

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÖZGÜR YAPI BİLGİ MODELLEME YAZILIMLARI
ARASINDA YAŞANAN ENTEGRASYON
SORUNLARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Burak ŞALE
1306014001

Anabilim Dalı: Mimarlık
Program: Mimari Tasarım

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Emrah Türkyılmaz

Kasım, 2020

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ÖZGÜR YAPI BİLGİ MODELLEME YAZILIMLARI
ARASINDA YAŞANAN ENTEGRASYON
SORUNLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Burak ŞALE
1306014001

Anabilim Dalı: Mimarlık
Program: Mimari Tasarım

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Emrah Türkyılmaz
Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Evren Burak Enginöz
Dr. Öğr. Üyesi Altuğ Sarıyar (Esenyurt Üniversitesi)

Kasım, 2020

Önsöz

Yüksek lisans tez çalışmamın hazırlanma sürecinde, çalışmamın başından sonuna kadar yol gösteren, öneri ve fikirleriyle yardımcı olan sayın danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Emrah Türkyılmaz'a,

Anketime katılan mimar ve inşaat mühendislerine,

Hayatım boyunca her anlamda yanımda olan ve beni destekleyen aileme, çok teşekkür ediyorum.

KASIM 2020

Burak Şale

(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Önsöz.....	i
Kısaltmalar	iv
Şekil Listesi	vi
Tablo Listesi	viii
TÜRKÇE ÖZET.....	ix
ABSTRACT	xi
2. GİRİŞ	1
2.1 Araştırmanın Amacı	3
2.2 Araştırmanın Kapsamı.....	4
2.3 Literatür Taraması ve Yöntem.....	5
3. YBM, Open BIM ve ÖZGÜR YAZILIM KAVRAMLARININ İNCELENMESİ	6
3.1 YBM’e Genel Yaklaşım	8
3.1.1 YBM Programına Kavramsal Yaklaşım	8
3.1.2 YBM Programının Kullanım Biçimleri.....	9
3.1.3 Yapım Sürecinde YBM	12
3.1.4 YBM’in tarihi	15
3.2 Bulut ve Open BIM	24
3.2.1 Open BIM Tabanlı Yapı Bilgileri ve Birlikte Çalışabilirlik Çerçevesi.....	26
3.2.2 buildingSmart	28
3.2.3 IFC (Industry Foundation Classes) ve BCF (BIM Collaboration Format)	28
3.2.4 Information Delivery Manual (IDM), buildingSmart, buildingSmart Data Dictionary (bsDD) ve Solibri	31
3.3 Özgür Yazılım Terminolojisi ve Tarihi	35
3.3.1 Free Software Foundation	37
3.4 Bölüm Sonucu	38

4. YBM ve Open BIM KAVRAMININ AVANTAJLARI, DEZAVANTAJLARI ile Open BIM PROGRAMLARININ YETENEKLERİ ve STANDARTİZASYONU	39
4.1 YBM Avantajları ve Dezavantajları	40
4.2 ARCHICAD	46
4.3 SAP2000.....	47
4.4 Tekla Structures.....	49
4.5 Autodesk Revit Structure.....	50
4.6 Open BIM Sistemi Avantajları	50
4.7 Open BIM Sistemi Dezavantajları.....	51
4.8 Open BIM Sistemi Standardizasyonu.....	52
4.8.1 Ortak Tasarım-Ortak Yapım	53
4.8.2 Faz Değişimi (yatay entegrasyon).....	54
4.8.3 Operasyonel birlikte çalışabilirlik (dikey işlem entegrasyonu).....	54
4.9 Yazılımlar Kapsamında İletişim Kopuklukları.....	55
5. KULLANICILAR AÇISINDAN OPEN BIM UYUMSUZLUKLARI HAKKINDA YAPILAN ANKET ÇALIŞMASI	58
5.1 Genel Sorular	59
5.1.1 Veri Transferinde IFC Kullanımı	60
5.1.2 Nesnelerin IFC ile Tanımlanması	61
5.1.3 Kullanıcıların Çalışma Boyunca Open BIM’e Katılma İsteği	63
5.1.4 Anket ile İlgili Genel Değerlendirme ve Çözüm Önerileri	63
6. SONUÇ:	69
7. KAYNAKLAR.....	71
7.1 İNTERNET KAYNAKLARI	73
8. EKLER	80

Kısaltmalar

AGPL: Affero General Public License

AIA: American Institute of Architects

AIM: Asset Information Modeling

API: Application Programming Interface

BCF: BIM Collaboration Format

BDT: Bilgisayar Destekli Tasarım

BEP: BIM Execution Plan

BIM: Building Information Modeling

bsDD: buildingSmart Data Dictionary

BSI: The British Standards Institution

BT: Bilişim Teknolojisi

CAD: Computer Aided Design

CC: Creative Commons

DWG: From Drawing

DXF: Drawing Exchange Format

FM: Facility Management

FSF: Free Software Foundation

GNU FDL: GNU Free Documentation License

GNU: GNU's Not Unix

GPL: General Public License

IDM: Information Delivery Manual

IFC: Industry Foundation Classes

IGES: The Initial Graphics Exchange Specification

ISO: International Organization for Standardization

IT: Information Technology

NBIMS-US: The National BIM Standard-United States®

OWL: Web Ontology Language

PNG: Portable Networks Graphics

RDF: Resource Description Frame Work

RESTful: Representational State Transfer

SDNF: Steel Detailing Neutral Format

XML: Extensible Markup Language

YBM: Yapı Bilgi Modelleme



Şekil Listesi

Şekil 1 Strüktürel analiz örneği [URL 42]	11
Şekil 2 Strüktürel analiz örneği [URL 42]	11
Şekil 3 Strüktürel analiz yapımı [URL 42]	12
Şekil 4 Bütünleşik bina modeli (Revit) [URL 43]	13
Şekil 5 Bütünleşik bina modeli (Archicad) [URL 43]	14
Şekil 6 Bütünleşik bina modeli (Navisworks) [URL 43]	14
Şekil 7 Bütünleşik bina modeli (Rhino) [URL 43]	15
Şekil 8 Primavera Profesyonel Proje Yönetimi [URL 50]	16
Şekil 9 Geleneksel yöntemler ile disiplinlerin tasarım sürecine katılımlarının şematik gösterimi [URL 35]	18
Şekil 10 BIM sistemleri ile üretilen modele farklı disiplinlerin katılımına ilişkin şematik gösterim [URL 35]	19
Şekil 11 Farklı disiplinlerin birlikte çalışabilirliğinin şematik gösterimi [URL 22]	21
Şekil 12 Revit açılış ekranı [URL 53]	22
Şekil 13 BIM sistemi ile oluşturulan bir sanal bina ve elde edilen verilen gösterimi [URL 10]	23
Şekil 14 IFC çalışma sistemi [URL 39]	29
Şekil 15 Archicad ile IFC formatı arasındaki sınıflandırma sistemi [URL 51]	30
Şekil 16 IFC formatının yazılımlar arası üstlendiği rolün diller üzerinden örneklenmesi [URL 51]	30
Şekil 17 buildingSmart Data Dictionary ara yüzü [URL 2]	32
Şekil 18 BIM kullanan mimarların IFC içeriğini Solibri Model Viewer ile görmesi Nesteby vd. (2016).	33
Şekil 19 BIM'de çeşitli disiplinlerin modellerinin bulunduğu koordinasyonun Solibri Model Viewer ile incelenmesi Nesteby vd. (2016)	34
Şekil 20 Open Source yazılım örnekleri [URL 28]	37
Şekil 21 Sıradan birlikte çalışma çeşitleri ve standardizasyonu yapılmış birlikte çalışma [URL 48]	53

Şekil 22 Open BIM veri erişim ağı [URL 49].....	55
Şekil 23 Anket uygulanan kişilerin mesleklerindeki deneyim süresi	59
Şekil 24 Anket uygulanan kullanıcıların yaşı	59
Şekil 25 Anket uygulanan kullanıcıların cinsiyeti	60
Şekil 26 Anket uygulanan kullanıcıların mesleği	60
Şekil 27 Veri transferinde sorun yaşanan yapı elemanları	61
Şekil 28 Geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarının görsel kayıpları	62
Şekil 29 Archicad ile IFC formatı arasındaki sınıflandırma sistemi [URL 51]	65
Şekil 30 Veri transferinde sorun yaşanan yapı elemanları	66
Şekil 31 Geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarının görsel kayıpları	67

Tablo Listesi

Tablo 1 Open BIM uyumlu yazılımlar	8
--	---



Enstitüsü	:	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	:	Mimarlık
Programı	:	Mimarlık
Tez Danışmanı	:	Dr. Öğr. Üyesi Emrah Türkyılmaz
Tez Türü ve Tarihi	:	Yüksek Lisans – Kasım 2020

TÜRKÇE ÖZET

ÖZGÜR YAPI BİLGİ MODELLEME YAZILIMLARI ARASINDA YAŞANAN ENTEGRASYON SORUNLARININ İNCELENMESİ

Yapı üretim süreci, farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını gerektiren, çok paydaşlı, çok aşamalı ve karmaşık bir yapıdır. Yapı üretim sürecinde yer alan disiplinlerin birbirleri arasındaki iletişimi, yapım süreci açısından önemlidir. Eski dönemlerde, yapı üretim sürecinde yer alan disiplinler uzun süreler harcayarak el çizimleri yapardı. Tüm disiplinler bu çizimleri birbirleri arasında paylaşırdı. Böylelikle, disiplinler gelen çizimleri referans alarak kendi projelerini güncellerdi. Bu süreçte yapılan hatalar, sürecin uzamasına veya üretim sorunları ile karşılaşılmasına neden olurdu.

Disiplinler zaman içerisinde yaşanan teknolojik gelişimlerle birlikte tasarımlarını bilgisayarlar ile yapmaya başladı. Eskiden düzeltmesi uzun süren basit hatalar, günümüzde bilgisayar yardımı ile kolaylıkla düzeltilebilmektedir. Bilgisayarların kullanılmasına rağmen, disiplinler arasındaki iletişim eksiklikleri sona ermemiştir. Disiplinler için geliştirilen yazılımların çalışma şekilleri farklı olduğundan dolayı, veri paylaşımında zorluklar yaşanmaktadır. İletişimin eksik veya hatalı şekillerde kurulması, üretim sürecini zorlaştıran ve uzatan bir durumdur.

Graphisoft ve Tekla gibi büyük yazılım satıcıları, birlikte çalışmayı kolaylaştırmak için Open BIM kavramını desteklemektedirler. Open BIM'in veri ve model yöntemi belirli bir yazılıma veya ticari bir dosya biçimine bağlı değildir. Open BIM, ISO standartları ile belirlenmiş olan IFC (Industry Foundation Classes) veri modelini kullanan iletişim sistemidir. Kısacası Open BIM, yazılımlar arası ortak dil oluşturarak iletişimin sağlanmasını hedefleyen bir kavramdır. Bu sistemle beraber veri transferleri kolaylaşırken, bazı sorunlar halen daha ortadan kalkmamıştır. Diller arası çeviri yapıldığında nasıl anlam kaymaları yaşanıyorsa, yazılımlar arası çeviri yapıldığında da anlam kaymaları yaşanmaya devam etmiştir.

Tezde amaçlanan; disiplinler arası veri transferinde ortaya çıkan uyuşmazlıkları, kullanıcı ve program bazında tespit edip, çözümler üretmektir. Tezin kapsamında belirlenen disiplinler, sıklıkla veri transferinde bulunan mimar ve inşaat mühendislerine indirgenmiştir. Tezin ilk bölümlerinde veri transferinde yaşanan sorunlar literatürde araştırılmıştır. Paydaşlar arasında anket çalışması yapılarak, çalışma hayatında ortaya çıkan sorunlar tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda, Open BIM kavramının beklendiği kadar özgür olmadığı ve kullanıcıların yeteri kadar eğitilmiş olmadığı tespit edilmiştir.



University: Istanbul Kültür University

Institute: Institute of Graduate Studies

Department: Architecture

Program: Architecture

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Emrah TÜRKYILMAZ

Degree Awarded and Date: MSc. – November 2020

ABSTRACT

INVESTIGATION OF INTEGRATION PROBLEMS BETWEEN Open BIM SOFTWARE

The building production process is a multi-stakeholder, multi-stage, and complex structure that requires different disciplines to work together. The communication between the disciplines involved in the building production process is important in terms of the construction process. In the old times, the disciplines involved in the building production process spent a long time making hand drawings. All disciplines shared these drawings. In this way, disciplines updated their projects by referencing the incoming drawings. Mistakes made in this process would lead to prolongation of the process or production problems.

The disciplines started to make their computer designs with the technological developments experienced over time. Simple errors that used to take a long time to correct can now be easily corrected through computers. Despite the use of computers, communication deficiencies between disciplines have not ended. Difficulties are encountered in data sharing since the working methods of software developed for disciplines are different. Incomplete or incorrect communication is a situation that makes the production process difficult and prolonged.

Major software vendors such as Graphisoft and Tekla support the Open BIM concept to facilitate interoperability. The data and model method of Open BIM does not depend on specific software or a commercial file format. Open BIM is a communication system that uses the IFC (Industry Foundation Classes) data model determined by ISO standards. In brief, Open BIM is a concept that aims to ensure communication by creating a common language between software. While data transfers have become easier with this system, some problems have still not disappeared. Just as there are shifts in meaning when translating between languages, meaning shifts continue to occur when translating between software.

The aim of the thesis; To identify conflicts arising in interdisciplinary data transfer based on user and program and to produce solutions. The disciplines determined within the scope of the thesis are reduced to architects and civil engineers who are intensely transferring data. In the first parts of the thesis, the problems encountered in data transfer have been investigated in the literature. By surveying stakeholders, problems that arise in business life were identified. As a result of the research, it was determined that the concept of Open BIM is not free as expected and the users are not educated enough.



2. GİRİŞ

Yapı sektörü, teknolojinin gelişimi ile değişmeye başlamıştır. Günümüzdeki yapıların karmaşıklığı, başka bir deyişle kullanım amaçlarının çeşitli olması, farklı tasarım modellerinin gelişimine yol açmıştır. Çok işlevli yapıların yapım süreci, geleneksel yöntemden farklı olarak çeşitli katılımcılara ihtiyaç duymaktadır. Yapı üretimi; yüklenici, alt yükleniciler, işveren, tasarımcı, danışmanlar, malzeme tedarikçileri ve bunun gibi daha pek çok katılımcıya gereksinim duymaktadır. Birçok paydaşın birlikte çalışabilmesi için YBM / BIM (Yapı Bilgi Modelleme / Building Information System) ve Open BIM gibi kavramlar ortaya çıkmıştır.

Teknolojinin ivme kazanarak gelişmesi ve ihtiyaçların değişmesi ile projede değişen detaylar, uygulama yöntemlerinin yenilik arayışına girmesine neden olmuştur. Bunun en önemli sebeplerinden biri, süreçle birlikte inşaat projelerinin daha zor yönetilen ve daha çok karmaşık hale gelen sistemleri içinde barındırmasıdır (Redmond vd. , 2012). Bir diğer önemli sebebi ise, projede nicelik ve nitelik olarak büyük oranda değişiklik yaşanmasıdır. Bu değişiklikler özellikle proje yönetimini derinden etkilemektedir. Geleneksel yöntemlere bakıldığında proje yönetimi; proje süreci ve iş programı yapılarak tamamlanabilmektedir. Ancak, inşaat projelerinin karmaşık hale geldiği günümüz şartlarında, bilgisayar programları olmadan proje yönetimi yapılmasının mümkün olmadığı görülmektedir.

Yapı sektöründe disiplinler arası iş birliği, tasarım ve yapım aşamasının en önemli faktörleri olarak görülmektedir. YBM kavramının ortaya çıkması, karmaşık proje aşamalarını hızlandırmış ve daha basit bir süreç olarak yürütülmesini sağlamıştır. Örneğin, Stanford Üniversitesi tarafından yürütülen bir çalışma sonucuna göre; ön tasarım sürecinden itibaren YBM kullanılan 32 büyük ölçekli projede süre tahmini bazında %3'ten %80'e varan kazançlar elde edilmiştir. Bir başka araştırmaya göre; Atlanta'daki Emory Üniversitesi kampüs binasının yapım süreci öncesinden itibaren YBM sisteminin kullanılmasıyla \$259,000 kazanç elde edildiği tespit edilmiştir (Azhar, Khalfan, 2012).

YBM tabanlı sistemin kullanımına dâhil olmayan katılımcılar, genellikle elektrik, statik ve mekanik gruplarını içermektedirler. Projelerde YBM organizasyonu kullanmayıp, klasik BDT / CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım / Computer Aided Design) sistemde faaliyet gösteren katılımcılar proje yapım sürecine dahil olduğunda, katılımcılar arası bilgi paylaşımı zorlaşır. Bu durum da iletişim kopukluğuna neden olmakta ve teslim süreçlerini uzatmaktadır. Bu yazılımlar, projeyi hem daha ekonomik hem de daha hızlı çözse de, farklı iş kollarında, yani

mimardan inşaat mühendisine veya elektrik mühendisinden mimara ulaştırılması ve diğer katılımcılarının proje üzerinde yapmaları gereken dönüşümleri yapmaları sırasında, sıkıntılar yaşatmaya başlamıştır. Bu sıkıntıların yaşanmaya başlaması, ilgili programların çalışma prensiplerinde iyileştirme ve birbiriyle çalışabilecek yazılımların oluşturulması gereğini ortaya çıkarmıştır.

YBM kullanıcıları, açık veri paylaşımında oluşan uyumsuzlukların en aza indirgenmesi ve sistemden tam olarak yararlanılabilmesi için sistemin geliştirilmesi gerektiğini öngörmektedirler. YBM ve Open BIM yaklaşımlarının vaat ettiği ortak dilin mimar, inşaat mühendisi ve diğer paydaşların koordinasyonu ile projenin genel kapsamına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Sistemin sadece üç boyutlu proje yazılımı olmaktan çıkarılması ve inşaat süreçlerinin her aşamasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Open BIM, binaların paydaşlarca birlikte ortak standartlar ve iş akışlarına dayanarak tasarlanıp yapılmasında ve işletilmesinde uluslararası bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır. Bu araştırma farklı disiplinlerin çalışmalarını birbirleriyle paylaşırken yaşadıkları programlar arası problemleri incelemektedir. Yapım sürecini etkileyen paylaşımlar yapılırken, yazılım firmaları hatasız bir veri transferi olmasını öngörmektedir. Uygulama aşamasına geçildiğinde ise veri transferlerinde sınıflandırma, yazılımlar arası yorumlama, konumlandırma ve proje konumu gibi hatalar ortaya çıkmaktadır. Tezin amacı ise bu hatalara çözümler üretmektir.

Open BIM öncesinde YBM, ülkemizde ve dünyada faaliyet gösteren inşaat sektörüne hem üç boyutlu bilgisayar destekli çizim programı, hem de bir projenin yaşam döngüsü boyunca güncellenen, projenin farklı aşamaları boyunca analiz ve tahmin verileri sağlayan bir sistem olarak katkıda bulunmaktadır (Muratoğlu, 2015).

YBM ve beraberinde Open BIM kullanımının yaygınlaşması ile tasarım grupları açısından birlikte yapım projesi katılımcıları arasında tasarım sürecinin farklılaşmasının önemini arttırmıştır. Open BIM'in kullanımıyla beraber bilgi paylaşımının da artması tasarım sürecini yararlı yönde değiştirmiştir. Open BIM ortak kodlama sistemi ile disiplinler arası veri transferini kolaylaştırarak iletişimi güçlendirmiştir. Yapım projelerinde tasarımdan başlayarak uygulama ve iletişim gibi süreçlerinde de Open BIM kullanılması ve proje yapım aşamalarına Open BIM'in entegrasyonu, belirli aşamalarda ortaya çıkan uyumsuzlukları ortadan kaldırmıştır.

YBM programlarının çeşitli iş kollarına sunduğu birçok uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamalar kapsamında hangi Open BIM yazılımı kullanırsa kullanılsın ortak bir dil oluşturulup birlikte çalışma sağlanabileceği öngörülmektedir. Kısacası YBM, yazılımlarını özgürleştirerek veri transferine açık bir hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Özgür Yazılım düşüncesinin altında yatan asıl durum maddi değer değil özgürlük meselesidir. Kullanıcılar arası bütünleşmiş bir şekilde çalışmayı sağlamaktadır. Özgür Yazılım kavramının temeline inip bu programların bize vaat ettiği Özgür Yazılım kullanımının ne kadar gerçek olup olmadığının araştırılması da bu tezin bir başka inceleme konusudur.

2.1 Araştırmanın Amacı

Günümüzde yapı sektörünü ilgilendiren birçok farklı yazılım bulunmaktadır ve bu yazılımlar sayesinde farklı disiplinlerdeki iş kolları kendilerine uygun programlar aracılığıyla çalışabilmektedir.

Projede görevli olan farklı disiplinlerin kendi aralarında ortak bir dille ilerleyerek ortaya ortak bir ürün çıkarmaları gerekmektedir.

Farklı yazılımlarda çalışan bu iş kollarının en büyük sorunu ortak bir yazılım üstünden veri kaybı ve değişimi yaşamadan çalışabilmektir. Open BIM kavramı da bu şekilde gelişmiş bir kavramdır ve farklı iş kollarının kullandığı yazılımlar arası bağ kurmayı hedefler. Fakat nasıl diller arası çeviri yaptığımız zaman anlam kaymaları olabilmekteyse, programlar arası çevirilerde de problemler karşımıza çıkmaktadır. Tezde amaçlanan, disiplinler arası veri transferinde ortaya çıkan uyumsuzlukların, kullanıcı ve program bazında tespit edilerek uyumsuzluklara çözümler üretmektir

Open BIM, açık standartlara ve iş akışlarına dayanan binaların tasarım, yapım ve işletilmesinde evrensel bir yaklaşım olarak görülmektedir. Open BIM, buildingSMART veri modellemesini kullanan birçok yazılım üreticisinin ortak girişimidir. Open BIM, mimar, mühendis ve yatırımcıların ortak bir platformda buluşmasını hedefler. Bu bağlamda Open BIM proje yönetimini geliştiren ve destek sağlayan bir yazılım olduğundan, inşaat sektörüne entegrasyonu önem kazanmıştır.

Open BIM geleneksel proje sürecinin yönetim esaslarının yetersizliği sebebi ile ortaya çıkmıştır. Tasarım ve yapım aşamalarındaki uyumsuzluklar ve bu uyumsuzlukların yapım sürecine etkisi incelenmiştir. Mimar ve inşaat mühendisleri açısından ortaya çıkan

uyuşmazlıkların giderilmesi için gerekli çözümler sunmak bu tezin başlıca hedefleri arasındadır. Bu çalışmada, Open BIM genelinden yapı tasarım özeline inilerek mimari tasarım ve tasarımın statik hesaplarının çözümlenmesi incelenmiştir. Bu incelemede Open BIM'in ortak yazılım dilinin kullanımı ve sistemin eksiklerinin giderilmesi üzerine durulmuştur.

Open BIM yaklaşımının çözmesi gereken en önemli sorunlarından birisi, mimari bilginin statik hesaplama için dönüştürülmesinde ortaya çıkan uyuşmazlıklardır. Mimarın proje verilerini eksik girmesi, statik hesap için kullanılan yazılımların projeyi yanlış yorumlamasına neden olmaktadır. Bu gibi sorunların kullanıcı eğitimleri ve kodlama sistemlerinin yeniden gözden geçirilmesiyle giderilmesi gerekmektedir.

2.2 Araştırmanın Kapsamı

Tasarım süreci birbirinden farklı iş kollarının birbiriyle koordineli bir şekilde çalışmasıyla oluşan bir süreçtir. Tasarım kısmında; mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi, elektrik mühendisi gibi birçok farklı iş kolu bulunmaktadır. Çok paydaşlı tasarım sürecinde mimarların ve mühendislerin birlikte çalışmaları esnasında yaşanan bazı entegrasyon problemleri vardır. Tasarım sürecinde yaşanan bu entegrasyon problemleri mimarlar ve inşaat mühendislerinin farklı programlar kullanıp bu programlardaki verileri birbirleriyle paylaşırken yaşanan veri karmaşıklıklarından kaynaklanmaktadır.

Tez kapsamında mimar ve inşaat mühendislerinin kullandıkları Open BIM ile uyumlu çalışabilen yazılımlar incelenmiştir. Open BIM kavramının tasarım sürecine getirmiş olduğu avantajlardan dolayı pek çok katılımcının bu organizasyonda yer alma isteği artmıştır. Fakat Türkiye'de hala entegrasyon sürecine dahil olmamış çok fazla proje bulunmaktadır. Türkiye'de, entegrasyon sürecinde yaşanan sorunların kullanıcılar ve programlar bazında incelenmesi tez çalışmasının kapsamını oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında araştırmaya katılan mimar ve mühendisler belirli bir proje geçmişi olan ve Open BIM kavramını kullanan mimar ve inşaat mühendisleridir. Çalışma kapsamının bu iki iş koluna indirgenmesinin nedeni tasarım aşamasında karşılıklı yoğun veri akışının yaşanması ve bu veri akışına bağlı olarak ortaya koydukları işin birbirlerine göre değişmesidir. Kullanıcıların bu şekilde seçilmesinin nedeni ise bilgi eksikliklerini en aza indirgeyerek asıl sorunun ortaya çıkarılmasını sağlamaktır.

Bu disiplinlerin kullandığı programların özellikleri mesleki alanda hangi amaçla kullanıldıkları ile sınırlandırılmıştır. Yapılan çalışma kapsamında ortaya çıkan verilerle Open BIM kavramının iletişim kısmı, veri şeffaflığı ve ortak çalışabilme alanları üzerinde durulmuştur.

Tez kapsamında, Archicad, SAP2000, Tekla Structure, Autodesk Revit Structure, Sta4cad ve ideCAD yazılımları araştırılmıştır. Bu programların seçilmesinin nedeni, Türkiye'deki mimar ve inşaat mühendislerinin kullandığı en yaygın yazılımlar olmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucu Sta4cad ve ideCAD firmalarının Open BIM destekli olmadığı belirlendiğinden tez kapsamından çıkarılmıştır.

2.3 Literatür Taraması ve Yöntem

Open BIM kavramı, YBM kavramının üstüne kurulmuş uzun bir geçmişi bulunan bir kavramdır. YBM kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte inşaat sektörü için avantaj sağlayan birçok gelişme yaşanmıştır. Yaşanan gelişmelerle birlikte yeni sorunlarda ortaya çıkmıştır. YBM yazılımları kendilerini geliştirerek sorunlara çözüm üretmeye çalışmışlardır. Belirli bir süre sonra YBM yazılımları kullanıcıların projeleri için yeterli olsa da veri transferlerinde yaşanan sorunlardan dolayı iletişim kopukluklarına yol açmıştır. Proje teslimlerinin hızı günümüz inşaat sektöründe oldukça önem kazanmıştır. Literatür taraması, oluşan iletişim kopukluklarının temeline inip çözümler üretmek için yapılmıştır.

Tez kapsamı, mimar ve inşaat mühendislerinin veri transferinde yaşadıkları iletişim kopuklukları olarak belirlenmiştir. İlk olarak mimar ve inşaat mühendislerinin kullandıkları yazılımlar hakkında literatür çalışmaları yapılmıştır. Yazılımlar arasındaki veri transferlerinde oluşan iletişim kopuklukları tezin konusunu oluşturmaktadır. Yapılan tez araştırmasında yurt içi ve yurt dışı literatür taramalarına yer verilmiştir.

Yapılan çalışmada öncelikle literatür taraması yapılarak konunun kavramsal boyutu oluşturulmuştur. Daha sonra mimarların ve inşaat mühendislerinin çalışma alanlarında yaşadıkları entegrasyon problemlerinin belirlenmesi ve belirlenen bu konuyla ilgili çözüm önerilerinin ortaya konulmasına yönelik bir anket formu hazırlanmıştır. Hazırlanan anket, mesleki hayatlarında YBM programlarını kullanan ve bunları Open BIM aracılığıyla birbirlerine aktaran mimar ve inşaat mühendislerine uygulanmıştır.

3. YBM, Open BIM ve ÖZGÜR YAZILIM KAVRAMLARININ İNCELENMESİ

Bilgisayar çağının başlaması ile inşaat sektöründe de yazılımlar üzerinde çalışmalar başlamıştır. Yazılımların inşaat sektöründe kullanılması ile daha hızlı çalışma, verilerin daha kolay saklanması, elle çizimden bilgisayar ortamında çizime geçiş ve yapılan hatalarda azalmalar başlamıştır. Yazılımlar her ne kadar inşaat sektörüne birçok üstünlük sağlamış ve katkı yapmış olsa da bazı problemleri de gün yüzüne çıkarmıştır.

