planları, görünüş ve kesitler gibi 2 boyut üzerinden çalışmalar yapıp, 3B modelleme istendiğinde başka bir programa geçilmek zorunda kalınıyordu. Bu çalışma şekli ile yapılan iş sürekli tekrarlanmaktaydı ya da yapılan küçük değişiklikler tekrarlı iş yüküne sebep olmaktaydı. Fakat BBM üzerinde yapılan çalışmalar model üzerinde olduğu için bir değişiklik yapıldığı zaman bu tüm modele ve çizimlere yansıtılarak tekrarlanan iş yükü engellenmiş olmaktadır. Tablo 1. de görüleceği üzere, BDT ve

BBM ile yapılan projelerin iş akışları birbirinden farklılıklar içermektedir (Akkaya, 2012).

BBM	BDT
Altlık olarak bir plan olmasına gerek yoktur	Altlık olarak önce plan olmalı
Tüm detaylar 3B gösterilebilmektedir	Detaylar 2B gösterilmektedir
Yapı 3B gerçek yapı elemanlarıyla modellenir	Yapı çizgilerle modellenir
İstenilen standartlar önceden yazılımlara girilebilir (Hatalı veri girişi olduğunda yazılım uyarı verir)	Bir standart belirleme imkânı yoktur (Olsa dahi yazılımlar hata olması durumunda uyarı vermez)
3B modelden kesitler, detaylar, görünüşler kolayca üretilir	2B çizimden kesitler, detaylar, görünüşler ve 3B model uzun süren işlemlerden sonra üretilir.
YBM gerçeğe uygun model üretir	BDT gerçeğe benzer çizim üretir
YBM disiplinlerarası ortak iletişim platformu oluşturur	BDT aynı uzmanlık alanındaki kişilerle iletişim sağlar

Tablo 1. 3B modelleme açısından BBM ile BDT arasındaki farklılıklar (Akkaya,2012)

3.KÜÇÜK FİRMA TANIMI

Kaynaklarda küçük işletme tanımları farklılık göstermektedir. Amerika’da Small Business Administration (SBA - Küçük İşletme İdaresi)’a göre küçük işletme tanımı 75 kişiden daha az çalışana sahip olan iken, Amerikan Mimarlar Enstitüsü (American Institute of Architects) tarafından sunulan verilerde ise 20 kişiden az çalışana sahip olan firmalar kendilerini küçük firma olarak adlandırmaktadırlar (AIA, 2014; Klein, 2010).Türkiye’de ise Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) ‘nın, Avrupa’da ise Avrupa Komisyonu (European Commission, 2005; European Commission, 2015) işletmelerin sınıflandırılmasında mikro ölçekli işletme, küçük ölçekli işletme, orta ölçekli işletme makro ölçekli işletme terimleri bulunmaktadır (T.C. Resmi Gazetesi, 2012). Bu kaynaklarda bir yılda 10 kişiden az çalışana sahip işletmeler mikro ölçekli işletmeler, 10 ile 49 çalışana sahip işletmeler küçük ölçekli işletmeler, 50 ile 250 çalışana sahip işletmeler orta ölçekli işletmeler, 250 den fazla çalışana sahip işletmeler makro ölçekli işletmeler olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada bu tanımlar dikkate alınarak 20-30 kişilik çalışana sahip olan mimarlık ve mühendislik firmaları, küçük mimarlık firması olarak sınıflandırılmıştır.

4.KÜÇÜK FİRMALARDA BBM KULLANIMI

İnşaat sektöründeki küçük firmalardaki yenilikler büyük firmalardan farklıdır (Sexton ve Barret, 2003). Büyük firmaların kurumsal yapısını değiştirmek, hem finansal hem de teknik kapasitesinden dolayı, küçük firmalardakinden çok daha karmaşıktır (Haliburton,2016) . İki tip firmada yapılan yeniliklerin türüne göre uyum süreci de değişiklik gösterebilir. Bazı durumlarda küçük firmalarda yapılan yeniliklerin maliyeti firmanın bütçesini aşarsa yenilik uygulanamaz, bazen de organizasyon yapısı yönünden küçük olması bazı yeniliklere daha kolay adapte olmasına yardımcı olur ve yeniliğe büyük firmalar gibi direnç göstermez (Kapisız, 2013; Ademci, 2018).

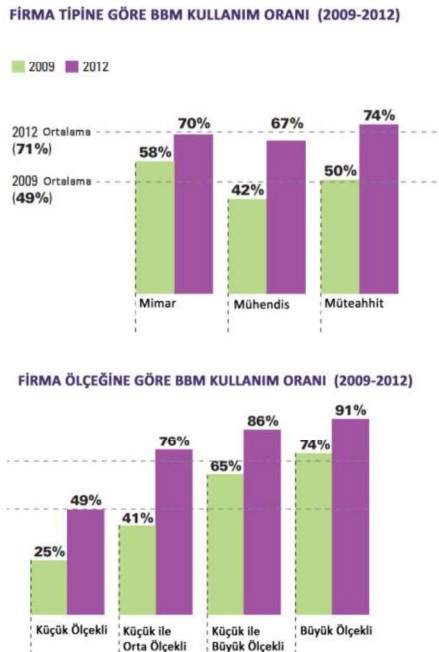
Küçük ölçekli bir firmanın yeni bir uygulamaya geçmesini etkileyen en önemli motivasyon kaynakları, mevcut müşterilerle olan ilişkisinin devam ettirmek ve daha fazla müşteri ile iletişim sağlamaktır (Manley, 2008 ; Sexton ve Barret, 2003).

