

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE ETKİN BİR BIM UYGULAMASI İÇİN  
KATILIMCILAR ARASINDAKİ BIM PROTOKOLLERİNİN İNCELENMESİ  
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Birgül KOPUZ**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Proje Ve Yapım Yönetimi Programı**

**OCAK 2015**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT PROJELERİNDE ETKİN BİR BIM UYGULAMASI İÇİN  
KATILIMCILAR ARASINDAKİ BIM PROTOKOLLERİNİN İNCELENMESİ  
VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Birgül KOPUZ  
502111403**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Proje ve Yapım Yönetimi Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. A. Murat ÇIRACI**

**21 Ocak 2015**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502111403 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Birgül KOPUZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**İNŞAAT PROJELERİNDE ETKİN BİR BIM UYGULAMASI İÇİN KATILIMCILAR ARASINDAKİ BIM PROTOKOLLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Doç. Dr. A. Murat ÇIRACI**      .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. H. Murat GÜNAYDIN**      .....  
İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi

**Yrd.Doç. Dr. Ozan Önder ÖZENER**      .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :**      **11 Aralık 2014**  
**Savunma Tarihi :**      **21 Ocak 2015**



*Aileme,*





## ÖNSÖZ

Mimarlık, mühendislik ve yapım sektöründen gelen talepler doğrultusunda, teknolojinin de yardımıyla ortaya çıkan BIM kavramı ve BIM'in etkin bir şekilde uygulanması için oluşturulması gereken BIM Protokollerinin ele alındığı bu tez çalışmasında, tüm süreç boyunca bana ayırdığı zamanı , önerileri ve desteği için tez danışmanım Doç. Dr. A.Murat ÇIRACI'ya teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam da dahil bütün hayatım boyunca güven ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve tez sürecimde beni destekleyen arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Aralık 2014

Birgül Kopuz  
Mimar



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                                 | vii  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                          | ix   |
| KISALTMALAR .....                                                          | xi   |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                       | xiii |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                         | xv   |
| ÖZET.....                                                                  | xvii |
| SUMMARY .....                                                              | xix  |
| 1. GİRİŞ .....                                                             | 1    |
| 1.1 Tez Problemi .....                                                     | 1    |
| 1.2 Tez Çalışmasının Amacı .....                                           | 3    |
| 1.3 Tez Çalışmasının Yöntemi .....                                         | 4    |
| 2. YAPI ENFORMASYON MODELLEMESİ (BIM)'İN YAPISI VE                         |      |
| UNURLARI .....                                                             | 7    |
| 2.1 BIM'e Genel Bakış.....                                                 | 8    |
| 2.1.1 BIM kavramına ilişkin tanımlamalar .....                             | 9    |
| 2.1.2 BIM'in kullanım biçimlerine göre adlandırılması .....                | 12   |
| 2.1.3 BIM kullanımlarının olgunluk seviyeleri.....                         | 13   |
| 2.1.4 Proje teslim sistemleri ve BIM ilişkisi.....                         | 14   |
| 2.1.5 Proje süreci boyunca kullanılan BIM fonksiyonları .....              | 16   |
| 2.1.6 BIM'in yararları ve zorlukları.....                                  | 18   |
| 2.2 BIM Sürecinde Oluşturulan Modele İlişkin Bilgiler.....                 | 19   |
| 2.2.1 Model İçeriği ve Birlikte Çalışabilirlik .....                       | 20   |
| 2.2.2 Model gelişim seviyeleri ya da detay seviyeleri (LOD) .....          | 22   |
| 2.3 BIM Uygulaması İçin İhtiyaç Duyulan Gereksinimler .....                | 24   |
| 2.3.1 Kurumsal gereksinimler.....                                          | 25   |
| 2.3.1.1 Personel yetkinliği.....                                           | 26   |
| 2.3.1.2 BIM uygulama planı .....                                           | 28   |
| 2.3.2 Teknik gereksinimler .....                                           | 29   |
| 2.3.2.1 Yazılımlar.....                                                    | 29   |
| 2.3.2.2 Donanımlar.....                                                    | 41   |
| 2.3.3 Hukuki gereksinimler.....                                            | 41   |
| 2.3.4 BIM protokolü.....                                                   | 42   |
| 2.4 BIM'in Mimarlık, Mühendislik ve Yapım Sektörü İçerisindeki Mevcut      |      |
| Durumu ve Geleceği.....                                                    | 44   |
| 2.4.1 Ülkeler Arasındaki BIM Yaklaşımı .....                               | 45   |
| 2.4.1.1 Kamu ya da özel kuruluşların gerçekleştirdiği düzenlemeler ya da   |      |
| girişimler .....                                                           | 45   |
| 2.4.1.2 Eğitim kurumlarının gerçekleştirdiği düzenlemeler ya da girişimler | 49   |
| 2.4.2 BIM'in Gelecekteki Durumu .....                                      | 50   |

|                                                                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3. BIM PROTOKOLLERİNİN İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI</b>                                                          | <b>51</b>  |
| 3.1 AIA Tarafından Geliştirilmiş BIM Protokollerinin AGC ve CIC BIM Protokolleriyle Karşılaştırılarak Açıklanması ..... | 55         |
| 3.1.1 E203-2013 BIM ve dijital veri protokolünün açıklanması .....                                                      | 55         |
| 3.1.1.1 Genel hükümler bölümü.....                                                                                      | 55         |
| 3.1.1.2 Dijital verinin iletimi ve mülkiyeti bölümü.....                                                                | 60         |
| 3.1.1.3 Dijital veri kuralları bölümü.....                                                                              | 61         |
| 3.1.1.4 BIM kuralları bölümü.....                                                                                       | 66         |
| 3.1.2 G201-2013 Dijital Veri Protokolünün Açıklanması .....                                                             | 73         |
| 3.1.2.1 Dijital veri kullanımına ilişkin genel hükümler bölümü .....                                                    | 74         |
| 3.1.2.2 Dijital veri yönetim kuralları bölümü.....                                                                      | 74         |
| 3.1.2.3 Dijital veri kullanımı ve iletimi bölümü.....                                                                   | 76         |
| 3.1.3 G202-2013 BIM Protokolünün Açıklanması .....                                                                      | 80         |
| 3.1.3.1 Genel hükümler bölümü.....                                                                                      | 80         |
| 3.1.3.2 Gelişim seviyesi (LOD) bölümü .....                                                                             | 82         |
| 3.1.3.3 Model element bölümü.....                                                                                       | 86         |
| 3.2 BIM Protokollerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması Sonucu Ulaşılan Bulgular .....                                 | 88         |
| 3.2.1 AIA Protokollerinin incelenmesi sonucu ulaşılan bulgular .....                                                    | 88         |
| 3.2.2 AGC BIM Protokolü ile yapılan karşılaştırmanın sonucunda ulaşılan bulgular.....                                   | 89         |
| 3.2.3 CIC BIM Protokolü ile yapılan karşılaştırmanın sonucunda ulaşılan bulgular.....                                   | 90         |
| <b>4. ETKİN BİR BIM UYGULAMASI İÇİN BIM PROTOKOLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ</b> .....                                     | <b>93</b>  |
| 4.1 AIA BIM Protokollerinin Etkin Bir BIM Uygulaması İçin Değerlendirilmesi                                             | 93         |
| 4.2 AGC ve CIC BIM Protokollerinin Etkin Bir BIM Uygulaması İçin Değerlendirilmesi .....                                | 96         |
| <b>5. SONUÇ</b> .....                                                                                                   | <b>99</b>  |
| <b>KAYNAKLAR</b> .....                                                                                                  | <b>105</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....                                                                                                   | <b>113</b> |

## **KISALTMALAR**

|                   |                                               |
|-------------------|-----------------------------------------------|
| <b>AIA</b>        | : American Institute of Architects            |
| <b>AGC</b>        | : Associated General Contractors of America   |
| <b>BCA</b>        | : The Building Construction Authority         |
| <b>BIM</b>        | : Building Information Modeling               |
| <b>CAD</b>        | : Computer Aided Design                       |
| <b>CIC</b>        | : Construction Industry Council               |
| <b>CM at risk</b> | : Construction Manager at Risk                |
| <b>COBIM</b>      | : National Common BIM Requirements            |
| <b>GSA</b>        | : General Service Administration              |
| <b>IAI</b>        | : International Alliance for Interoperability |
| <b>IBC</b>        | : Institute for BIM in Canada                 |
| <b>IFC</b>        | : Industry Foundation Classes                 |
| <b>IPD</b>        | : Integrated Project Delivery                 |
| <b>LOD</b>        | : Level of Development                        |
| <b>NBS</b>        | : National Building Specifications            |
| <b>NIBS</b>       | : National Institute for Building Sciences    |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1 :</b> Autodesk firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler .....                                                             | 31 |
| <b>Çizelge 2.2 :</b> Bentley firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler .....                                                              | 34 |
| <b>Çizelge 2.3 :</b> Nemetschek firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler .....                                                           | 36 |
| <b>Çizelge 2.4 :</b> Diğer firmaların geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler .....                                                                | 38 |
| <b>Çizelge 4.1 :</b> Bir BIM protokolünde olması gereken içerik ve özellikleri ile AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özelliklerin karşılaştırılması...               | 94 |
| <b>Çizelge 4.2 :</b> AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler ile AGC ve CIC BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler arasındaki farklılıklar ..... | 96 |





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

**Şekil 3.1 :** AIA, AGC ve CIC BIM Protokollerinin incelenmesi ve karşılaştırılması  
ile ilgili olarak ulaşılan bilgilerin şematik gösterimi..... 91



# **İNŞAAT PROJELERİNDE ETKİN BİR BIM UYGULAMASI İÇİN KATILIMCILAR ARASINDAKİ BIM PROTOKOLLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

## **ÖZET**

Mimarlık, mühendislik ve yapım sektöründe, inşaat projelerinin gerçekleştirilmesi sırasında ortaya çıkan karar değişikliklerinin ve problemlerin azaltılmasıyla beraber zaman, maliyet ve kalite açısından daha başarılı projelerin gerçekleştirilmesi talebi ortaya çıkmıştır. Bu talebin karşılanması için katılımcılar arasındaki işbirliğinin artırılması ve proje süreci içerisinde yer alan bütün bilgilerin doğru bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Gelişen teknolojinin de yardımıyla bu taleplerin ve gerekliliklerin gerçekleştirilmesi amacıyla BIM geliştirilmiştir. BIM çeşitli yazılım ve donanımların beraber kullanılmasıyla, proje ürünlerinin iki değil üç boyutlu olarak oluşturulduğu, proje katılımcıları arasındaki işbirliğini destekleyen, bilgi paylaşımını sağlayan, etkin kullanılması durumunda sağladığı işbirliği sayesinde süreç içerisindeki hata oranını azaltan, zaman ve maliyet açısından kar sağlayan, yapının fikir aşamasından yıkım aşamasına kadar bütün süreç boyunca varlığını sürdüren bir süreç olarak tanımlanabilmektedir.