Tez kapsamında yazılımlarda yaşanan sorunlar YBM ile başlanarak araştırılacaktır.

YBM, NBIMS-US (The National BIM Standard-United States®) tarafından, bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin sayısal temsili olarak tanımlanmaktadır. YBM, “bir tesisin yaşam döngüsü boyunca alınan kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ortak bir bilgi kaynağıdır ve yapım kararından, yıkımın sonuna kadar geçerlidir” şeklinde açıklanmıştır (NBIMS-US, 2016). Tez kapsamında YBM’ye genel bir yaklaşım yapılarak tarihi ve geçirdiği evreler incelenmiştir. YBM yazılımlarının yararları ve uyumsuzlukları üzerinde durulmuştur. YBM programının hedefi; paylaşılabilen, sayısal tabanlı, bütünlük ve çoklu çalışabilen bir yapıya sahip olmaktır. Fakat yaşanan en büyük problem YBM programları arasında veri transferleri yaparken ortaya çıkmıştır. YBM yazılımlarında yaşanan eksikliklerden dolayı, ihtiyaç duyulan yeni gereksinimler ortaya çıkmıştır: Bulut (Cloud) ve Open BIM kavramları.

Open BIM girişimi, Graphisoft ve Tekla gibi büyük yazılım satıcıları tarafından birlikte çalışabilirliği artırmak amacıyla düzenlenerek öne sürülmüştür. Open BIM veri yönetimi ve model yöntemi belirli yazılım veya ticari bir veri biçimine bağlı değildir. Open BIM; binaların tasarımı, üretim ve işletimleri için açık standartlar ve iş akışlarını esas alan evrensel bir yaklaşımdır [URL 22]. Open BIM kavramı, YBM de bulunan verileri; buildingSMART, IFC ve IDM (Information Delivery Manual) kodlarıyla beraber belirli standartlara alarak programlar arası paylaşımı hedeflemiştir. Bu hedeflerin asıl amacı YBM yazılımının özgür bir yazılım sistemine sahip olmasıdır.

Open BIM kavramıyla beraber hedeflenen Özgür Yazılımın nasıl olması gerektiği üstüne araştırmalar yapılmıştır. Özgür Yazılım üzerine kurulan sivil toplum kuruluşu olan Free Software Foundation, Özgür Yazılımın terminolojisi ve tarihi ile başlanarak incelenmiştir. Özgür Yazılım kullanıcıların özgürlüğüne ve topluluk değerlerine saygı duyan yazılım demektir. Özgür Yazılım; kullanıcıların bu yazılımı çalıştırma, kopyalama, dağıtma, değiştirme ve geliştirme özgürlüğüne sahip olduğu anlamına gelmektedir [URL 24].

YBM ve Open BIM yazılımlarında temel yaklaşım amacı, binanın tasarım ve yapım sürecine dahil olan katılımcılar arasında ortak bir dil oluşturmaktır (Oflluoğlu, 2009).

Bu yazılım sistemlerinin amaçladıkları ortak dil sayesinde taraflar arasında güçlü bilgi alışverişı ve iletişim kanalları ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte bu yazılım sistemleri yapım projelerinin üç boyutlu modellerini oluşturmakta da rol oynamaktadır. Bu oluşturulan üç boyutlu modeller proje yapım sürecine dahil olan tüm taraflar arasında görsel bir bağ kurmakta ve tasarım, projelendirme, uygulama ve hatta kullanım süreçlerinin de içine dahil olduğu bir yaşam döngüsünü içermektedir.

YBM ve sağladığı açık bilgi paylaşımı kaynağı olan Open BIM yazılımlarının sağladığı en büyük avantaj, proje yapım sürecinde rol oynayan tarafların çok disiplinli çalışmalarda bulunmalarına rağmen aynı model üzerinde etkileşim kurmasına olanak sağlamasıdır. Bu olanak proje yapım süreci boyunca karşılaşılan birçok zorlu iş sürecinde olumlu yönde bir etki yaratmaktadır.

YBM yazılımı proje süreçlerine dahil olan her disiplini ortak bir dilde buluşturarak, disiplinlerin ortak tasarım yapmasını hedeflemektedir.

Bunun en büyük yararlarından biri uygulama ve üretim aşamalarında oluşabilecek riskleri öngörerek, bu riskleri en aza indirgemektedir. Bununla birlikte öngörülen riskler doğrultusunda gerekebilecek proje revizyonlarına gidilmekte ve zaman kaybı yaşanmadan proje teslimi yapılabilmektedir. Sağlanan yararlar doğrultusunda süreç ilerledikçe artan koordinasyon sorunlarının en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır.

Özgür Yazılım lisanslarının temel amacı yazılımın özgürleşmesi ve özgürlüğünün devam etmesidir. Özgürlüğün sağlanabilmesi için ise kullanıcıların verilerinin, ticari bir marka altına alınarak kamunun erişim, kullanım, değişim ve dağıtım haklarını yok sayılmaması gerekir. Özgür Yazılım, yazılım şirketlerinin yazılımlarının özgürlüğünü korumanın yanı sıra ticari haklarını da korumalıdır.

Yazılım özgürlüğünün eğitimde gelişme adına asli bir görevi vardır. Özgür Yazılım, insan bilgisini yaymak ve öğrencileri toplumların iyi bir bireyi kılmak gibi temel görevleri yerine getirebilecek tek yazılım çeşididir. Her düzeydeki eğitim kurumlarının Özgür Yazılım kullanması, gelecek nesillerde yazılımın özgürleşmesi ve gelişmesi, toplumun öğrenmesi adına önem arz etmektedir. Özgür Yazılım kaynak kodları ve yöntemleri insan bilgisinin bir parçasıdır. Buna karşın ticari yazılımlarda bilgi gizli ve erişimi kısıtlıdır. Bu da eğitim

kurumlarının gereksinimlerini karşılamamaktadır. Özgür Yazılım eğitimi desteklerken, özgür olmayan ticari yazılımlar eğitimi olumsuz olarak etkiler.

3.1 YBM'e Genel Yaklaşım

YBM yazılımı düşünce ve anlayış olarak 1970'li yıllarda tanıtılmıştır. Buna rağmen zamanın teknolojik kısıtlamaları yüzünden, 1990'lı yılların ortalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Abbasnejad, Moud, 2013). 1990'lı yıllar bina yapımlarının bilgisayarlı ortama geçişinin başlangıç yılları olmuştur. Bina yapım sürecini etkin hale getirecek pek çok yazılım üzerine çalışmalar yapılmıştır. 1990'ların başlarında grafiksel analizleri ve simülasyonları bütünleştirerek, farklı koşullar altında binanın uyumunu, geometrisini, malzeme özelliklerini ve sistemlerini de içerecek şekilde, binanın nasıl davranacağı hakkında bilgi sağlamak için yazılımlar geliştirilmiştir (Barnes, Davies 2014). Bu yazılımların geliştirilmeye çalışılması ile, YBM daha da gelişerek günümüze gelmiştir. 2000'li yıllara gelindiğinde YBM pilot projelerde kullanılmaya başlanmıştır. Mimar, mühendis ve bina yapım sürecinde bulunan katılımcıların yapı tasarım sürecini desteklemek ve etkin hale getirmek amaçlanmıştır. YBM, 1970'li yıllarından başından itibaren konsept olarak biliniyor olmasına rağmen, resmi olarak 2002 yılında Jerry Laiserin tarafından öne sürülmüştür (Miettinen , Paavola, 2014). Mimarlık ve mühendislik alanlarında bilgisayar destekli proje yapım sürecine geçilmesiyle birlikte birçok yazılım üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Tablo 1). Bununla birlikte yazılımların geliştirilmesi YBM'in alanında büyümesine katkı sağlamıştır. YBM yazılımının gelişmesi ve etkin olarak kullanılması maliyet, enerji ve başka boyutlar içeren modellerin önünü açmıştır (Barnes, Davies, 2014).

Tablo 1 Open BIM uyumlu yazılımlar

1. Autodesk BIM 360	2. Revit	3. Archicad
4. Tekla Structures	5. Autodesk Revit Structure	6. SketchUp

3.1.1 YBM Programına Kavramsal Yaklaşım

Günümüzde sayısal tabanlı tasarım süreçleri, karmaşık ve melez çalışma yöntemleri ile ilerlemektedir. Bu kapsamda, tasarım süreçlerinden önce bu süreci tanımlayacak tasarımı ve geçiş süreçlerinin araştırılması önem kazanmıştır.

Bilgisayar tabanlı tasarım süreçleri veya sayısal tabanlı tasarım süreçleri üzerinde yapılan araştırmalar, mimarlık alanını da doğrudan etkilemektedir. Sürecin tasarlanması, sayısal tabanlı tasarım süreçlerine geçiş yöntemi olarak ele alınmaktadır.

Mimarlık alanında yapılan yenilikler ve günümüz teknolojisinin getirileri, tasarım yöntemlerine farklı bakış açıları kazandırmıştır. Sayısal tabanlı tasarım süreçleri, karmaşık tasarımlarda kolaylık sağlamaktadır. Bununla birlikte, getirilmiş sayısal tabanlı tasarım süreci, sabit ve değişmez bir tasarım yöntemine karşıdır. Buna karşı olarak mimarların yaklaşımı, karmaşık tasarım süreçlerinde her projenin gerektirdiği yaklaşımı tercih etmektedir.

YBM programının hedefi; paylaşılabilen, dijital tabanlı, bütünleşmiş ve çoklu çalışabilen bir yapıya sahip olmaktır.

YBM yöntemi ile yapılan yapı modellemesi, ortak tasarım ve bütünleşik proje yapmak için oluşturulmuş gelişmekte olan bir teknolojidir (Yan vd., 2011). Burada bütünleşik proje teslimatı ile anlatılmak istenen, bir inşaat projesinin disiplinler arası tüm bölümlerinin (altyapı, üstyapı, elektrik, çevre vs.) hazırladığı projelerin bir arada birleştirilerek teslim edilmesidir. Böylelikle ortak bir dil oluşturarak, tek bir proje halinde yapı projesi detaylandırılmaktadır (Atabay , Öztürk. 2012).

Yapı tasarım sürecinde, ilk eskizlerden nokta detaylarına kadar sürecin tüm disiplinlerinde birçok veri üretilir. Geleneksel CAD yazılımlarında, bu veriler, birbirinden bağımsız belgeler ile temsil edilir. Plan çizimleri, görünüş ve kesitler, detaylar, metraj listeleri hepsi aynı yapıyı tanımlıyor olsalar da birbirinden bağımsız belgelerdir. Aynı bilgiyi birbirinden bağımsız belgeler oluşturmak için yeniden çizmek, yazmak, yerleştirmek hatalara açıktır. Tasarımda yapılan değişiklikler, tüm bu birbirlerinden bağımsız olarak üretilen belgelerde ayrı ayrı yapılmak zorundadır. Özellikle proje teslim tarihi yaklaştıkça ve belge sayısı arttıkça, bu değişiklikler çok can sıkıcı olabilir. Buna bir de yapım sırasında ortaya çıkan düzeltmeler eklenince, günümüzde geleneksel yöntemlerin yetersiz kalacağı açıktır.

3.1.2 YBM Programının Kullanım Biçimleri

YBM yazılımları, yapı üretiminin tüm yaşam döngüsü boyunca katılımcıların proje verilerine erişebilmesi açısından önemli bir rol üstlenmektedir (Volk vd., 2014). Bina bilgileri, disiplinlerin birlikte çalışarak sayısal veri tabanlarını oluşturması ve yürütmesi ile modellenmiştir. Veri tabanının herhangi bir kısmında güncelleme yapıldığında, tüm bölümler

eş güdümlü olarak çalışmakta olduğu için bu değişim herkes tarafından kontrol edilebilir (Autodesk, 2016).

Çoğu zaman bu durum yanlış anlaşılmaktadır. YBM hakkında yanlış olan bir kanı vardır. YBM, tek bir model ya da veri tabanı değildir. YBM'nin otomatik modelleme sistemleriyle kullanıcıların yerini alabileceği düşünülmektedir fakat kullanıcılar olmadan modelleme yapılamamaktadır.

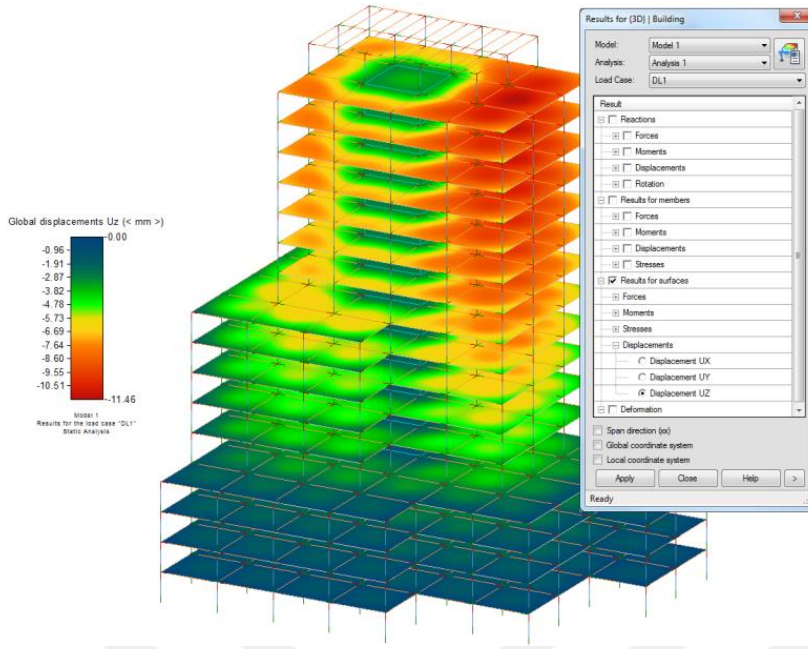
YBM, tasarım sürecinden bina işletimine kadar binanın tüm varlık döngüsü içinde kullanılabilir. Bu kullanımı başlıca dört başlıkta toplamak mümkündür:

1. Tasarım Sürecinde kullanım: Fizibilite sonrası sisteme eklenecek resmi evraklar, ihtiyaç listeleri, ön proje tasarımı, kesin proje tasarımı, statik-elektrik ve mekanik projeleri vb.
2. Çevresel Analizlerde kullanım: Işık analizi, ısı-yalıtım analizi vb.
3. Bina Yapım Sürecinde kullanım: Malzeme sağlanması, revizyon kontrolü, depolama kontrolü vb.
4. Bina İşletiminde kullanım: Arıza tespiti, revizyon kontrolü, yıkım vb. (Ofloğlu, 2009)

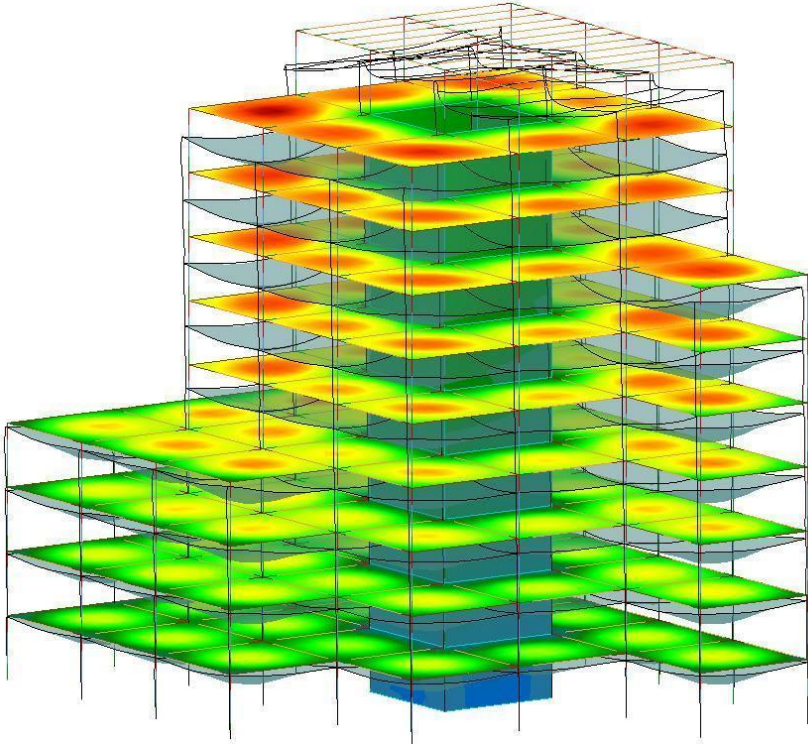
YBM, bilgisayar destekli bir tasarım aracı değil, yeni ve kapsamlı bilgiye dayalı yapım sürecidir (Shourangiz vd. 2011). Yalnızca bir veri saklayıcı olmanın ötesinde nesne tabanlı bir tasarım anlayışı sunmaktadır. Bu nesne tabanlı sistem, duvar, kolon, kapı, pencere gibi bina elemanlarının gerçek görev ve davranışları ile model üzerinde yer almasına olanak sağlamakta ve bu nesnelerin birbirleri ile ilişkilendirilmelerini mümkün kılmaktadır (Babič vd., 2010).

YBM aracılığı ile oluşturulmuş bina yapım proje modelleri, sadece üç boyutlu modelleri değil, bunlara ek olarak, gerçek yaşam döngüsünün yapım sürecinde gereksinim duyulabilecek tüm model verilerini de kapsamaktadır. Proje yaşam döngüsünde, üretim malzemeleri, maliyet analizleri, ısı ve performans analizleri vb. sayesinde katılımcılar arasında projenin kontrolünü kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.

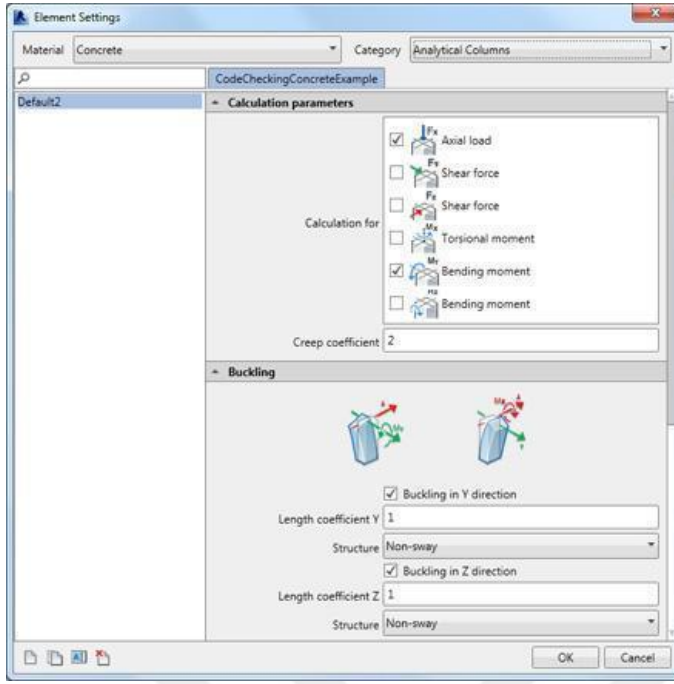
YBM yazılımları, gerekli analizlerin ve metraj listelerinin hazırlanmasına yardımcı olarak ve taraflar arasında hukuki ve yasal belgelerin paylaşımına olanak sağlayarak proje döngüsünün önemli bir parçası haline gelmektedir (Şekil 1, 2 ve 3).



Şekil 1 Strüktürel analiz örneği [URL 42]



Şekil 2 Strüktürel analiz örneği [URL 42]



Şekil 3 Strüktürel analiz yapımı [URL 42]

3.1.3 Yapım Sürecinde YBM

YBM, temel anlamda bütünleşik tasarım ve proje teslim süreçlerini destekleyebilen ve mevcut bilgi teknolojileri ile karşılaştırıldığında belirgin üstünlükler sunan bir teknoloji, metodoloji ve süreçler bütünü olarak algılanmaktadır.

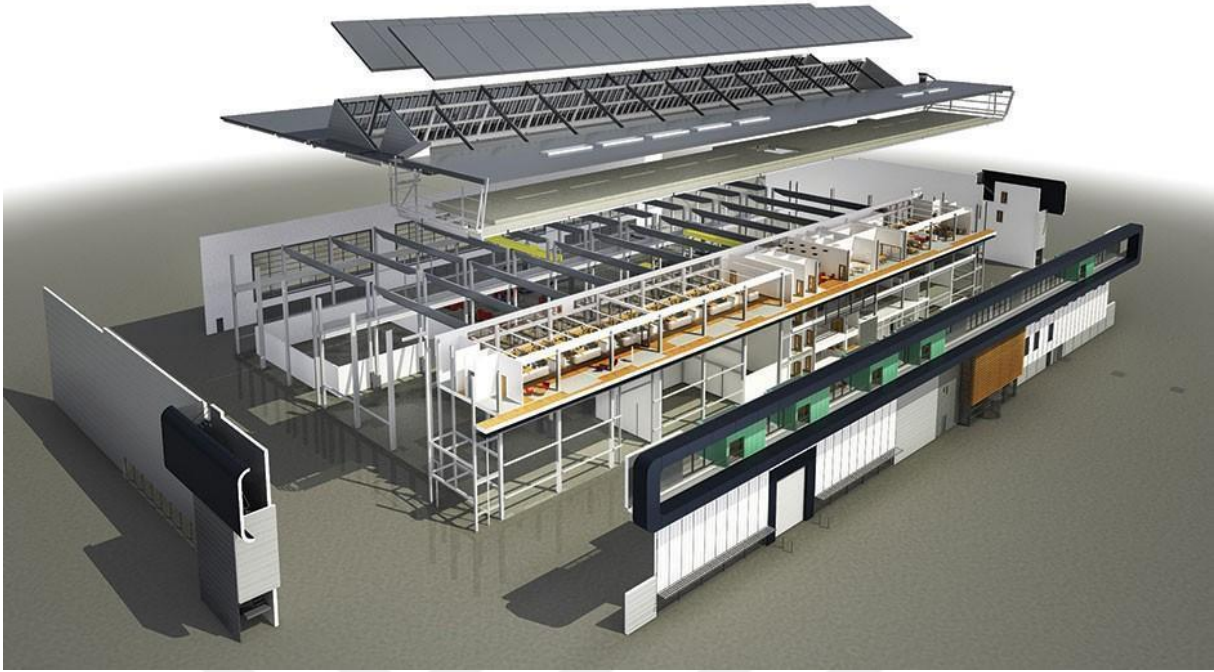
Bu bağlamda, verilen örnekler göz önünde bulundurularak, YBM yazılım aracı üç boyutlu modelleme aracı olarak kullanılabilir. Proje yapımı gerçek yaşam döngüsüne uygun olarak üç boyutlu bina modelleri oluşturmada ve büyük kolaylıklar sağlamaktadır. YBM yazılımlarının kullanılmasının ve geliştirilmesinin amacı, üç boyutlu model üzerine kurulan gerçek bilgiye dayalı bir yapım sürecinin ihtiyacıdır. YBM, bilgisayar destekli bir tasarım aracı değil, yeni ve kapsamlı bilgiye dayalı yapım sürecidir (Shourangiz vd. , 2011).

YBM yazılımlarının bütünleşmesi ile ortaya çıkan verinin üretilmesi ve depolanması kavramları, yeni bir tasarım anlayışı ve yaklaşımı gerektirmektedir. Bu yaklaşım, tasarım sürecini nesne tabanlı bir tasarım anlayışına dönüştürmektedir. Önceleri üç boyutlu bina modellemesi için olan nesneler, gerçek dünyadaki işlevleri ile tanımlanmaya başlanmıştır (Babic v.d., 2010). Bu nesne tabanlı tasarım süreci ve üç boyutlu modelleme sistemi duvar, kolon, pencere, kapı gibi gerçek dünyada kullanılan yapı elemanlarını içermektedir. Tüm disiplinlerin bütünleşik olarak çalışabilmesi için, projeyi oluşturan olan tüm nesnelerin

tanımlanmasını gerektirmektedir. Böylelikle, test analizleri, performans ve strüktür analizleri, maliyet analizleri ile hukuki ve yasal belgeler de YBM ortamında tanımlanabilmekte ve projenin kontrolünü kolaylaştırmaktadır (Şekil 4, 5, 6 ve 7).



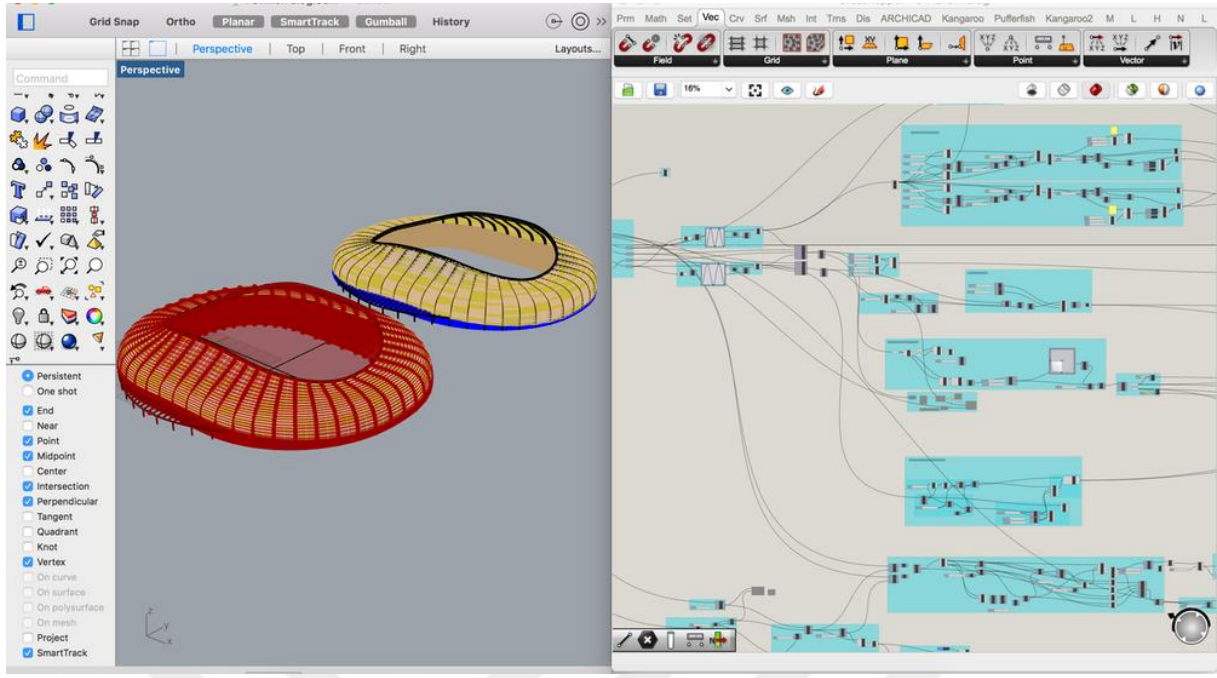
Şekil 4 Bütünleşik bina modeli (Revit) [URL 43]



Şekil 5 Bütünleşik bina modeli (Archicad) [URL 43]



Şekil 6 Bütünleşik bina modeli (Navisworks) [URL 43]



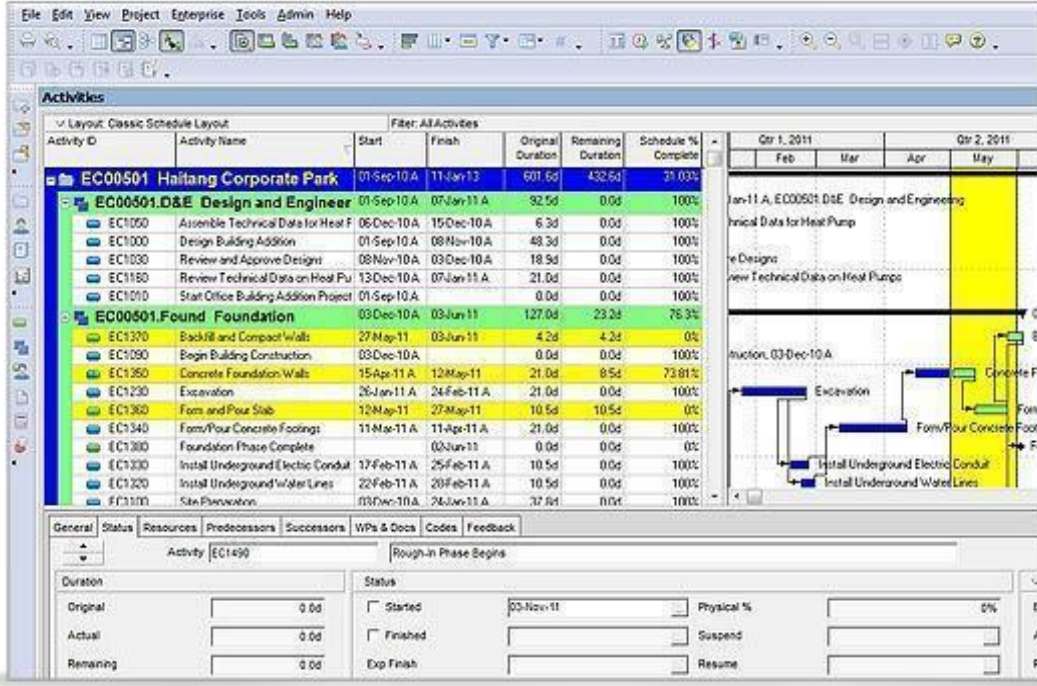
Şekil 7 Bütünleşik bina modeli (Rhino) [URL 43]

YBM yazılımları bina yapım aşamasını farklı aşamalara bölerek süreçteki karışıklığı düzenlemede yardımcı unsur olarak görev almaktadır. Tasarım aşamasında üç boyutlu görselleştirme ile gerekli analizleri gerçekleştirilmektedir. Bu analizlere, inşa edilebilirlik kontrolü, işler arası koordinasyon ve maliyet analizi de dahildir.