Adriaanese (2010) ve Cheng (2015) ise çalışmalarında küçük ölçekli firmaların bir yeniliği uygulamasındaki motivasyon türünü, dış motivasyon ve iç motivasyon kaynağı olarak iki gruba ayırmıştır. Dış motivasyon kaynağı, müşteri talebi ve BBM çalışma sistematigi ile hazırlanmak zorunda olan devlet destekli projeler iken; iç motivasyon ise firma içindeki verimliliği arttırmak, proje kontrolü sağlamak ya da modellemeyi daha verimli kullanmak olarak sayılabilir (Hong ve ark., 2017).

Küçük ölçekli bir firmanın geleneksel çizim metodundan BBM çalışma sistemine geçişte de Manley, Sexton ve Barret'in yaptığı çalışmalarda bahsedilen motivasyon kaynakları etkili olmuştur.

BBM ile çalışmanın hem tasarım aşamasında, hem de yapım aşamasında verimliliği arttıran önemli bir faktör olmasına rağmen (Arayıcı, 2011; Azhar, 2015; Inusah, 2018; Marzouk, 2010; Fox ve Hietanen 2007) ve aynı zamanda küçük ve orta ölçekli firmalarda BBM kullanımının ekonomik büyümede çok önemli bir role sahip olmasına rağmen, BBM'nin büyük ölçekli firmalarda ve projelerde kullanımı daha yaygındır (Harvie ve Lee, 2002; Succar ve Kassem, 2015; Köse,2016; McGraw-Hill Construction, 2012).

2012 yılında Mc Graw-Hill Construction tarafından 582 kişinin katılımı ile 2009 ve 2012 yılları arasındaki Kuzey Amerika'da BBM kullanımı ile ilgili bir rapor hazırlanmıştır. Bu çalışmaya 179 mimar, 111 mühendis, 208 müteahhit, 36 mal sahibi, 48 diğer disiplinlerden kişiler katkı sağlamıştır. Bu araştırma sonucunda, Şekil 3. de görüleceği gibi küçük ölçekli firmalarda BBM'nin kullanım oranının, büyük ölçekli şirketler ile kıyaslandığında daha az olduğu tespit edilmiştir (McGraw-Hill Construction, 2012). Ancak artış miktarına bakıldığında küçük ölçekli ofislerde BBM kullanımındaki artışın, diğer boyuttaki firmalardaki artışa göre daha fazla olduğu görülmektedir. Büyük ölçekli firmalarda BBM kullanımı %74'den %91'e yükselirken, küçük ölçekli ofislerdeki artış %25'den %49'a, orta ölçekli ofislerde %41'den %76'a çıkmıştır.

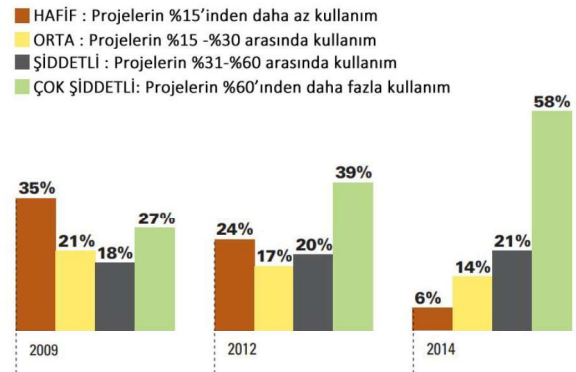


Şekil 3. Firma ölçekleri ve tipine göre BBM

kullanım oranı (Mc Graw_Hill Construction ,2012) Bu araştırmadaki elde edilen veriler sonucunda, BBM çalışma sistematığına olan farkındalığın artması ve aynı zamanda küçük ölçekli ofislerin BBM kullanımının avantajlarının farkına varması ile bu oranın arttığı düşünülmektedir.

Aynı çalışmada 2009-2014 yılları arasındaki proje BBM uygulama seviyesi de incelenmiştir (Şekil 4). BBM uygulama seviyesi firmada %15'in altında olan firmalar hafif şiddette ifade edilirken, %15-%30 arası orta, %31-%60 şiddetli, %60'ından daha fazla kullanım söz konusu ise çok şiddetli uygulama seviyesi olarak ifade edilmiştir. 2009 yılında projelerinde çok şiddetli oranda kullanan ofislerin BBM kullanım oranı %27 iken 2014 yılında projelerinin %60'ından fazlasında kullanım oranı % 58'e yükselmiştir. BBM çalışma sistematığını hafif şiddette kullanan ofislerin oranı ise %35'ten %6'ya düşmüştür. Bu çalışmada yer alan araştırmalar kıyaslandığında bir önceki tabloda da belirtildiği üzere firma ölçeğine göre BBM kullanım oranı arttığı için kullanım seviyelerindeki oranların artışına da yansımıştır (Mc Graw-Hill Construction, 2012).