Proje katılımcılarının BIM kullanımından yüksek oranda verim alabilmeleri için BIM uygulamasını etkin bir şekilde gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmek için ise BIM'in uygulanmasına ilişkin protokollerin oluşturulması gerekmektedir. Bu gereksinim sonucunda, Amerika'da American Institute of Architects(AIA) tarafından AIA Digital Practice Documents, Associated General Contractor of America (AGC) tarafından ConsensusDOCS 301 BIM Addendum ve İngiltere'de Construction Industry Council (CIC) tarafından Building Information Model (BIM) Protocol oluşturulmuştur. BIM uygulaması planlanan bir projede, BIM sürecinin etkin bir şekilde sürdürülebilmesi, katılımcıların taleplerinin gerçekleştirilmesi, projenin öngörülen başarı ile sonuçlandırılabilmesi ve proje beklentilerinin gerçekleştirilebilmesi için oluşturulması gereken bu protokollerde yer alması gereken konuların belirlenmesi bu tezin ana amacını oluşturmaktadır.

Tez çalışması kapsamında öncelikle BIM'in tam olarak anlaşılabilmesi için tezin ikinci bölümünde BIM'in yapısı ve unsurları ele alınmıştır. BIM'in tanımını, kullanım seviyelerini, proje teslim sistemleriyle olan ilişkisini, BIM ile gerçekleştirilebilen proje eylemlerini ve BIM'in yararlarını ve zorluklarını içeren genel bir BIM açıklamasının ardından BIM sürecinin temel çıktısı olan Model'e ilişkin bilgilere ve BIM uygulaması için ihtiyaç duyulabilecek kurumsal, teknik ve hukuki gereksinimlere yer verilmiş ve bu temel bilgilere dayanarak BIM protokollerinin sahip olmaları gereken özellikler belirlenmiştir. Bu bölümde ayrıca ülkeler arasında BIM'in nasıl ele alındığına, kamu, özel ve eğitim kurumlarının konu ile ilgili hangi girişimlerde bulunduğuna yer verilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde, AIA BIM protokollerinin daha kapsamlı olduğu düşünülerek, AIA BIM protokollerinin her biri ve içerdiği her bir bölüm detaylı

olarak ve AGC ve CIC BIM protokolleriyle karşılaştırılarak incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda AIA Protokollerinin içeriği, özellikleri ve AGC ve CIC BIM protokolleriyle olan farkları belirlenmiştir. Bu bölümde elde edilmiş olan bulgular ile tezin ikinci bölümünde belirlenmiş olan BIM protokollerinin sahip olması gereken içerik ve özelliklerin karşılaştırılması ve bu protokollerin hangi konularda eksik olduğunun ya da ne tür farklılara sahip olduğunun belirlenmesi ise tezin dördüncü bölümünde gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme ve karşılaştırmaların sonucunda AIA BIM protokollerinin herhangi bir BIM uygulaması için, oluşturulması gereken BIM protokollerinin sahip olmaları gereken özellik ve içeriklerin, mülkiyet konusu hariç tamamına sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. AGC ve CIC BIM protokollerinde ise bazı konulara hiç yer verilmediği, bazı konuların ise farklı şekilde ele alındığı belirlenmiştir.

BIM'in öneminin anlaşılmadığı ve BIM farkındalığının olmadığı bir ortamda, etkin bir uygulama için geliştirilmesi gereken BIM protokollerinin de hiçbir anlamı ve önemi olmamaktadır. Bu nedenle BIM farkındalığının artırılması için mimarlık, mühendislik ve yapım sektörünün gelişmesine katkıda bulunan bağımsız kuruluşlar ve üniversiteler gibi eğitim kurumlarının bazı girişimlerde bulunmaları, BIM kullanımının artırılması için ise devletin BIM kullanımını teşvik eden hatta zorunlu kılan politikalar uygulaması gerekmektedir. BIM'in geliştirilmesi ve kullanımının artmasıyla beraber daha kaliteli yapım projelerinin gerçekleştirilmesi ve önemli toplumsal fayda sağlanması mümkün olacaktır.

# **EVALUATION AND REVIEW OF BIM PROTOCOLS BETWEEN PARTICIPANTS FOR EFFICIENT BIM EXECUTION IN CONSTRUCTION PROJECTS**

## **SUMMARY**

A demand has emerged in architecture, engineering and construction industry for successful project in terms of time, cost and quality with reducing decision changes and problems which occur during the execution of construction projects. Collaboration should be increased between participants and project's entire information should be managed correctly to fulfil this demand. BIM was developed with the help of improving technology to meet these requirements and demands. BIM could be identified as a process which exists through conception to demolition of building that uses hardware and software to create not only two dimensional but also three dimensional project outputs, supports collaboration between project's participants, provides information exchange and in the case of efficient usage it decreases mistakes, provides advantage in terms of time and cost through providing collaboration.

BIM related protocols must be developed to execute BIM effectively and get high efficiency by Project's participants from BIM utilization. AIA Digital Practice Documents developed by American Institute of Architects (AIA), ConsensusDOCS 301 BIM Addendum developed by Associated General Contractor of America (AGC) in the USA and Building Information Model (BIM) Protocol developed by Construction Industry Council (CIC) in the U.K. to fulfill this requirement. Aim of this thesis is determine the subjects that should be include in the protocols to maintain BIM process effectively, meet participant's demands, achieve project with anticipated success and fulfill project requirements in the project that intend to utilize BIM.

Primarily, BIM's structure and elements has addressed in the second section of the thesis to create full understanding of BIM. Second section of thesis has a general explanation of BIM which includes definition of BIM, BIM maturity levels, BIM relationship with project delivery systems, project's functions which can perform with BIM and BIM benefits and challenges, after this explanation information related to Model which is main output of BIM process and organizational, technical and legal BIM requirements has addressed and BIM protocol's qualifications are established based upon these main information. According to these information BIM protocol's should have following qualifications:

- Should create common understanding of BIM among Project Participants,
- Should indicate all Project Participant who will be involve in the execution of BIM,
- Should indicate all Project activities which will be perform with BIM,
- Should be applicable to all Project Delivery Systems and BIM maturity levels,

- Should include educational or other requirements for BIM adaptation,
- Should indicate software and hardware requirements,
- Should include new roles and duties and responsibilities of these new roles,
- Should indicate BIM Model's scope,
- Should indicate entire data types which are will be created and used during the BIM process,
- Should have definition of entire model elements including their level of development and usage information,
- Should describe its relation with main contract,
- Should contain definition of terms in the protocol,
- Should indicate standarts that will be used in the BIM process
- Should include data exchange methods,
- Should include rules about safety, storage and archiving of Project digital data.

Also, countries attitude to BIM and what kind of initiative was done by public, special and educational organizations also stated in this section.

AIA BIM Protocols contain three documents which are E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit, G201-2013 Project Digital Data Protocol Form and G202-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form. E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit's aim to provide duration for Project Participants to create expectation regarding to BIM and digital data usage and procedures and protocols related to developing, using and exchanging of digital data. E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit contains five section to achive this aim and these are General Provisions, Transmission and Ownership of Digital Data, Digital Data Protocols, Building Information Modeling Protocols and Special Terms and Conditions. G201-2013 Project Digital Data Protocol Form purpose is to documents procedures and protocols about transmission, use and exchange of digital project communication, submittals, contract documents and payments documents. G201-2013 document compose of three sections which are General Provisions Regarding Use of Digital Data, Digital Data Management Protocols and Transmission and Use of Digital Data. G202-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form intend to document procedures and protocols related to development, transmission and exchange of BIM models and establish requirements of model elements at five level of developments and authorized uses.

Each AIA BIM protocols and each section that protocols contain was reviewed in detail because of AIA BIM Protocols have been accepted as more comprehensive than other protocols in the thesis and compared with AGC and CIC BIM protocols in the third section of thesis. As a result of review and comparison, stated differences between AIA and AGC and CIC BIM protocols in terms of context and qualifications. Comparison between third section's findings and BIM protocol's context and qualifications established in the second section and subjects does not exist or what kind of differences protocols have are defined in the fourth section of thesis. As a result of comparison and review, it's determined that AIA BIM protocols contain all context and qualifications, except intellectual property rights, that required for any BIM protocols to execute BIM, whereas AGC and CIC protocols do not include certain required context and qualifications or included it differently.

BIM protocols, which must develop for efficient execution, will not have any purpose and importance in the environment that has lack of understanding the importance and awareness of BIM. Therefore, organizations which support development of architecture, engineering and construction industry, such as independent institutions and universities should take some action to increase of BIM awareness and governments should follow policies about encouraging even mandating BIM utilization. It will be possible to provide important social benefits and achieve more quality construction projects with development and increased usage of BIM.





## 1. GİRİŞ

### 1.1 Tez Problemi

Her sektörü etkileyen teknolojik gelişmeler elbette ki inşaat sektörünü de yakından etkilemektedir. Teknolojiyle beraber geleneksel el çiziminden CAD sistemine geçilmiş olan inşaat projelerinde, teknolojinin yeni olanaklarıyla beraber, CAD sisteminden sonra da Yapı Enformasyon Modellemesi ismiyle yeni bir süreç başlamıştır. (Tez Çalışması boyunca Yapı Enformasyon Modellemesinden İngilizce kısaltmasıyla yani BIM (Building Information Modeling) olarak bahsedilecektir.)

Yükleniciler ve Mal Sahipleri mevcut süreci incelemeye başlamış, yazılımlar ve ekipler arasındaki işbirliğinin daha yüksek olmasını, süreç içerisindeki değişikliklerin ve problemlerin azalmasını talep etmişlerdir. Ayrıca, katılımcılar arasında nasıl daha iyi projeler ortaya çıkarılabilir sorusu oluşmuş ve buna en uygun cevap ise BIM olmuştur (Hardin,2009).

Birçok tanımının olmasıyla beraber, BIM'i genel olarak, çeşitli yazılım ve donanımların beraber kullanılmasıyla, proje katılımcıları arasındaki işbirliğini destekleyen, bilgi paylaşımını sağlayan, proje ürünlerinin iki değil üç boyutlu olarak oluşturulduğu bir süreç olarak tanımlanabilmektedir.

BIM'ın uygulandığı projelerde işbirliğini desteklemesi hatta gerekli kılması, proje dokümanlarındaki hataları azaltması, inşa edilebilirlik tahminlerinin yapılabilmesi ile yapım aşamasında öngörülmeyen problemlerin oluşmasını engellemesi ve daha doğru maliyet tahminlerinin yapılmasından dolayı, BIM Mal Sahibinin talepleri neticesinde ortaya çıkmış olan problemin cevabı haline gelmiştir.

BIM sahip olduğu potansiyel sayesinde, daha önce yapım projelerinde var olmayan teknolojik yollarla Mal Sahipleri, Mimarlar, Mühendisler ve Yükleniciler arasındaki işbirliğine fırsat tanımaktadır (Barnes ve Davies, 2014). BIM bütün proje katılımcılarının beraber çalışmasını gerektirdiği ve desteklediği için her bir katılımcıya ayrı ayrı birçok yarar sağlamasının yanında, gerekli kıldığı işbirliği

sayesinde projenin başarılı bir şekilde sonuçlanmasında da büyük bir rol oynamaktadır.

Projenin gerçekleştirilmesi yani inşa edilmesi, yapım ve tasarım aşamasında yer alan katılımcıların her biri tarafından kendilerine özgü perspektifleriyle düşünülmektedir. Tasarım ve yapım süreçlerinin, içice geçmiş süreçler olmasından dolayı tasarım sorunları gibi, inşa edilebilirlik sorunları da önem teşkil etmektedir. Bu süreçler arasındaki birbirine bağımlılık BIM sürecinin de ayrılmaz bir parçası olmaktadır (Hardin, 2009).