YBM modelleri üç boyutlu ortamda gerçek boyutları ile oluşturulduğu için, bütün ana sistemler uyumsuzluk için görsel olarak kontrol edilebilmekte ve disiplinler arası çakışma kontrolleri yapılabilmektedir. Ayrıca proje takımı YBM modellerini kullanarak sahadaki operasyonların planlanması için detaylı inşa edilebilirlik analizleri de gerçekleştirebilmektedir (Azhar, Khalfan ,2012).

3.1.4 YBM'in tarihi

Sektörde kullanılan ilk proje yönetimi yazılımları, 1980 ve 1990'lı yıllarda ortaya çıkmış ve inşaat programlama amacı olarak kullanılmıştır. Primavera Suretrak o zamanlar endüstrinin standart programı olarak kullanılmış ve hala günümüzde de inşaat sektöründe programlama yazılımı olarak kullanılmaya devam etmektedir (Basu, 2007). Bilgisayar, inşaat programlama için en mükemmel araç olmasına rağmen yine de Primavera o zamanlar yeterli gelmemiştir (Şekil 8) [URL 50].



Şekil 8 Primavera Profesyonel Proje Yönetimi [URL 50]

Yıllar önce inşaat program ve proje yönetim çıktıları elle hazırlanan uzun kâğıt şeritlerden oluşmaktaydı. Programlamaya dahil olan kritik yolları ve potansiyel gecikme alanlarını anlamak, anlatabilmek ve bunların oluşturma süreci haftalarca sürmekteydi. Primavera'nın icadı ile inşaat programlama yöntemi otomatik olarak yazılıma aktarılabilmeye başlamıştır. Bu da programlamayı yapan kişinin potansiyel süreç gecikmelerini kolayca anlamasına ve yönetimini sağlamasına olanak vermiştir. Diğer taraftan, Primavera, proje yönetimi yazılımı olarak icat edilmemiş ve kullanımı amaçlanmamıştır. Primavera, inşaat yönetimi ve proje yönetimi yazılımlarının teknolojik anlamda gelişmelerine olanak sağlamıştır. Bu nedenle Primavera, YBM kavramının gelişimine öncülük etmiştir de denebilmektedir.

Çevrimiçi inşaat ve proje yönetimi, teknolojinin etkisi ile 21.yy'da yaygınlaşmıştır. Proje yönetimi yazılım programları, iş sahiplerinin ve mimarların arasında sürecin takip ve yönetimi kapsamında bir bütünlük sağlamıştır. Bunlara örnek olarak Prolog Project Manager ve Pracone gösterilebilir. Temel ve en önemli avantajı bu programların ortak bir bilgi ağı oluşturarak paylaşımcıların daha hızlı ulaşabilmesini sağlamaktır (O'Brian, 2000). Bu gelişme, belgelenmenin gerçek zamanlı elde edilmesine yarar sağlamıştır. Geleneksel olarak elde edilen

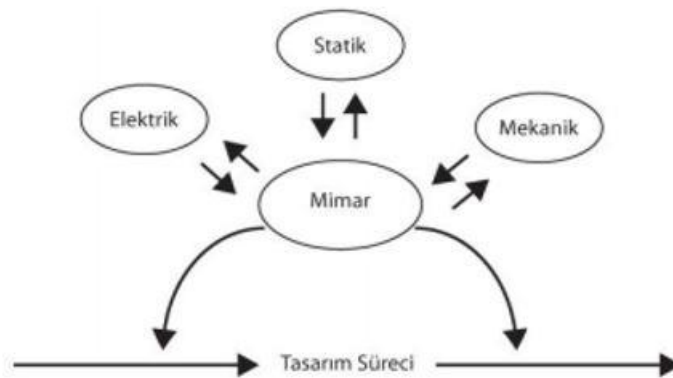
raporlara göre belgelenme süresini yarı yarıya indirmiştir. Faks çekmek, e-posta göndermek ve diğer iletişim formları ile kaybedilen zamandan büyük anlamda tasarruf sağlanmıştır.

Web tabanlı proje yönetiminde yazılımda saklanan bilgilerin bir kısmı ulaşılır olsa da güvenlik sebebi ile geneli ulaşılamaz halde depolanmaya şartlanmıştır. Örneğin, alt yüklenicinin bilgiye ulaşması için izin sağlanmıştır ancak bilgi talebini yerine getirebilmek için doğru kanalları takip etmesi gerekmektedir. Eğer bilgi talebi doğru bir şekilde talep edilen alt yükleniciye ulaşmaz ise o zaman proje merkezi olan tasarımcıya yönlendirilmektedir. O'Brian (2000)'e göre proje yönetimi web sitelerinin en büyük avantajları, nitelikli, hızlı bilgi alışverişini ve bununla birlikte otomatik olarak iletişime geçilmesini sağlamasıdır. Bahsedilen bu otomatik iletişim ise verilerin belirli standartlarda kodlanmış olmasından dolayı sağlanan iletişim kolaylığıdır. Artan iletişim kaynaklarına rağmen kullanıcıların iletişim kaynaklarına uyum sağlayamaması yeni sorunlar ortaya çıkarmaya başlamıştır. Bununla ilgili önemli sorunlardan birisi, alt yüklenici, bilgilendirme talebini mimardan istediğinde, mimar bu talebi Open BIM gibi teknolojik kanallardan sağlamasına rağmen alt yüklenicinin bu sistemlere uyum sağlamamasıdır. Elde ettiği verileri yöneticisine bildirmesi gerekmektedir ancak yöneticisi cep telefonu, e-mail, faks ve proje web sitesi kullanmaktadır. Bu bütün iletişim kanalları yöneticiye daha tanıdık geldiği için alt yüklenici de daha geleneksel yöntemlerle iletişim kurmayı tercih edecektir. Bir diğer büyük engel ise O'Brian'a göre (2000) sitenin fazla karmaşık olmasıdır. Web tabanlı proje yönetim sitelerinin özelliği, projeye ait bütün bilgilerin depolandığı ve herkesin ulaşabileceği açık bir platform olmasıdır. Bununla birlikte bilinmesi gereken, her şirketin proje başlangıcı takip süresinden bitişine kadar has yöntemleri ve kuralları vardır. Gereksinimlerin de farklı olması, göz önünde bulundurulması gereken önemli bir özelliktir. O'Brian'ın (2000) yapmış olduğu araştırmanın on yılı aşkın bir süreyi geçmesine rağmen, yazılımların bu gelişmelere yeni uyum sağlamaya başlaması, yazılımların gelişme hızının yavaşlığını göstermektedir. Bununla birlikte Nesteby vd. (2016), “Şirket gerçekten proje yönetimi yazılımına ihtiyaç duyuyor mu?” sorusunu ortaya atmıştır. Hiçbir proje yönetim yazılımı, insanın ortaya koyduğu iyi proje yönetiminin önüne geçemez. Bir projenin ihtiyacı olan iyi bir proje yöneticisidir. Proje yöneticisi, yönetmeyi ve koordine etmeyi aynı zamanda organize ederek takımındakilere ilham vermeyi bilmelidir. Öte yandan bir bilgisayar yazılımının gerçek bir insanın hâkim olduğu tüm bu etmenlere hakimiyet kurması mümkün değildir. Nesteby vd. (2016), bu durumda sadece iyi bir proje yönetiminden çok teknoloji araçlarının üstünde durulduğunun da altını çizmektedir. Bu durum ve bakış açısı YBM'nin üçüncü boyutu göz önünde bulundurduğunda, doğruluğunu

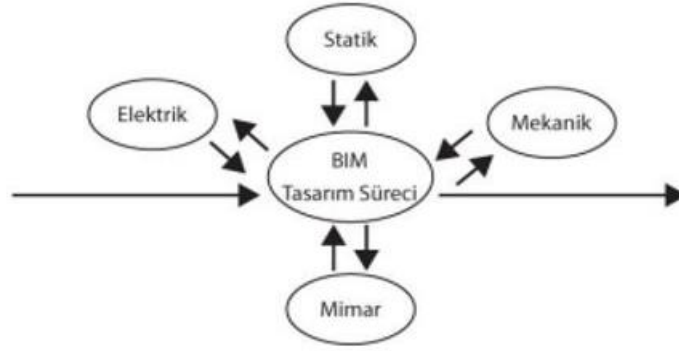
desteklemektedir. Yine de otuz yıllık deneyimi olan mimarların doğru veriler ve güvenilir modeller ürettiği söylenebilir.

Tüm yazılım paketleri birbiri ile iletişim halinde olmalıdır (Betts vd. 2006). Bir bina projesinin tanımlanması, idare edilmesi ve yönetim iş süreci bir bütün halinde olmalıdır. Bu durum kullanıcılarla beraber çalışma olanağı tanımaktadır. Bu, müşterilere verilen değeri göstermekte ve daha da önemlisi yaşam-gider döngüsünü azaltmaktadır. Bu durumun yeni bir konu olması ile sektörün yazılım anlayışı her geçen gün değişmektedir. Yazılımların birlikte çalışmaması büyük sorun yaratmakta ve proje hedeflenen teslim süresinde teslim edilememektedir. YBM yazılımı her geçen gün popülerliğini hız kazanarak arttırmaktadır. Pek çok iş sahibi ihale projelerinde YBM'yi bir gereklilik olarak talep etmektedir. YBM, yazılım olarak hem mimarla hem tasarım ekibiyle hem de yükleniciler ve alt yükleniciler ile iletişim kurmayı becerebilmektedir.

YBM "bilgi teknolojisi" kavramı olan bir yaklaşıma sahiptir. Bu öngörülen yaklaşıma göre bina bilgi teknolojisi tasarım bütünlüğü, sanal prototip simülasyonu ve bina koruması gibi birçok niteliğe izin vermektedir. YBM diğer yazılımlardan farklı olarak kullanıcılara üç boyutlu modelleme özelliği sunarak güçlü bir araç haline dönüşmüştür. Model analizinin seçimi ve proje konsept sürecine kadar olan tüm işlemleri tek bir yazılım üzerinden yapabilecek bir araca dönüştürmüştür (Şekil 9 ve Şekil10). YBM, tasarım bilgilerinin hepsini saklayan bir depo olmasından dolayı, tasarımı yapılan bina ile bütünleşik hareket etmektedir. Kısaca model üzerinde değişim yapılması aynı zamanda tüm projeyi etkilemekte ve yapısal küçük değişiklikler dahil geri kalan tüm projeyi değiştirmektedir.



Şekil 9 Geleneksel yöntemler ile disiplinlerin tasarım sürecine katılımlarının şematik gösterimi [URL 35]



Şekil 10 BIM sistemleri ile üretilen modele farklı disiplinlerin katılımına ilişkin şematik gösterim [URL 35]

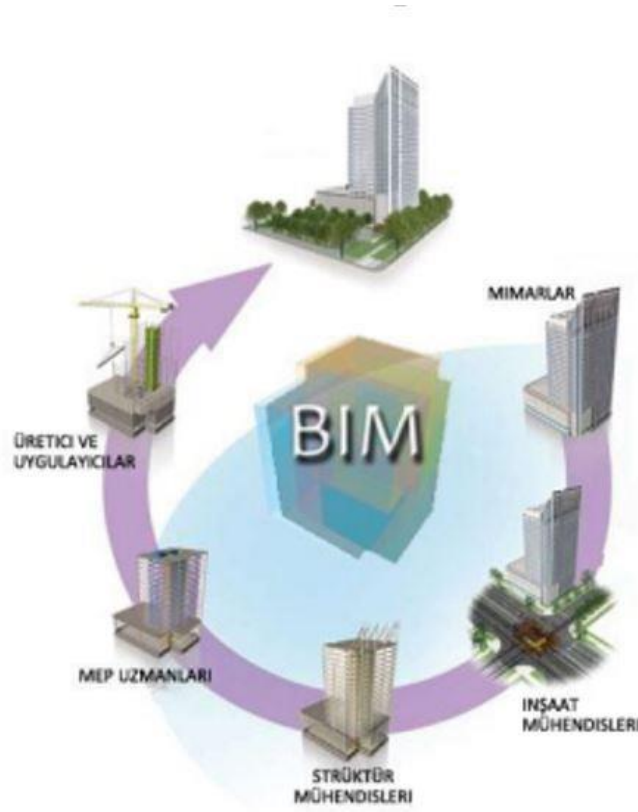
Azhar'ın (2012) bakış açısına göre; teknoloji kapsamında bina bilişim modeli, üç boyutlu proje simülasyonu ve projeye ait elemanların tüm gereken bilgileri, projenin gerçek hayattaki süreç döngüsü ile bağlantılı olmalıdır. YBM, yazılım sektöründe ilk olarak kullanılmaya başlandığında CAD yazılımlarını köklü bir şekilde etkilemiş ve değiştirmiştir. Bir objeyi değiştirmek ona bağlı olan diğer objeyi de değiştirmektedir. Bu şekilde objeler arası ilişki oluşturulmaktadır. Buna ek olarak her bir objenin binaya ait verisi bulunmaktadır. Bu da fiziksel ve fonksiyonel karakterini ve projenin yaşam döngüsüne ait bilgileri barındırmaktadır. Sonuç olarak bir projenin YBM projesi olarak algılanabilmesi için yapılan değişimleri destekliyor olması gerekmektedir. Örneğin; bir değişim söz konusu olduğunda buna bağlı başka değişimlerin veya güncellemelerin otomatik olarak yapılabiliyor olması gerekmektedir (Azhar, Khalfan, 2012).

YBM, bütün yazılımları tek bir yazılımda birleştirerek tüm süreçleri içinde barındırmaktadır. 2004 yılında Setzer, web tabanlı proje yönetim yazılımları ve araçlarının inşaat sektöründe kalıcı olduğunu vurgulamıştır. Ancak alt yükleniciler işi kalem ve kâğıt gibi geleneksel yöntemlerle yürütmeye devam etmişlerdir. (Setzer 2004).

Setzer (2004), araştırmasını standartlaşmış belgeleme üzerine odaklamıştır. Standartlaşmış belgelemenin sorun yaratması, aslında YBM'nin yazılım olarak standartlaşmış belge sunmamasıdır. Bunun sorun olmasındaki ilk etken her firmanın işleyiş biçiminin farklı olmasıdır. Bu işleyiş biçimi kullanılan programda da değişkenlik göstermektedir. Farklı program paketleri ve farklı formatlar en basit işlemi dahi yapmakta zorluk çıkartmaktadır. Sonuç olarak yazılımlar arası iletişim kopukluğuna sebep olmaktadır (Khattab,2000).

Günümüzde halen çoğu alt yüklenici, birden fazla yazılım paketleri kullanmaya devam etmektedir (Şekil 11). Kullandıkları paketlerin çoğu YBM paketleri değerleri ile uyumlu değildir. Kullandıkları yazılımların bazıları diğer yazılımlar ile iletişim kuramamaktadır. Buna örnek olarak modellerin veri girişinin farklı disiplinler tarafından birçok kez yapılması gösterilebilir. Bu durum tasarım sürecinde gereksiz süre harcanmasına yol açmaktadır. Birden fazla yazılım programının kullanılması bilgi paylaşımını güç hale getirmektedir. Yaşanan bu zorlukların sebebi yazılımların sadece belli başlı uyumlu sürümler ile çalışması ve her yıl lisans yenilemeyi talep etmesidir. Şartlar sağlanmazsa yazılımlar basit bir belgeyi bile açmayı engellemektedir.

2007 yılına gelindiğinde proje yazılım programlama, proje yönetim aracı olarak kullanım hızını kaybetmiştir. YBM'nin halen yazılım olarak kısıtlaması yüzünden belgeleme paylaşımı ve proje yönetim aracı olarak sorunlar yaşamasına neden olmaktadır (Anumba vd. , 2010).



Şekil 11 Farklı disiplinlerin birlikte çalışabilirliğinin şematik gösterimi [URL 22]

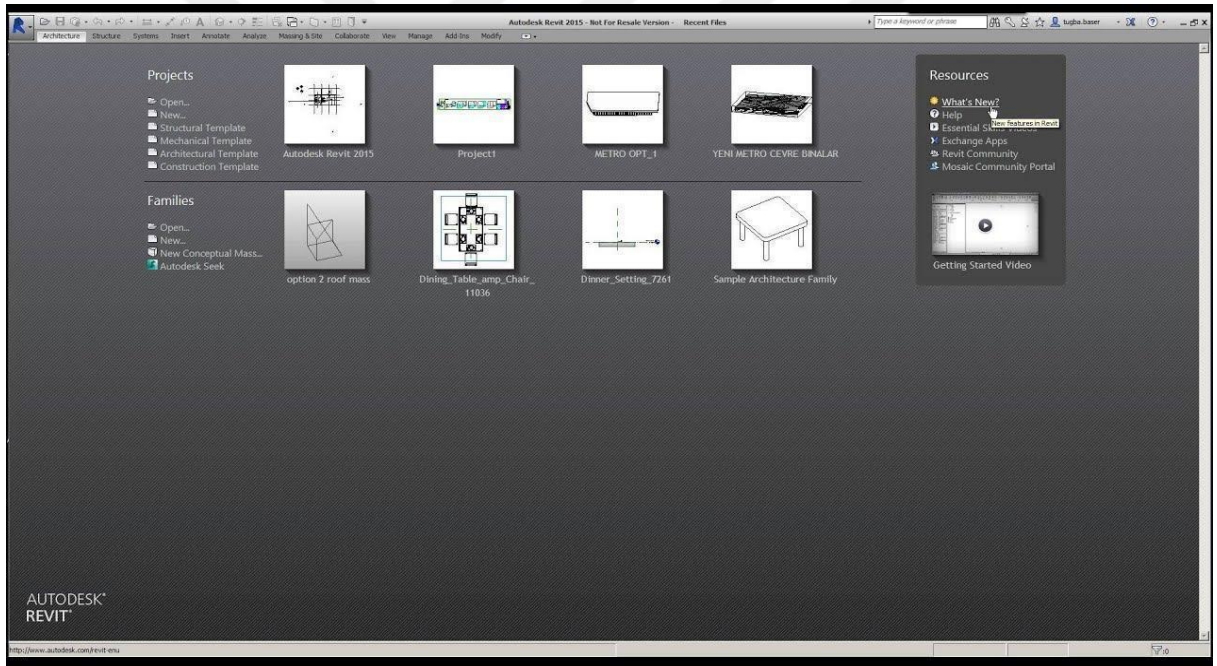
YBM organizasyonu, sistem olarak içerisine kaydedilen verilerin başka formatlarda da kullanılmasına olanak sağlayan açık bir sistemdir. Verilerin dönüştürülmesinde çok kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır. Bunun sebebi YBM'nin sistem olarak çok yönlü kullanılabilen veri yapısından gelmektedir. Veri dönüşümünün önemi basitçe açıklanabilmektedir. Öncelikle tasarım süreçlerinde büyük öneme sahip olan YBM, farklı yazılımlar ile uyum içindedir. Bununla birlikte farklı yazılımlar ile ilişkisinin güçlü olması tasarım sürecinin daha etkili ve istenilen yönde şekil almasına olanak sağlamaktadır. Farklı yazılımlar aracılığı ile tasarım süreçlerine ve yapım proje süreçlerine dâhil olan katılımcılar, bu farklı yazılımları tek bir YBM yazılımı üzerinden takip edebilmektedir. Buna ek olarak, proje yapımı üzerinde değişiklik yapabilmekte ve değişiklikleri takip edebilmektedir. Open BIM açık paylaşım kaynağı sayesinde herhangi bir sorun halinde vakit kaybetmeksizin verilere müdahale edilebilmektedir.

Günümüzde yapı üretimi, karmaşık ve gelişmiş uygulama yöntemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. İvmelenerek gelişen teknoloji sayesinde tasarım yöntemlerimiz de aynı oranda

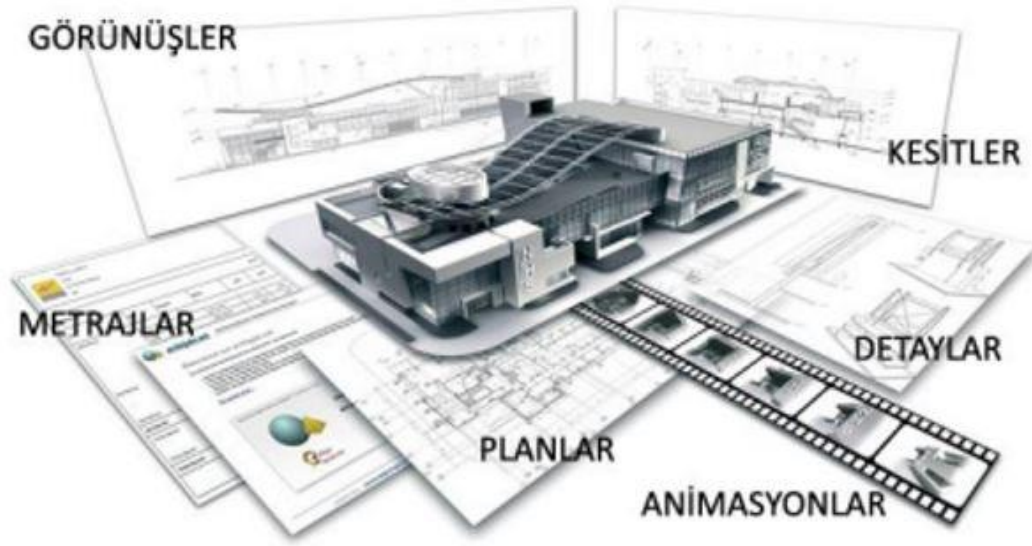
değişmektedir. Bununla birlikte tasarım aşamaları yapım projesinin sadece bir bölümünü oluşturmaktadır ancak yapım proje süreci daha fazlasını içermektedir. Bir projenin uygulanması düşünülmenden önce yapım projesinin uygunluğu kontrol edilmektedir. Projelerin her anlamda gerçekleştirilmeye uygun olması ve gereken tüm ihtiyaçları yerine getirmesi sağlıklı bir yapım proje süreci için önem taşımaktadır.

YBM, tasarım sürecine ek olarak ileri süreçlerde ortaya çıkacak test gerekliliklerinde de büyük fayda sağlamaktadır. Verileri, üretilen modelin farklı yönlerden test edilerek üretilmesine olanak sağlamaktadır. Isı, yalıtım, sürdürülebilirlik, maliyet, analiz gibi birçok proje öncesi test süreçlerini ve yapılabirliğini de içinde barındırmaktadır.

YBM, birçok yazılımı bünyesinde çalıştırabilme özelliğine sahiptir. Örneğin, bu yazılımlardan biri olan ve en yaygın kullanılan Autodesk Revit ile birçok test ulaşabilir hale gelmiştir (Şekil 12).



Şekil 12 Revit açılış ekranı [URL 53]



Şekil 13 BIM sistemi ile oluşturulan bir sanal bina ve elde edilen verilen gösterimi [URL 10]

Bunlara ek olarak, YBM ve Open BIM yazılımlarında temel yaklaşım amacı, binanın tasarım ve yapım sürecine dahil olan katılımcılar arasında ortak bir dil oluşturmaktır (Şekil 13). (Ofloğlu, 2009).

Bu yazılım sistemlerinin amaçladıkları ortak dil sayesinde taraflar arasında güçlü bilgi alışverişi ve iletişim kanalları ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte bu yazılım sistemleri, yapım projelerinin üç boyutlu modellerini oluşturmakta da rol oynamaktadır. Bu oluşturulan üç boyutlu modeller, proje yapım sürecine dahil olan tüm taraflar arasında görsel bir bağ kurmaktadır. Tasarım, projelendirme, uygulama ve hatta kullanım süreçlerinin de içine dahil olduğu bir yaşam döngüsünü içermektedir.

YBM ve sağladığı açık bilgi paylaşımı kaynağı olan Open BIM kavramlarının sağladığı en büyük avantaj, proje yapım sürecinde rol oynayan tarafların farklı disiplinli çalışmalarda bulunmalarına rağmen aynı model üzerinde etkileşim kurmasına olanak sağlamasıdır. Bu olanak proje yapım süreci boyunca karşılaşılan birçok zorlu iş sürecinde olumlu yönde bir etki yaratmaktadır.

Geleneksel proje yapım süreçlerinde, projeye dahil olan farklı disiplinlerin ayrı çalışması ve iletişim kopukluğu söz konusudur.

YBM yazılımı, proje yapım sürecinin tasarım, üretim ve uygulama aşamalarını kapsayan bir yazılımdır. Yapım sürecine dahil olan katılımcıları ortak bir dilde buluşturarak birlikte tasarım yapabilmelerini sağlamaktadır.

Bunun en büyük yararlarından biri olarak, uygulama ve üretim aşamalarında oluşabilecek riskleri öngörerek, bu riskleri en aza indirmektedir. Bununla birlikte öngörülen riskler doğrultusunda gerekebilecek projeyi yeniden inceleme ve zaman kaybı yaşanmadan proje teslimi yapılabilir. Bu sağlanan yararlar doğrultusunda, süreç içinde artan koordinasyon sorunlarının en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

3.2 Bulut ve Open BIM

YBM üç boyutlu dijital teknolojisi temelinde, ortak bir standart aracılığıyla çeşitli yapım projeleri ile ilgili bilgi veri modellerini bütünleştirmektedir. YBM, yazılım olarak birçok anlam barındırmaktadır. Zengin veri ve nesne yönelimli, akıllı ve parametrik özelliklere sahip dijital yapı süreçlerini temsil etmektedir. YBM, bina yapımı yaşam döngüsü boyunca projeye dahil olan tüm taraflara koordineli bilgi sağlamaktadır. YBM, analiz, görselleştirme, inşaat çizimi, maliyet istatistikleri ve bunun gibi yapım çalışmalarının ardından kullanıcıların verimliliği arttırmasına, maliyetleri düşürmesine ve çevresel etkiyi azaltmasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Zul-Atfi vd. , 2015).

YBM, bina yaşam döngüsü etrafındaki bilgi alışverişinin potansiyel değeri tam olarak anlaşılamamasından dolayı yapım proje süreçlerine bütünleşmesinde uyumsuzluklar meydana gelmiştir. YBM yazılımı aracılığıyla elde edilen verilerin depolanması ve okunması, birçok faktör tarafından sınırlandırılmıştır. Birlikte çalışabilirliğin gerçekleştirilmesi için proje verilerinin katılımcılar arasında değişimi ve paylaşımı önemli niteliktedir. Bu nedenle büyük miktarda karmaşık tipler, geniş kaynaklar ve dağınık depolama gibi bina bilgilerinin özellikleri, her bir alt sistem ile çeşitli proje katılımcıları arasındaki bilgi iletişiminin ve değişiminin verimliliği ve etkinliği, projenin başarılı bir şekilde uygulanması için hayati önem taşımaktadır (Zul-Atfi vd. , 2015).