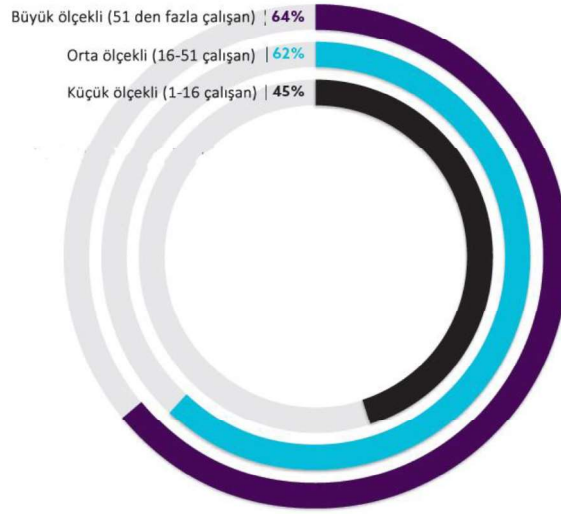
BBM Uygulama Seviyesi (2009-2014)



Şekil 4. BBM uygulama seviyesi (Mc Graw-Hill Construction ,2012)

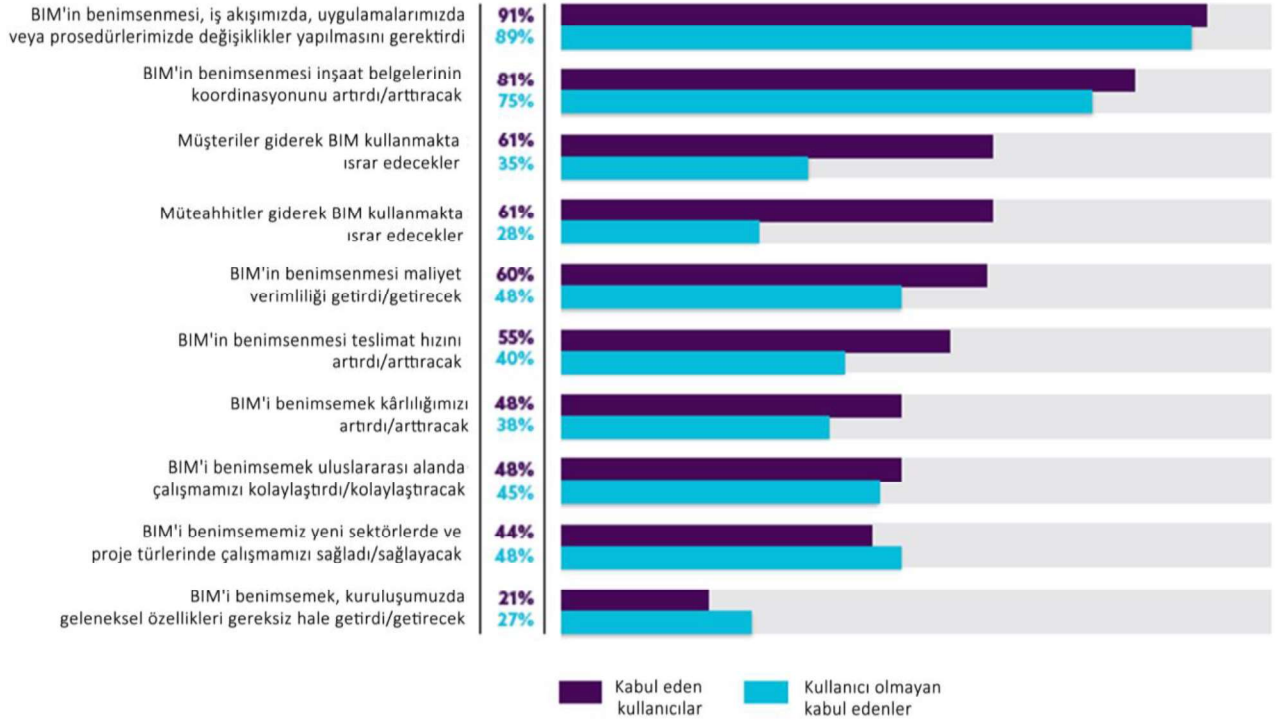
Bunun yanı sıra İngiltere'de 2019 yılında The National Building Specification (NBS) tarafından 988 inşaat profesyonellerinin katkısı ile yapılan bir anket sonucunda National BIM Report yayınlanmıştır. Bu raporda BIM kullanan proje ofislerinin BIM'e adaptasyonu, şirket büyüklüğü ve hangi tür işler yaptığı, projelerinde BIM kullanma oranları, BIM'e karşı tutumları ve gelecek 5 yıl içerisinde BIM'e geçiş yapıp yapmayacağı, BIM'in önündeki engellerin ne olduğu, BIM'i projelerinde hangi amaçla kullandığı ile ilgili bilgiler ve oranlar yer almıştır (Şekil 5-6).