Yapılmış olan vaka çalışmaları, BIM uygulamasının Mimar ve mühendisler arasındaki doğru ve etkin bir iletişim oluşturacağını ve bu sayede dokümanlardaki hataların azaltılacağını göstermektedir (Aranda-Mera ve diğ, 2009). Hataların azalmasıyla beraber Mal Sahibinin talep ettiği gibi, süreç içerisinde gerçekleşebilecek olan değişiklik miktarı da azalmaktadır.

BIM'in uygulandığı projelerde, güvenilir maliyet tahminlerinin oluşturulması ve proje değişikliklerin azaltılmasından dolayı, Mal Sahipleri açısından daha düşük finansal risk ortaya çıkmaktadır (Azhar ve diğ. 2012). Sağlamış olduğu bu fayda ile de birlikte BIM'in, bahsedilmiş olan Mal Sahibi taleplerini yeterince karşıladığı görülmektedir.

Faydaları ve sunduğu olanaklar nedeniyle gelişmiş bazı ülkelerdeki kamu ihalelerinde, BIM kullanımı zorunlu hale getirilmektedir. Sektörde BIM farkındalığının gittikçe artması ve ayrıca zorunlu hale getiriliyor olması, BIM kullanımının giderek artmasına neden olmaktadır.

BIM'in belirli bir düzeyde, etkili ve tam olarak uygulanması isteniyorsa, bu süreç içerisinde oluşturulan Model, tek bir katılımcının ya da herhangi iki katılımcının birlikte oluşturduğu değil, projede yer alan bütün katılımcıların beraber oluşturdukları bir ürün olmalıdır fakat tam bu noktada süreç içerisinde yer alan proje katılımcıları sözleşmesel problemlerle karşılaşmaktadır. Bu süreç içerisinde BIM'e ilişkin konuların yalnızca iki katılımcı arasında yapılan sözleşmelerde yer alması, BIM verimliliğini etkilemektedir.

Bunun nedeni de, yalnızca iki katılımcının yükümlülükleri açısından kesin sınırların çizildiği ve işbirliği yerine koruma ve izole etme eğiliminde olan standart iki taraflı sözleşme tiplerinin kullanılmasıdır (Barnes ve Davies, 2014). Fakat BIM sürecinde

bütün katılımcıların bir doküman ile birbirine bağlanması yani yükümlülüklerinin aynı doküman üzerinde tanımlanması gerekmektedir.

Bütün bu nedenlerden dolayı BIM kullanımının öngörüldüğü bir projede, bu sürecin etkin ve yeterli bir şekilde gerçekleştirilmesi için sözleşmeleri destekleyecek fakat BIM sürecinin işleyişi düzenlemek ve verimli kılmak için belirli standartlar ya da dokümanlara gereksinim duyulmaktadır. Artan talep ve zorunluluk durumuyla beraber, BIM kullanımının öngörüldüğü ya da amaçlandığı projelerde, geleneksel sistemden farklı olarak BIM sürecinin katılımcılar arasındaki işbirliğini zorunlu kılması ve mevcut sözleşmelerin bu zorunluluğa yeterince cevap verememesinden dolayı, bu sürecin uygulanacağı projelerde sözleşmesel ihtiyaçlar ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyaca cevap verebilmek için birçok kuruluş çalışmalar yapmış ve bazı protokoller geliştirilmiştir.

Bu çalışmalar sonucunda Amerika’da American Institute of Architects (AIA) tarafından AIA Digital Practice Documents, Associated General Contractor of America (AGC) tarafından ConsensusDOCS 301 BIM Addendum ve İngiltere’de Construction Industry Council (CIC) tarafından Building Information Model (BIM) Protocol oluşturulmuştur.

Bu tez çalışmasında ele alınan problem, BIM uygulanması planlanan bir projede, BIM sürecinin etkin bir şekilde sürdürülebilmesi, katılımcıların taleplerinin gerçekleştirilmesi ve projenin öngörülen başarı ile sonuçlandırılabilmesi için oluşturulması gereken bu protokollerin içeriğinde hangi konuların olması ve proje beklentilerinin gerçekleştirilebilmesi için bu konuların ne tür hükümler ya da koşullar içermesi gerektiğinin belirlenmesidir.

## **1.2 Tez Çalışmasının Amacı**

Bu tez çalışması;

- BIM kullanılması istenilen bir projede, geliştirilmiş olan mevcut protokollerin projelerde nasıl kullanılması gerektiğinin açıklanmasını,
- Bütün bunların açıklanabilmesi için ayrıca BIM’in tanımlanmasını, BIM’in önemini, mevcut ve gelecekteki durumunun açıklanmasını, BIM’in içermesi gereken bileşenlerin tanımlanmasını ve niteliklerinin belirlenmesini ve BIM

uygulaması için teknik ve kurumsal anlamdaki gereksinimlerin belirlenmesini,

- Son olarak da, BIM kullanımına ilişkin mevcut protokollerin etkin bir kullanım süreci için incelenmesini, değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

### **1.3 Tez Çalışmasının Yöntemi**

Tez amaçları doğrultusunda öncelikli olarak tezin ikinci bölümünde, kapsamlı bir araştırma yapılarak, BIM'in kullanıldığı projelerde ne tür işlevlerin gerçekleştirilebildiği yani proje yaşam döngüsü içinde sağlamış olduğu eylemler ile birlikte detaylı bir BIM tanımı yapılacaktır. BIM süreci içerisinde oluşturulan Modelin neleri içerdiğine ve barındırabileceği veri türlerinin neler olduğuna, modeli oluşturan model elementlerin nasıl belirlenebileceği ve hangi gelişim seviyelerine sahip olabileceğine dair konulara açıklık getirilecektir. BIM kullanımının artışı ile beraber, etkin bir kullanım için sektörde yer alan kuruluşların, konuyla ilgili yetişmiş çalışanlara ve BIM uygulama planlarına sahip olması gibi kurumsal gereklilikler, ne tür yazılım ve donanımlara sahip olmaları gibi teknik gereklilikler ve BIM protokolleri gibi hukuki gereksinimler açıklanacaktır. Ayrıca dünya genelinde, inşaat projelerinde BIM'in nasıl algılandığı, BIM kullanımının ne seviyede olduğu, geliştirilmesi ve kullanımının artırılması için kamu ya da özel kuruluşların ve eğitim kuruluşlarının ne gibi girişimlerde bulunduğu dair bilgiler sunulacaktır.

İkinci bölümün tamamlanmasıyla birlikte, etkin bir BIM uygulaması için proje sözleşmelerine dâhil edilmesi gereken BIM Protokollerinin değerlendirilmesinin temelini oluşturacak olan çalışma tamamlanmış olacaktır.

Tezin üçüncü bölümünde ise, AIA tarafından geliştirilmiş olan Digital Practice Documents (Bu dokümanlar E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit, G201-2013 Project Digital Data Protocol ve G202-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form'dur), AGC tarafından geliştirilmiş olan ConsensusDOCS 301 BIM Addendum ve CIC tarafından geliştirilmiş Building Information Model (BIM) Protocol dokümanlarının genel tanımları, amaçları ve içerikleri hakkında kısa ve genel bilgiler verilecektir. Bu bilgilerin verilmesinin ardından E203-2013 BIM ve Dijital veri protokolü, G201-2013 Dijital veri protokolü ve G202-2013 BIM protokolünün detaylı olarak incelenmesi ve diğer BIM

Protokolleriyle karşılaştırılması gerçekleştirilecektir. Bu incelemenin sonrasında elde edilen bulgularla bu bölüm sonlandırılacaktır.

Dördüncü bölümde ise, üçüncü bölümde yer alan AIA BIM protokollerinin AGC ve CIC BIM protokolleriyle karşılaştırılarak incelemesinin sonuçları ve tezin ikinci bölümünde yer alan BIM protokollerinin sahip olmaları gereken özellikler ve içerikler ile karşılaştırılarak, etkin bir BIM uygulaması çerçevesinde değerlendirilmesi yapılacaktır.

Bütün bölümlerin tamamlanmasının ardından tez çalışması sonuç bölümü ile sonlandırılacaktır.



## **2. YAPI ENFORMASYON MODELLEMESİ (BIM)'İN YAPISI VE UNSURLARI**

Tezin amacına ulaşabilmesi adına, yani BIM ile ilgili sözleşme dokümanlarının ya da protokollerinin doğru bir şekilde incelenebilmesi ve değerlendirilebilmesi için BIM kavramının iyice anlaşılması gerekmektedir. Bu nedenle tezin bu bölümünde BIM ile ilgili detaylı bir araştırmaya yer verilecektir.

Bu bölüm, BIM'e genel bakış, BIM sürecinde oluşturulan Modele İlişkin Bilgiler, BIM uygulaması için ihtiyaç duyulan gereksinimler ve BIM'in Mimarlık, Mühendislik ve Yapım Sektörü İçerisindeki Mevcut Durumu ve Geleceği başlıklarını içerecektir.

Birinci başlık altında BIM'in nasıl tanımlandığına, kullanım şekillerine göre sektör içerisinde ne şekilde adlandırıldığına, hangi olgunluk seviyelerine sahip olduğuna, mevcut proje teslim sistemleriyle olan ilişkisine, yapının tasarlanması, inşaatı ve kullanılması gibi yapının bütün yaşam süreci boyunca hangi eylemlerin gerçekleştirilmesi için kullanıldığını ve kullanımlar sonucu ortaya çıkan yararlar ve risklere dair konular ele alınacaktır.

Modele İlişkin Bilgiler başlığı altında ise süreç içerisinde ne tür Modellerin oluşturulduğu, Modelin ne tür verilerden oluştuğu, bu verilerin alışverişi sırasında ortaya çıkan birlikte çalışabilirlik sorunu için oluşturulan çözümler, Modelin istenilen işlevleri yerine getirebilmesi için sahip olması gereken gelişim ve detay seviyeleri hakkında bilgi verilecektir.

BIM uygulaması için ihtiyaç duyulan gereksinimler başlığı içerisinde ise personel ihtiyacı gibi kurumsal gereksinimlere, yazılım ve donanımlar gibi teknik gereksinimlere, hukuki gereksinimlere ve bu gereksinimlerin karşılanması için oluşturulması gereken BIM protokollerine yer verilecektir.

Son olarak ise BIM'in ulaştığı mevcut duruma, farklı ülkelerin Mimarlık, Mühendislik ve Yapım sektöründeki BIM adaptasyonun ya da gelişiminin ne oranda

olduğuna, BIM için yapılan girişimlerin neler olduğuna ve BIM eğitiminin ne düzeyde olduğuna ve BIM'in ve sektörün geleceğine dair bilgiler sunulacaktır.

## **2.1 BIM'e Genel Bakış**

Bu bölümünde ilk olarak BIM'in nasıl ortaya çıktığı ve ortaya çıkışında neyin temel alındığı gibi genel bilgiler verilecektir. Bu bilgilerin ardından BIM tanımının ne olduğuna, kullanıcıların kullanımlarına göre BIM'in nasıl isimlendirildiğine, hangi seviyelerde BIM kullanımının gerçekleştirildiğine, BIM kullanımı ve Proje teslim sistemleri arasındaki ilişkiye, süreç içerisindeki kullanım fonksiyonlarına ve faydalarına ve risklerine ilişkin konular ise bu bölümün alt başlıklarında açıklanacaktır.