Farklı yazılım aracılığı ile hazırlanmış proje yapım süreçleri iletişim anlamında sorun yaratabilmektedir. Örneğin; API yani uygulama programlama ara yüzü aracılığı ile dosya formatları değiştirilmekte ve veri paylaşımı yapılacak taraflarla iletişimi sağlayabilmektedir. Buna ek olarak DXF, 3DS, SAT VE IFC gibi özel dosya formatları aracılığıyla da dosya dönüşüm ve bütünleşmesi gerçekleştirilebilmektedir. Bu bütünleşme araçlarının yaklaşımı,

çoğu zaman uyumsuzluk sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Bunun sebebi her proje yapım modeli için yazılım dönüşümü veya sürüm değişikliklerinin özel ayarlamalara ihtiyaç duymasından kaynaklanmaktadır (Zul-Atfi vd. , 2015).

Open BIM girişimi, buildingSmart, Graphisoft ve Tekla gibi büyük yazılım satıcıları tarafından birlikte çalışabilirliği artırmak için öne sürülmüştür. Open BIM'in veri ve model yöntemi belirli bir yazılım veya biçime bağlı değildir. IFC, YBM'nin veri standardıdır ve Uluslararası İşbirlikçi Çalışma Birliği (Uluslararası Birlikte İşlerlik Kurumu, International Alliance for Interoperability - IAI) tarafından yayınlanmıştır. Endüstrinin çeşitli standartlar ile olan deneyimleri sonucunda, IFC, veri paylaşımında standart olarak gösterilmektedir. IFC'nin amacı bağımsız ve tarafsız mekanizma sağlamaktır. IFC, özel sistem ve bina yaşam döngüsü boyunca ürün verilerini tanımlamak için uygundur. Çeşitli uygulama sistemleri ile inşaat veri yönetimi arasındaki veri alışverişini etkili bir şekilde destekleyebilmektedir (Zul-Atfi vd. , 2015).

IFC standardının veri modeli yapısı, etki alanı da dahil olmak üzere dört katmana ayrılmaktadır:

- Etkileşimli katman,
- Çekirdek katman,
- Paylaşım katmanı,
- Kaynak katmanı.

Her katman belirli bilgi açıklama modülü içermekte ve aynı seviyeye ile alt seviyedeki bilgi kaynağına başvurabilmektedir. Çekirdek katman, IFC veri modelinin temel çerçevesini tanımlar ve kaynak katmanının bilgilerini, ürün varlığı, süreç varlığı ve kontrol varlığı gibi yapılandırılmış verileri içermektedir. Paylaşım katmanı, çoklu tanımlar, paylaşılan kavramlar ve nesnelerin farklı alanlar arasındaki bilgi etkileşimini çözer. Etki alanı katmanı, bir inşaat projesinin belirli kavramlarını ve bilgi varlıklarını tanımlamaktadır (Zul-Atfi, 2015). YBM'nin iki kolu IFC ve IDM, temel veri depolama ve yapım proje modeli dönüşümünü sağlamaktadır. Bununla birlikte farklı aşamalarındaki inşaat projelerinin veri transferinde bu ağ ortamının desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. YBM, çok kullanıcıli erişimi ve işbirlikçi etkileşimi gerçekleştirmektedir. Ağ tabanlı açık bilgi modeli yani Open BIM, yapı inşaat bilgi etkileşiminin verimliliğini ve rahatlığını etkili bir şekilde arttırmaktadır.

Veri depolama aracı olan Bulut (Cloud), proje yapımının yaşam döngüsü boyunca daha etkin ve verimli bilgi alışverişi sağlamasına büyük oranda katkı sağlamaktadır. Bulut veri depolama

platformu, merkezi depo platformu aracılığıyla farklı uygulamaların açık bir şekilde birlikte çalışmasına ve bilgi alışverişinde bulunmalarını sağlamaktadır.

Open BIM'in tarihine bakıldığında, en önemli olay buildingSmart ve UK&I (United Kingdom & Ireland) kuruluşlarının birleşmesidir. Birkaç ay süren tartışmalardan sonra, Open BIM ve buildingSmart UK&I 2013 senesinde birleşmiştir. Böylelikle Open BIM ağı ve buildingSMART UK&I, yakın bir ilişki içerisine girerek standartların gelişimine odaklanmaya başlamıştır. Open BIM ağı mevcutta bulunan buildingSmart'ı tanıyarak, Open BIM Network Object ve buildingSmart'a ev sahipliği yapmaya başlamıştır. Her zaman bilgilendirmeleri eksiksiz yaptığı gibi, Open BIM kullanıcılarının 'Açık Standart Prensipleri' hakkında da bilgi sahibi olmasını sağlamıştır. Bu gelişmelerle birlikte Avrupa birliği ülkelerinde Açık Standartlar Kurulu'nun oluşturulmasına karar verilmiştir. Open BIM'in bir başka üstünde durduğu konu açık standartların kullanıcı gereksinimlerini karşıladığından emin olmaktır. Açık standartların ne olacağı ise devletler tarafından yönlendirilmektedir. İnşaat sektörü farklı iş grubu kollarının bir arada çalışmasıyla birlikte ürünün ortaya çıktığı bir sektördür.

Genellikle mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi ve elektrik mühendisi farklı programlar üstünde çalışmaktadır. Open BIM özelliği olmayan programların kullanımında ciddi bir biçimde zaman kaybı ve aynı anda ortak çalışamama gibi sorunlar bulunmaktadır. Bunun aksine Open BIM, proje üyelerine hangi yazılımı kullanırlarsa kullansınlar ortak çalışma imkânı ve istedikleri zaman yapılan işleri denetleme imkânı sağlayarak projeyi bütün üyelere açık bir hale getirmektedir. Open BIM, endüstrinin ve devletin istediği kalitede çalışarak garantili veri kalitesi vermektedir. Kendi sınıfında en başarılı diğer yazılım kurumları Open BIM sistemine katılarak proje üyelerine çözümler üretebilmektedir. Bu sayede Open BIM, grubunun içinde olmayan ama sektörde yer edinmiş ve kendini kanıtlamış firmalara rekabet hakkı ve bu firmaların yazılımlarını kullanan proje üyelerine de kolaylık sağlanmıştır. Open BIM partneri yazılım firmalarında bazıları Tekla, Graphisoft, Nemetschek, Allplan, Scia, Vectorworks, Trimble ve Data Desing System'dir.

3.2.1 Open BIM Tabanlı Yapı Bilgileri ve Birlikte Çalışabilirlik Çerçevesi

Open BIM tabanlı yapı bilgilerinin amacı, birlikte çalışabilirlik çerçevesi uygunluğu göz önünde bulundurularak katmanlara bölünmüş bir hizmet vermektir. Bunlar; altyapı katmanı, veri katmanı, model katmanı, etkileşimli katman ve uygulama katmanı olarak farklı veri ve işlem bölümlerine ayrıştırılmıştır. Open BIM ile birlikte çalışabilirlik çerçevesinin ve bölünmüş

katmanlarının, IFC katman standartlarını temel aldığı görülmektedir. Bu bağlamda Open BIM'in IFC standartlarına dayandırıldığı gözlemlenmektedir (Zul-Atfi, 2015).

Altyapı katmanı, temel olarak tüm fiziksel ve sanal kaynakları içerisinde barındırmakla görevlendirilmiştir. Bunlar; özel bulut, kamusal bulut, hibrit bulut ve ortak bulut olarak tanımlanmaktadır. Sanal hesaplama teknolojileri, sanal depolama teknolojileri ve araç gereçlerini sanal olarak takibini gerçekleştirmektedir. Bu katman sanal olarak dinamik bir eşleşme sağlamaktadır. Bu sayede yapım projelerinde bir öngörü sunmaktadır. Altyapı katmanı yüksek güvenlik ve eşleşmeye dayalı uzun süreçte hizmet vermeyi amaçlamaktadır. [URL 37]

Veri katmanı, proje yapım bilgilerini ve tüm yaşam döngüsüne ait verileri barındırmaktadır. Bu bilgiler üç ana kategoriye bölünmektedir. IFC temeline bağlı olan bir YBM modelinde, yapıya bağlı olmayan veri ve bilgiler, süreç yönetim kontrolüne bağlı veri bilgilerini barındırmaktadır. Bu veri bilgileri ağ bulutunda depolanmaktadır. Proje yapım sürecine dahil olan tüm katılımcılar, talepleri doğrultusunda bu bilgilere ağ bulutu aracılığı ile ulaşabilir, verileri işleyebilir ve değiştirebilir. [URL 37]

Open BIM katmanlarının üçüncüsünü temsil eden model katmanında proje yapım verileri, üç boyutlu mimari tasarım modelleri, üç boyutlu inşaat mühendislik modelleri, dört boyutlu inşaat yapım iş modeli ve maliyet bilgilerini içeren modelleri barındırmaktadır. Open BIM standartlarını kullanarak IFC üzerinden istenilen uygulamaya, uygulanabilirliği ve bütünleşmesi göz önünde bulundurularak, veri modeli elde edilmektedir. [URL 38]

Open BIM katmanlarından dördüncü katmanını temsil eden servis katmanı, birden çok uygulamayı ve yazılımı içinde barındırması için geliştirilmiştir. Bunlar, YBM tabanlı tasarım ve yapım simülasyonları, maliyet kontrolleri, çakışma kontrolleri gibi uygulamalardır. Bununla birlikte yazılımlar arası uyum ve etkileşim, kullanıcı ve müşteri arasında oluşturulan veri paylaşımı için ortak dil geliştirmekle yükümlüdür. Bu ortak dil RDF/OWL (Resource Description Frame Work/ Web Ontology Language) temeline dayalı XML (Extensible Markup Language) üzerinde gerçekleştirilebilmektedir. XML kullanarak veri talebinde bulunan kullanıcı, IFC dosyalarının tümünü indirmeye gerek duymaksızın, kendi ihtiyaç duyduğu bilgi ve verileri talep etmektedir. Bu sayede işlem hızı istenilen seviyelere ulaşmaktadır. Yine de şeması pek çok kullanıcı için karmaşık ve anlaşılması güç gelen XML için alternatif olarak bulut kullanımı önerilmektedir. Bulut bir veri depolama aracıdır ve Open BIM ile ortak çalışması halinde, yapım projelerinin tüm yaşam döngüsünü, veri alışverişini daha az karmaşık

halde gerçekleştirebilmektedir. Bu fonksiyonu için API üzerinden ek yardımcı yazılımlar (plugin) geliştirilmiştir. [URL 38]

3.2.2 buildingSmart

buildingSmart, öncelikli olarak inşaat sektöründe kullanılması amaçlanarak Open BIM temelli bir birlikte çalışılabilirlik çözümü üretmek ve teşvik etmek için kurulmuştur.

Open BIM'in "açık standartlara ve iş akışlarına dayalı binaların işbirlikçi tasarımı, gerçekleştirilmesi ve işletilmesi için evrensel bir yaklaşım" olduğu düşünülmektedir (URL 2).

Open BIM, vizyonu için üç özellik yayınlar;

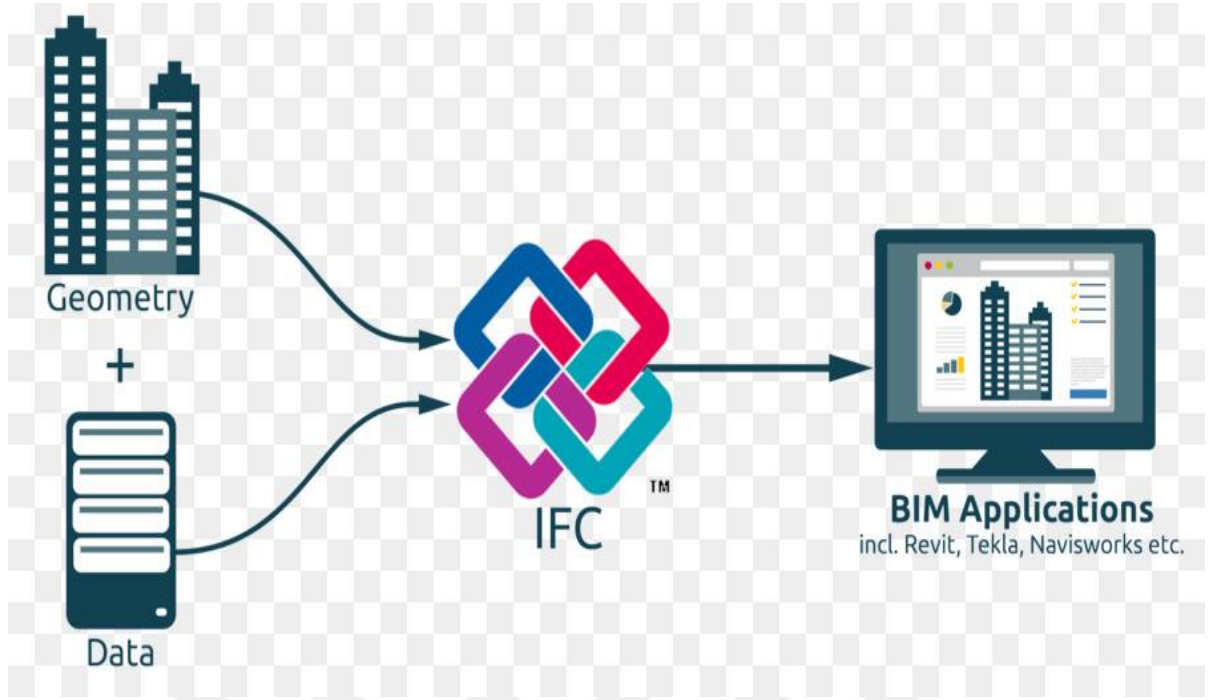
1. Industry Foundation Classes (IFC) verileri, ISO 16739'a göre standartlaştırılmıştır.
2. Information Delivery Manual (IDM) – Süreç tanımlama standardı, ISO 29481'a göre standartlaştırılmıştır.
3. buildingSmart Data Dictionary (bsDD)- ISO 120006-3 olarak standartlaştırılmıştır.

Open BIM'in en çok benimsenen vizyonu IFC verileridir. Bina iş birliği sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.2.3 IFC (Industry Foundation Classes) ve BCF (BIM Collaboration Format)

Tasarım sırasında farklı aktörler arasındaki iş birliği YBM'in en önemli yönlerinden birisidir. İş kolları arasındaki veri transferinde yaşanan en önemli sorun çeşitli üreticiler tarafından geliştirilen farklı yazılımların her birinin kendi yerel dosya biçimine sahip olmasıdır (Jensen, Johannesson, 2013). Bilgi alışverişi yapabilmek için farklı yazılımlara güvenilir ortak bir kodlama sistemi getirilmesi gerekmektedir (Laakso, Kiviniemi, 2012). IFC bilgi alışverişi için açık bir standarttır ve en yaygın kullanılan birlikte çalışabilir dosya biçimidir. (Laakso, Kiviniemi, 2012).

ISO 16739:2013'te belirtildiği gibi IFC, açık bir uluslararası standarttır, bina inşaatı ve tesisi için kullanılan farklı yazılım uygulamaları arasında YBM verilerini değiştirme yöntemidir (Şekil 14, URL 39). buildingSmart çeşitli şirketler ve kuruluş üyelerinden oluşmaktadır. Üyelerden bazıları Autodesk, Nemetschek, Trimble, Norveç bina Otoritesi ve HOK grubudur.



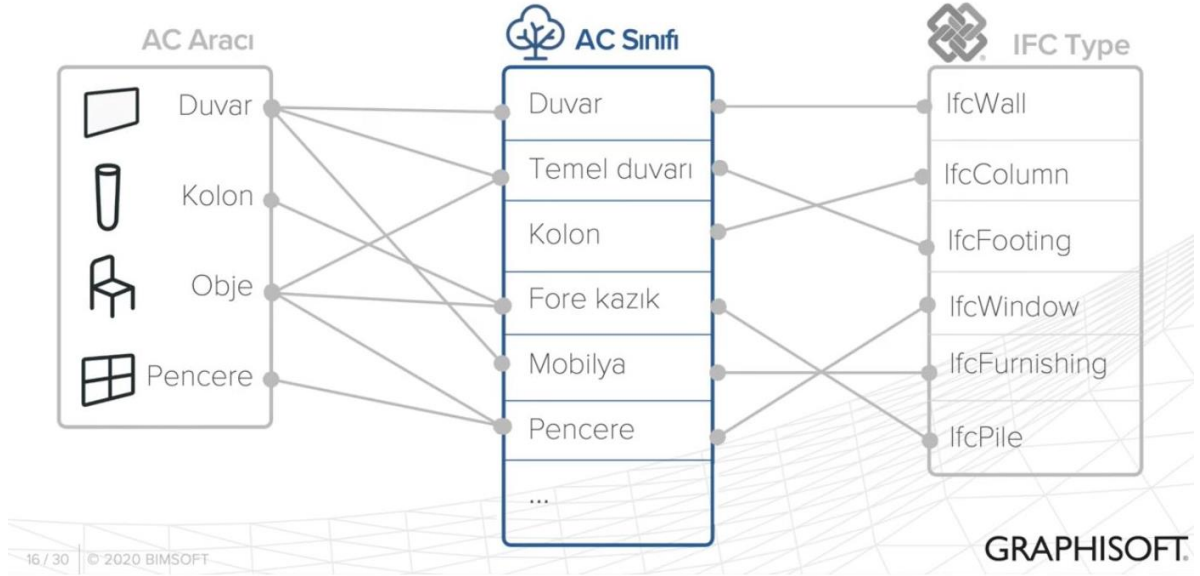
Şekil 14 IFC çalışma sistemi [URL 39]

IFC, veri alışverişinin odak noktası olmasına rağmen bazı kullanıcılara göre YBM'yi yavaşlattığı düşünülmektedir. Kullanıcılar, IFC'nin zamanla gelişeceğini düşünmektedir. Başlangıçta farklı yazılımlardan aynı format dosyalarını okuyabilmek için uyumluluk konusu üzerinde çalışması gerekmektedir. Her yazılımın doğrudan birbirleri ile iletişim kurması gerekmez, bazı büyük faktörler genellikle verilerin tutulmasında merkezi bir rol üstlenirler (Laakso , Kiviniemi, 2012).

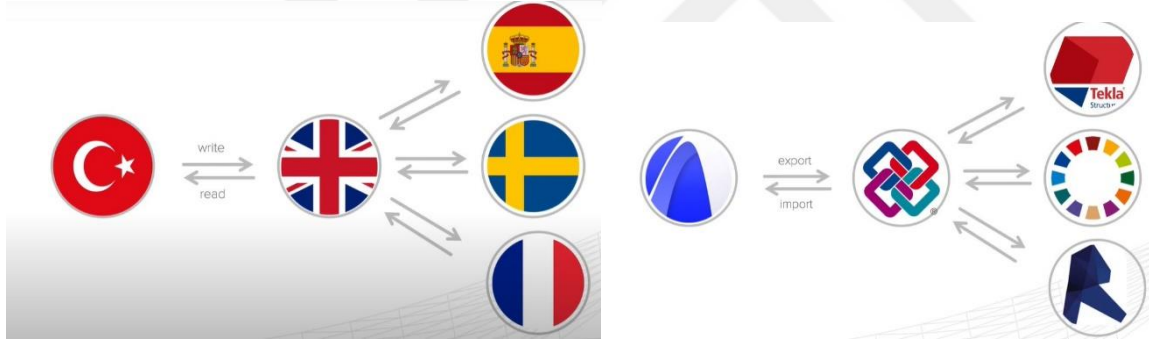
Ancak, IFC ile çalışabilirliğinin yararlı olması için, yazılımda tatmin edici bir seviye uygulanması gerekir (Laakso , Kiviniemi, 2012). Araştırmalara göre kullanıcıların hala IFC'nin tam olarak güvenilemez olduğunu düşündüğü sonucuna varılmıştır. Bilgi kaybı ve çarpık geometriler sorunlara örnek olarak gösterilmiştir. Bir BIM yazılımında örneğin; IFC tarafından desteklenmeyen kendi uzantıları olabilir ve bu nedenle bilgi kaybı yaşanabilir. Löwstett, Khomiri (2014), müteahhitler ve tesis yöneticileri ile yapılan görüşmelerde veri alışverişi yaparken ortaya çıkan sorunların üç ana nedenini tanımlamaktadır.

1. Proje yapım modelinin eksik oluşturulması ve yanlış bir şekilde bir model oluşturulması (Şekil 15 ve Şekil 16).
2. Günümüzde bir YBM yazılımının tüm bilgileri saklayabilmesi mümkün değildir. Bu yüzden IFC formatında oluşan eksik ikincil sorun olarak gösterilmektedir.

3. İletilen yazılımda IFC dosyasının yorumuna dayalı oluşan sorunlar.



Şekil 15 Archicad ile IFC formatı arasındaki sınıflandırma sistemi [URL 51]



Şekil 16 IFC formatının yazılımlar arası üstlendiği rolün diller üzerinden örneklenmesi [URL 51]

Ortak veri paylaşımı konusuna çözüm üretmeye çalışan farklı oluşumlar vardır. BCF (BIM Collaboration Format), bu oluşumların problemin çözümüne yönelik geliştirilen bir kavramdır. BCF'nin gelişimi 2009'da başlamıştır ve ilk olarak buildingSmart Uluslararası Uygulama Destek Grubu'nun iki üyesi olan Solibri ve Tekla ile Münih (Almanya) Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Uygulamalı Yapı Bilgi Teknolojileri Enstitüsü tarafından tasarlanmıştır. IFC tabanlı iş akışları için açık iletişim teknolojisinden yararlanma istekleri, prototip oluşturmaya ve sonunda diğer buildingSmart üyeleriyle birlikte BCF'yi tamamen geliştirmeye

odaklanmışlardır. Genel olarak BCF, farklı YBM yazılımlarını kullanan disiplinlerin arasında paylaşılan IFC kodlarını kullanarak model PNG (Portable Network Graphics) ve IFC koordinatları aracılığıyla yakalanan bir görünüme, doğrudan referans veren bir sorun hakkında bilgiler vermektedir [URL 52].

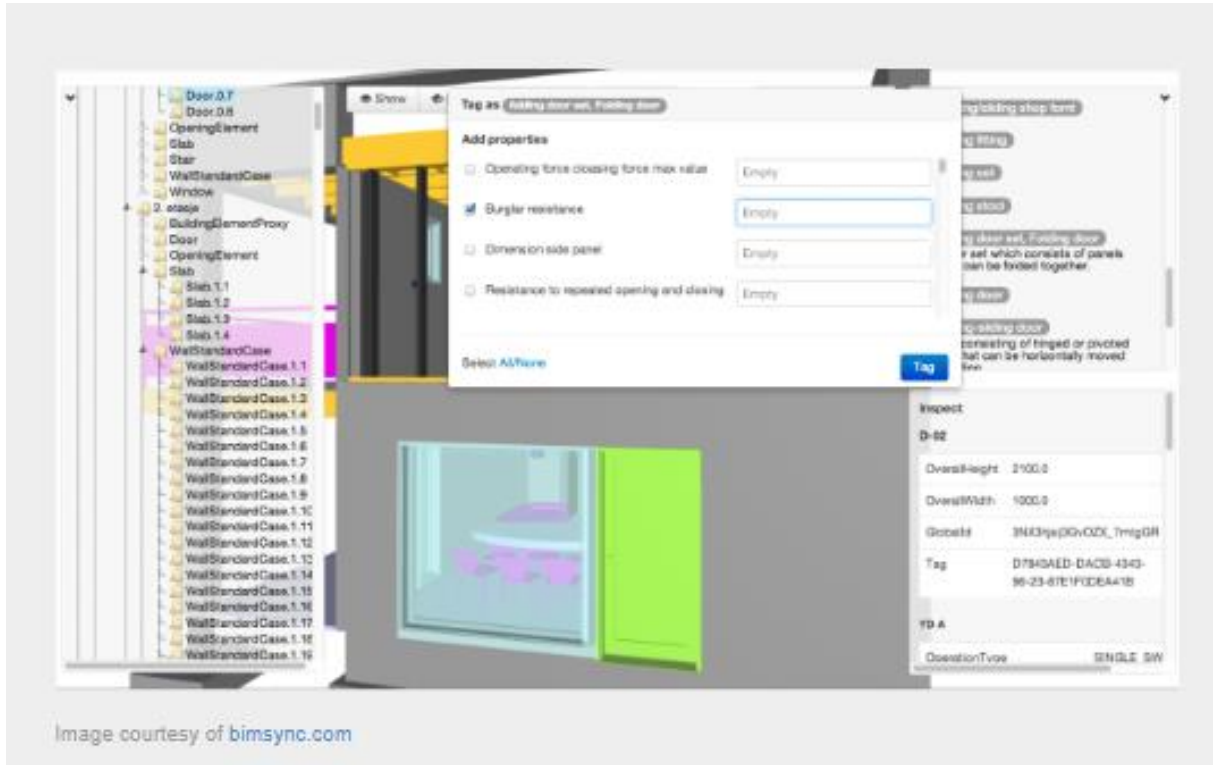
BCF'yi kullanmanın iki farklı yolu bulunmaktadır. Bunlar, dosya tabanlı değişim veya web hizmeti aracılığıyla değişimlerdir. Dosya tabanlı değişimde, iş akışı nispeten basittir ve çoğu insanın kullanmaya alışkın olduğu bir süreçtir. Bir BCF dosyası (bcfzip) kullanıcıdan kullanıcıya aktarılır, düzenlenir ve dönüştürülür. Önceden belirlenmiş IFC dosyası iş akışlarından farklı olarak BFC dosyaları, herkes tarafından bütünlüğün korunduğu ve kopyalarının dağıtılmadığı süreçte bozulmadan "gidiş-dönüş" yaşayabilir. Dosya tabanlı iş akışına alternatif olarak, BCF için web hizmeti tabanlı (RESTful- Representational state transfer) API (Application Programming Interface) hizmeti vardır. Bu, tüm BCF verilerini depolayan ve proje katılımcılarının BCF konularının oluşturulması, düzenlenmesi ve yönetimini tek bir merkezi konumda senkronize etmesini sağlayan çalışma biçimidir. [URL 52]

3.2.4 Information Delivery Manual (IDM), buildingSmart, buildingSmart Data Dictionary (bsDD) ve Solibri

İnşaat endüstrisi (binalar ve sivil altyapı dahil), projeye özgü bir organizasyondur. Organizasyondaki tüm katılımcıların verimli çalışması gereklidir. Dijital araçlar uygulandığında sorunlar daha çok ortaya çıkmaktadır, çünkü çoğu sanayi aracı çok düşük tolerans eşiğine sahiptir. ISO 29481-1: 2010 “Bina bilgi modellemesi- Bilgi dağıtım kılavuzu- Bölüm 1: Metodoloji ve format” standardı, bir tesisin kullanım ömrü boyunca süreçleri ve bilgi akışını yakalamak ve belirlemek için bir yönteme sahip olmak amacıyla buildingSmart tarafından geliştirilmiştir.

IFD standardına (ISO 12006-3) göre nesne ve kavramların öznitelik kütüphanesi anlamına gelir ve dünyanın her yerinde aynı anlamı taşır. Bu yönüyle dilden bağımsız olarak yapıli çevredeki nesneleri ve belirli özelliklerini tanımlamak için kullanılır. bdDD’nin (buildingSmart Data Dictionary) yapım sürecine getirdiği faydalar;

1. Kavram kütüphanesinin paylaşılabilir olması maliyeti düşürür.
2. Kavramları YBM’ye özgü modellere entegre eder.
3. Otomatik kontrol kuralı verinin izinsiz çoğaltılmasını engeller.
4. Verilerin kontrol ve onayını sağlar.