Firma Ölçeğine göre BBM bilgi ve yeteneklerine güvenme oranı



Şekil 5. Firma ölçeğine göre BBM bilgi ve yeteneğine güvenme oranı (NBS,2019)

BBM kullanımının firmaya etkileri ve katkıları nelerdir?



Şekil 6. BBM'nin Çalışma Pratiğini Nasıl Etkileyeceği- National BIM Report 2019 (NBS,2019)

İngiltere'de 2019 yılında yapılan bu çalışmanın sonucunda ise BBM kullanım bilgisine ve yeteneğine güvenen firmaların oranı küçük ölçekli ofislerde %45, orta ölçekli firmalarda %62 iken büyük ölçekli firmalarda %64 tür. Ayrıca, ankete katılan

firmaların %91'i, iş akışları, prosedür ve iş yapma pratiğini değiştirmeleri gerektiğinin farkındadır. Bu değişiklik, küçük ölçekli firmalarda daha kolay olacağından geleneksel yöntemden BBM 'ye geçişleri daha kolay olacaktır. Küçük ölçekli bir firma bu anket çalışmasını incelediğinde ve BBM

çalışma yöntemini seçtiğinde uluslararası işler yapma yetisinin daha kolay olacağı ve diğer tüm BBM kullanan rakip firmalar ile işbirliğinin de artacağı öngörülmektedir. Bu sonuç ise küçük ölçekli firmalar için motivasyon kaynaklarından biridir.

Küçük ölçekli firmalarda BBM kullanımının önemi, yeni bir sisteme geçişteki motivasyon kaynağı ile ilgili bilgiler ve araştırma raporu sonrasında aşağıda BBM kullanan küçük ölçekli firmalardan seçilmiş vakalar incelenecek, bu incelemeler sonucunda BBM kullanımının küçük ölçekli firmaya katkıları ve BBM çalışma sistemine geçişteki engelleri ele alınacaktır.

5.BBM KULLANAN KÜÇÜK ÖLÇEKLİ FİRMALAR

Bu bölümde BBM kullanan küçük ölçekli ofisler ve BBM kullanımının küçük ölçekli firmaya katkıları, BBM'ye geçiş süreçleri, yaşadığı zorluklar ve BBM çalışma sistemi sonucu alınan verim ile ilgili geri bildirimlerden anlatılmıştır. Öncelikle ofis hakkında genel bilgi verilip projelerde hangi programlar kullanıldığı daha sonra da küçük ölçekli firmanın BBM'yi nasıl ve hangi amaçla kullandığı hakkında bilgiler yer almaktadır.

5.1. Jonathan Reeves Architecture

Jonathan Reeves Architecture 2000 yılında İngiltere'de kurulmuş bir mimarlık ofisidir. Bünyesinde kendisinin olduğu 1 yönetici ve 1 mimar bulunmaktadır. Firmada çalışan kişi sayısına bakıldığında küçük ölçekli bir mimarlık ofisi olarak görülmektedir. Bu bakımdan BBM sistemi kullanan bu firma vaka çalışması olarak ele alınmış ve kullanılan programlar ve BBM sistemini kullanma biçimi hakkında bilgi verilmektedir

Firmada, Vectorworks Architect, Cinema 4D, Artlantis ve Adobe Photoshop programları kullanılmaktadır. Özel müşteriler ile çalışılan ve firmalara BBM danışmanlığı yapılan bir firmadır.

Firmanın hâlihazırda Vectorworks programı kullanması BBM 'ye geçiş yapmasını kolaylaştırmıştır. Geleneksel metottan BBM'ye geçiş gibi değil de var olan sistem geliştirilerek BBM sistemine adapte olmak daha kolay olmuştur. BBM büyük ölçekli firmalarda daha çok kullanılsa da artık küçük ölçekli firmalarında proje paydaşı olduğu, diğer kuruluşlar ile işbirliğinin BBM ile daha kolay olacağı düşüncesi ile küçük ölçekli ofis olmasına rağmen bu konuda kendini geliştirmiştir (Klaschka, 2014).

Firma, BBM'ye geçiş sağlayarak ve Vectorworks yazılımını projelerinde kullanıp daha iyi deneyimler

elde ettikten sonra, sadece mimari hizmet değil aynı zamanda büyüklü küçüklü diğer firmalara da eğitim ve danışmanlık hizmeti vermiştir. Bu danışmanlık hizmeti sayesinde ofis tanınırlığını arttırmıştır (Klaschka, 2014).

BBM kullanımı, firmanın paydaşlar arasındaki ölçek kavramını ortadan kaldırarak tanınmasını sağlamış ve aynı zamanda küçük ölçekli bu ofisi daha rekabetçi hale getirmiştir. Yeni iş alanları ve yeni müşteriler sağlayarak, BBM kullanımı firmayı daha görünür kılmaktadır.