BIM'in genellikle 'Yapı Bilgi Modellemesi'nin kısaltması olduğunu düşünüldüğü gibi 'Yapı Bilgi Yönetimi'nin kısaltması olduğunu da düşünülmektedir. Bu yüzden bazen yapı bilgi modellemesi ve yönetimini temsil eden BIM(M) kısaltması da kullanılmaktadır. BIM'in geçmişi bilgisayar destekli tasarım (CAD)'a dayanmaktadır ki CAD kavramı da 1950'ler ve 1960'larda ortaya çıkmıştır. Zamanla CAD kullanımının yaygınlaşması ve ticari kullanımının artmasıyla beraber CAD tabanlı yazılımların geliştirilmesi de artmıştır (Barnes ve Davies, 2014).

Birçok endüstride, daha önce gerçekleştirilmiş olan CAD çalışmalarına dayanarak, 1970'lerde üç boyutlu modellemenin gelişimi başlamıştır. Farklı endüstrilerde bütünleşmiş analiz araçları ve nesne tabanlı parametrik modelleme (basit BIM konsepti) gelişirken, yapım sektörü ise belirli bir süre iki boyutlu geleneksel tasarımda mahsur kalmıştır (Volk ve diğ, 2013).

BIM teknolojisi nesne konumlandırılmış parametrik modelleme tekniğine dayanmaktadır ki parametrik terimi de, bir elementin değiştirilmesiyle ve bitişik bir elementin ya da montajın otomatik olarak ayarlandığı ve daha önceki ilişkilerin sürdürüldüğü bir süreci tanımlamaktadır (Azhar ve diğ, 2012).

Parametrik BIM nesneleri, geometrik tanımlarını, veri kurallarını ve artıksız bütünleşmiş geometrileri içermekte, tutarsızlıklara olanak sağlamamakta ve özellik setlerine bağlanma ya da kabul etme, yayınlama ya da dışa aktarma özelliklerine sahiptir. Ayrıca bu nesnelerin bina modeline eklenmesiyle ya da ilişkili olduğu diğer nesnelerde değişiklik yapılmasıyla, bu nesnelerin sahip olduğu parametrik kuralları



sayesinde ilişkili olduğu geometriler yapılan bu değişiklikle ilişkili şekilde otomatik olarak değiştirmekte, farklı birleşim düzeylerinde tanımlanabilmekte ve nesnenin boyutu, üretilebilirliği ve daha fazlasına ilişkin fizibilitesi ihlal edildiği zaman, nesne kuralları bunu tanımlayabilmektedir (Eastman ve diğ, 2011).

BIM konseptinin 1970’lerde tanıtılmış olmasına rağmen teknolojik kısıtlamalar yüzünden, kullanımı 1990’ların ortalarına kadar izole edilmiştir (Abbasnejad ve Moud, 2013). 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 ve Davies, 2014). Bu yazılımların geliştirilmesiyle beraber BIM’in gelişmesinin önünde yer alan teknolojik engeller ortadan kalkmaya başlamıştır.

BIM, 2000’lerin başında mimar ve mühendisler için yapı tasarımını desteklemek amacıyla pilot projelerde tanıtılmıştır (Volk ve diğ, 2013). Aslında BIM konsepti ilk olarak 2002’de Jerry Laiserin tarafından tanıtılmıştır (Miettinen ve Paavola, 2014).

Yazılımların geliştirilmesi, BIM’in büyümesine katkıda bulunmuş ve sonuç olarak, son birkaç yılda daha çok maliyet, enerji ve başka boyutları içeren modeller geliştirilmiştir (Barnes ve Davies, 2014).

### **2.1.1 BIM kavramına ilişkin tanımlamalar**

BIM’in tanımlanmasında bazı tutarsızlıklar ve yanlış yorumlamalar bulunmaktadır. Tanımlamalar, kullanıcının bakış açısına, kurum yapısına ve belirli işlerine bağlı olarak çeşitlilik gösterebilmektedir (Abbasnejad ve Moud, 2013). BIM’in tanıtılmaya ihtiyacı olmadığı düşünülebilir fakat şu an da BIM’in farklı meslekler için farklı anlamlara gelen belirsiz bir terim olduğu da açıkça ortadadır (Amanda-mera ve diğ, 2009).

BIM’in belirli mesleklere göre tanımlanmasının yanında, bazıları için BIM bir yazılım, bazıları için yapı bilgilerinin dokümantasyonunun yapıldığı ve tasarlandığı bir süreç ve bazıları için ise mesleklerini geliştirebileceği ve uygulayabileceği yeni kuralları, sözleşmeleri ve yeni ilişkileri gerektiren yeni bir yaklaşımı ifade etmektedir (Amanda-mera ve diğ, 2009).

Yapılan bir araştırmadaki katılımcıların %38,7'si BIM'i binanın yaşam süreci için dokümantasyon ve analiz yapan üç boyutlu modelleme yazılımı, %31.7'si proje işbirliği için üç boyutlu ve hesaplanabilir veri kullanan yazılım, %14.1'i üç boyutlu görselleştirme yapan modelleme programı, %9.9'u üç boyutlu akıllı ve hesaplanabilir veri setleri oluşturan yazılım, ve %1.4'ü ise iç tasarım ve koordinasyon için üç boyutlu yazılım olarak tanımlamışlardır (Elmualim ve Gilder, 2014). Bu araştırma sonucunda elde edilen verilere bakıldığında, proje süreci içerisinde yer alan katılımcıların çoğunluğu tarafından BIM'in bir modelleme yazılımı olarak algılandığı söylenebilir.

BIM yalnızca bir yazılım değildir, bir süreç ve yazılımdır. Yapının tasarım, inşaat ve kullanım süreçleri içerisinde yer alan birçok katılımcı, belirli bir BIM yazılımının lisansını satın almaları ve çalışanları tarafından bu yazılımın kullanılması ile BIM'i gerçekleştirdiklerine inanmaktadır. Üç boyutlu modelleme yazılımlarının kullanılmasının BIM olmadığı ve BIM'in tasarım, yapım ve kullanım sürecine ilişkin yeni bir düşünce olduğunun anlaşılması gerekmektedir (Hardin, 2009).

BIM'e ile ilgili beklentiler disiplinler arasında çeşitlilik göstermektedir. Tasarım disiplinleri BIM'i CAD'in bir uzantısı olarak görürken, yükleniciler ise BIM'in analiz, zaman planlama, nakit akış modellemesi ve risk senaryolarının planlaması için direkt olarak CAD paketlerinden bilgi çıkarılabilen akıllı bir dokümantasyon sistemi olmasını beklemektedir (Gu ve London, 2010). Disiplinler arasındaki farklı beklentilerden ve kullanıldığı işlevlerden kaynaklanan farklı BIM tanımlarının yanı sıra, farklı perspektiflere göre de çeşitli BIM tanımlamaları bulunmaktadır.

Örneğin, tasarım perspektifinden BIM, modelin oluşturulmasında kullanılan süreç ve teknolojilere başvuru, projenin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital sunumu olarak tanımlanırken (Abbasnejad ve Moud, 2013), teknoloji perspektifinden ise, projenin planlama, tasarım ya da işletmesiyle bağlantılı olarak gerekli olan bütün bilgilerin bağlanmış olduğu proje bileşenlerinin, üç boyutlu modelini içeren proje simülasyonu olarak tanımlanmaktadır (Azhar ve diğ, 2012'de atıfta bulunulduğu gibi).

BIM, bütün bakış açılarını, disiplinleri ve tesisin sistemlerini, tek bir görsel modelle çevreleyen, bütün ekip üyelerine (mal sahibi, mimarlar, mühendisler, yapımcılar,

altyüklenici ve tedarikçiler) geleneksel süreçten daha etkili ve doğru işbirliği sağlayan görsel bir süreçtir (Azhar ve diğ, 2012).

BIM'in tanımlanmasının biraz karmaşık olmasından dolayı BIM'in ne olduğunun değil ne olmadığının tanımlanması da BIM'i tanımlamak için farklı bir yöntemdir. Bunun için de BIM teknolojisinden yararlanmayan modelleme çözümlerini tanımlamak gerekmektedir. Bunlar, yalnızca üç boyutlu veri ve nesne özelliği içermeyen ya da çok az içeren modeller, davranış desteği olmayan modeller, binayı tanımlamak için kombine edilmesi zorunlu olan birçok iki boyutlu CAD referanslarından oluşan parametrik olmayan modellerdir (Eastman ve diğ, 2011).

Literatür tek ve kapsamlı bir BIM tanımı sunmakta başarısız olmaktadır. BIM'in tanımlarının sıklığı ve çeşitliliği, BIM'in belirlenmesi, tanımlanması ve potansiyel yararları ile ilgili düşünce karmaşıklığını göstermektedir (Abbasnejad ve Moud, 2013). Bütün bu karmaşıklığın neticesinde her bir kurum kendine özgü bir BIM tanımı gerçekleştirmiştir. Bu tanımlamaların bir kaçı şu şekildedir:

National BIM Standard United States'e (2007) göre,

Yapı Bilgi Modellemesi ya da BIM, tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini ve proje yaşam süreci bilgisinin hesaplanabilir sunumunu oluşturmak için ileri teknoloji kullanmaktadır ve tesis sahibi ve işletmecisinin tesis yaşam süreci boyunca kullanması ve sürdürmesi için bilgi deposu olmayı amaçlamaktadır.(s.21)

CRC for Construction Innovation'a (2007) göre,

BIM ve iki boyutlu CAD arasındaki temel fark, iki boyutlu CAD'in yapıyı birbirinden bağımsız planlar, kesitler ve görünüşler gibi iki boyutlu görünüşler tanımlanmasıdır. Bu görünüşlerden herhangi birinin düzenlenmesi, diğer bütün görünüşlerin kontrol edilmesini ve güncellenmesini gerektirmektedir, hata yapmaya açık olan bu süreç yetersiz dokümantasyonun ana nedenlerinden biridir. İki boyutlu bu çizimlerdeki çizgiler, yaylar ve çemberler gibi alanlar, duvarlar, kirişler ve kolonlar gibi bina sistem ve elemanlar açısından tanımlandığı nesnelerin bulunduğu veriler yalnızca grafiksel elemanlardır. (s.3)

Associated General Contractors of America'ya (2005) göre ise,

BIM tesisin yönetilmesinin ve yapımının simülasyonu için bilgisayar yazılım modelinin kullanılması ve geliştirilmesidir. Ortaya çıkan Model aynı BIM, veri zengini, nesne yönlendirilmiş akıllı ve parametrik, tesisin üretilme sürecinin geliştirilmesi ve kararların verilebilmesi için kullanılabilen bilginin oluşturulması için çeşitli kullanıcıların ihtiyaçlarına uygun görünüş ve verilerin çıkarılabileceği ve analiz edilebileceği, tesisin dijital sunumudur.(s. 3)

Yapım endüstrisinde BIM, inşa edilmiş bir binanın değişikliklere gerçekte vereceği şekilde tepki veren, bilgisayarla oluşturulmuş üç boyutlu görsel bina modeline dayanan bir süreçtir (Barnes ve Davies, 2014).