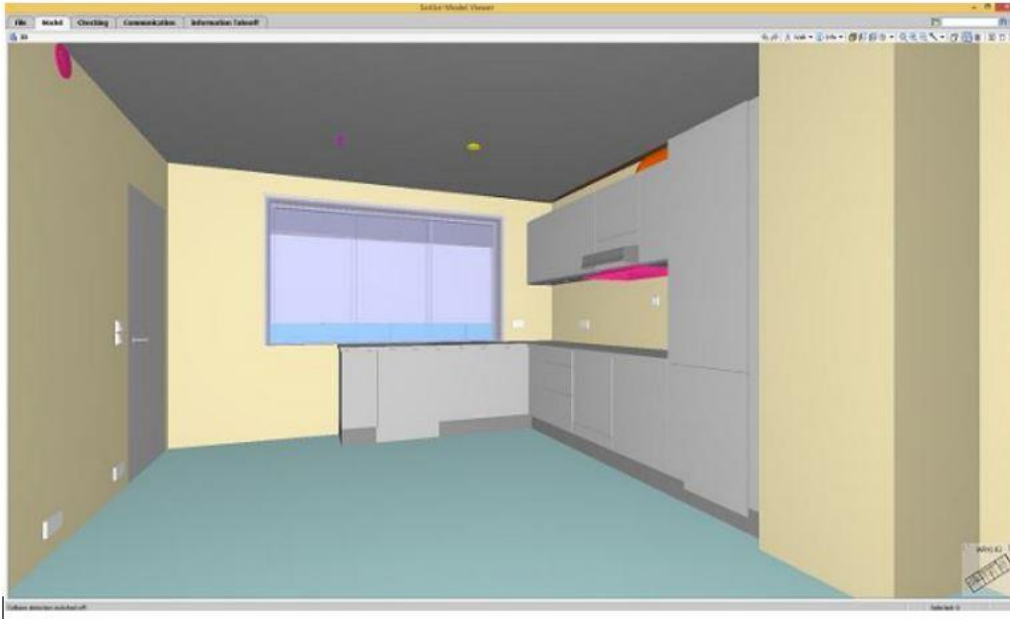


Şekil 17 buildingSmart Data Dictionary ara yüzü [URL 2]

Solibri model denetleyicisi, YBM projelerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. YBM bir yapının dijital olarak modellenmesini sağlayan araçtır. YBM aracını kullanan birçok kullanıcı bulunmaktadır, bu sebeple tasarımcı olmasa bile farklı iş kollarından birçok kişinin bu modelleri görüntüleme ihtiyacı doğar. Yaşanan bu ihtiyaç doğrultusunda Solibri Model Viewer (SMV) geliştirilmiştir. Solibri Model Viewer (SMV) ile Solibri Model Checker (SMC) kullanıcılarından alınan verilerin incelenmesine, modellere üç boyutlu olarak göz atılmasına ve gerektiği şekilde yorum eklenmesine olanak tanır. Yazılım tüm YBM araçlarının dışa aktarabileceği açık bir format olan IFC'ye dayanmaktadır. [URL 51]



Şekil 18 BIM kullanan mimarların IFC içeriğini Solibri Model Viewer ile görmesi Nesteby vd. (2016).



Şekil 19 BIM'de çeşitli disiplinlerin modellerinin bulunduğu koordinasyonun Solibri Model Viewer ile incelenmesi Nesteby vd. (2016)

3.3 Özgür Yazılım Terminolojisi ve Tarihi

Özgür Yazılım ve Açık Kaynak Kod, yaygınlaşan ve gün geçtikçe önem kazanan yaklaşımlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna rağmen kavramlar üzerinde yanlış veya eksik anlaşımalar oluşmaktadır. Bu nedenle bu yanlış anlamları ortadan kaldırmak için bazı tanımlamaların yapılması gerekir [URL 28].

Özgür Yazılım, kullanıcıların özgürlüğüne ve topluluk değerlerine saygı duyan yazılım demektir. Özgür Yazılım, kullanıcıların bu yazılımı çalıştırma, kopyalama, dağıtma, değiştirme ve geliştirme özgürlüğüne sahip olduğu anlamına gelir. Özgür Yazılım, İngilizce’de “Free Software”, Fransızca’da "Logiciels Libre", İspanyolca’da "Software Libre", İtalyanca’da "Software Libero" ve Danca’da "Fri Software" şeklinde kullanılır. Burada kullanılan sözcükler yazılımın bedava, hibe vb. olduğunu göstermez. Özgür Yazılım kullanırken değer, hibe gibi kelimelerin kullanımı hedeflenmez. Özgür Yazılım paylaşımında ve geliştirmede özgürlüğü ifade eder [URL 40].

Açık Kaynak Kod, yazılım ürünlerini oluşturan kodların bütün kullanıcılar tarafından okunabildiği, görülebildiği ve yazılım kodlarının sahip olduğu işleyişlerin incelenebildiğini gösteren özelliktir. Özgür Yazılımın tamamlayıcı unsurudur [URL 28].

Kapalı Kaynak Kod, işlevini yerine getiren yazılımın geçerli sebepten dolayı kodlarının, kullanıcılarından gizlenmesidir [URL 28].

Silikon Vadisi’nden bir grup, 3 Şubat 1998’de Özgür Yazılım olarak yayınlanacağı açıklanan Netscape programının ilanında Özgür Yazılım yerine Açık Kaynak terimini kullanmıştır. Buradaki amaç Özgür Yazılım’ın hızlı ticarileşmesini ve gelişen yeni ekonominin şirketleri ve risk sermayedarları tarafından kabulünü sağlamaktır (Şekil 20, URL 28)

Özgür Yazılım, dört önemli özgürlük paydasında birleşir:

1. İstedığınız herhangi bir amaç için yazılımı kullanma özgürlüğü,
2. Yazılımın istenildiği zaman nasıl çalıştığını öğrenmek ve geliştirmek için kullanılması özgürlüğü,
3. Kopyalarını başkalarına dağıtma özgürlüğü. Böylece isteyen herkes tarafından yazılımın kullanılması sağlanır (Yazılım ister ücretli ister ücretsiz olarak yayınlanması),
4. Değiştirilmiş veya yenilenmiş yazılımın başkalarına dağıtılması [URL 28].

Eğer bir kurum veya kişi Özgür Yazılım üretiyorsa, bu yazılım kamuya mal olmuş demektir. Bu yazılım kamu tarafından özgürce ve herhangi bir bedel ödemededen kullanılabilir. Aynı zamanda yazılımın müsaade ettiği ölçüde kopyalanabilir, geliştirilebilir, dağıtılabilir. En bilinen ve en çok kullanılan Özgür Yazılım lisans modeli, Özgür Yazılım Vakfı FSF (Free Software Foundation) tarafından duyurulan Genel Kamu Lisansı GPL (General Public License) modelidir. Günümüzde GNU (GNU's Not Unix) , GPL, GNU FDL(GNU Free Documentation License) , CC (Creative Commons), LGPL (GNU Lesser General Public License) , AGPL(Affero General Public License) , Mozilla, vb. Özgür Yazılım lisans modelleri geniş kitlelere yayılmış durumdadır. Sahipli yazılım kavramı da yazılımı üreten kişi veya kurumun belirlediği kurallar çerçevesinde kullanım haklarının kullanıcılara tanımlanmasıyla ortaya çıkan yazılım modelidir. Genellikle ticari bir değer için üretilen ve sadece kullanım hakkını satın alan kişinin kullanabildiği yazılımlardır [URL 28].

Açık kaynak kodlu her yazılım Özgür Yazılım sayılmaz ancak bütün Özgür Yazılımlar açık kaynak koduyla yazılmalıdır. Yani bazı yazılımlar sahibi tarafından serbestçe kullanımına izin verilmiş olabilir, karşılığında parasal bir bedel istenmiyor da olabilir, ama sonuçta bir Özgür yazılım lisansı altında dağıtılmayan yazılımdır. Sahibi olan kişi tarafından belirlenen bir yaşam ve kullanım süreci olacaktır.

Özgür Yazılım, sadece teknik bir husus değildir. Etik, toplumsal ve politik bir husustur. Bütün yazılım kullanıcılarının sahip olması gereken bir insan hakkı sorunudur. Özgürlük ve iş birliği, Özgür Yazılımın temel ölçüt ve değerleridir. GNU sistemi bu değerleri ve paylaşım ilkesini yerine getirir ve paylaşılır bu da insanlığın gelişimine fayda sağlar.



Şekil 20 Open Source yazılım örnekleri [URL 28]

3.3.1 Free Software Foundation

Free Software Foundation (FSF), bilgisayar kullanıcı özgürlüğünü desteklemek için dünya çapında bir misyona sahip olan sivil toplum kuruluşudur. Yazılımlarda kullanıcının haklarını korumaktadırlar. Toplumun gün geçtikçe bilgisayara daha bağımlı bir hale gelmesi ile özgürlüğün geleceğinin güvence altına alınması önem kazanmıştır. Özgür Yazılım geliştiricileri, programlarında herkese eşit hakları garanti eder. Herhangi bir kullanıcı kaynak kodunu okuyabilir, değiştirebilir ve programı paylaşabilir. Aksine çoğu yazılım, kullanıcıların bu temel haklarını reddederek bir baskı oluşturur. Ayrıca bu kuruluş, önemli ücretsiz yazılım gelişimini finanse ederek destekler. GNU yazılım geliştiricileri için geliştirme sistemleri sağlar [URL 29].

FSF, GNU Projesi için popüler GNU / Linux ailesinin ücretsiz işletim sistemlerinin ve İnternet'in kilit noktasının temeli için kritik altyapı ve finansman sağlar.

GNU, kullanıcıların özgürlüğüne saygı duyan bir Özgür Yazılım sistemidir. GNU özgürlüğünüze zarar verecek bir yazılım olmadan bilgisayarın kullanılmasını mümkün kılar. Özgür Yazılım hareketi, Özgür Yazılımdan gelen özgürlüğü hesaplayarak kullanıcılara kazandırmayı hedefler. Özgür Yazılım kullanıcıları kendi bilgisayarlarını kontrol altına alırlar. Özgür olmayan yazılım, kullanıcılarını yazılımın geliştiricisinin gücü altına alır. Özgür

Yazılım, kullanıcıların yazılımı çalıştırma, kopyalama, dağıtma, çalışma, değiştirme ve iyileştirme özgürlüğüne sahip oldukları anlamına gelir [URL 29].

Özgür Yazılım, maddiyatla ilgili değil, özgürlükle ilgili bir anlayıştır. Kavramı anlamak için “özgürlük” düşüncesini “özgür” olarak düşünmek gerekmektedir. Özgür Yazılım, bir programın kullanıcılarının dört temel özgürlüğe sahip olması gerektiği düşüncesini benimser; Programı istediğin gibi yürütme özgürlüğü, herhangi bir amaç için programın nasıl çalışacağını belirleme özgürlüğü, kendi gereksinimlerinize göre uyarlama özgürlüğü ve kopyaları yeniden dağıtma özgürlüğü.

Programın iyileştirilmesi ve gelişmelerin kamuya açıklanması özgürlüğü topluma yarar sağlamaktadır. Kaynak koduna erişim, Özgür Yazılım için bir ön koşuldur. Teknoloji ve ağ kullanımındaki gelişmeler, bu özgürlükleri her geçen gün çok daha önemli hale getirmektedir.

3.4 Bölüm Sonucu

1960’lar sonrası bilgisayar çağının başlamasıyla birlikte birçok sektörde bilgisayar yazılımlarına yönelim ve Ar-Ge çalışmaları başlamıştır. İnşaat sektörü geleneksel bir yapıya sahip olduğu için diğer sektörlerin gerisinde kalmıştır. 1980’lerde inşaat programlama yazılımları ile inşaat sektöründeki ilk yazılımlar ortaya çıkmıştır. 1990’larda iki boyutlu CAD çizim programları geliştirilmiştir. 2000’li yıllara geldiğimizde ise üç boyutlu tasarlama özelliği bulunan yapı bilgi modelleme programları ortaya çıkmaya başlamıştır.

Özgür Yazılım’da, herhangi bir kullanıcı kaynak kodunu okuyabilir, değiştirebilir ve programı paylaşabilir. YBM programları ise paylaşımaya yeteri kadar açık olmayıp farklı iş kolları arasında uyumsuzluklar yaşanmasına sebep olmuştur.

Yaşanan uyumsuzluklarla beraber Open BIM kavramı ortaya çıkmıştır. Open BIM kavramı, veri transferi yapabilecek ortak kodlarla, YBM programlarının bütünleşmiş ve özgür bir şekilde çalışmasını hedeflemektedir. Open BIM yapı bilgi modelleme programlarını özgür bir yazılım haline getirmeyi amaçlamaktadır.

4. YBM ve Open BIM KAVRAMININ AVANTAJLARI, DEZAVANTAJLARI ile Open BIM PROGRAMLARININ YETENEKLERİ ve STANDARTİZASYONU

YBM programının hedefi; paylaşılabilen, dijital tabanlı, bütünleşmiş ve çoklu çalışabilen bir yapıya sahip olmaktır. Fakat bu hedefi, paylaşım kısmında ortak çalışmak yerine, model ortak görüntüleme olarak kalmıştır.

Örneğin; YBM yazılımı kullanan bir mimar projesini inşaat mühendisine gönderdiğinde, inşaat mühendisi bu projeyi üç boyutlu olarak inceleyebilirken, komutların kodlanma hatalarından dolayı bazı kısımlarına müdahale edememektedir.

Bu kapsamda YBM'nin avantajları ve dezavantajları incelenmiştir.

Yapılan araştırmalarla Open BIM kavramının yeterli özgürlükte olup olmadığı, iş kolları arasındaki çalışmalarda veri paylaşımının sağlanabilirliği incelenmektedir. Bu durumu anlamak için bu bölümde Open BIM kavramıyla bütünleşmiş, mimar ve inşaat mühendislerine hizmet veren yazılımlar incelenmiştir.

Tasarımın ortaya çıkmasında önemli rol oynayan mimar ve inşaat mühendislerinin kullandığı Open BIM destekli programlar incelenmiştir. Open BIM organizasyonunun, yapım süreçleriyle bütünleşmesinin büyük oranda getirilerinin olması pek çok katılımcının bu organizasyonda yer alma isteğini artırmıştır; fakat Türkiye'de halen bu bütünleşme sürecine dahil olamamış çok fazla yapım projesi bulunmaktadır. Türkiye'de, bütünleşme sürecinde yaşanan sorunların kullanıcılar ve programlar bazında incelenmesi tez çalışmasının kapsamını oluşturmaktadır.

Tez kapsamında ankete katılan mimar ve mühendisler belirli bir proje geçmişi olan ve Open BIM'i kullanan mimar ve inşaat mühendisleri arasından seçilmiştir. Çalışma kapsamının bu iki iş koluna indirgenmesinin nedeni tasarım aşamasında karşılıklı yoğun veri akışının yaşanması ve bu veri akışına bağlı olarak ortaya koydukları işin birbirlerine göre değişmesidir.

Bu kapsamda Archicad, SAP2000, Tekla Structures ve Autodesk Revit Structures programları incelenmiştir.

Archicad, mimarların hem iki boyutlu çizimler hem de üç boyutlu görselleştirmeler için kullandıkları programdır. Bu program sayesinde planlar, kesitler, cepheler, mimari uygulama detayları ve sanal gerçeklik tasarımları hazırlanabilmektedir. Archicad ile hazırlanan bir projede planlar ayrı ayrı çizilmek yerine, birbirleriyle bütünleşmiş şekilde belgelenebilmektedir.

SAP2000, inşaat mühendislerinin kullandığı programdır. SAP2000'de tasarım tamamen analiz süreci ile bütünleşmiştir. Çelik veya betonarme yapıların tasarımında uluslararası standartlar ile tam uyumlu tasarım hazırlanmasını sağlamaktadır. SAP2000 ile tasarım sonucunda, görsel olarak sunum için özel bir rapor üretilebilmektedir. [URL 30]

SAP2000, veri transferi için birçok endüstriyel standardı desteklemektedir. Autodesk Revit Structures, Tekla Structures, AutoCAD DXF/DWG (Drawing Exchange Format / from drawing), IFC, IGES (The Initial Graphics Exchange Specification) ve SDNF (Steel Detailing Neutral Format) desteklenmektedir. [URL 30]

Tekla Structures ile yapısal analiz, malzeme ya da yapısal karmaşıklığa bakılmaksızın doğru, detaylı ve yüksek derecede yapılandırılabilir. YBM yazılımı üç boyutlu yapısal modellerin oluşturulmasını ve yönetilmesini sağlamaktadır. Tekla Structures modelleri, kavramsal tasarımdan imalata, montaj ve inşaat yönetimine kadar tüm bina sürecini kapsamak için kullanılabilir [URL 31].

Autodesk Revit Structure, kavramsal tasarım, görselleştirme, analizden imalat ve konstrüksiyona kadar proje yaşam döngüsü boyunca kullanılabilir. Revit, mimari, mühendislik ve inşaat profesyonelleri için araçlar içerir. Tüm disiplinlerdeki katılımcılar Revit ile çalışarak projeleri daha verimli ve daha az hatayla sunabilirler [URL 33].

Open BIM kavramı teorik olarak, veri transferinde kolaylık, ortak kodlama ve Özgür Yazılım hedefi gibi birçok avantajı içinde bulundurmaktadır. İlk olarak bu avantajlar incelenerek Open BIM kavramının sektörü nasıl etkilediği üstünde durulmuştur.

Open BIM kavramının standardizasyonu üzerinde araştırmalar yapılarak belirli sonuçlara varılmak istenmiştir.

4.1 YBM Avantajları ve Dezavantajları

Tez çalışmasının bu bölümünde, yapılan literatür taraması kapsamında ortaya çıkan uyumsuzluklar incelenmektedir. Elde edilen bu bilgiler ışığında, YBM yazılımının geleneksel proje yapım süreçlerine uyum sağlaması ve uyumsuzlukları tespit edilmiştir. YBM yazılımının proje sürecinde bütünleşme uyumsuzluğunun yapım projelerine olumsuz etkileri saptanarak, bu durumu oluşturan sebepler ve temeldeki problemleri literatür kaynakları kullanılarak belirlenmiştir.

Akademi ve inşaat sektörüne yönelik yapılan araştırma, geliştirme, yapısal analiz, tasarım ve detaylandırma, güçlü ve pratik yapı bilgi modelleme araçlarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Zamanla bu araçları mühendislik ve tasarım firmaları kabul etmişlerdir. Ancak, yazılım araçları tek başına YBM kabulü için yetersiz kalmaktadır. Başarı için iş uygulamaları, insan kaynakları, beceri bakımından derin değişimler, müşteriler ve sözleşmeye bağlı düzenlemeler gereklidir. Bu değişimlerle bireysel organizasyonun ötesine geçilmesi sağlanabilir.

YBM yazılımını diğer katılımcılara göre daha kısa bir zaman diliminde benimseyen mühendislik ve tasarım firmaları, YBM yazılımını kullanmak, araştırmak ve etkileri hakkında daha çabuk bilgi sahibi olmamızı sağlar.

YBM yazılımı kullanılarak tasarlanmış yapım projesi, üzerinde oluşturulan proje yapım sürecine dahil olan tüm katılımcılarının bilgileri yönetmesine olanak sağlamaktadır. YBM, iyi yönetilen tasarım değerlendirmeleri ile tesis elemanlarının koordinasyonu, gelişmiş saha planlaması, tasarım ve tesislerinin inşaatı ile ilişkili süreçlerin iyileştirilmesi açısından yardımcı olmuştur. Bazı mal sahipleri ve tesis yöneticileri, YBM'nin başarısının, tesislerinin başarısı ile doğru orantılı olduğunu görüp dikkatlerini tamamen bu konudaki çalışmalara vermiş durumdadır.

BIM Finlandiya'nın 2013 yılında dünya genelinde yaptığı araştırmaya göre dünyada YBM benimsenme genel oranı %20-30 aralığındadır. Kamu yapılarının %20'si, özel sektörün %10'u YBM'yi benimsemiş durumdadır (Tulenheimo , 2015).

Başka bir anketteki dağılıma baktığımızda, ilginç bir şekilde katılımcıların neredeyse üçte birini mimarlık firmaları oluşturmaktadır. Mimarlık firmalarını, %12 ile Mühendislik Firmaları, %11 ile Mimarlık/Mühendislik, %10 ile Müteahhitler, %9 ile inşaat Müdürleri ve %8 ile YBM danışmanları izlemektedir. Mimarlık ve mühendislik firmalarının en çok katılımcı oranına sahip olmasının sebebi diğer gruplara göre daha yüksek adaptasyon gücüne sahip olmalarıdır. Ayrıca katılımcıların çoğunluğunu %70 oranıyla kıdemli yöneticiler oluşturmaktadır. Bunun sebebi ise konunun ilgi çekici bulunması ve anketteki soruların sonuç odaklı olması olabilir [URL 35].

Yapılan literatür araştırmaları göz önünde bulundurularak, uyuşmazlık sebepleri araştırılmıştır. Uyuşmazlık kaynaklarına ulaşmak için 1990 yılında Washington Eyaletinde 10 yüklenici firma, 10 tasarımcı firma ve 10 avukatla görüşmeler yapılmıştır. Buna göre elde edilen verilerde proje yönetiminin iyi olmaması ve zayıf iletişim gibi nedenler, yaşanan uyuşmazlıklara sebep olarak gösterilmiştir. Buna ek olarak projede yaşanan gecikmelerin temel sebebi olarak uyuşmazlıklar

gösterilmektedir. Risklerin taraflar arasında dağılımından kaynaklanan uyuşmazlıkların, beklenmeyen sorunlar ve koşullar doğurduğunu ve bu uyuşmazlıkların mali açıdan sıkıntılara yol açtığı gözlemlenmiştir.

Yapım projelerindeki uyuşmazlıkların bir diğer örneği ise, proje süreçlerinde sıkça karşılaşılan değişiklik ve düzeltmeden kaynaklanan uyuşmazlıktır. Hewitt vd.'nin araştırmaları arasındaki zaman farkına rağmen, proje sürecinde yapılan değişikliklerin sektör için zamana bağlı olmayan bir uyuşmazlık sebebi olduğu görülmektedir (Muratoğlu, 2015).

2008 yılında Love vd. tarafından yapılan araştırmada uyuşmazlık kaynaklarının, temel olarak proje sürecinde yapılan değişiklikler, düzeltmeler ve gecikmeler olduğu gösterilmektedir. Bununla birlikte 1994 yılında Heath (1994 tarafında yapılan çalışmalara göre, proje sürecinde yapılan değişikliklere ek olarak, sürece dahil olan tarafların arasında iletişim uyuşmazlığının yani zayıf iletişimin ana uyuşmazlıklara neden olduğu sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak teknik şartnamelerin yetersiz olması, finans ve ödeme kaynaklı sorunlar da uyuşmazlıkların nedeni olarak görülmektedir (Muratoğlu, 2015).

1994 yılında Rhys Jones tarafından yapılan çalışmaya göre uyuşmazlıkların sebebi olarak on temel kaynak sunulmuştur. Bunlar; proje yönetiminin, kültürel etkilerin, taraflar arasındaki iletişimin, ekonomik koşulların, ihale sürecinin, hukuksal problemlerin, sözleşmelerin, gerçekçi olmayan beklentilerin, iş gücünün ve projenin tasarımının uyuşmazlıklar üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Muratoğlu, 2015).

Yine 1994 yılında Semple vd. tarafından 24 adet yapım projesi ve meydana gelen uyuşmazlıkların nedenleri incelenmiştir. Buna göre yapılan çalışmada hak talepleri ile ortaya çıkan uyuşmazlıklar incelenmiştir. Bina yapım aşaması ve öncesinde taraflar arasında uyulması talep edilen hakların ibrazı olarak yapım sözleşmeleri oluşturulmaktadır. Bu sözleşmeler tarafların uymaları gereken kuralları ve haklarını içermektedir. Buna göre Semple vd. tarafından yapılan çalışmada, yapım sözleşmelerinin genellikle uzun ve karmaşık oluşu uyuşmazlıklara sebep olarak belirtilmektedir. Sözleşme yükümlülüklerinden kaynaklanan hak talepleri ve beklentiler, taraflar arasında uyuşmazlığa neden olarak gösterilmektedir. Bu hak talepleri şu doğrultuda ilerlemektedir; eğer taraflardan biri sözleşme hükümlerinin olması gerektiği gibi yerine getirilmediğine kanaat getirirse, süreyle ya da ücretle ilgili bir karşılık bekleyerek hak talebinde bulunma yoluna gider. Bu durum taraflar arasında çözümlenemeyen hak taleplerine yol açarak uyuşmazlıkların doğmasında neden olmaktadır (Muratoğlu, 2015).

Bir diğ er araştırmaya göre ise, uyuşmazlık kaynağı olarak beş adet sebep sunulmaktadır. Bunlar; taraflar arası doğabilecek gerçekçi olmayan beklentiler, karışık ve uzun sözleşme belgelerinin anlama açık olmaması ve bu belgelerin eksik veya yanlış hazırlanması, ekip anlayışının ve takım ruhunun taraflar arasında yaklaşım olarak düşünülmemesi ve son olarak projede yapılan değişikliklerin proje tarafları arasında iletişim eksikliğine ve sonunda uyuşmazlık problemlerine yol açtığı düşünceleridir (Muratoğlu, 2015).

Yapılan araştırmalar sonucu, proje sözleşmesinin uzun, karmaşık ve anlaşılır olmamasına dayalı uyuşmazlıklar ortaya çıkmaktadır. Ek olarak proje sürecinde yapılan değişiklerden ve buna bağlı olarak iletişim kopukluğundan, teknik şartnamelerin ve tasarım ekibine verilen s renin yetersiz oluşundan kaynaklanan uyuşmazlıklar ortaya çıkmaktadır. Son olarak da yapılan analizlerin ve inşa edilebilirlik analizlerinin eksikliğinden kaynaklanan uyuşmazlıklar olarak sorunlar bir arada toplanabilir.

İnşaat sektörü geleneksel yollarla ürüne odaklanarak, inşaat sürecine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Ancak bu durum çoğu zaman tasarım sürecinden kopuk çalışmayla sonuçlanmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte pek çok iş sektörü hem gelişmekte hem de tanım değiştirmektedir ancak inşaat sektörü bu gelişimi yeteri kadar sağlayamamıştır. İnşaat süreci, temelde yüz yıl önce nasıl işliyor ise halen aynı mantıkla ilerlemektedir. Bir dizi çizimler ile bina inşaatı yapılmakta ve bu çizimler çoğu zaman hatasız ve yanlışsız  retilenmemektedir. Tabi bu durum defalarca değiştirilen çizimler ve geç teslim edilen projeler ile sonuçlanmaktadır. YBM'nin icadı ile tasarımcı mimarlar için uyumlu planlar ve kesitlerin tasarlanma fırsatları oluşmuştur. Bu durumun tasarımcılar için avantajı; projede çizim aşaması yapılırken aynı zamanda üç boyutlu modelin de oluşturulabilmesidir. Bu sayede hatalar tasarım aşamasında ortaya çıkarılabilmekte ve çözümleri bulunabilmektedir.

YBM ile yazılım olarak tasarımcılara ve inşaat sektörüne birden fazla özellikle fayda sağlamak amaçlanmıştır. Hem proje ve inşaat yönetimi hem de mimarlar ve mühendislerin daha verimli çalışmaları göz önünde bulundurulmuştur. Yine de pek çok mimar, mühendis ve proje yönetim sorumlusu, hala aynı iş sürdürme yöntemiyle, geleneksel iş akışına göre devam etmeyi tercih etmektedir. Bunun sebebi YBM' in yazılım olarak tercih edilmemesinden öte pek çok firmanın yazılımı satın almaması ve eğitiminin zaman kaybına yol açacağını düşünmesinden kaynaklanmaktadır. YBM yazılımının amaçladığı yarar, inşaat sektöründe süreç ve iş yükü bağlamında performans arttırmak, bilgi alışverişini maksimum ve bilgi talebini minimuma indirmektedir. Bununla birlikte projeye dahil olan tüm bireylerin arasındaki bilgi kopukluğunu

ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Kısacası YBM yazılımı, problemlere çözüm olmak için üretilen bir araç olarak kullanılmalıdır [URL 46].

YBM yazılım üzerinde oluşturulmuş modeller dinamik olarak birbirine bağlıdır. Bu bağ sayesinde tasarımcılar mesafe fark etmeksizin model üzerinde değişiklik yapabilmektedir ve bu değişiklikleri inşaat alanına herhangi bir iletişim aracına ihtiyaç duymaksızın aktarmaktadır. Proje yöneticileri vakit kaybı yaşamaksızın talep ettikleri değişiklikleri tasarım ekibine bildirmektedir. Tüm inşaat süreci dört boyutlu bir şekilde alt yüklenicilere aktarılmaktadır. Herhangi bir soru, sorun veya istek, olduğu anında sanal olarak cevap bulabilmektedir. Bu, projeye ait tüm birimlerin modele istedikleri an bağlı kalmalarıyla sağlanmaktadır [URL 46].

YBM'nin inşaat sektörüne hızlı girişi ile sektöre yavaş adaptasyonu göz önünde bulundurulursa, geleneksel yöntemden YBM yazılımına geçiş olanakları üstünde durulması gerekmektedir. Belgeleme yönteminin gelenekselden teknolojik olarak web tabanlı bir yazılıma geçmesi büyük dikkat ve özen gerektirmektedir. YBM yazılımının inşaat sektörüne bütünleştirilmesinin pek çok faydası vardır ancak pek çok belirli yönlerden zararları da olabilir [URL 46].