BBM çalışma sistematigindeki IFC formatında dosya paylaşımı sayesinde diğer paydaşlar ile işbirliği daha kolay yapılmıştır. Böylece ortak yazılıma sahip olmayan, kendisinden daha büyük ölçekli ofisler ile aynı yazılıma sahip olmadan ve veri kaybı da yaşanmadan işbirliği sağlanmıştır.

5.2. Studio Klaschka:

Studio Klaschka 2001 yılında İngiltere'de kurulmuştur. Ofis ekibinde 1 tasarımcı 1 mimar ve 3 mimari teknoloji uzmanı bulunmaktadır. Bentley AECOSim, Building Designer ve Bentley Pointools yazılımları kullanılmaktadır. Yenileme ve var olan yapıların genişletilmesi gibi uygulamalarda görev almaktadır.

Yenileme projelerinde 2007 de nokta bulutları ile taramalar yapılmış fakat henüz BBM yazılımlarında böyle bir teknoloji olmadığı için ve var olan yazılımları maliyeti küçük ölçekli bir ofis için çok yüksek olduğundan nokta bulutları 2010 a kadar kullanılmamış. 2010 yılında Bentley e Pointools aracı eklenmesi ile ve FARO ölçüm sistemlerinin Focus 3D adlı ürünü piyasaya sürmesi ile firma BBM ni daha aktif bir şekilde kullanmaya başlamıştır. Bu teknoloji sayesinde geleneksel metotta günlerce sürebilecek rölöve alma işlemi daha kısa sürede ve sürekli çalışma alanına ziyaretler yapmaya gerek duyulmadan gerçekleştirilmiştir. 2011 ve 2013 yılları arasında 15 proje taranıp daha sonra modele aktarılabilmıştır.

Studio Klaschka'da, BBM ve nokta bulutu teknolojisinin entegre olması ile daha az zamanda daha fazla ve daha kaliteli işler yapılmıştır (Klaschka, 2014). Özellikle çok fazla detayın olduğu tarihi yapılarda BBM kullanımının avantajı keşfedilerek, arz ve talebe göre nokta bulutu teknolojilerinden yararlanmaya devam edilmiştir. BBM kullanımı sayesinde rakip firmalara kullanılan teknoloji tanıtılarak sektörde daha fazla işbirliği imkanı sağlanmıştır.

6.BBM İLE TASARLANAN KÜÇÜK ÖLÇEKLİ PROJE: Silence House (First Design Studio):

BBM kullanan küçük ölçekli firmaların yanı sıra, literatürdeki çalışmalar BBM nin genellikle büyük ölçekli projelerde kullanıldığı belirtmekte ancak makale başlığında da belirtildiği üzere küçük ölçekli projelerdeki katkısı da incelemek için vaka çalışması olarak küçük ölçekli bir proje olan Silence House seçilmiştir.

Silence House First Design Studio tarafından tasarlanmış bir projedir. Firma, 1998 yılında İsfahan (İran)'da kurulmuş, konut, eğitim, kültür, ticaret ve ofis projeleri tasarımı yapan bir mimarlık ofisidir. (URL-2).

Firma BBM çalışma sistemine geçen diğer firmalar gibi değişim ve belirsizlik korkusu yaşamış ve BBM çalışma sistematigindeki modelleme programlarından biri olan ARCHICAD'in ofise katkısını ve programın zorluklarını öğrenmek için bir pilot projede BBM uygulamaya karar vermiştir. Bu proje için A Takımı ve B Takımı adı altında iki ekip kurulmuştur. A Takımı 1 tasarım yöneticisi, 3 teknik ressamın olduğu ve geleneksel CAD teknolojisi ile 2B modelleme yöntemi kullanıldığı bir takım iken; B Takımı ise 1 tasarım yöneticisi ve ARCHICAD kullanmayı bilen 1 BBM teknisyeninin olduğu BBM çalışma sistematigini projede uygulayacak takımdır. Pilot projenin tasarım sürecinin sonucunda 3 ana konu üzerinde olumlu sonuçlar beklenmektedir:

- Tasarım ve dökümantasyon kalitesinin artırılması,
- Entegre ve doğru dökümantasyon üretimi,
- Proje teslim sürelerinin azaltılması.

Bu çalışma kapsamında toplam inşaat alanı 600 m² olan The Silence House adlı bir proje seçilmiştir. ARCHICAD yazılımının hem kolay ara yüzü hem de alınan kısa süreli eğitim ile yeniliğe kolay adapte olunmuştur (URL-2).

Projenin tüm çizimlerinin (kat planları, kesitler, görünüşler, 1:10 ölçekli detaylar, perspektifler) 4 ay içinde bitirilmesi bekleniyordu. Tasarımın mekanlar arasındaki ilişkinin ve dolaşımın karmaşıklığı ve tasarım konsepti, projenin 2B modelleme sonucu elde edilmesini zorlaştırıyordu.