Sonuç olarak BIM'i, çeşitli yazılım ve donanımların beraber kullanılmasıyla, proje ürünlerinin iki değil üç boyutlu olarak oluşturulduğu, proje katılımcıları arasındaki işbirliğini destekleyen, bilgi paylaşımını sağlayan, etkin kullanılması durumunda sağladığı işbirliği sayesinde süreç içerisindeki hata oranını azaltan, zaman ve maliyet açısından kar sağlayan, yapının fikir aşamasından yıkım aşamasına kadar bütün süreç boyunca varlığını sürdüren bir süreç olarak tanımlayabiliriz.

### **2.1.2 BIM'in kullanım biçimlerine göre adlandırılması**

BIM'in çeşitli tanımlarının olmasının yanısıra, BIM'in bütün potansiyelinden yararlanmadıkları halde, sektörde yer alan kullanıcılar tarafından kendi stratejilerine ya da ihtiyaçlarına göre kullanıldığı ve bu kullanımlara göre kullanıcılar arasında çeşitli şekillerde adlandırıldığı da görülmektedir.

BIM ile binanın yüksek kaliteli üç boyutlu renderları oluşturulabilmektedir. Eğer yüklenici daha iyi iletişim kurabilmek için yalnızca render oluşturmak amacıyla BIM'in üç boyut özelliğini kullanırsa ve bilgi oluşturmaya dair daha gelişmiş bir BIM kullanımında bulunmazsa, bu "Hollywood" BIM olarak adlandırılmaktadır ve BIM'in bütün potansiyeli kullanmamış olmaktadır. Bazen de, BIM projede yer alan tek bir organizasyon tarafından kendi içlerinde uygulanmakta ve diğer organizasyonlarla paylaşılmamaktadır. Bu ise "yalnız" BIM olarak adlandırılmaktadır (Hergusel, 2011).

BIM'i yalnız yapan işbirliği ve iletişimi desteklemiyor olması değil, diğer katılımcılarla işbirliği içerisinde kullanılmaması nedeniyle BIM ile ilgili mali karlara en çok memnun olacak insanların, BIM'in günlük yararlarını görmüyor olması ve yalnızca kendi içlerinde kullanılıyor olmasıdır. BIM altyapı maliyetlerinin kesilmesi için güçlü bir araç sağlamakta fakat kullanılması beklenen katılımcılar tarafından bunun görülememesi durumunda BIM'in güçlü potansiyeli kaçırılmaktadır. Bu potansiyelden yararlanılabilmesi için BIM'in daha "sosyal" olması gerekmektedir. BIM Modelinde depolanan parametrik ve mantıksal verinin nasıl uygun bir şekilde kullanılacağına öğrenilmesi, "yalnız" BIM'den "sosyal" BIM'e geçişin anahtarı olmaktadır (Sean, 2009).

“Sosyal” BIM, mühendisler, mimarlar, yapım müdürleri ve altyükleniciler arasında yani bütün proje katılımcıları arasında modelin paylaşımına olanak tanıyan daha işbirlikçi yaklaşım olmaktadır. Diğer bir yaklaşım olan “samimi” BIM ise, yapım müdürünün, tasarım ekibinin ve mal sahibinin sözleşmesel olarak riskleri ve ödülleri paylaştığı durumdur. “Samimi” BIM , “Sosyal” BIM’de olduğu kadar ekiplerin işbirliği içerisinde daha iyi proje dokümanları üretmesini ve projedeki zaman ve maliyetin azaltılmasını desteklemektedir (Hergusel, 2011).

“Yalnız” ve “Hollywood” BIM’lerine karşıt olarak “sosyal” ve “samimi” BIM’in daha başarılı, “Sosyal” BIM’in ise daha işbirlikçi bir yaklaşım olduğu düşünülmekte çünkü bir paydaş tarafından kullanılan bir bilginin diğer paydaşlar arasında da kullanılabileceği anlayışına dayanmaktadır (Abbasnejad ve Moud, 2013).

### **2.1.3 BIM kullanımlarının olgunluk seviyeleri**

BIM’in çeşitli tanımlarının ve kullanımlarına göre çeşitli şekillerde adlandırılmasının yanında, BIM kullanımı için dört farklı olgunluk seviyesi de bulunmaktadır.

Sıfırıncı seviyedeki BIM kullanımı, kâğıt üzerinde ya da elektronik veri alışverişi ile iki boyutlu yönetilmemiş CAD ile ilgilidir. Bu basitçe tasarım ve ürün bilgileri için iki boyutlu CAD dosyalarının kullanılması anlamına gelmekte ve bu nedenle gerçek bir BIM uygulamasını temsil etmemektedir (Barnes ve Davies, 2014). Bu seviyedeki BIM, yıllardır tasarım uygulamalarının çoğunda kullanılan süreç olan iki boyutlu CAD kullanımıdır (RIBA, 2012).

Birinci seviye, akıllı BIM’e atılan ilk adımı ve tasarım sunumunu temsil etmektedir. Bazı standart veri yapıları ve biçimleri kullanılmakta ve ayrıca BIM ile bütünleştirilmemiş, bağımsız finans ve maliyet yönetimi paketleri tarafından sağlanan ticari veri yönetimleri de bu süreçte yer alabilmektedir (Barnes ve Davies, 2014). Bu BIM biçiminde modelin yararlarından yalnızca bir paydaş yararlanmakta ve genellikle BIM modelinin ekipler arasında işbirlikçi olarak kullanılmadığı, “yalnız” BIM olarak adlandırılmaktadır (RIBA, 2012).

İkinci seviyede, farklı disiplinlere ait BIM yazılımlarını barındıran ve verilerin eklendiği ve yönetildiği üç boyutlu modelin kullanıldığı BIM biçimidir. Bu seviyenin özelliği yapım sözleşmesine uygun olarak Mal Sahibi için as-built verisi bırakmasıdır. BIM’in bu seviyesinde dört boyutlu yapım sıralaması ve beş boyutlu maliyet bilgisinin kullanılmasının ilk adımı atılabilmektedir. Üçüncü seviyedeki BIM

ise, web hizmetleri tarafından kolaylaştırılan, tam olarak bütünleştirilmiş, işbirlikçi, gerçek zamanlı ve gelişen IFC/buildingSMART veri sözlüğü standartlarıyla uyumlu proje modelidir. Bu seviyedeki BIM dört boyutlu yapım sıralamasını, beş boyutlu maliyet bilgisini, altı boyutlu proje yaşam süreci bilgisini ve başka boyutlu yönetim bilgilerini sunabilmektedir (Barnes ve Davies, 2014).

İkinci seviye BIM'den üçüncü seviye BIM'e geçişte, en büyük BIM zorlukları ortaya çıkmakta ve kutsal kase gibi algılanan tek bir proje modeli olacağı düşünülmektedir (RIBA, 2012). Şuan da BIM kullanımının büyük çoğunluğu sıfırıncı ve birinci seviyede gerçekleşmekte fakat Birleşmiş Krallığın 2011'de yayınladığı BIM Strateji dokümanında, 2016 itibariyle kamu projeleri için yapım endüstrisindeki aktörlerin ikinci seviyeye erişimleri gerektiği duyurulmaktadır (Barnes ve Davies, 2014).

#### **2.1.4 Proje teslim sistemleri ve BIM ilişkisi**

BIM sürecinden beklenenlerin gerçekleştirilmesi açısından BIM'in hangi proje sistemi ile uygulandığı önemli bir konudur çünkü bütün proje teslim sistemleri BIM öngörüsü ile oluşturulmamıştır. Bu nedenle BIM'in sunduğu işlevlerin her bir proje teslim sistemine göre değişkenlik gösterdiği hatta bazı BIM işlevlerinin yerine getirilemediği ve faydalarının her bir sistem için aynı seviyede olmadığı yani bazı sistemler içerisinde BIM potansiyelinden tam olarak yararlanılamadığı söylenebilmektedir.

Tasarım-İhale-Yapım proje teslim yöntemi, BIM'in yüklenici tarafından koordinasyon aracı olarak, tam potansiyelinde kullanılamaması nedeniyle BIM ile gerçekleştirilebilecek olan eylemleri kısıtlamaktadır. Planlama, çakışma denetimi, inşa edilebilirlik ve tahmin konuları hususunda, çizimlerin öncelikli olmasından dolayı, model sonradan akla gelmekte çünkü mimarın ya da mühendislerin bir Model oluşturmuşlarsa bile, bu modeli yüklenicilerle paylaşma zorunlulukları bulunmamaktadır. Ayrıca, bu teslim yönteminde saha ile ilişkili BIM kullanımlarını gerçekleştirmek için yüklenicinin ayrı bir BIM yapım modeli oluşturması gerekmektedir. Bu model ana yüklenici tarafından herhangi bir yapım dokümanından ayrı olarak geliştirilmekte ve tasarım profesyonellerinin imza ya da mührünü taşımamaktadır (Hardin, 2009). Tasarım-İhale-Yapım yönteminde yüklenicinin tasarım sürecine katılamamasından dolayı, tasarımın tamamlanmasının ardından yüklenicinin yeni bir yapı modeli oluşturması zorunluluğu nedeniyle

geleneksel proje teslim sistemi BIM kullanımı için en büyük zorlukları gösteren sistem olmaktadır (Eastman ve diğ, 2011). BIM yararlarının farkına varmış olan mühendisler ve mimarlar tarafından kendi tasarım dokümanlarının daha iyi koordinasyonu ve yükleniciler tarafından metrajların oluşturulması dışında bu proje teslim yönteminde BIM kullanımı az düzeydedir. Aslında BIM bu kullanımları dışında tasarım-ihale-yapım yöntemi için kullanışlı değildir (Hardin, 2009).

Tasarım-Yapım yöntemi, bir proje takımının karlarını ve faydalarını tahmin edebileceği ve işbirlikçi bir şekilde projenin tamamlanması fikrini öne sürdüğü için BIM sürecinin başlangıcını oluşturmaktadır. Ayrıca Tasarım-Yapım yöntemi geleneksel proje teslim yönteminden daha bütünlüktür (Hardin, 2009). Tasarım-Yapım yönteminde, tasarım ve yapımdan tek bir kurumun sorumlu olması sayesinde BIM teknolojisinden faydalanmak için mükemmel bir fırsat sağlamakta ve bu sistemde BIM kullanımı önerilmektedir (Eastman ve diğ, 2011).

Ayrıca Tasarım-Yapım yöntemi kullanılarak ortaya çıkarılan yapının, tesis yönetiminde BIM kullanılabilmekte ve tesis müdürlerinin proje kapanışındaki teslimatlar arasında yalnızca ne tür dokümanları değil, dokümanların detay seviyesi de dâhil neyi görmek istediklerini önceden tanımlamalarına olanak sağladığı için de ayrı bir avantaj oluşturmaktadır (Hardin, 2009).

Construction Management at risk teslim yöntemi ise BIM süreci için özelleştirilebilmektedir. BIM sürecinde olduğu gibi CM-at-risk yöntemi de iki anahtar içeriğe sahiptir. Birincisi bütünlleştirilmiş bir sürecin, daha karlı bir sürece eşit olduğu, ikincisi de ekibin BIM teknolojisiyle avantajlı hale gelmesidir (Hardin, 2009). CM-at-risk yönteminde yüklenicinin tasarım sürecine erken dâhil olması nedeniyle BIM ve diğer işbirliği araçlarının kullanımının yararları da artmaktadır (Eastman ve diğ, 2011).