YBM, yazılım olarak inşaat sektöründe devrim yaratma niteliğine sahiptir. İnşaat sektöründe yıllardan beri birçok icat yapılmıştır. Bunların en önemlisi iş makineleridir. İş makineleri gökdelenlerin inşaatına yol açmıştır. İş makinaları, inşaat alanındaki verimin büyük ölçüde artmasına fayda sağlamıştır ancak inşaat sürecinde bir değişiklik olmamıştır. Verim, inşaat sektöründeki en önemli kollardan biri haline gelmiştir. Bunun sebebi çalışanların geçirdiği verimsiz zamandan kaynaklanmaktadır.

YBM programının verim bağlamında inşaat sektörüne sağladığı on adet adım aşağıda listelenmiştir (Liston v.d. , 2004)

- 1- YBM yazılım olarak, projeyi iş gibi göstermekten çok şirket gibi göstermeyi amaçlayarak, kişisel yönetim programı geliştirmektedir.
- 2- Geliştirilmiş iletişim sağlamak.
- 3- Verimli iş sahasını planlamak
- 4- İş sürecini geliştirmek
- 5- Daha bilimsel iş standartları geliştirmek
- 6- Planlama ve programlama

- 7- Proje kontrolü ve verim gelişimi
- 8- Verimi arttırmayı amaçlayan araç yöntemi
- 9- Güvenlik üzerinde verimi arttırmak
- 10- Kalıcı odaklı verim arttırmak

YBM bir çizim aracı değildir ve herhangi bir meslek dalına da has değildir. YBM sadece bir sistemdir. Bina ve altyapı projelerinde yaşam döngüsü süresince daha verimli, şeffaf ve iş birliğine açık çalışma biçimleri sunmaktadır. YBM yapı aşaması sürecinde yapı sahiplerine ve kullanıcılarına, yatırım maliyetlerini planlama, inşa sürecini daha verimli hale getirme ve bakım onarım maliyetlerini analiz edebilme fırsatları sunmaktadır [URL 47].

Firmaların yaşadığı en büyük problemlerden biri, fiziksel modellerden (basılı plan ve yazılı beyanname) dijital ortamda bilgi paylaşımı sağlayan bir yazılıma uyum sağlamaktır. Modele her yönden ulaşım sağlanması mimarların ve mühendislerin güven sorunu yaşamasına ve projeye imza atmamalarına sebep olmaktadır.

Tasarımı bitmiş olan modele projeye dahil olan her bireyin ulaşabilmesi, verim bağlamında sorun yaratmaktadır. Bu durum yazılım firmalarını projenin ortak alanda paylaşılabileceği ve kolay ulaşılabilmesi yeni yazılımlar geliştirmeye yöneltmektedir. Günümüzde var olan yarı bütünleşik sistemin gelecekte, 'süper bütünleşik' hale gelmesi güvenilirlik sorunsalını ortaya çıkaracaktır. Bunun sebebi erişim izni olmayan kullanıcıların da bu genellemeye dahil olarak gizlilikten uzak olan belgelere ulaşabilmelerini kolaylaştırmasıdır (Kuehmuerer, 2000).

YBM yazılımı ve teorisinin arkasındaki mantık, geleneksel proje sürecinde oluşan bilgi eksikliğini ve dolayısıyla oluşan iletişim kopukluğuna çözüm olmaktadır. Proje sürecine dahil olan tüm tarafların, tamamlanmış model üzerinde yapabilecekleri değişimler karışıklığa sebep olacaktır. YBM yazılımı tüm dünya genelinde tanınmış olsa da henüz tüm dünya genelinde kullanılmamaktadır. Proje tasarım, uygulama ve yönetme sürecine dahil olan taraflardan birinin YBM yazılımını kullanmıyor, taraflardan birinin kullanıyor olması bilgi paylaşımının bu doğrultuda gerçekleştirmesinde büyük karışıklıklara sebep olacaktır [URL 41].

Bununla birlikte YBM yazılımının yaygın olarak bilinmesi, YBM programı kullanıcılarının da aynı oranda olduğunu göstermemektedir. YBM kullanımı konusunda uzmanlaşmak veya tarafları uzman haline getirmek fazladan gider anlamına gelmektedir. Bu durum da pek çok firmanın tercih etmediği bir durumdur [URL 41].

YBM yazılımının bir diğer dezavantajı ise programın yasal olarak kullanılabilmesi için çeşitli lisansların onayına ihtiyaç duymasındır. Bu lisansların çok pahalı olmaları bir yana aynı zamanda yazılım tek paketten de oluşmamaktadır. Bütünüyle YBM yazılımını kullanmak ve yararlanmak için birden fazla pakete ihtiyaç duymaktadır. Her bir paketin de ayrı lisans giderinin olduğunu belirtmek gerekir. Bu giderler YBM yazılımının tercih edilen program olmasını engellemektedir. Özellikle küçük firmalar, çokça tasarruf sağlayabilmek için az eleman çalıştırır. Bu firmalar çokça tasarruf yapma çabası içerisinde oldukları için program giderleri de firma sahiplerinin uzak durdukları bir kalemdir. Bu sebeple YBM yazılımı lisans ve eğitim maliyetlerinden ötürü iş sahipleri tarafından tercih edilmeyen bir yazılım haline gelmektedir [URL 41].

YBM konusunda yeterli bilgiye sahip nitelikli çalışanların bulunmaması ve mevcut iş pratiğine tam olarak uymamasından ve diğer bazı nedenlerden dolayı uyumsuzluklar ile karşılaşmaktadır (Eastman vd., 2011).

4.2 ARCHICAD

Archicad, bir mimari tasarım programıdır. Kullanıcılara mimari tasarımı destekleyen ve üretkenliği arttıracak araçlar sağladığını vaat etmektedir. Archicad, mimarlar tarafından mimarlar için tasarlanmıştır. Yazılım yeni güncellemelerle; tasarıma odaklanma, revizyonları yönetme, tasarım alternatiflerini değerlendirme, iş birliği yapma ve koordine etme gibi konularda başarılı olmalarına yardımcı olmaktadır. Archicad kullanımı birçok açıdan kolaylık ve zaman kazandırmaktadır. İş akışı sürecine farklı bir yaklaşım sunmaktadır. Çizimler projelerde doğruluk ve verimliliği sağlarken tasarımın üzerinde daha fazla kontrol sağlamaktadır [URL 36].

Archicad, Graphisoft Nemetschek firmasının ürettiği bir yazılımdır. Archicad, yazılımı ile mimari tasarımlarda üç boyutta çözümler üretmeyi, kullanıcıya modelleme görselleştirme belgesini almayı ve revizyon yönetimi araçları gibi çalışma kolaylıkları sunmaktadır. Open BIM kullanımında Smart veri modelini kullanmaktadır. Archicad'in Open BIM'e yaklaşımı iş birliğine dayalı, gerçek iş akışına uygun, sürdürülebilir ve çözüm odaklıdır [URL 36].

Archicad, çift yönlü bir bağlantı sunarak mimarların serbest biçimli, algoritmik tasarım geometrileriyle çalışmalarını ve bunları YBM elemanlarına doğru bir şekilde dönüştürmelerini sağlamaktadır [URL 36].

Yazılımla birlikte tam bir plan, kesitler, cepheler, mimari ve uygulama detayları ve sanal gerçeklik tasarımları kullanılabilmektedir. Böylece sürekli olarak bu planları tekrar tekrar çizmek yerine Archicad ile tüm projeler belgelenebilmektedir. Aynı zamanda iki boyutlu yazılımda tasarım yapmanın dışında Virtual Building (Sanal Bina) yaklaşımı ile masraflı hataların yapılması engellenmektedir. Belgelerin bütünlüğünü koruyan Archicad, plan üzerinde değişiklik yapılmasına olanak vermektedir [URL 36].

Virtual Building yaklaşımı, projeyi bina bilgi çözümüyle birleştirir ve rekabet üstünlüğü sağlar. Archicad ile her tasarım aşaması ve projeye dahil olan her farklı ortak için bina planındaki değişikliklere ulaşılabilmektedir.

Archicad ile bina çizimlerini elektronik formatta alınabilir, üzerinde değişiklik yapılabilir ve bu süreç içerisinde veri kaybı yaşamadan dosya daha sonraki çalışmalar için geri verilebilmektedir. Bunun yanı sıra kapsamlı programlar ve malzeme listeleri, hassas ölçekli detayların çizimleriyle birlikte mimarlar için hazır olmaktadır. Böylece mimarlar, bina inşaatının ya da yıkımının her aşamasında işlerini planlayabilmekte, animasyon ve belgeler oluşturulabilmektedir. Bir satış broşürü için ise geliştiriciler üç boyutlu planları fotoğraf gerçekliğinde kullanabilmektedir. Üstelik bu çalışmalar yapılırken, tasarıma odaklanabilmekte ve tasarım geliştikçe planlar da güncellenebilmektedir [URL 36].

Virtual Building teknolojisi; mimarlar, dekoratörler, emlak acenteleri, konut tasarımcıları, tesis yöneticileri ve pazarlama personeli gibi inşaat sektörüyle bağlantılı tüm profesyoneller için oldukça faydalı olmaktadır. Emlak acenteleri de mimarların oluşturmuş olduğu Virtual Building üzerinden çalışarak kolayca doğru oda boyutları ve alan hesaplamalarına ulaşabilmektedir. Projede herhangi bir noktadan perspektif görüntüler sunabilmekte ve hatta potansiyel müşterilerini sanal bir bina turuna çıkarabilmektedir [URL 36].

4.3 SAP2000

SAP2000; taşımacılık, sanayi, kamu işleri, spor ve diğer tesislerde çalışan mühendisler için analiz motorları ve tasarım araçlarıyla çalışan çok yönlü bir kullanıcı ara yüzü programıdır [URL 30].

Programda karmaşık modeller yerleşik şablonlarla oluşturulabilmekte ve bölümlendirilebilmektedir. Bütünleşmiş tasarım kodu özellikleri; Amerika, Kanada ve

Uluslararası Tasarım Standartları'na göre çelik ve beton tasarım kodu kontrolleri ile rüzgâr, dalga, köprü ve sismik yükler oluşturabilmektedir [URL 30].

Gelişmiş analitik tekniklerden, adım adım büyük biçim bozukluğu analizine, lineer olmayan vakaların sertliğine dayalı Eigen ve Ritz analizlerine, katener kablo analizine, fiber menteşeli lineer olmayan analizlere, çok katmanlı lineer olmayan kabuk elemanlarına, bükülme analizine, aşamalı çöküş analizine izin vermektedir. Ayrıca sürüklenme kontrolü için enerji yöntemleri, hıza bağlı damperler, baz izolatörleri, plastisite ve lineer olmayan segmental yapı analizine yer vermektedir [URL 30].

SAP2000, kapsamlı bir mühendislik yazılımıdır. Daha çok inşaat mühendisliği alanında kullanılan bu yazılım, yapı tasarımına ihtiyaç duyulan her sektörde kullanılabilmektedir. Modelleme, yük seçimi, analiz, tasarım ve çıktı gibi sıralı adımlarla bir yapının tasarlanmasına katkı sağlamaktadır. Modellemede kullanılan şablonlar ve nesne tabanlı ara yüzü ile modelleme sürecini hızlandırmaktadır. SAP2000, zemin yapı etkileşiminin belirlenmesini sağlayan modelleme seçeneğine de sahiptir [URL 30].

SAP2000; doğrusal veya eğimli parçalar, kablolar veya yaylar, amortisörler, izolatörler gibi parçaların bulunduğu şablonlar ile hızlı ve başarılı bir modelleme için her türlü olanağı sunar. İster karmaşık isterse basit olsun, SAP2000 her türden yapısal modelleme için uygun bir programdır [URL 30].

SAP2000 ile hazır gelen kod tabanlı yük modülü sayesinde hazırlanan modele birkaç tıklama ile rüzgâr kuvveti, ağırlık, dalga, termal kuvvetler ve sismik kuvvetler gibi çevresel kuvvetlerin etki etmesi sağlanabilmektedir. Böylece gerçeğe uygun ve tutarlı bir modelleme sürecine ulaşılmaktadır [URL30].

İnşaat mühendisliği için gerekli hemen hemen tüm analiz metotlarını destekleyen SAP2000 programı, bir yapının karşılaşılabileceği her türden olumsuz koşul için önceden belirlenmiş analiz yeteneğine sahiptir. Örneğin, modeli hazırlanan bir yapının kaç büyüklüğünde bir depreme dayanabildiği SAP2000 programı ile kolaylıkla ölçülebilmektedir [URL30].

SAP2000'de tasarım tamamen analiz süreci ile birleştirilmiştir. Çelik veya betonarme yapıların tasarımında uluslararası standartlar ile tam uyumlu tasarım hazırlanmasını sağlamaktadır. SAP2000 ile tasarım sonucunda görsel olarak sunum için özel bir rapor üretilebilmektedir [URL30].

SAP2000 veri transferi için birçok endüstri standartını desteklemektedir. Autodesk Revit Structures, Tekla Structures, AutoCAD (DXF / DWG), CIS / 2, IFC, IGES ve SDNF standartlarını desteklenmektedir. SAP2000 ayrıca modelin, bir Microsoft Access veri tabanına aktarılmasını da desteklemektedir. Kullanıcılar başka analiz paketleri kullanıyorsa, SAP2000, FrameWorks Plus, STAAD ve STRUDL'den dosya alabilmektedir [URL 30].

4.4 Tekla Structures

Yapı Bilgi Modelleme yazılımı olan Tekla Structures, üç boyutlu modellerin oluşturulmasına, birleştirilmesine, yönetilmesine ve paylaşılmasına olanak tanımaktadır. Tekla Structures'ı kavramsal planlamadan fabrikasyon, yapım ve bakıma kadar tasarım, detaylandırma ve bilgi yönetimi için kullanabilmektedir [URL 31].

Tekla Structures ile tasarım, malzeme ya da yapısal karmaşıklığa bakılmaksızın doğru, detaylı, yüksek derecede modellenenmektedir. Tekla Structures üç boyutlu yapısal modellerin oluşturulmasını ve yönetilmesini sağlayan YBM yazılımıdır. Tekla Structures modelleri, kavramsal tasarımdan imalata, montaj ve inşaat yönetimine kadar tüm bina sürecini kapsamak için kullanılabilir [URL 31].

Tekla Structures'ın tasarım becerisi ile her çeşit gereçten her çeşit yapı modellenebilir veya tek bir model çeşitli gereçler barındırabilir. Tekla Structure, Open API sayesinde dosya transferi yoluyla çeşitli analiz ve tasarım paketleriyle iletişim kurabilmektedir. Buna bağlı olarak çizimciler ile mühendislerin aynı proje modeli üzerinde çalışma, etkin raporlama ve değişim yönetimini mümkün kılmaktadır [URL 31].

Gelişmiş yapısal YBM sistemi sayesinde, modeller karmaşıklıktan çıkarılıp sadeleştirilmekte ve proje tasarımını kolaylaştırarak her türlü modelin oluşturulmasına olanak sağlanmaktadır [URL31].

Daha hızlı, daha etkin ve verimli detaylandırma avantajıyla iş tekrarını yok edip teslim sürelerini azaltabilmektedir. Bütünleştirilmiş yönetim araçları ile iş geçmişini görsel olarak izleme olanak sunarak projelerin daha sıkı kontrol edilebilmesini sağlar ve bu da verimliliğin artmasına sebep olmaktadır [URL 31].

İnşaat sektöründeki maliyetlerin önemli kalemlerinden olan çelik/prefabrik, betonarme/beton kalemleri, Tekla Structures yazılımı ile bütünleşmiş bir şekilde hesaplanabilmektedir [URL 31].

4.5 Autodesk Revit Structure

BIMSOFT'a göre Revit Structure yazılımı ile, etkili bir yapısal analiz, tasarım ve belgeleme için bir multi-materyal (çok malzemeli), fiziksel ve bağımsız olarak düzenlenebilir, bir çözümsel model birleştirilebilir. İnşaat mühendisleri, mimarlar ve teknikerler arasındaki manuel koordinasyondan kaynaklanan hataların yanı sıra tekrarlayan modelleme ve çizim görevlerini de en aza indirgeyebilir [URL 37].

IFC koduna ek olarak, BCF kodu tabanlı sorun yönetimi örneğin; çakışma tespiti, özellik değişiklikleri vb. ile Autodesk Revit ve Archicad arasında veri transferi yapabilmektedir. Autodesk Revit, Kubus tarafından geliştirilen BCF Yöneticisi gibi BCF kodu ile iş akışlarını 3. taraf eklentiler aracılığıyla desteklemektedir [URL 34].

Mimari-yapısal iş akışında 2010 ve üzeri bir Autodesk Revit versiyonu kullanılması tavsiye edilmektedir [URL 34].

4.6 Open BIM Sistemi Avantajları

Birçok firma literatür araştırmasında görüldüğü gibi Open BIM sistemiyle, tasarımcıların birbirleriyle olan iletişimini kolaylaştırmayı hedeflemiştir. İletişimi projenin her aşamasına dahil ederek iş akışını etkileyecek sorunları uygulamaya başlamadan önce çözmeyi amaçlamıştır.

Open BIM sistemi inşaat sektöründe alt disiplinlerle koordineli olarak çalışmayı kolaylaştırmaktadır.

Mimar, mühendis ve müteahhit arasında oluşacak sorunları tasarım aşamasında ortaya çıkartır. Sorunlara önceden çözüm olanağı sağlar.

Open BIM sisteminin başlıca avantajları:

1. İnşaat sektöründe verimli ve ekonomik analizlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır.
2. Sektördeki tüm alt disiplinlerin üç boyutta ve gerçeğe en yakın şekilde koordinasyonunu sağlamaktadır.
3. İş akışının gerçekleşme süreçlerini gerçeğe en yakın şekilde belirlenmesini sağlamaktadır.
4. Open BIM, proje üyelerinin kullandıkları yazılım araçlarından bağımsız olarak katılmalarına izin veren şeffaf ve açık bir iş akışını desteklemektedir.
5. Open BIM tasarımcıların; endüstrinin ve hükümetin şeffaf ticari katılım, karşılaştırılabilir hizmet değerlendirmesi ve garantili veri kalitesi ile projeler tedarik etmesine olanak tanıyan geniş referanslı süreçler için ortak bir dil oluşturmaktadır.

6. Open BIM, aynı verinin birden fazla girilmesinden ve sonuçta ortaya çıkan hatalardan kaçınarak varlık ömrü boyunca kullanım için kalıcı proje verileri sağlamaktadır.

7. Open BIM, daha kesin kullanıcı talep aramaları ile çevrimiçi ürün tedarikine cevap vermekte ve ürün verilerini doğrudan YBM'ye iletmektedir.

Eğer Open BIM, olanaklarını geliştirerek açık bina verilerinden değer elde edebilecek ve açık bina havuzlarına geri değer sağlayabilecek konuma gelirse, gelecekte Open BIM sistemine dahil olacak araçların miktarında büyük bir artış beklenebilir. Bu araçların etkileri ile Open BIM sisteminin inşaat sektöründe tasarım ve uygulama aşamalarının bugünü ve yarını olması sağlanabilir.

4.7 Open BIM Sistemi Dezavantajları

Open BIM yazılımı inşaat sektöründe kullanıcılara, sahada uygulanabilir verilerin analizini yapmakta ve henüz tasarım aşamasındaki uygulama verilerine en kolay şekilde ulaşmamızı sağlamaktadır. Ancak Open BIM kapsamında da çeşitli sorunlar mevcuttur.

Tespit edilen ve geliştirilmesi gereken sorunlar şunlardır:

1. Verilerin modellemesinde kullanılan IFC formatı, mevcut modelleme sürecinde sınırlamalar getirmiştir.
2. Uygun bir görünüm tanımlama modeli olmadığından, birlikte çalışılabilirliği engelleyen geometrilerde parametrik destek eksiklikleri vardır.
3. Özellik araçları standartlaştırılma eksikleri olduğundan bazı sonuçlar yorumlanmadan elde edilir.
4. Ana işbirlikçiler arasındaki koordinasyon eksikliklerinin giderilmesi gerekmektedir.
5. Veri birleştirilmesi ve verilerin Open BIM'e doğru aktarılması üzerine yazılım düzenlemeleri yapılmalıdır.
6. Veri dönüşümü sırasında kaybedilen bilgiler; yerel verilerin diğer tarafların koordinasyon ortamlarında açılması için dönüştürülmesi gerekmektedir.
7. Diğer taraflardan gelen verilerin yorumlanması ile ilgili konuların taraflarca doğru yorumlanması gerekmektedir.
8. Ortak çalışılabilirlik sağlanmalı ve sürdürülebilir olunmalıdır.

4.8 Open BIM Sistemi Standardizasyonu

Open BIM sistemi, sektöre dahil olan elemanların uyum içinde, verimli ve projeye ait iş akışlarının belirlenen süreç içinde tamamlaması üzerine etkin standardı yakalamış ve sektörde yer edinmiştir.

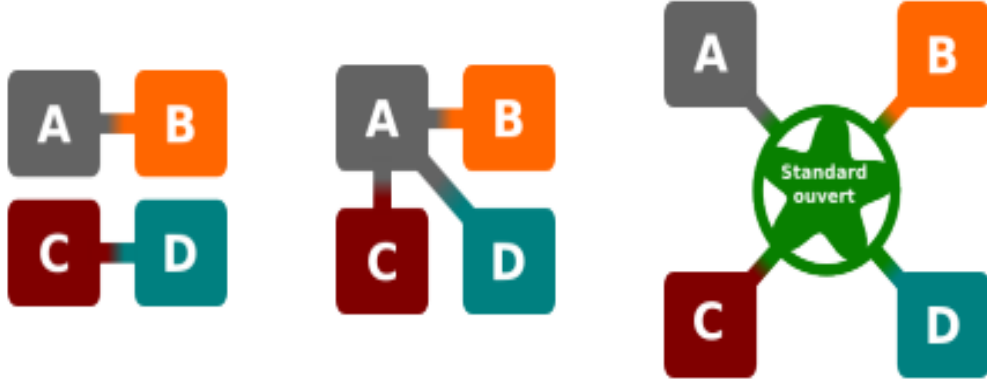
Temel olarak sistem, birbirleriyle uyumlu ve zaman tablosuna sadık projeler üretmek için geliştirilmiştir.

Bilgi paylaşımında bulunmak ve yeniden kullanmak için yazılım uygulamaları, veri alışverişinde bulunmak zorundadır. Bunun için örnek kullanım durumları, çatışma tespiti (disiplinler arasında veri paylaşımı) ve inşaat iş akışlarının da süreç analizleri ve inşaat fazları arasında veri paylaşımı gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu durumları ele alan yazılım sistemleri geliştirilmelidir [URL 48].

Open BIM, bu gibi sorunlarda disiplinler arasında iletişim sağlamak, verilerin sisteme aktarılması veya sistemden geri alınması hususunda özel çözümler sunmaktadır. Örneğin; dosya formatlarında bütünleşme ara yüzü veya açık bir formatta hemfikir olunan çözümler sunmaktadır.

Günümüzde Open BIM ile çalışılabilirlik, çoğunlukla Autodesk sistemleriyle standardizasyon sağlaması üzerinedir. Bu durum kullanıcılar arasında işlevsellik kazanması açısından önemli bir etkidir.

Özellikle Avrupa'daki kamu sektöründe açık standarda sahip olan Open BIM sistemi tercih edilmektedir. Veriler standardizasyonunu sağlamış bütün yükleniciler tarafından erişilebilirdir. Her yüklenicinin standart verilere sahip olması haksız rekabet koşullarını ortadan kaldırmıştır. Bu durum sayesinde, projelerin şeffaf ve bundan 20 yıl sonra bile aynı standartlarda erişimine olanak sağlamaktadır (Şekil 21, URL 48).



Şekil 21 Sıradan birlikte çalışma çeşitleri ve standardizasyonu yapılmış birlikte çalışma [URL 48]

Çalışılabilirlik, yatırımcılar için asıl hedef değil, varlık portföylerini arttırmak için bir araçtır. Asıl amaç minimum maliyetle maksimum değer kazanmaktır. Bu nedenle daha küçük yatırımlar yapmak isterler. Yatırımcılar için çalışılabilirlik kavramına birçok perspektiften bakmak gerektiği için sorunlarını tek bir bakışta belirlemek zor iştir.

Open BIM temelinde çalışılabilirlik kavramına, bakış açılarını belirlemek ve sistem çalışılabilirlik standardını sağlayabilmek için farklı çerçevelerden bakmak gerekmektedir.

Bu çerçeveler;

1. Ortak Tasarım-Ortak Yapım
2. Faz Değişimleri (yatay bütünleşme)
3. Operasyonel birlikte çalışılabilirlik (dikey işlem bütünleşmesi)

4.8.1 Ortak Tasarım-Ortak Yapım

Bu başlık altında proje ekibinin, birlikte tasarlama ve oluşturma becerisi hakkında incelemeler yapılmıştır. (dikey proje bütünleşmesi). Open BIM tartışmasının bugün en fazla anlam ifade ettiği ve “bütünleşmiş YBM” vizyonunun en önemli olduğu alandır [URL 48].

Bununla birlikte, merkezi tam bütünleşmiş bir model üzerinde çalışmanın en üretken yaklaşım olmadığına dair araştırmalara dayalı kanıtlar görülmektedir [URL 48].

Proje esnek olmalıdır. Genellikle en yüksek değerle en küçük teklif projeyi kazanmalıdır. İş sahibinin sistem üzerinde durdukları kavram, katılımcıların YBM temelli bir iş akışını

kullanmasının doğru olduğunu onaylamamasıdır. Bunun olması yerel modellerle ve standartlaşmış iş akışları dışında farklı bakış açıları sunmak ve en iyi katılımcılara en iyi araçları kullanma özgürlüğü vermektedir.

4.8.2 Faz Değişimi (yatay entegrasyon)

Bu başlık altında projeye katkı sağlayan iş gruplarının önceki süreçlerde ürettikleri sonuçlar ile sonraki süreçte bu sonuçların doğru kullanılmaması üzerinde durulmaktadır. Tasarım sürecinden faaliyet sürecine geçiş üzerinde durulmaktadır. Tasarımdan inşaata geçişte tasarım verilerinin yeterli düzeyde tamamlanmış olması gerekir, diğer adıma geçilirken bu bir temel adımdır [URL 48].

Yapım aşamasından işletme aşamasına geçişte diğer bir faz değişimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bir belgenin değil mülkün tamamlanmasını ifade eder. Ancak iş teslim süreçleri her zaman zorlu süreçler olarak karşımız çıkar, süreç üç ana başlığa ayrılabilir.