Şekil 7. The Silence House ARCHICAD Modeli (URL-2)

Başlangıçta A Takımı (2B CAD ekibi), başlangıçta daha hızlı ilerleme gösterirken; B Takımı (ARCHICAD ekibi) 3B modeli geliştirmek ile meşguldü. A Takımı ilk 3 haftada 1.kat planı bitirirken, B Takımı tasarım ve modelleme üzerine çalışıyordu. Ancak B Takımının modelleme işi bittiğinde modelden bütün verileri (kesit, görünüş, perspektif, metraj vb.) otomatik olarak alabilirken; A Takımının hızı tasarım hataları ve revizyonlar nedeni ile kademeli olarak azaldı. 6 hafta sonunda B Takımı projeyi bitirip teslim ederken A Takımı projenin %40 ını tamamlamıştı.

Projenin sonucunda firmanın kurucusu şu yorumları yapmıştır (URL-2).

“Projenin çizim ve belgelerini üretmeye harcanacak zamanı, modellemeye harçayarak tasarıma odaklanarak, daha kaliteli bir proje üretildi.

Aynı zamanda firmada BIMx aracı kullanılarak proje paydaşları ile işbirliği sağlanmış ve müşteriye erken tasarım evresinde projenin tüm detaylarını görebilme imkanı sağlanmıştır.”

7.BBM KULLANIMININ KÜÇÜK ÖLÇEKLİ FİRMAYA KATKILARI

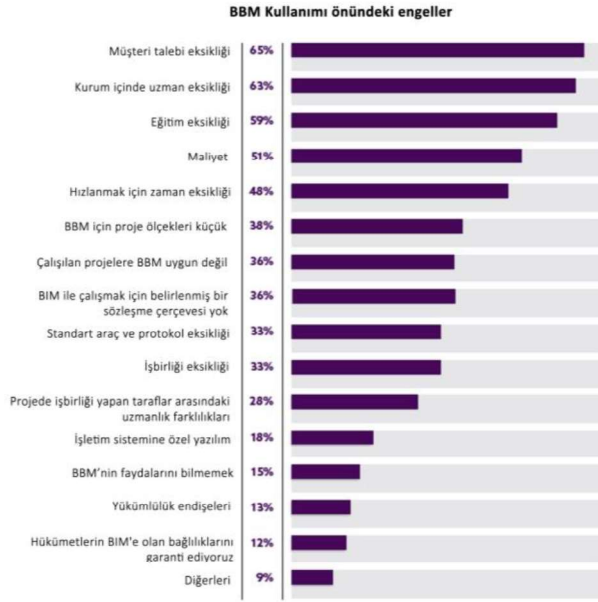
BBM kullanan küçük ölçekli firmalar ve BBM ile üretilen küçük ölçekli proje vaka çalışmalarının incelenmesinin sonucunda, BBM kullanımının firmaya en önemli katkıları, kullanılan yazılım sayesinde 3B modelleme yapılması ve bu modelin müşteriye erken tasarım evresinde sunulması, aynı zamanda 3B modelden elde edilen veriler ile hem maliyet hem de zaman tasarrufu sağlanmasıdır. Bu tasarrufun sonucunda proje teslim hızları artar ve kısa sürede daha fazla proje üretilir. Bu teknolojiyi etkin kullanması sayesinde müşterilerin dikkatini çekip profesyonel imajını geliştirmesine de yardımcı olur.

Bu faydalar büyük ölçekli firmalar için geçerli olsa da küçük ölçekli firmalarda olmasının firmaya en büyük katkısı rekabet gücünü artırması olarak düşünülmektedir. Bu sayede küçük ölçekli bir firma büyük ölçekli firmalar ile birlikte çalışabilirliğini arttırmakta ve ekip olarak projeler üretebilmektedir. Aynı zamanda küçük ölçekli bir firma kurumsal yapısı gereği büyük ölçekli bir firmaya kıyasla BBM çalışma metoduna daha kolay geçerek; büyük ölçekli firmaya da danışmanlık, eğitim ya da proje desteği hizmeti sağlayabilmektedir.

8.KÜÇÜK ÖLÇEKLİ FİRMALARDA BBM'YE GEÇİŞTE KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

Küçük ölçekli firmalarda BBM sistemine geçiş sırasında bu yeni çalışma pratiğinin firmaya katkıları olmasının yanı sıra, BBM' ye geçiş yapan firmada zorluklar ile de karşılaşmıştır.

İngiltere'de NBS tarafından yapılmış araştırmanın sonucu olarak BBM önündeki genel engeller listesinde en üst sırada müşteri talebinin eksikliği bulunmakta ve bu engelin küçük ölçekli firmalar için de geçerli olduğu görülmektedir.



Şekil 8. National BIM Report 2019 (NBS,2019)

BBM ile çalışmayı uzman seviyesinde bilen personelin az olması küçük ve orta ölçekli firmalarda BBM nin benimsenmesini daha fazla etkilemektedir (Hong ve ark., 2017).