Mevcut BIM araçları, inşaat öncesi test ve koordinasyon becerisine olanak tanımakta ve bir şeyleri açıklığa kavuşturma ihtiyacını sınırlamaktadır. Hala açıklanması gereken şeyler mevcutsa, BIM cevapların hızlıca bulunma yeteneğine sahiptir ki büyük miktarda verinin sıklıkla değiştiği CM-at-risk projelerinde bu çok önemlidir (Hardin, 2009).

Çeşitli derecelerdeki BIM sürecinin her teslim sisteminde kullanılabilmekte olmasına rağmen, Integrated Project Delivery yöntemi daha etkin bir şekilde kullanılmasına

olanak tanımaktadır. IPD yalnızca daha işbirlikçi ve bütünleşik olmak için değil, ayrıca projenin gelişiminin hızlı ve verimli olması için de BIM'e dayanmakta ve BIM teknolojisiyle paralel hareket edebilmektedir (Hardin, 2009). BIM ve IPD birbirine uymakta ve bilgi alışverişinin kâğıt sunumuna dayandığı mevcut süreç çizgisinde belirgin bir değişikliği temsil etmektedir (Eastman ve diğ, 2011).

Çeşitli IPD biçimleri BIM'in yararlarının maksimize edilmesi için ve “yalın” süreçler oluşturulması için kullanılmaktadır. Diğer teslim sistemlerinde de BIM kullanımından yararlanılabilir fakat eğer BIM teknolojisi tasarım aşamasında işbirliği içerisinde kullanılmazsa yalnızca kısmi faydalar sağlanabilir (Eastman ve diğ, 2011). IPD, tesis müdürünü binanın yapımı ve tasarımına da dâhil edeceği için, tesisin daha iyi bakımı için BIM'in bir araç olarak kullanmasını da sağlamaktadır (Hardin, 2009).

Sonuç olarak her bir proje teslim sisteminde BIM'in uygulanması olasıdır fakat her bir sistemdeki BIM verimliliği, kullanıldığı sistemin kuralları ve sınırlamaları nedeniyle aynı olmamaktadır. Proje süreci içerisinde paydaşlar arasında uygulanacak olan sözleşmelerde yapılacak düzenlemeler ya da ekler ile kullanılan teslim sistemine bakılmaksızın BIM'in verimliliğini arttırmak mümkün olabilir fakat yine de BIM potansiyelinin tamamını kullanmak mümkün olamayabilir. BIM'in en uyumlu ve yüksek verimle sonuçlanacağı sistemin IPD sistemi olduğu ve bu sistemin ardından ise Tasarım-Yapım ve CM-at-risk sistemlerinin geldiği görülmektedir.

### **2.1.5 Proje süreci boyunca kullanılan BIM fonksiyonları**

Bir projenin başlangıcından yıkılmasına kadar olan süreç yani proje yaşam süreci boyunca, projenin ortaya çıkması için yerine getirilmesi gereken uygulamalar ve yapının işletilmesi sırasında gerçekleştirilen eylemlerin büyük çoğunluğu BIM'in sunmuş olduğu kullanımlar arasında yer almaktadır. Bir yapının tasarım, yapım ve işletme süreçleri esnasında kullanılabilecek olan BIM fonksiyonları kısaca bu bölümde açıklanacaktır.

Tasarım aşamasındaki fonksiyonlar kısaca görselleştirme, gerekli analizlerin yapılması, inşa edilebilirlik kontrolü, disiplinler arası koordinasyon ve maliyet tahmini olarak sıralanabilmektedir.

Tasarım seçeneklerinin değerlendirilmesi, bina performans ve yapısal analizlerin gerçekleştirilmesi (Azhar ve diğ, 2012) ve üç boyutlu model ile yürüyüş



animasyonları, çakışma denetimi, proje görselleştirilmesi, görsel numune modelleri, ön fabrikasyon çizimleri oluşturulabilmektedir (Abbasnejad ve Moud, 2013).

BIM modellerinin üç boyutlu ortamda ölçekli olarak oluşturulmasından dolayı bütün ana sistemler uyumsuzluk için görsel olarak kontrol edilebilmekte ve disiplinler arası çakışma kontrolleri yapılabilmektedir. Ayrıca proje takımı BIM modellerini kullanarak, sahadaki operasyonların planlanması için detaylı inşa edilebilirlik analizleri gerçekleştirilebilir (Azhar ve diğ, 2011,2012).

BIM yazılımları maliyet tahmin özellikleri ile yapılandırılmış olduğu için malzeme miktarları otomatik olarak çıkarılabilmekte ve modelde herhangi bir değişiklik yapıldığı zaman bu değişikliğe göre veriler güncellenmekte olup maliyet tahminlerinde kullanılabilmektedir (Azhar ve diğ, 2011).

Yapım aşamasındaki BIM fonksiyonlarını ise kısaca iş programının hazırlanması, maliyet tahminlerinin yapılması, saha koordinasyonu ve yapım sürecinin takip edilmesidir.

Üç ve dört boyutlu modeller kullanılarak, saha lojistiği planlanabilir, trafik düzeni geliştirebilir ve sahadaki tehlikeli maddeleri tanımlayabilir ki bu da daha gerçekçi saha güvenlik planını hazırlamada yardımcı olabilir ayrıca iş programlama, bina sistem analizleri, imalat ve fabrikasyon çizimleri de oluşturulabilir. Yapım aşamasında proje ekibi BIM'in dört boyutlu aşama planlarını kullanarak proje ilerleyişini izlemek, satın alma koordinasyon görüşmeleri için ve RFI'leri, değişiklik taleplerini ve modellerdeki eksik listesi bilgilerini bütünleştirmek için kullanabilirler (Azhar ve diğ, 2012). Ayrıca dört boyutlu modelle yapım planlanması ve yönetimi, iş programının görselleştirilmesi, beş boyutlu model ile ise gerçek zamanlı maliyet tahmini yapılabilmektedir (Abbasnejad ve Moud, 2013).

BIM planlama, tasarım ve yapım boyunca gelişen tesis hakkındaki bütün bilgileri içermesi nedeniyle tesis yönetim bölümleri BIM'i yenileme, alan planlama ve onarım operasyonları için kullanılabilir. BIM ile ayrıca bakım iş talimat yönetimi, acil hizmet talep yönetimi, alan planlama ve yönetimi, envanter yönetimi ve denetimler, hareket yönetimi ve emlak portfolyo yönetimi gibi uygulamalar gerçekleştirilebildiği gibi potansiyel hataları, gaz kaçaklarını, tahliye planları vb. gibi olayların grafiksel olarak gösterilmesi için yapı bilgi modeli kolaylıkla adapte edilebilmekte ve resmi

kurumlar da bu modelleri kullanarak bina projelerini inceleyebilmektedir (Azhar ve diğ, 2011, 2012).

### **2.1.6 BIM'in yararları ve zorlukları**

BIM'in tasarım hatalarını gidermek ve tasarım kalitesini arttırmak, yapım süreçlerinin yönetimine yardım etmek, yapım sürecindeki paydaşlar arasındaki işbirliğini ve iletişimini arttırmak ve müşterilerle yeni işbirliği biçimleri sağlamak için birçok şekil alabileceği düşünülmektedir (Miettinen ve Paavola, 2014).

BIM sayesinde yapı tekliflerinin dikkatli bir şekilde analiz edilebilmesi, hızlı simülasyonların gerçekleştirilebilmesi ve performans karşılaştırmalarının yapılabilmesi daha iyi tasarımların ortaya çıkmasını sağlamakta ve gerçekçi görselleştirme ile teklifler daha iyi anlaşılmakta ve daha iyi bir müşteri hizmeti sunulabilmektedir (Azhar ve diğ, 2011).

BIM'in işbirliğini arttırması, sürecin yönetimine etkisi, atıkların azaltılması ve doğruluğu, üç boyutlu modellerin sağladığı görselleştirme ile karşılaştırıldığında görselleştirmenin BIM'in etkileri arasında daha az önemli olduğu düşünülmektedir (Eadie ve diğ, 2013).

Tasarım aşamasında, tasarımın daha erken ve gerçekçi görselleştirilmesi, değişiklik yapılması halinde otomatik düzeltmeler sağlaması, herhangi bir aşamasında gerçekçi ve uygun iki boyutlu çizimler sağlaması, çoklu tasarım disiplinleri arasında erken işbirliği sağlaması, maliyet tahminleri yapılabilmesi ve enerji etkinliği ve sürdürülebilirliğin gelişimini sağlaması gibi faydaları bulunmaktadır (Eastman ve diğ, 2011). Bilginin daha kolayca paylaşılabilmesi, değiştirilebilmesi ve tekrar kullanılabilmesi, daha hızlı ve etkili süreçlerin oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca çevresel performansın daha öngörülebilir olmasını ve yaşam maliyetlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır (Azhar ve diğ, 2011).

Yapım aşamasındaki BIM faydaları ise, fabrikasyon bileşenleri için tasarım modelinin temel alınabilmesi, tasarım değişikliklerine hızlı tepki verilebilmesi, yapımdan önce tasarım hatalarının keşfedilmesi, tasarım ve yapım planlamasının senkronizasyonu, yalın inşaat tekniklerinin daha iyi uygulanması, satın almanın tasarım ve yapım ile senkronizasyonudur (Eastman ve diğ, 2011). Dijital ürün verisi, yapısal sistemlerin fabrikasyon üretimi için kullanılabilmekte ve montajların otomatikleşmesini sağlamaktadır (Azhar ve diğ, 2011).

Gelişmiş işletmeye alma ve tesis bilgisinin el değiştirmesi, tesisin daha iyi yürütülmesi ve yönetilmesi ve tesis yönetme sistemlerinin bütünleştirilmesi ise yapım sonrası faydaları arasında yer almaktadır (Eastman ve diğ, 2011).

Yapılan bir araştırmada BIM'in yararları konusunda katılımcıların %63.4'ü yapım paydaşları arasında verimli iş birliği oluşturduğunu, % 54.8'i tasarım alternatifleri ve yaşam döngüsü etkilerini belirleme özelliğine sahip olduğunu, %52.4'ü bina gelişiminin gerçekçi dokümantasyonunu yaptığını ve % 47.6'sı ise çeşitli sektörlerin projenin maliyeti, iş programlama ve proje ilerleyişi hakkında şeffaf bir ortak görüşe sahip olmalarını sağladığını belirtmiştir (Elmualim ve Gilder, 2013).

BIM faydalarının yanında sürecin tam olarak bilinmemesinden, yeterli sayıda nitelikli çalışanların bulunmamasından, mevcut iş pratiğine tam olarak uymamasından ve diğer bazı nedenlerden dolayı bazı zorluklarla karşılaşmaktadır.

Farklı disiplinlerin modelleri arasındaki uyumsuzluklar nedeniyle işbirliği konusunda, BIM'e geçiş yapan firmaların zaman ve eğitim ihtiyaçları nedeniyle bilgi kullanımı ve iş pratiği konusunda bazı zorluklar karşılanmaktadır. Ayrıca yeni süreçle beraber verilerin telif hakları ile ilgili de bazı zorluklar da ortaya çıkmıştır (Eastman ve diğ, 2011).