1. Tasarım,
2. Yapım,
3. İşletme.

4.8.3 Operasyonel birlikte çalışabilirlik (dikey işlem entegrasyonu)

Yapının kullanım süreci göz önüne alınmıştır. Yapıyı kullanan, işleten ve bakımını yapan herkese yapının geometrik bilgileri (3B Model ve 2B kat planları bu kapsama girebilir.) ekipman bilgileri, alıcı (sensör) verileri vb. yararlı olabilecek her türlü verinin erişimine olanak sağlamak amacıyla kullanılabilir [URL 48]

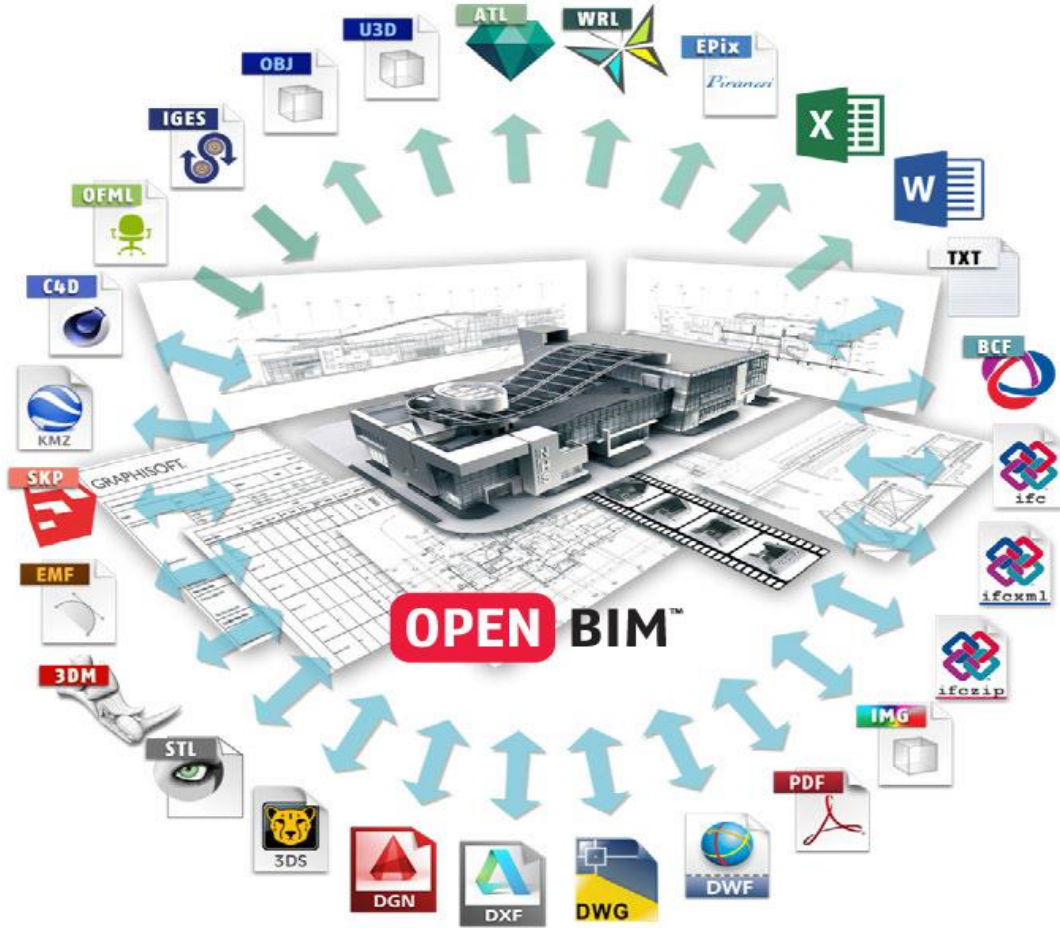
Yapının verilerle birlikte çalışabilirliği sadece yapım aşamasında değil sonrasında da uygulanabilir. Bu sürecin sonunda artık bir yapının, yönetimi, kullanımı ve veri üretmek isteyen bir sistemi vardır. Bu aşamada Open BIM etkinliğini arttırmalıdır ve yapı ömrü süresince etkin yazılımlar eklenmelidir. Bu gelişmeler yapıya sağlanan yatırımı doğru oranda etkileyecektir [URL 48].

Open BIM için birlikte çalışabilirlik ve paylaşılan model seçenekleri;

1. Tüm bilgileri korumak için tasarım araçları kullanılarak modellere yerleştirilmeli ve YBM satıcılarının FM (Facility Management, İşletme Yönetimi) işlevini geliştirmesi için gelecekteki yol haritası belirlenmelidir (Şekil 22).
2. Veri aktarımı ve görsel veriye dönüşümünü sağlamalıdır.

3. Veri aktarımı ve veri paylaşımı çift taraflı olarak veri bütünleşmesini sağlamalıdır.

Tüm dönüşümlerle Open BIM yeni düzeyine ulaşacak ve geleceğin tasarım, yapım ve işletme süreçlerini kapsayan önemli bir değer olacaktır.



Şekil 22 Open BIM veri erişim ağı [URL 49]

4.9 Yazılımlar Kapsamında İletişim Kopuklukları

Yaşanan gelişmelerle birlikte sektördeki ofislerin bütünleşme süreci başlamıştır. Bütünleşme süreci yaşanırken yazılımlar hakkında seminerler düzenlenmiş ve nasıl kullanılacağı hakkında eğitimler verilmiştir. Belirli bir süre sonra ortaya çıkan en büyük problem, programların birbirleri ile bütünleşmiş bir şekilde çalışmadığı yani yeterli özgürlükte olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Uygulama aşamasına geçildiğinde ise ortaya benzer uyumsuzluklar çıkmaktadır. Open BIM kavramının asıl hedefi; olan yazılımları, birbirleriyle bütünleşmiş bir şekilde çalışan özgür yazılımlar haline getirmek olsa da bu konularda eksik kalmıştır.

İş kolları arasında yaşanan bu uyumsuzlukların temeline inilmiş ve inşaat için özgür yazılımın nasıl olması gerektiği hakkında araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucu programların ortak bir koda sahip olması, veri transferi yapabilecek kabiliyete sahip olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Open BIM yazılım bütünleşmesi çalışılabilirlik düzeyini ilerletmeli, donanımsal alt yapısını geliştirmeli ve AEC bütünleşmesini sağlamalıdır. YBM ve Open BIM kullanımının geliştirilmesi açısından geometrik parametrelerdeki görsel kayıpların giderilmesi, sistemin çalışılabilirliğini arttıracaktır. Gelecek yeni düzenlemelerle sistemin çalışılabilirlik düzeyi yazılımın diğer paydaşları arasında meydana gelen inşaatın tasarlanması, yapımı ve işletilmesi süreçlerinden ve maliyet analizleri yönünden kendini geliştirmelidir. Sisteme IFC gibi farklı amaçlarda kullanılacak yeni yazılım kodları eklenmelidir. Bu gelişmelerle Open BIM, yeni bir ilerleme kaydederek yatırımcılarına inşaat sektörü açısından büyük faydalar sağlayacaktır.

Sistemdeki veri kaybı sorunları, genellikle üç boyutlu nesnelerin rasyonel ya da görsel olarak bir yazılımdan başka yazılıma aktarılırken yaşanır.

Bunun çözümü tasarlanan nesnelerin ayrıntılarının doğru ve net belirlenmesi ile aşılabılır.

IFC formatı için, YBM nesnelerinin aileleri mimari kalıplardır. Aslında, IFC gerçek yapı malzemelerini tanımlamak için 3D'yi bir kalıp olarak kullanmaktadır. Rasyonel parametrelere sahip her yazılım uygulamasında IFC kalıplarına karşılık gelen çeşitli standart elemanlar bulunur. Bu elemanların çeşitlendirilmesi probleme çözüm olabilir.

İdeal bir dünyada dışa aktarım kolaylaşmalıdır ama gerçekte ise ISO IFC tarafından önerilen kurallar nesnelerin doğru şekilde dışa aktarılması için belirlenmeli ve düzenlenmelidir. Bazı sistemler dışa aktarımlar için önce IFC kalıpları ile doğru ayrıntılarda ilişkilendirilmelidir. Tasarımdaki nesnenin zayıf bir tanımı, içeriğin dışa aktarılması için doğrudan eksik ya da yanlış olarak dışa aktarılmasına neden olur.

Temel olarak sisteme dahil bütün yazılımların birbiri içinde aktarımı ve düzenlenmesi, ayrıntıların doğru aktarılması ile en doğru sonuca ve çözümlerine ulaşılacaktır.

İş akışının türüne bağlı olarak, IFC tasarımının dışa aktarılmasında hangi bilgilerin dahil edileceğini önceden bilmek önemlidir. Bu, YBM yöneticisinin rolünün bir parçasıdır.

Dışa aktarma metodolojisinin otomasyonuna izin vermek için, kullanıcının dışa aktarılan özelliğin adıyla örneğin, Revit'teki adının arasındaki bir bütünleşme tablosu tarafından tanımlanan özellik kümelerini kaydetme seçeneği vardır. Bu, bir metin dosyası gibi okunabilen bir kod satırı dosyası tarafından belirlenir. Bu tanımlamalar, Revit yazılımındaki nesnelerin dışa aktarımı için gereken nesne tanımları benzer kodlarla olunca dışa aktarım verileri doğru olarak aktarılır.

Bu şekilde, her bir kullanıcı tasarım öğelerinin özel adlarıyla çalışabilir ve her bir değişim türü için dışa aktarımını kaydedebilir.



5. KULLANICILAR AÇISINDAN OPEN BIM UYUMSUZLUKLARI HAKKINDA YAPILAN ANKET ÇALIŞMASI

Tez kapsamında YBM, Open BIM ve Özgür Yazılım kavramları üzerine literatür taramaları yapılmıştır. Yapılan literatür taramasında YBM ve Open BIM yazılımlarının avantajları ve dezavantajları incelenerek aradaki uyumsuzlukları ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Bu araştırmaları yaparken Open BIM kavramına uyum sağlamış yazılımlar da incelenmiştir. Yapılan incelemelerde ortaya çıkan sonuçların kullanıcılara danışılarak doğrulanması istenmektedir. Bu bağlamda anket çalışması için seçilen mimar ve inşaat mühendisleri, belirli bir proje geçmişi olan ve Open BIM'i kullanan belirli kişilerdir.

Yapılan ankette, mimarlar ve inşaat mühendisleri olarak iki iş grubu seçilmiştir. Her iki iş grubuna da veri transferinde yaşadıkları sorunlar ve bilgi düzeylerini belirleyecek sorular sorulmuştur. Sorulan sorular ışığında kullanıcıların hangi aşamalarda hata yaptığı ve hataların nelerden kaynaklandığı araştırılmak istenmektedir. Bu bağlamda sorular dört gruba ayrılmıştır;

- 1) Genel Sorular
- 2) Veri Transferinde IFC Kullanımı
- 3) Nesnelerin IFC ile tanımlanması
- 4) Open BIM ile ortak çalışma

Anket başlangıcında katılanların yaşı, cinsiyeti, mesleği ve mesleklerinde deneyim süreleri gibi genel sorular sorulmuştur. Devamında ise Open BIM'in temel taşı olan IFC kavramı hakkındaki kullanıcıların düşüncelerine erişilmek istenmektedir. Yapılan araştırmalar ışığında IFC kavramının belirli kısıtlamalar getirdiği teorik olarak ortaya çıkmıştır. İkinci anket soru grubunda ise kullanıcıların veri transferinde, yazılımdan kaynaklı ne gibi zorluklar yaşadığını öğrenmek ve aynı zamanda da kullanıcı hatalarını ölçmek amaçlanmıştır. Anketin üçüncü ve son aşamasında ise yapılan araştırmalar ışığında bazı kullanıcıların yaşanan sorunlardan dolayı Open BIM'e katılma isteğinin azalmış olabileceği düşünülmektedir ve bu ölçülmek istenmektedir.

Anket çalışmasında sonuca varabilmek için puanlama ve çoktan seçme olarak 2 ana cevap çeşidi kullanılmıştır. Uygulanan puanlama çeşidinde ölçek, 1-5 arası puanlama ölçeği olarak belirlenmiş ve uygulanmıştır. Ölçek değerleri olan 1 puan "Hiç" ve 5 puan "Hep" anlamını ifade etmektedir. Puanlamalar bu iki değer arasında olup "Veri Transferi" hakkında görüşlere

1-5 arası tam sayı skoru verilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Ölçek dikkate alındığında 3 puan “Orta seviyede” fikrini ifade etmektedir.

5.1 Genel Sorular

Tez kapsamında yapılan anket 8 farklı mimarlık firması ve 32 farklı kullanıcıya uygulanmıştır. Anket başlangıcında katılanların mesleklerinde deneyim süresi, yaşı, cinsiyeti ve mesleği hakkında genel sorular sorulmuştur.



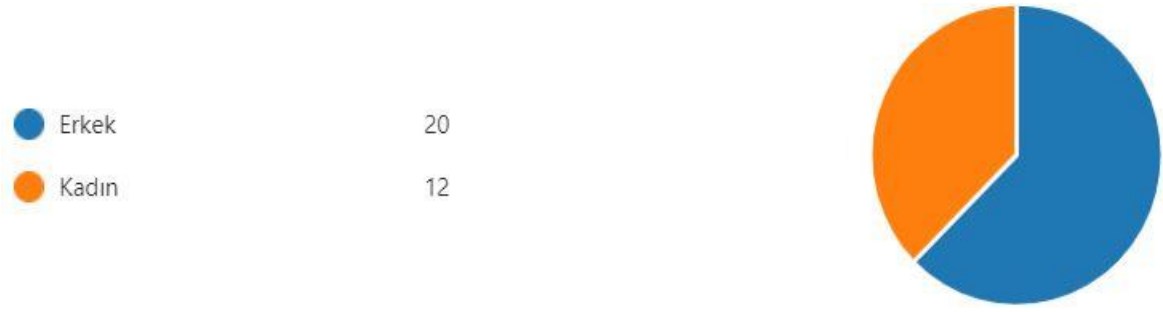
Şekil 23 Anket uygulanan kişilerin mesleklerindeki deneyim süresi

Verilere göre ankete katılan kişilerin %56’sı 1-5 yıl arası deneyimli, %35’i 5-15 yıl arası deneyimli, %9’u 15 yıl ve üstü deneyime sahiptir. (Şekil 23)



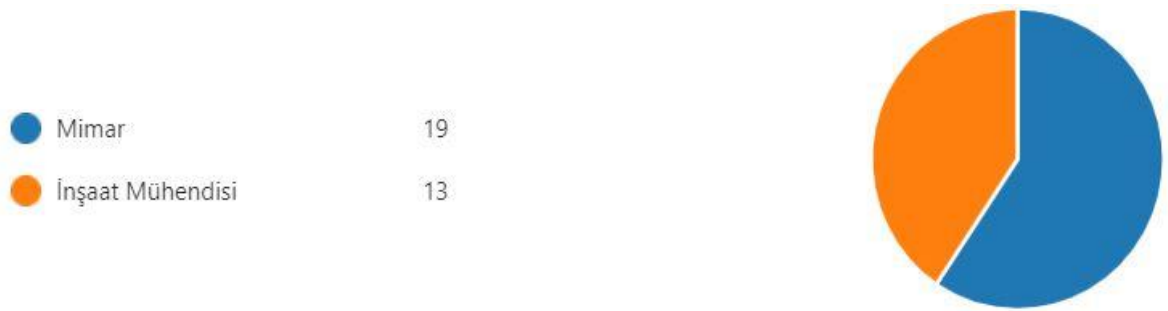
Şekil 24 Anket uygulanan kullanıcıların yaşı

Verilere göre ankete katılan kişilerin %63’ü 22-30 yaş aralığında, %31’i 30-50 yaş aralığında, %6’sı 50 ve üstü yaş aralığındadır. (Şekil 24)



Şekil 25 Anket uygulanan kullanıcıların cinsiyeti

Verilere göre ankete katılan kişilerin %62'si Erkek, %38'i kadındır. (Şekil 25)



Şekil 26 Anket uygulanan kullanıcıların mesleği

Verilere göre ankete katılan kişilerin %59'u Mimar, %41'i inşaat mühendisidir (Şekil 26).

5.1.1 Veri Transferinde IFC Kullanımı

Open BIM ile bütünleşik yazılımlarda, IFC farklı formattaki dosyaların uyumluluğunu sağlamaktadır.

- Soru 1: Yapmış olduğunuz çalışmalarda yapı elemanlarını (Duvar, Kolon, Temel, Pencere, Obje vs.) gibi elemanları sınıflandırırken bu kalıplandırmalara karşılık gelen IFC standart kalıpları çalışmalarınız için yeterli midir?
- Sonuç 1: Anket sonucu olarak 2,66 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların genel olarak IFC kalıplarını yeterli görmediği sonucunu ortaya çıkarmıştır.
- Soru 2: Çalışmanın modellenmesinden sonra veri transferi için IFC formatının standartlarına göre işlenmesinin modelleme sürecine sınırlamalar getirdiğini düşünüyor musunuz?

- Sonuç 2: Anket sonucu olarak 4,00 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların IFC formatını kullandığında kendilerini yeterli özgürlükte hissetmediği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

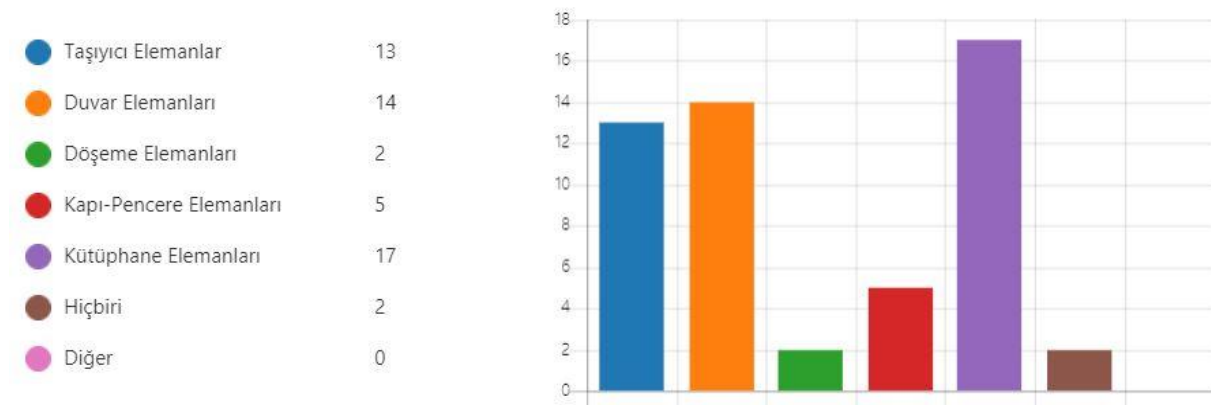
IFC sisteminde yapı elemanlarının sınıflandırılmasında belirli bir standart olmasına rağmen; veri transferi yapılan yazılımlarda bu standartlar kendi sistemlerine göre yorumlanabilmektedir.

- Soru 3: Yazılımlardaki bu durumdan dolayı yoruma dayalı sorunlar yaşandığını düşünüyor musunuz?
- Sonuç 3: Anket sonucu olarak 3,94 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların program arası veri transferinde yazılımların gelen verileri kendi sistemlerine göre yorumlayarak yanlış sonuçlar çıkardığını ortaya çıkarmaktadır.

5.1.2 Nesnelerin IFC ile Tanımlanması

Eksik veya yanlış veri transferi olmaması için, nesnelerin IFC aracılığıyla doğru şekilde tanımlanması gerekir.

- Soru 4: Veri transferinde hangi yapı elemanlarında daha çok sorun yaşıyorsunuz? (Birden çok seçebilirsiniz)



Şekil 27 Veri transferinde sorun yaşanan yapı elemanları

- Sonuç 4: Verilere göre ankete katılan kişiler en çok kütüphane elemanlarında sorun yaşamaktadır. Bu sayıya en yakın olarak taşıyıcı elemanlar ve duvar elemanları gelmektedir. Hiçbir sorun yaşamayan cevap sayısı ise oldukça azdır (Şekil 27).
- Soru 5: Veri transferlerinde görsel kayıplar yaşıyor musunuz?

- Sonuç 5: Anket sonucu olarak 3.44 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların ortalama bir görsel kayıp yaşadıkları sonucunu ortaya çıkarmaktadır
- Soru 6: Hangi geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarında görsel kayıplar yaşıyorsunuz?



Şekil 28 Geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarının görsel kayıpları

- Sonuç 6: Verilere göre ankete katılan kişilerin %40'ı düzgün olmayan çokgenlerde sorun yaşayanlar, %38 'i açılı çalışmalarda sorun yaşayanlar, %22'si ise hiçbirinde sorun yaşamayanlardır. Çoğunluk düzgün olmayan çokgenler ve açılı çalışmalarda sorun yaşarken rağmen belirli bir kesim ise hiçbirinde sorun yaşamamaktadır (Şekil 28).
- Soru 7: Tasarımdaki nesnenin zayıf tanımının, içeriğin dışa aktarılmasında etkisinin ne kadar olduğunu düşünüyorsunuz?
- Sonuç 7: Anket sonucu olarak 4,44 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların çok yüksek oranda kullanıcılardan kaynaklı sorunlar yaşandığını düşündüğü sonucunu ortaya çıkarmaktadır
- Soru 8: Veri transferi sonrası modellediğiniz yapı elemanlarını değişimler olmadan aynı yapı elemanı olarak geri alabiliyor musunuz?
- Sonuç 8: Anket sonucu olarak 2,97 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların ortalama oranda veri transferi sonrası gelen elemanları aynı şekilde alabildikleri ortaya çıkmıştır.
- Soru 9: Sadece mimarlar cevaplamalıdır. Perde (taşıyıcı) duvarları nasıl tanımlıyorsunuz lütfen yazınız?
- Sonuç 9: Verilere göre ankete katılan kişilerin 8'i duvar Elemanı 1'i merdiven elemanı, 1'i kalınlaştırılmış duvar elemanı diyerek yanlış cevaplamıştır. Sadece beş kişi kolon diyerek soruyu doğru cevaplayabilmiştir. Bu sonuçta bize kullanıcıların bilgi seviyesinin yeterince iyi olmadığını ortaya çıkarmaktadır.

- Soru 10: Sadece inşaat mühendisleri cevaplamalıdır. Mimari projeden duvarın perde (taşıyıcı) duvar mı yoksa bölücü duvar mı olduğu bilgisini doğru alabiliyor musunuz?
- Sonuç 10: Anket sonucu olarak 2,29 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların duvar sınıflandırılması hakkında düşük oranda bilgi sahibi olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

5.1.3 Kullanıcıların Çalışma Boyunca Open BIM'e Katılma İsteği

Open BIM ile entegre olmuş yazılımlarla verimli ortak çalışma yapılabilirmekte midir sorusuna yanıt bulunmaya çalışılmıştır.

- Soru 11: Çalıştığınız projelerde, veri kayıpları yaşadığınız için daha az veri transferinde bulunduğunuz oluyor mu?
- Sonuç 11: Anket sonucu olarak 4,28 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların veri transferinde yaşadıkları sorunlardan dolayı yüksek bir oranda veri transferi yapmaktan çekindiklerini ortaya çıkarmaktadır.
- Soru 12: Yapmış olduğunuz çalışmalarda veri transferi yaparken karşı tarafın eski sürüm yazılım kullanması çalışmalarınızda veri kayıplarına yol açıyor mu?
- Sonuç 12: Anket sonucu olarak 3,63 puan ortalaması çıkmıştır. Bu ortalama da kullanıcıların yazılım sürümlerinin farklılıklarından dolayı yaşadıkları sorunların ortalama olduğunu ortaya çıkarmıştır.

5.1.4 Anket ile İlgili Genel Değerlendirme ve Çözüm Önerileri

Literatür taramasında; Open BIM kavramı, Open BIM kavramının ortak bir dil olarak kullanıldığı IFC sistemi, Özgür Yazılım kavramı, kullanıcıların olumlu ve olumsuz görüşleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tezin amacı ve hedefi; Open BIM kavramı her ne kadar güvenilir ve sorunsuz bir kullanım vadetse de kullanıcıların, kullanımındaki oluşan sorunları ve uyumsuzlukları belirleyerek yaşanan bu sorun ve uyumsuzluklara çözümler üretmektir.

Bu hedefle, veri transferinde olması gereken özellikler incelenmiş ve yaşanan uyumsuzluklar bulunmuştur. Bu bağlamda uygulanan anket çalışmasının, tezde bahsedilen uyumsuzluklarla nasıl bağdaştığı şu şekilde anlatılmıştır;

Anket çalışmasına katılan mimar ve mühendisler, proje konusunda deneyimli ve Open BIM'i kullanan mimar ve inşaat mühendisleridir. Çalışma kapsamının bu iki iş koluna indirgenmesinin nedeni tasarım aşamasında bu iki iş kolu arasında karşılıklı yoğun veri akışının

sağlanmasıdır. Başka bir neden olarak bilgi eksiklerinden kaynaklanan hataları en aza indirgeyerek asıl sorunun ortaya çıkartılmasını söyleyebiliriz. Bu veri akışına bağlı olarak ortaya koydukları işler birbirlerine göre değişmektedir.

Disiplinlerin kullandığı programların özellikleri, mesleki alanda hangi amaçla kullanıldıkları ile sınırlandırılmıştır. Yapılan çalışma kapsamında ortaya çıkan verilerle Open BIM kavramının iletişim kısmı, veri şeffaflığı ve ortak çalışılabilirlik alanları üzerinde durulmuştur.

Katılan kullanıcıların %59'u mimarlar, %41'i ise inşaat mühendisleridir.

Her yazılımın doğrudan birbirleri ile iletişim kurması gerekmez, bazı büyük faktörler genellikle verilerin tutulmasında merkezi bir rol üstlenirler. Bu rolü Open BIM kavramında IFC üstlenmektedir. IFC farklı yazılımlardan gelen verilerin belirli standartlarla uyumluluk içerisinde okunmasını sağlamaktadır. IFC, hangi yazılımda çalışırsa çalışılsın, o çalışmayı parametrelere göre kodlar ve diğer yazılımlarla paylaşır.

Yapılan literatür araştırmaları sonucu IFC'nin üstlendiği bu rolde eksik kaldığı noktalar belirlenmiş ve bunlarla alakalı sorular sorulmuş, cevaplar alınmış ve çözüm önerilerinden bulunulmuştur;

Bu anlamda sorulan sorular;

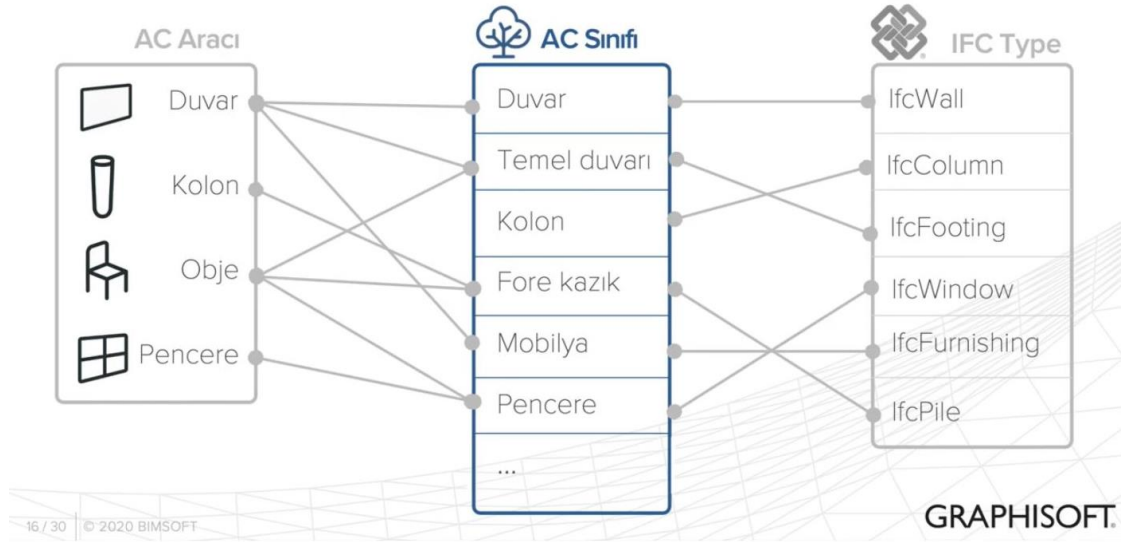
- Yapmış olduğunuz çalışmalarda yapı elemanlarını sınıflandırırken, bu kalıplandırmalara karşılık gelen IFC standart kalıpları çalışmanız için yeterli midir?
- Çalışmanın modellenmesinden sonra veri transferi için IFC formatının standartlarına göre işlenmesini, modelleme sürecine sınırlamalar getirdiğini düşünüyor musunuz?
- Veri transferi yapılan yazılımın yapı elemanlarının sınıflandırmasındaki standardı, kendi sistemine göre yorumlamasına dayalı sorunlar yaşandığını düşünüyor musunuz?

Sorulan sorulara verilen cevapları sırasıyla yorumladığımızda, yapı elemanları sınıflandırılırken 2,66 puan ortalaması ile IFC standart kalıplarının yeterli görülmediği sonucu ortaya çıkmıştır. 4,00 puan ortalaması ile IFC formatı kullanıcıları, formatın standartlara göre işlenmesinin modelleme sürecine sınırlama getirdiğini düşünmüş ve kullanıcıların 3,94'ü veri transferinde, yazılımların, gelen verileri kendi sistemlerine göre yorumlayarak yanlış sonuçlar ortaya çıkarttığını söylemişlerdir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda çözüm önerim şu şekildedir. Yapı elemanları oluşturulurken belirli araçlar ve sınıflar kullanılır. IFC, bu yapı elemanlarını sınıflarına bakarak

kodlar. 2,66 puan ortalaması ile anket çalışmasına katılan kullanıcıların birçoğunun IFC sisteminin bu sınıflandırma yeteneği konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığı saptanmıştır. Bunun yanında yazılımlar arası veri aktarımı sırasında oluşan problemin çözüm kaynağında yazılımların IFC dosyası üretirken kendi özellerinde farklı ihtiyaç ve özelleştirilmesi gereken detaylara ihtiyaç duymasıdır. Yazılımlar arası veri aktarımı sırasında problemi en aza indirmek için Tekla için IFC aktarımı ve Revit için IFC aktarımı gibi seçenekler kullanılması gerekmektedir. Yine de aktarım sırasında bu çeviriciler kullanılsa da bazı problemler çıkabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Ankete katılan katılımcıların bu bölümde verdiği cevaplara sunulan çözüm önerileri değerlendirildiğinde, katılımcıların, IFC konusunda bilgi eksiklikleri olduğu saptanmıştır. Kullanıcıların, IFC konusunda eğitilmeleri her bir soruya verilen cevabın puan ortalamasını olumlu yönde etkileyecektir.