Küçük ölçekli ofisler için teknik kapasiteden ziyade yetkin personel eksikliği de en önemli engellerden sayılabilir (Eastman,2011). Teknik kapasitede de BBM önündeki engellerden sayılabilir ama en önemlisi insan faktörü olarak görülmektedir.

Hong ve arkadaşları (2017) çalışmalarında küçük ölçekli firmaların yaşadığı zorluklar hakkında literatür araştırması yapmış ve potansiyel zorluklar başlığı altında küçük firmaların yaşadığı zorlukları finansal, işbirliği ve insan faktörlü zorluklar olarak 3 başlıkta ele almıştır. Finansal zorluklar , lisans satın alımıyla ilgili ücret, yazılım ve donanım ilk maliyeti ve bakım maliyeti ve kurum içi teknik personelin eğitim giderleridir (Qian, 2012; Allen Consulting Group, 2010; Hong ve ark., 2017). İşbirliği ile ilgili zorluklar ise BBM kullanmayan ya da küçük firmanın kullandığından farklı yazılım kullanan proje paydaşları ile çalışmaktır (Haynes,2009). Ancak makalede de belirtildiği gibi IFC formatında çalışılarak bu zorluğu aşmak mümkündür. İnsan kaynaklı zorluk ise BBM hakkında deneyimli personel eksikliği ve kurum içindeki personelin değişime karşı direncidir (Zhou ve ark., 2012).

9.SONUÇ

Bu makalenin sonucu olarak küçük ölçekli bir firmanın proje tasarımında BBM sistemi, geleneksel çalışma yöntemi ile kıyaslandığında daha verimli bir çalışma yöntemi olarak tespit edilmiştir. Makalede BBM nin küçük ve orta ölçekli projelerde kullanımının avantajları ve sınırları gösterilmiştir. Seçilen küçük ölçekli firmalardan Jonathan Reeves Architecture BBM araçlarından Vectorworks yazılımını kullanarak ve bu yazılımda uzmanlaşarak rekabet gücünü arttırmış ve büyük şirketlerle birlikte çalışılabilirliğini arttırmıştır. Diğer küçük ölçekli firma olarak seçilen Studio Klaschka ise kullandığı nokta bulutu teknolojisi ve BBM araçları sayesinde kısa sürede daha fazla projenin rolövesini alarak daha fazla proje üzerinde çalışabilmektedir. Az iş gücü ile BBM araçları sayesinde daha fazla maddi kazanç sağlamıştır. Ayrıca Silence House adında küçük ölçekli bir projede BIM yazılımlarından olan ARCHICAD ile 2B CAD kullanan iki grup üzerinde yapılan deney sonucu BIM araçları kullanan grubun daha hızlı ve tasarıma daha fazla odaklanarak ve denemeler yapılarak daha kaliteli proje üretildiği tespit edilmiştir.

Büyük ölçekli inşaat şirketleri BBM kullanarak avantajlarından fayda sağlarken, küçük ölçekli firmalar ise BBM çalışma sistemini deneyimleyerek olumlu sonuçlara ulaşmıştır. BBM kullanan küçük ölçekli firmalar piyasada rekabet ortamı yaratarak diğer şirketleri de teşvik etmiştir.

Küçük ölçekli firmalar, bu çalışma pratiği sayesinde BBM sistematüğinden yoksun diğer firmalar ile rekabet ortamı yaratmış, diğer şirketleri BBM kullanımına teşvik etmiş ve firma büyüklüğünün önemi olmadan sahip olduğu bu teknolojiyi paylaşma imkânı kazanmıştır. Aynı

zamanda yeniliklere uyum konusunda büyük şirketlere göre daha az zorluk yaşayıp, finansal ve teknik eksiklikler yaşanmıyorsa değişime daha kolay adapte olabilmektedir. Küçük ölçekli firmalar, az sayıda kişi ile BBM sayesinde daha kaliteli ve daha hızlı projeler yapma fırsatı yakalamıştır.

10.KAYNAKLAR

Ademci, M.E. , 2018, Türk Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat Endüstrisinde Yapı Bilgi Modellemesinin Benimsenmesine Yönelik Bir Analiz , Yüksek Lisans Tezi, MSGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı, Proje ve Yapım Yönetimi Bilim Dalı , İstanbul.

Adriaanse, A., Voordijk, H. , Dewulf, G. ,2010, “Adoption and use of interorganizational ICT in a construction project”, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 136 No. 9, pp. 1003-1014.

AIA. , 2014, *Integrated Project Delivery: An updated working definition* (pp. 17).

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

Allen Consulting Group, 2010, “Productivity in the buildings network: assessing the impacts of building information models”, report, Built Environment Innovation and Industry Council, Sydney, October.

Arayıcı, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. , O’reilly, K., 2011, “Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice”, *Automation in Construction*, Vol. 20 No. 2, pp. 189-195.

Azhar, S. , Brown, J. , Sattineni, A. ,2010, “A case study of building performance analyses using building information modeling”, *Proceedings of the 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, Bratislava, pp. 25-27.