## **2.2 BIM Sürecinde Oluşturulan Modele İlişkin Bilgiler**

Karmaşık bir projede nadiren tek bir BIM Modeli olabilecektir. Mimar tasarım modeline, inşaat mühendisi analiz modeline, yüklenici yapım modeline ve üretici imalat çizimi ya da fabrikasyon modeline sahip olabilmektedir. Teorik olarak bu modeller sorunsuz bir şekilde birbirleriyle iletişim kurması gerekmekte fakat mevcut teknoloji olanakları ile bu tam olarak gerçekleştirilememekte, yalnızca bir beklenti olarak kalmaktadır (Barnes ve Davies, 2014).

Bazı kaynaklarda her bir paydaşın sahip olduğu ya da kullanıldığı aşamalarla ilgili olarak çeşitli Model tanımlamaları bulunmaktadır. Bunları Tasarım Modeli, Tam Tasarım Modeli, Yapım Modeli ve Birleştirilmiş Model olarak özetleyebiliriz.

Tasarım Modeli ve Yapım Modeli iki temel model türüdür. Farklı disiplinlere ait bütün tasarım modellerinin koordine edilmesiyle Tam Tasarım Modeli oluşturulurken, Tasarım Modelinden elde edilmiş verileri içeren ve imalat çizimlerine eşit olacak şekilde ise Yapım Modeli oluşturulmaktadır. Birleştirilmiş

Model ise, bağlandığı halde bağımsız olan Model parçalarını, modellerden elde edilmiş çizimleri, metinleri ve bağlandıkları zaman kimliklerini ya da bütünlüklerini kaybetmeyen diğer veri kaynaklarını içermektedir. Böylece Birleştirilmiş Modeldeki bir bileşende yapılan değişiklik, başka bir Model bileşeninde değişiklik oluşturmamaktadır (Porwal ve Hewage, 2013).

Bu bölümde tanımlanmış olan bu Modellerin içeriğinin yani barındıracağı veri türlerinin neler olabileceği, farklı modeller arasındaki veri alışverişi sırasında ortaya çıkan birlikte çalışabilirlik sorunu ile ilgili olarak oluşturulan sistem ve Model içerisinde yer alan elementlerin olması gereken detay ve gelişim seviyesi hakkında bilgiler sunulacaktır.

### **2.2.1 Model İçeriği ve Birlikte Çalışabilirlik**

BIM nesne yönlendirilmiş yazılımlar ile gerçekleştirilmekte ve bina bileşenlerini temsil eden parametrik nesnelerden oluşmaktadır (Volk ve diğ, 2013). Bu nesneler geometrik veri içerebileceği gibi geometrik olmayan veri de içerebilmektedir (Gu ve London, 2010).

Proje katılımcıları arasında veri alışverişi yapılması olağan bir uygulamadır fakat CAD çizimleri arasında yalnızca geometrik veri alışverişi yapılırken, BIM’de çoklu geometri türleri ve farklı davranışlar için ilişkiler, nitelikler ve özellikler veri alışverişi sürecine dâhil olması nedeniyle BIM uygulamaları arasında veri alışverişi zorlu olabilmektedir. Modeller arasındaki veri alışverişinin yanı sıra verilerin aktarılması durumunda bile aktarıldıkları ortamdaki bileşenlerle birlikte çalışıp çalışamayacakları sorunu ortaya çıkmaktadır Birlikte çalışabilirlik, uygulamalar arasında veri alışverişi ve çoklu uygulamalar için eldeki işe ortaklaşa katkıda bulunmaktır. Birlikte çalışabilirlik, başka bir uygulama da oluşturulmuş olan verinin manüel olarak kopyalanması ihtiyacını minimumda gidermektedir (Eastman ve diğ, 2011).

Veri alışverişi yapılması sonucunda birlikte çalışabilirliğinin artırılabilmesi için verilerin belirli standartlarda yani sistemlerde üretilmesini sağlamak amacıyla bazı şemalar oluşturulmuştur.

İki ana yapı ürün veri şeması bulunmaktadır. Bina planlama, tasarım, yapım ve yönetimi için Industry Foundation Classes (IFC) ve çelik mühendisliği ve fabrikasyonu için CIMsteel Integration Standart Version 2 (CIS/2)’dir. Bu

modellerin her biri farklı tür geometriyi, ilişkileri, süreç ve malzemeyi, performansı, fabrikasyonu ve tasarım ve üretim için gerekli olan diğer özellikleri temsil etmektedir (Eastman ve diğ, 2011).

IFC ilk olarak International Association for Interoperability (IAI) tarafından 1996'da tanımlanmış ve o zamandan beri büyük ve küçük yenilenmeler geçirmiştir. IFC şartnameleri şuanda buildingSMART birliği tarafından yönetilmektedir. IFC, mimarlık, mühendislik ve yapıım sektöründeki yazılım uygulamaları arasında veri alışverişi için yapı bilgilerinin temsili olan uzatılabilir uyumlu veri setlerinin tanımlanması için geliştirilmiş şemadır (Eastman ve diğ, 2011).

IFC modelleri, nesnelerin yalnızca üç boyutlu geometrilerini değil binanın diğer birçok yönüyle ilgili üst veri içermesi nedeniyle anlamsal olarak zengindir. Bütün uygulama tanımlı nesneler IFC modeline dönüştürüldüğü zaman uygun nesne türleri ve ilişkili geometri ve özelliklerden oluşmuş olmaktadır. IFC ayrıca bina yapımındaki eylemleri temsil eden süreç nesnelerini, genellikle bina geometrisinden çıkarılan analiz geometrisini ve analiz verilerini ve sonuç özelliklerini içermektedir (Steel ve diğ, 2012).

IFC'nin verilerin birlikte çalışabilmesi adına kullanılan şemaların başında geliyor olması, olumsuz hiçbir yönü olmadığı anlamına gelmemektedir. IFC bütün veri türleri içermemekte ve eğer verilerin bulunduğu uygulamanın destekleme fonksiyonu IFC'de modellenmemişse veri kaybı olabilmektedir. Sonuç olarak, modelde uyumsuzluklara ve hatalara neden olabilecek, dönüştürme sürecinin oluşturabileceği farklılıklar oluşabilmektedir (Barnes ve Davies, 2014).

IFC dosya biçimindeki temel model geometri, geometrik ilişkiler, isim özellikleri, alana özel nitelikler ve duruma özel nitelikler olmak üzere beş veri seti içermektedir. Geometri, termal bölgeler ve ikinci seviye alan sınırları, kiralık alanlar gibi geometrik tanımlar için kullanılan, geometrik ilişkiler ise içerik ve yatay-dikey çevrelerle ilişkili veridir. İsim Özellikleri, nesne eşleştirme ve sınıfı ile analiz varlıklarının anlamsal tanımı için kullanılan veridir. Alana özel nitelikler ise enerji analizleri için bir termal bölgedeki yük tipleri, yapısal analizler için taşıyıcı duvarlar ya da girişler ve programa ait alan gereksinimlerinin belirlenmesi için bölümde ayrılmış dolaşım alanının oranı gibi her bir analiz varlığının fonksiyonel tanımı için kullanılan veridir. Duruma özel nitelikler, hava durumu verisi ya da yerel maliyet

arttırıcı ile eşleştiren proje konumu ya da programa ait alan gereksinimleri için isim setleri ya da maliyet hesaplamalarıyla eşleştiren bina tipi gibi dışsal veri kaynaklarını gösteren değişkenlerdir (Sanguinetti ve diğ, 2012).

### **2.2.2 Model gelişim seviyeleri ya da detay seviyeleri (LOD)**

Model, muhtemelen birçok farklı kurum ve kişiler tarafından geliştirilmiş olan birçok bileşen parçasını içermektedir. Model element, bina ya da bina sahasındaki bileşen, sistem ya da montajı temsil eden Model parçasıdır. Model elementlerinin belirlenmesi üç farklı şekilde yapılabilir. Bunlar geçerli sınıflandırma sistemleri olan CSI Unifomat'ı, OmniClass tablo 21'i kullanarak ya da kullanıcıların bir sistem olmadan kendi özel ihtiyaçlarına göre Model elementleri belirlemeleridir (AIA, 2013d). Modeli oluşturan bileşenlerin yani Model elementlerin, istenilen işlevleri yerine getirebilmeleri için belirli detay ve gelişim seviyelerine sahip olmaları gerekmektedir. Bu gereksinim sonucunda LOD kavramı ortaya çıkmıştır.

Projenin BIM modelini geliştirirken içereceği LOD'un düşünülmesi gereken önemli bir ölçüttür. Birçok araştırmacı BIM kullanımının (maliyet tahmini, enerji simülasyonu, fabrikasyon çizimlerinin oluşturulması gibi) LOD'u belirleyeceğini belirtmişlerdir (Leite ve diğ, 2011).

LOD kısaltması Gelişim Seviyesi (Level of Development) için kullanılabildiği gibi Detay Seviyesi (Level of Detail) için de kullanılmaktadır. İkisinin arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır (BIMForum, 2013). Tez kapsamında karışıklık olmaması adına yalnızca Gelişim Seviyesi için LOD kısaltması kullanılacaktır.

Detay Seviyesi esas olarak Model elementin ne kadar detay içerdiğiyle ilgiliyken, Gelişim Seviyesi elementin geometrisinin ve eklenmiş olan bilginin ne kadar düşünülmüş olduğu yani ne kadar güvenilebileceği ile ilgilidir. Esas itibarıyla Detay Seviyesi element için bir girdi olurken Gelişim Seviyesi ise bir çıktı olmaktadır (BIMForum, 2013).

Model elementin detay ve gelişim seviyesi farkını anlayabilmek önemlidir. Elementin çok detaylı tariflenmiş olmasından dolayı belirli kullanımlar için yeterince geliştirildiğini varsaymak uygun değildir çünkü tasarımcı çok detay içermesine rağmen onunla ilgili kesin karar verilmediği halde yalnızca görsel amaçlı olarak Modelde kullanabilir. LOD sistemi iki hedefi gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Birincisi Proje Katılımcılarının Model elementinin ne ölçüde geliştirilmiş, ikincisi ise

ne ölçüde kullanılabileceği ve güvenilebileceğine dair iletişimlerine izin vermektedir. LOD sistemi Model içeriği için alt noktayı, kullanımı için ise üst noktayı belirtmektedir (AIA, 2013d).

Detay seviyesi tanımlarına yönelik çalışma ilk olarak Vico Software tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu Detay Seviyeleri, kavramsal, yaklaşık geometri, kesin geometri, fabrikasyon ve as-built seviyeleri olarak tanımlanmıştır. Yaklaşık geometri seviyesi, bileşenleri, onaylı son çizimlerde olacakları özel nitelikleri olmaksızın genel olarak temsil etmektedir. Kesin geometri seviyesi, bileşenleri özel nitelikleri ile birlikte onaylı son çizimlerde olacakları gibi temsil ederken, Fabrikasyon seviyesi ise bileşenleri detayını imalat çizimlerinde olacak şekilde temsil etmektedir (Leite ve diğ, 2011).

AIA G202-2013 Project Information Modeling Protocol Form dokümanında LOD tanımları şu şekilde yapılmıştır.