Şekil 29 Archicad ile IFC formatı arasındaki sınıflandırma sistemi [URL 51]

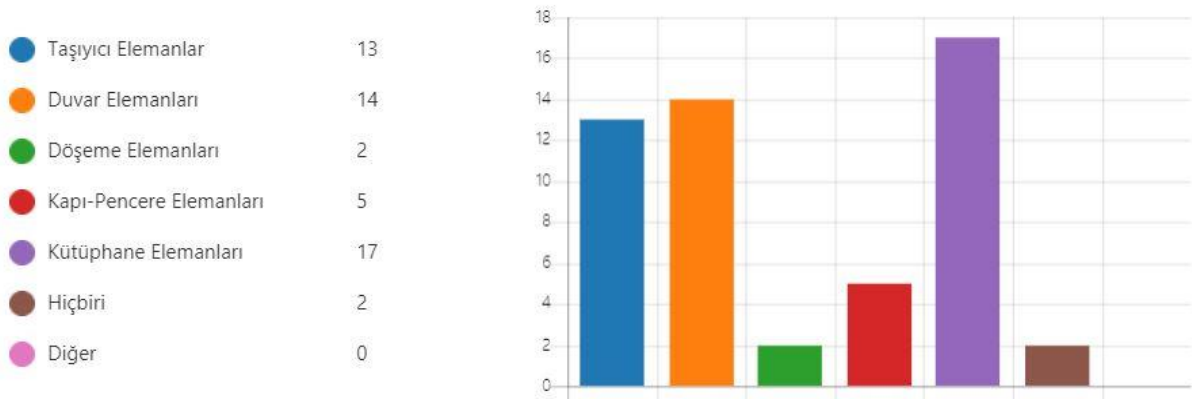
ISO, IFC tarafından önerilen kurallar nesnelerin doğru şekilde dışa aktarılması için belirlenmeli ve düzenlenmelidir. Sistemler dışa aktarımlar için önce IFC kalıpları ile doğru ayrıntılarda ilişkilendirilmelidir. Tasarımdaki nesnenin zayıf bir tanımı içerik dışarı aktarılırken, eksik ya da yanlış olarak dışa aktarılmasına neden olur.

Bu yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda kullanıcılara şu sorular sorulmuştur;

- Veri transferinde hangi yapı elemanlarında daha çok sorun yaşıyorsunuz? (Birden çok seçebilirsiniz)

- Veri transferlerinde görsel kayıplar yaşıyor musunuz?
- Hangi geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarında görsel kayıplar yaşıyorsunuz?
- Tasarımdaki nesnenin zayıf tanımının, içeriğin dışa aktarılmasında etkisinin ne kadar olduğunu düşünüyorsunuz?
- Veri transferi sonrası modellediğiniz yapı elemanlarını değişimler olmadan aynı yapı elemanı olarak geri alabiliyor musunuz?
- Sadece mimarlar cevaplamalıdır. Perde (taşıyıcı) duvarları nasıl tanımlıyorsunuz lütfen yazınız?
- Sadece inşaat mühendisleri cevaplamalıdır. Mimari projeden duvarın perde (taşıyıcı) duvar mı yoksa bölücü duvar mı olduğu bilgisini doğru alabiliyor musunuz?

Sorulara verilen cevapları sırayla yorumladığımızda veri transferi aşamasında en çok sorun yaşanan yapı elemanlarının kütüphane elemanları arasından olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre en çok sorun yaşanan elemanlar taşıyıcı elemanlar ve duvar elemanlarıdır. Transfer esnasında herhangi bir elemanda hiç problem yaşanmadığı cevabını veren kişi sayısı oldukça azdır.



Şekil 30 Veri transferinde sorun yaşanan yapı elemanları

“Görsel kayıp yaşıyor musunuz?” sorusuna verilen cevaplar veri aktarımı sırasında ortalama bir görsel kayıp yaşandığı sonucunu ortaya koymuştur. Katılımcıların %40’ı düzgün olmayan çokgenlerde, %38’i açılı çalışmalarda görsel kayıplara veri aktarımı sırasında görsel kayıplarla karşılaştıklarını, %22’si ise herhangi bir sorun yaşamadığını belirtmiştir.



Şekil 31 Geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarının görsel kayıpları

İçeriğin dışa aktarılması esnasında tasarımdaki nesnenin zayıf tanımının etkisi sorulduğunda katılımcıların 4,44’ü kullanıcıdan kaynaklı bir sorun olduğu cevabını vermiştir. Veri transferi gerçekleştirdiğinizde modellediğiniz yapı elemanlarının değişime uğraması konusunda sorulan cevabın 2,97’lik puan ortalaması büyük ölçüde sorun yaşanmadığını ortaya koymuştur. Sadece mimarlara sorulan “Perde (taşıyıcı) duvarları nasıl tanımlıyorsunuz?” sorusuna 8 kişi duvar elemanı, 1 kişi merdiven elemanı, 1 kişi kalınlaştırılmış duvar elemanı yanıtını verirken, sadece 5 kişi kolon cevabını vererek doğru yanıtlamıştır. Sadece inşaat mühendislerine sorulan “Mimari projeden duvarın, perde (taşıyıcı) duvar mı yoksa bölücü duvar mı olduğu bildiğini doğru alabiliyor musunuz?” sorusuna alınan cevaplar doğrultusunda 2,29 puan ortalaması ile katılımcıların duvar sınıflandırması hakkında düşük oranda bilgi sahibi oldukları saptanmıştır.

Bu bölümde katılımcıların konumlandırma hataları yaptıkları, taşıyıcı yapılardaki yanlışlıklar ve yapı elemanları konusundaki bilgi eksiklikleri tespit edilmiştir. Konumlandırma hatasına bir örnek ile çözüm önerisi sunulabilir. 0 kot olarak kabul edilen bir yerin her disiplin tarafından anlaşılabilir olması gerekmektedir. 0 kot bir disiplin için kaba kotu temsil ederken başka bir disiplin için ince kotu temsil ediyor olabilir. Bu konu göz ardı edilirse modeller iç içe geçer ve doğru konumlanamaz. Her eleman kendi konumunda ve kotunda modellenmelidir. Başlıklar halinde dikkat edilmesi gereken kot yapıları şöyledir;

- Eleman yükseklikleri
- Kota bağlı elemanlar
- Eleman yerleşimleri
- Tabaklı elemanlarda katmanların ayrı modellenmesi
- Proje konumu

Taşıyıcı elemanlar değerlendirilmesinde, mimarların ve inşaat mühendislerinin çoğunlukla verileri hatalı işlediği tespit edilmiştir. Taşıyıcı tanımı yapılırken bir elemanın taşıyıcı olup

olmadığı kesinlikle işlenmelidir. Konum verileri doğru bir şekilde işlenerek bu elemanların iç veya dış mekân olduğu net bir şekilde anlaşılmalıdır.

Bazı mimarların ve inşaat mühendislerinin veri transferinden kaynaklı yaşanan sorunları en aza indirmek için ortak çalışma yerine, projelerde kendi kısımlarını bitirip o şekilde projelerini paylaştığı düşünülmektedir. Open BIM kavramı ise en iyi verimli çalışmanın ortak çalışma ile yapılabileceğini ve bütünleşmiş programların veri transferinde sorunsuz olduğunu düşündürmektedir.

Bu kapsamda katılımcılara veri transferinde yaşadıkları sorunların katılım isteklerini nasıl etkilediği konusunda şu sorular sorulmuştur;

- Çalıştığınız projelerde, veri kayıpları yaşadığınız için daha az veri transferinde bulunduğunuz oluyor mu?
- Yapmış olduğunuz çalışmalarda veri transferi yaparken karşı tarafın eski sürüm yazılım kullanması çalışmalarınızda veri kayıplarına yol açıyor mu?

Sorulara verilen cevapları sırasıyla yorumladığımızda katılımcıların verdiği cevaplar doğrultunda 4,28 puan ortalaması ile birçoğunun veri transferi sırasında yaşanan problemlerden ötürü transfer yapmaktan çekindiği sonucuna varılmıştır. 3,63 puan ortalaması ile katılımcıların bazıları yaşanan problemlerin, kullanılan yazılımların sürümlerinden kaynaklı olduğu cevabını vermiştir.

Yaşanan sorunlardan dolayı kullanıcının veri transferinden uzaklaşması konusuna çözüm önerisi olarak kalite kontrolünü sunabiliriz. Veri transferinde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri kalite kontrolüdür. Hatalı bir tasarım veri transferi esnasında bütün tasarımlarda hata oluşmasına sebep olmakta ve bu durum içinden çıkılmaz bir hal almaktadır. Kalite kontrolü 4 ana başlık altında yapılmalıdır.

- Modelin ve datanın kalite kontrolü: Geometri doğru gelmiş mi? Elemanlarda bulunması gereken datalar işlenmiş mi? gibi kontroller yapılması gerekmektedir.
- Disiplinler arası çalışma kontrolleri: Archicad Revit gibi yazılım programlarında da belirli seviyede gerçekleştirilse de daha ileri seviyede uzman yazılımlar kullanılmalıdır.
- Kural yönetmelik kontrolü: Solibri kullanılarak yapılmalıdır.
- Sorun yönetimi: Sorun iletilirken sorunun modeldeki yeri ve sorunun nedeni gibi başlıklar iletilmelidir. Bunun için de BCF kodu kullanılmalıdır.

6. SONUÇ:

Teknolojinin gelişmesi ile farklı sektördeki ofislerin daha uyumlu bir şekilde çalışma ihtiyaçlarının doğduğunu söyleyebiliriz. Hatta bu uyum sağlama sürecinde birçok seminer düzenlenmiş ve yazılımların nasıl kullanılacağına dair eğitimler verilmeye başlanmıştır. Yazılım kullanıcıları, her ne kadar eğitim alsalar da kullanılan programların birbiriyle uyumlu bir şekilde çalışmasını sağlayamamışlardır. Bu da bize programların yeterli özgürlükte olmadığını göstermektedir. Bütünleşme uyumsuzluklarına çözüm olarak geliştirilen Open BIM yazılımı da birbiri ile uyumlu çalışan yazılımları Özgür yazılım haline getirmek konusunda bazı noktalarda yetersiz kalmıştır. Çalışmada farklı iş kollarında kullanılan yazılımların uyumlu çalışamamalarının temeline inilmiş ve inşaat sektörü için Özgür Yazılım'ın nasıl olması gerektiği hakkında araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda programlar arası uyumsuzluk yaşanmaması için ortak bir koda sahip olması gerektiği ve veri transferi yapabilecek kabiliyete sahip olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Tez çalışmamın sonucunda varılmak istenen sonuç, Open BIM kavramı her ne kadar güvenilir ve sorunsuz bir kullanım vadetse de kullanıcıların kullanım esnasında karşılaştıkları sorunları ve uyumsuzlukları belirlemek ve bunlara çözüm üretmektir. Tez kapsamında proje yapım sürecinde yaşanan iletişim sorunları mimarlar ve inşaat mühendisleri olarak iki ana disipline indirgenmiştir. Bu iki ana disipline indirgenmesinin sebebi bu iki sektör arasında sıklıkla veri transferi paylaşımı ihtiyacı olduğu içindir. Tez kapsamında yapılan araştırmalar sonucu mimar ve inşaat mühendislerinin veri transferinde yaşadıkları iletişim sorunları tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında disiplinlerin kullandıkları yazılımlar, Özgür Yazılım kavramı, yazılımların eksik yönleri, son olarak da kullanıcıların bilgileri ve memnuniyetleri anket ile ölçülmüştür. Yapılan anket çalışmasında aktif Open BIM kullanan mimar ve mühendislerle “Hangi geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarında görsel kayıplar yaşıyorsunuz?” sorusunu sorduğumuzda, katılımcıların %40'ı düzgün olmayan çokgenlerde, %38'i açılı çalışmalarda görsel kayıplara veri aktarımı sırasında görsel kayıplarla karşılaştıklarını, %22'si ise herhangi bir sorun yaşamadığını belirtmiştir. Aynı zamanda kullanıcıların diğer anket sorularına verdikleri cevaplar doğrultusunda verilerin modellenmesinde kullanılan IFC formatının mevcut modelleme sürecinde sınırlamalar getirdiği, özellik araçları standartlaştırılma eksikleri olduğundan bazı sonuçların yorumlanmadan elde edildiği, ana işbirlikçiler AEC ile arasındaki koordinasyon eksiklikleri ve diğer taraflardan gelen verilerin yorumlanması ile ilgili konuların taraflarca doğru yorumlanması gibi sonuçlar elde edilmiştir. Genel anlamda bu problemlerin kullanıcı hatası

kaynaklı olduğu gözlemlense de tespit edilen bu sonuçlara istinaden, Open BIM yazılım bütünleşmesi çalışılabilirlik düzeyini ilerletmeli, donanımsal altyapısını geliştirmeli ve programlar arası AEC bütünleşmesini sağlamalıdır. Geometrik parametrelerdeki görsel kayıpların giderilmesi YBM ve Open BIM kullanımının çalışılabilirliğini arttıracaktır. Sisteme IFC gibi farklı amaçlarda kullanılacak yeni yazılım kodları eklenmelidir. Sistemdeki veri kaybı sorunları, genellikle üç boyutlu nesnelerin rasyonel ya da görsel olarak bir yazılımdan başka yazılıma aktarımı yapılırken yaşanır. Bunun çözümü tasarlanan nesnelerin ayrıntılarının doğru ve net belirlenmesi ile aşılabılır. IFC formatı için, YBM nesnelerinin aileleri mimari kalıplardır. Aslında, IFC gerçek yapı malzemelerini tanımlamak için 3B'yi bir kalıp olarak kullanmaktadır. Rasyonel parametrelere sahip her yazılım uygulamasında IFC kalıplarına karşılık gelen çeşitli standart elemanlar bulunur. Bu elemanların çeşitlendirilmesi probleme çözüm olabilir. Temel olarak sisteme dahil bütün yazılımların birbiri içinde aktarımı ve düzenlenmesi ayrıntıların doğru aktarılması ile en doğru sonuca ve çözümlemelerine ulaşılacaktır. Dışa aktarma metodolojisinin otomasyonuna izin vermek için, kullanıcının dışa aktarılan özelliğın adıyla örneğın, Revit'teki adının arasındaki bir bütünleşme tablosu tarafından tanımlanan özellik kümelerini kaydetme seçeneğı vardır. Bu, bir metin dosyası gibi okunabilen bir kod satırı dosyası tarafından belirlenir. Bu tanımlamalarla Revit yazılımındaki nesnelerin dışa aktarımı için gereken nesne tanımları benzer kodlarla olunca dışa aktarım verileri doğru olarak aktarılır. Bu şekilde, her bir kullanıcı tasarım öğelerinin özel adlarıyla çalışabilir ve her bir değışim türü için dışa aktarımını kaydedebilir.

Çalışmada YBM'nin en büyük sorunu olan veri transferindeki sorunlara çözüm üretmek hedeflenmiştir. Bu bağlamda detayları ile Open BIM sistemi araştırılmış, aktif kullanıcılara yaşadıkları sorunlar sorulmuş ve verilen cevaplara istinaden çözüm önerileri sunulmuştur. Yapılan çalışmada yazılım bazındaki eksikliklere verilen çözüm önerilerinden ziyade, aktif kullanıcıların veri transferi esnasında yaşadıkları sorunların ana sebebi, programları kullanmak konusundaki eğitim eksiklikleri olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, sektör bazında kullanıcıların yapım aşamasında kullandıkları programlar hakkında detaylı eğitim alması, problemin çözümüne büyük katkı sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

A. Basu (2007), "4D Scheduling - A Case Study"

Abbasnejad, B. , Moud, H.I. (2013), BIM and Basic Challenges Associated with Its Definitions, Interpretations and Expectations. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)

Anumba C. , Dubler C. , Goodman S. , Kasprzak C. , Kreider R. , Messner J. , Saluja C. , Zikic N. , (2010) , BIM Project Execution Planning Guide

Atabay Ş. , Öztürk. (2019), Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulama Planı Üzerine İnceleme

Azhar, S. , Khalfan M. (2012), Building Information Modelling (BIM): Now and Beyond

Babič N. , Podbreznik P. , Rebolj D. (2010), Integrating Resource Production and Construction Using BIM

Barnes P. , Davies N. (2014), BIM in Principle and In Practice

Betts M. , Maschner H. , Schou C. , Schlader R. , Holmes J. , Clement N. , Smuin M. (2006) Virtual zooarchaeology: Building a Web-based Reference Collection of Northern Vertebrates for Archaeofaunal Research and Education

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

Hietanen, J. (2006), Information Delivery Manual Guiding to Components and Development IFC Model Industrial Foundation International Alliance for Interoperability.

Jensen A. , Johannesson E. (2013), Building information modelling in Denmark and Iceland

Jin, J. ve Huang, M.G. (2010), open BIM-Based Information Exchange in Traditional Building Database.

Kim H., Anderson, K., Lee, S. , Hildreth, J. (2013) Generating construction schedules through automatic data extraction using open BIM (building information modeling) technology

Laakso M. , Kiviniemi A. (2012), The IFC standard: A review of History, development, and standardization, Information Technology

Liston A. , Lesage S. , Gray D. , Reilly L. , Strasser A. , Fahrer A. , Boyd R. , Wilson J., Baxter A. , Gallo E. , Crabtree G. , Peng K. , Wilson S. , Goodnow C. (2004), Generalized Resistance

to Thymic Deletion in the NOD Mouse: A Polygenic Trait Characterized by Defective Induction of Bim

Löwstett L. , Khomiri M. (2014), BIM and information transfer - A Study of IFC-based Technology in the Management Phase

Miettinen, R. , Paavola S. (2014), Beyond the BIM Utopia: Approaches to the Development and Implementation of Building Information Modeling

Muratoğlu H. (2015), BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıklar Üzerine Etkileri

Nesteby A. , Aarrestad M. , Lohne J. , Bohne R. (2016), Integration of BREEAM-NOR in Construction Projects: Utilizing the Last Planner System

O'Brian (2000), Architect of the Capitol

Ofluoğlu S. (2009), Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışılabilirlik

Redmond, A. , Hore, A., Alshaw, M. , West R. (2012) Exploring How Information Exchange Can Be Enhanced through Cloud BIM. Automation in Construction

Sebastian R. (2011), Integrated Design and Engineering using Building Information Modelling: A Pilot Project of Small-Scale Housing Development in The Netherlands

Shourangiz E. , Mohamad M. , Hassanabadi M. , Banihashemi S. , Bakhtiari M. , Torabi M. (2011), Flexibility of BIM Towards Design Change

Tulenheimo R. (2015), Challenges of Implementing New Technologies in the World of BIM – Case Study from Construction Engineering Industry in Finland

Volk R., Stengel, J. , Schultmann, F. (2014), Building Information Modeling for Existing Buildings.

Yan W. , Culp C. , Graf R. (2011), Integrating BIM and Gaming for Real-time Interactive Architectural Visualization

Zhang Y. (2009), Building Information Integrating and Management. Ph.D. Dissertation, Qinghua University, Beijing.

Zul-Atfi I. , Noraini H. , Shahrizan B. , Azrul M. (2015), BIM Technologies Applications in IBS Building Maintenance

7.1 İNTERNET KAYNAKLARI

[URL 1]

http://blog.sina.com.cn/s/blog_4b09cad1010005pr.html

Erişim Tarihi: 03.01.2020

[URL 2]

<http://www.buildingsmart.org.uk>

Erişim Tarihi: 03.01.2020

[URL 3]

<http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFC.html>

Erişim Tarihi: 03.01.2020

[URL 4]

<http://open.bimreal.com/bim/index.php/home/trimble/>

Erişim Tarihi 03.01.2020

[URL 5]

<https://www.trimble.com>,

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 6]

<https://www.vectorworks.net/en-US>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 7]

<https://www.nemetschek.com/en>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 8]

<https://www.tekla.com/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 9]

<https://www.scia.net/en>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 10]

<https://www.graphisoft.com/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 11]

<https://www.allplan.com/en/references/open-bim/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 12]

<https://graphisoft.akamaized.net/cdn/marketing/ac23/en/archicad-23-brochure.pdf>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 13]

<https://www.scia.net/en/software/scia-engineer/key-features>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 14]

<https://www.dds-cad.net/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 15]

<https://bimsoft.com.tr/archicad/algoritmik-tasarim/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 16]

<https://blog.areo.io/openbim/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 17]

<https://blog.areo.io/aeco-interoperability-introduction/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 18]

<https://blog.areo.io/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 19]

https://www.autodesk.com.tr/redshift/yapi_bilgi_modellemesi

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 20]

[http://polen.itu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11527/14307/10064310.pdf?
isAllowed=y&sequence=1](http://polen.itu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11527/14307/10064310.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 21]

<https://ab.org.tr/ab13/bildiri/10.pdf>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 22]

<https://bimsoft.com.tr/archicad/open-bim/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 23]

[https://tr.linkedin.com/pulse/a%C3%A7%C4%B1k-kaynak-bim-ve-dijital-
yap%C4%B1-verisi-mehmet-yalcinkaya](https://tr.linkedin.com/pulse/a%C3%A7%C4%B1k-kaynak-bim-ve-dijital-yap%C4%B1-verisi-mehmet-yalcinkaya)

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 24]

<https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.en.html>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 25]

<http://bimserver.org/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 26]

<https://fsfe.org/freesoftware/index.tr.html#fn>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 27]

<https://www.karel.com.tr/blog/ozgur-yazilim>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 28]

<https://www.fsf.org/>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 29]

[https://www.csiamerica.com/products/sap2000,](https://www.csiamerica.com/products/sap2000)

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 30]

<https://www.tekla.com/products/tekla-structures>

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 31]

http://www.sta4.net/site/sta_023.htm

Erişim Tarihi:03.01.2020

[URL 32]

<https://www.autodesk.com/products/revit/overview?plc=RVT&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 33]

<https://graphisoft.akamaized.net/cdn/ftp/techsupport/documentation/IFC/Interoperability%20with%20Structural%20Disciplines.pdf>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 34]

<http://polen.itu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11527/14266/10078057.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 35]

<https://blog.bilisimegitim.com/archicad-nedir/>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 36]

<https://bimsoft.com.tr/archicad/open-bim/open-bim-program/#1552382571413-a3893f3b-c091>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 37]

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/14079/1/10092001.pdf>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 38]

https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/about+ifc_new/IFC+Governance

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 39]

<https://www.lkd.org.tr/2013/09/25/gnu-30-yasinda/>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 40]

<https://bimsoft.com.tr/bim-nedir/>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 41]

https://bimandbeam.typepad.com/bim_beam/2013/04/structural-analysis-and-code-checking-toolkit-2014-on-autodesk-exchange-apps.html

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 42]

<https://www.tmd.studio/blog/2017/7/9/what-is-bim-and-why-do-you-need-it>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 43]

http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18260_41_00.pdf

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 44]

<https://www.formadditive.com/urun/36/revit>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 45]

<https://www.bimteknoloji.com/fikir/bim-nedir-insaat-sektorune-faydalari/>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 46]

<https://www.endustri40.com/bina-bilgi-modellemesi-bim-nedir/>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 47]

http://www.collaborativemodeling.com/bim_interoperability_issues_rev03.htm

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 48]

<https://www.bimexperts.com.br/post/graphisoft-archicad-visao-geral>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 49]

<https://tut4dl.com/project-management-with-primavera-p6-udemy/>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 50]

<http://buildingsmartturkiye.org/index.php/paylasimlar/videolar/item/213-bstr-archicad-ve-ifc-kullaniminda-puf-noktalari-ve-ipuclari-ornek-calisma-videosu>

Erişim Tarihi:20.04.2020

[URL 51] <https://innsida.ntnu.no/wiki/-/wiki/English/Solibri+Model+Checker>

Erişim Tarihi: 20.08.2020

[URL 52] <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>

Erişim Tarihi: 20.08.2020

[URL 53]

<https://www.autodesk.com.tr/collections/architecture-engineering-construction/building-design?plc=AECCOL&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1#internal-link-generative-design-in-revit>

Erişim Tarihi: 20.08.2020

8. EKLER

EK 1. Yapı Bilgi Modelleme ile Çalışan veya Geçiş Yapmış Ofis Çalışanlarına Uygulanan Anket Formu

Bu anket çalışmasının amacı, Open BIM ile entegre olmuş yazılımlarla üretilen projelerde yaşanan veri sorunlarını tespit etmektir.

Bölüm 1: Genel Sorular

1. Mesleğinizdeki deneyim süreniz kaç yıldır?

1-5 ☐

5-15 ☐

15 ve üstü ☐

2. Kaç yaşındasınız?

22-30 ☐

30-50 ☐

50 ve üstü ☐

3. Cinsiyetiniz?

Erkek ☐

Kadın ☐

4. Mesleğiniz nedir?

Mimar ☐

İnşaat mühendisi ☐

Bölüm 2: Veri Transferinde IFC Kullanımı

Open BIM ile bütünleşik yazılımlarda, IFC farklı formattaki dosyaların uyumluluğunu sağlamaktadır.

1. Yapmış olduğunuz çalışmalarda yapı elemanlarını (Duvar, Kolon, Temel, Pencere, Obje vs.) gibi elemanları sınıflandırırken bu kalıplandırmalara karşılık gelen IFC standart kalıpları çalışmalarınız için yeterli midir?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

2. Çalışmanın modellenmesinden sonra veri transferi için IFC formatının standartlarına göre işlenmesinin modelleme sürecine sınırlamalar getirdiğini düşünüyor musunuz?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

3. IFC sisteminde yapı elemanlarının sınıflandırılmasında belirli bir standart olmasına rağmen; veri transferi yapılan yazılımlarda bu standartlar kendi sistemlerine göre yorumlanabilmektedir. Yazılımlardaki bu durumdan dolayı yoruma dayalı sorunlar yaşandığını düşünüyor musunuz?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

Bölüm 3: Nesnelerin IFC İle Tanımlanması

Eksik veya yanlış veri transferi olmaması için, nesnelerin IFC aracılığıyla doğru şekilde tanımlanması gerekir.

1. Veri transferinde hangi yapı elemanlarında daha çok sorun yaşıyorsunuz? (Birden çok seçebilirsiniz)

Taşıyıcı Elemanlar ☐ Duvar Elemanları ☐ Döşeme Elemanlar ☐

Kapı-Pencere Elemanları ☐ Kütüphane Elemanları ☐ Hiçbiri ☐

2. Veri transferlerinde görsel kayıplar yaşıyor musunuz?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

3. Hangi geometrik şekil ve biçimdeki yapı elemanlarında görsel kayıplar yaşıyorsunuz?

Düzgün Olmayan Çokgenler ☐ Açılı Çalışmalar ☐ Hiçbiri ☐ Diğer :

4. Tasarımdaki nesnenin zayıf tanımının, içeriğin dışa aktarılmasında etkisinin ne kadar olduğunu düşünüyorsunuz?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

5. Veri transferi sonrası modellediğiniz yapı elemanlarını değişimler olmadan aynı yapı elemanı olarak geri alabiliyor musunuz?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

6. Sadece mimarlar cevaplamalıdır. Perde (taşıyıcı) duvarları nasıl tanımlıyorsunuz lütfen yazınız?

Diğer:

7. Sadece inşaat mühendisleri cevaplamalıdır. Mimari projeden duvarın perde (taşıyıcı) duvar mı yoksa bölücü duvar mı olduğu bilgisini doğru alabiliyor musunuz?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

Bölüm 3: Open BIM ile Ortak Çalışma

Open BIM ile entegre olmuş yazılımlarla verimli ortak çalışma yapılabilmektedir.

1. Çalıştığınız projelerde, veri kayıpları yaşadığınız için daha az veri transferinde bulunduğunuz oluyor mu?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐

2. Yapmış olduğunuz çalışmalarda veri transferi yaparken karşı tarafın eski sürüm yazılım kullanması çalışmalarınızda veri kayıplarına yol açıyor mu?

1- ☐ 2- ☐ 3- ☐ 4- ☐ 5- ☐