Boton, C. and Forgues, D., 2018, “Practices and Processes in BIM Projects: An Exploratory Case Study,” *Adv. Civ. Eng.*, Article ID 7259659.

Cheng, J.C.,Lu, Q. ,2015, “A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide”, *Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 20, pp. 442-478.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K., (2011), *BIM Handbook : A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers,*

Designers, Engineers, and Contractors, (2nd ed.), Hoboken,, New Jersey. : Wiley

European Commission, 2005, *The new SME definition*.

European Commission, 2015, *Entrepreneurship and small and medium-sized enterprises (SMEs) – European Commission*, http://ec.europa.eu/growth/smes/index_en.htm erişim tarihi 01.01.2020

Foremny, A. , 2013, “Wykorzystanie BIM w fazie wykonawczej przedsięwzięć budowlanych,” *Mater. Bud.*, vol. 12, no 496, pp. 82–83.

Fox, S. , Hietanen, J. , 2007 ,“Interorganizational use of building information models: potential for automational, informational and transformational effects”, *Construction Management and Economics*, Vol. 25 No. 3, pp. 289-296.

Haliburton, J. T., 2016, *Building Information Modelling And Small Architectural Practice : An Analysis of Factors Affecting BIM Adoption* , Doctoral Dissertation , Texas A&M University .

Haynes, D. , 2009, “Reflections on some legal and contractual implications of building information modeling (BIM)”, *Construction Watch*, Vol. 2 No. 9, pp. 1-9.

Hong, Y., Hammad, A.W.A., Sepasgozar, S., Akbarnezhad, A., 2017, *Bim Adoption model for small and medium construction organisations in Australia*, *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol.26, pp.154-183.

Inusah, Y., 2018, Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamalarının Yaygınlığı ve Uygulamalardaki başarı düzeyleri üzerine bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi , Akdeniz Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Kapısız, S. ,2013,. *Financial Problems of SMEs in Turkey & How Do They Deal With Them? :STRATEJİK DÜŞÜNCE ENSTİTÜSÜ*.

Klaschka , Robert, 2014 , *BIM in Small Practices* , NBS is part of RIBA Enterprises Ltd.

Klein, R. M., 2010, *Small Firm Managment*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Krygiel, E., Nies, B., 2008, *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. USA: John Wiley & Sons.

Köse , G., 2016, Türk İnşaat Sektörü İçin Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı, Yüksek Lisans Tezi,

Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Manley, K., 2008, “Against the odds: small firms in Australia successfully introducing new technology on construction projects”, Research Policy, Vol. 37 No. 10, pp. 1751-1764.

Marzouk, M., Hisham, M., Ismail, S., Youssef, M. and Seif, O., 2010, “On the use of building information modeling in infrastructure bridges”, Proceedings of the 27th International Conference – Applications of IT in the AEC Industry (CIB W78), pp. 1-10.

Mc Graw-Hills Construction, 2012, SmartMarket Report, The Business Value of BIM in North America Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007–2012)

National Building Specification (NBS), 2019, National BIM Report

Öktem, S., 2016, BIM’e Geçiş Sürecinin Organizasyonel ve Operasyonel Çerçevesi, Yüksek Lisans Tezi , İ.T.Ü. , Fen Bilimleri Enstitüsü , İstanbul.

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

Samuel, E.I., Joseph-Akwara, E. and Richard, A., 2017, Assessment of energy utilization and leakages in buildings with building information model energy, Frontiers of Architectural Research, vol. 6, pp. 29-41

Sarı, R., 2017, Türkiye’de Küçük ve Orta Ölçekli İşletme Büyüklüğündeki Mimarlık ve Mühendislik Firmalarında Yapı Bilgi Modellemesi Olgunluğu Üzerine Bir Araştırma, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Selim, S., 2019, Türkiye’de Yapı Bilgi Modellemesinin Mimari Projelerde Kullanımı Üzerine Bir Uygulama Çalışması , Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü , Trabzon.

Sexton, M. and Barrett, P., 2003, “Appropriate innovation in small construction firms”, Construction Management and Economics, Vol. 21 No. 6, pp. 623-633.

Succar, B. ,Kassem, M. ,2015, “Macro-BIM adoption: Conceptual structures”, Automation in Construction, Vol. 57, pp. 64-79.

Zhou, L., Perera, S., Udeaja, C., Paul, C., 2012, “Readiness of BIM: a case study of a quantity surveying organisation”, 1st UK Academic Conference on Building Information Management (BIM), Northumbria University, Newcastle-upon Tyne, 5-7 September.

İnternet Kaynakları:

Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi, 2012, Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/11/20121104-11.htm>, (Erişim tarihi 01.01.2020).

URL-1 <<http://buildingsmart.org/>>, (Erişim tarihi 01.12.2019).

URL-2 <https://www.graphisoft.com.sg/ftp/marketing/case-studies/graphisoft-case-study-the-silent-house-2019.pdf>, (Erişim tarihi 10.01.2020).