LOD100 seviyesindeki Model elementi, Model içerisinde sembol ya da başka genel bir gösterimle ama LOD200 gerekliliklerine ulaşmayacak şekilde grafiksel olarak gösterilebilir,

LOD 200 seviyesindeki Model elementi, Model içerisinde yaklaşık miktar, boyut, biçim, konum ve uyum ile birlikte genel sistem, nesne ya da kurulum olarak grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir,

LOD 300 seviyesindeki Model elementi, Model içerisinde yaklaşık miktar, boyut, biçim, konum ve uyum ile birlikte genel sistem, nesne ya da kurulum olarak grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir,

LOD 400 seviyesindeki Model elementi, Model içerisinde detayı, fabrikasyonu, kurulumu ve kurulum bilgisiyle beraber büyüklüğü, biçimi, konumu, miktarı ve uyumu açısından belirli bir sistem, nesne ya da kurulum olarak gösterilmektedir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir,

LOD 500 seviyesindeki Model elementi ise büyüklük, biçim, konum, miktar ve uyum açısından saha onaylı olarak gösterilmektedir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir.

AIA E-202'de dâhil edilmemesine rağmen bazı mühendisler tarafından herhangi bir proje aşamasında Model de yer almayacak elementleri tanımlayan LOD 000 tanımlanmıştır (Ales ve diğ, 2011).

BIMForum tarafından, AIA G202-2013 dokümanı için AIA tarafından geliştirilmiş olan temel LOD tanımları kullanılarak ve CSI Unifomat 2010 ile organize edilerek LOD Şartnamesi geliştirilmiştir. Bu Şartnamede yer alan LOD tanımları iki istisna

dışında AIA'nın tanımlarıyla birebir aynıdır. Bu iki istisnanın birincisi disiplinler arasındaki koordinasyona olanak sağlamak için geliştirilen model elementlerini tanımlayacak olan LOD 350 olurken ikinci istisna ise hazırlanmış olan Şartname'de saha onayıyla ilişkili olduğu için LOD 500'e yer verilmemiş olmasıdır. BIMForum, LOD 350 seviyesini "Model içerisinde yaklaşık miktar, boyut, biçim, konum ve uyum ile birlikte genel sistem, nesne ya da kurulum ve diğer bina sistemleriyle arayüz olarak grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir" şeklinde tanımlanmıştır (BIMForum, 2013).

Tasarım süreci boyunca bina sistemleri farklı oranlarda geliştirilmiştir, örneğin strüktürel sistemin tasarımı genellikle iç imalatların tasarımından çok önündedir. Şematik tasarım aşamasındaki Model LOD 200'deki birçok elementi içermekteyken aynı zamanda LOD 100 ve LOD 300 hatta LOD 400'de olan elementleri içerebilmektedir (AIA, 2013d).

### **2.3 BIM Uygulaması İçin İhtiyaç Duyulan Gereksinimler**

BIM'in mevcut sisteme adaptasyonu sırasında yapım endüstrisinin karşı karşıya kaldığı çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Yapım endüstrisinin hazır olmaması ve BIM'in hala yenileşim aşamasında olmasından dolayı (Barnes ve Davies, 2014), BIM'in uygulanabilecek kadar anlaşılmaması ve finansal bir perspektiften BIM'in değerinin anlaşılmaması adaptasyon sürecindeki temel zorluklar olarak gösterilebilir (Elmualim ve Gilder, 2014).

BIM adaptasyonunu etkileyen diğer faktörler arasında ise iş pratiği, kurum yapısı, iş amaçları, kullanıcıların eğitilmesi (Gu ve London, 2010), ekip arasındaki sorumlulukların net olarak anlaşılmaması ve gerekli olan yüksek teknolojik donanım kaynaklarının anlaşılamaması yer almaktadır (Arayıcı ve diğ, 2011).

Yeni teknolojiye, donanım ve yazılıma duyulan gereksinimin ve bunun için yapılacak olan potansiyel yatırım maliyetinin ve bu konudaki personel eğitim masraflarının bu aşamada elde edilecek potansiyel kar ile denk olmaması da karşılaşılan engeller içerisinde yer almaktadır (Barnes ve Davies, 2014).

Ayrıca bu yeni süreç, mevcut iş pratiğinde değişiklik gerektirmektedir. Sorumlulukların belirlenmesini, tasarım incelenmesini ve değerlendirilmesini



gerçekleştirebilmek için standart süreçler ve üzerinde anlaşmaya varılmış protokoller gerekmektedir (Gu ve London, 2010).

Endüstride yer alan aktörlerin bütün bu zorlukları geride bırakıp, sürece hazır hale gelebilmeleri ve etkin bir BIM uygulamasını gerçekleştirebilmeleri için yerine getirmeleri gereken bazı gereksinimler bulunmaktadır. Bu gereksinimler, sürecin zorunlu hale getirmiş olduğu yazılım ve donanımlar, bu yazılımlara ve sürece hâkim çalışanlar ve sürecin düzgün ve etkili bir şekilde yürütülmesi için gerekli plan ve dokümanlar olarak tanımlanabilmektedir.

Tezin bu bölümünde bütün bu gereksinimler, personel yetkinliği ve BIM uygulama planını içeren kurumsal gereksinimler, yazılım ve donanımları içeren teknik gereksinimler, hukuki gereksinimler ve BIM protokolleri başlıkları altında detaylı şekilde ele alınacaktır.

### **2.3.1 Kurumsal gereksinimler**

Gerçekleştirilmiş olan çalışmalar neticesinde kurumsal ve teknik faktörlerin her ikisinin de kurum içerisinde BIM adaptasyonu için önemli olduğu anlaşılmıştır. Dünyadaki birçok mimarlık, mühendislik ve yapım firmaları BIM adaptasyonu esnasında ne yapacaklarını tam olarak bilmeden teknik ve kurumsal sorunları detaylı bir şekilde ele almak zorunda kalmıştır (Won ve diğ, 2013).

BIM adaptasyonu sürecinde karşılaşılan kurumsal zorlukların üstesinden gelebilmek ve adaptasyonun tamamlanmasının ardından kurumun mevcut iş akışının BIM ile paralel olarak sürdürülmesini sağlamak için kurumsal yapının değiştirilmesi gerekmektedir.

Her türlü kurumsal yapı biçimi BIM uyumlu bir hale dönüştürülebilmektedir. Bunun başarılabilmesi için her bir yapı biçimi, birbirinden çok az fark içeren bir süreç gerektirebilmektedir. Bu süreç, etkili değişiklik yönetimi modelini, yönetim stratejilerinin değiştirilmesini, personel eğitimini, yazılım ve donanım ihtiyaçlarını içermektedir (Olatunji, 2011).

Kurumsal gereksinimlerin, BIM'in gelişmiş bilgisayar teknolojileriyle iç içe olmasına rağmen teknik gereksinimlere nispeten daha acil olduğu düşünülmektedir. Bu durum, BIM uygulamasına geçilmeden önce kurumsal gereksinimlerin karşılanmış olması gerektiğini ortaya koymaktadır (Won ve diğ, 2013).

Adaptasyon sürecindeki kurumların yeni sürece uyum sağlayabilmesi, yeni teknolojilerden verimli bir şekilde yararlanabilmesi ve BIM'i iş amaçları doğrultusunda etkin olarak kullanabilmesi için tecrübeli personellere gereksinimleri bulunmakta ve bu gereksinimi de personeller için sağlayacağı eğitimler ile karşılayabilmektedir.

Diğer kurumsal gereksinimler ise standart uygulama prosedürleri, bilgi alışveriş protokolleri ve her bir farklı proje için detaylı BIM uygulama planlarıdır. BIM'in başarı bir şekilde uygulanmasındaki önemli başarı faktörleri, şirketlerin iş stratejilerine, şirket kaynaklarındaki sınırlara ve kurumsal kültüre bağlı olarak çeşitlilik gösterebilmektedir (Won ve diğ, 2013).

Bu bölümde kurumsal gereksinim olarak ortaya koyulmuş olan personel yetkinliği ve BIM uygulama planı konuları ele alınacaktır. Personel yetkinliği kısmında, kurumların içerisindeki personellerin ya da mimarlık, mühendislik ve yapım sektörü içerisinde yer alacak gelecek aktörlerin BIM yetkinliğini nasıl elde edebileceği, bu konudaki eğitimleri nasıl ve neleri içermesi gerektiği, BIM uygulama planları kısmında ise bu planların işlevi, nasıl olması gerektiği gibi konular hakkında bilgi verilecektir.

#### **2.3.1.1 Personel yetkinliği**

Mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisinde BIM'in adaptasyonu ve kullanılması, yeterince eğitilmemiş BIM çalışanlarının az olması nedeniyle engellenmiştir (Becerik- Gerber ve diğ. 2011). BIM'in hem akademi hem de iş dünyası için yeni bir süreç olması ve gelişmiş bir teknoloji içeriyor olması, bu alanda yetişmiş insan sayısının az olmasına neden olmaktadır. Ayrıca BIM sürecinin mevcut sistemden farklı olmasından dolayı oluşan yeni görev ve sorumluluklar nedeniyle proje ekipleri içerisinde yeni ilişkiler de oluşmaktadır.

Sektörde yer alan kurumlar, BIM sürecini yönetebilmek için çizim teknikeri, stajyerler, model teknikeri, BIM müdürü-koordinatörü gibi rollerin hizmetlerine ihtiyaç duyabilir (Olatunji, 2011).

Şirketler, özellikle BIM ile ilişkili olarak en yaratıcı ve teknik olarak donatılmış tasarım uzmanlarını işe almaya çalışmaktadır. Kısa vadede yüksek eğitim kurumlarının yetişmiş BIM talebine karşılık veremeyecek olmasından dolayı BIM becerileri için şirket içi kursların sağlanmasına yönelik hızlı bir adım atılması

gerekmektedir (Barison ve Santos, 2010a). Uzun vadede ise, BIM konusunda istihdam edilecek personel ihtiyacının karşılanabilmesi için bu sektörün gelecek aktörlerinin yani günümüz öğrencilerinin bu konuda yetiştirilmiş olması gerekmektedir.

Takım üyeleri, değişen iş dünyasında yer alabilmek ve katkıda bulunabilmek için uygun eğitim ve bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Gu ve London, 2011). Kurumların BIM'ı yönetebilmesi için ihtiyacı olan yeni yetenek ve becerileri geliştirmek için, çalışanlarının yeni teknolojileri etkin kullanmaları ve bazı profesyonel gereklilikleri gösterebilmeleri için eğitilmelerini sağlamaları gerekmektedir (Olatunji, 2011).

Kurumların farklı yapılarda olmalarından dolayı sahip oldukları farklı iş ihtiyaçları doğrultusunda, BIM'ı yürütmek için farklı eğitim paketleri sağlamaları gerekmektedir. Ayrıca, farklı kategorilerdeki personel için, BIM uygulamasının harekete geçireceği rolleri yerine getirebilmek adına farklı eğitimler gerekmektedir (Olatunji, 2011). Bu durumda her bir kurum uygulayacağı eğitimi, planlamış olduğu BIM adaptasyonuna ve bu süreç esnasında belirlemiş olduğu rol ve sorumlulukların gerçekleştirilebilmesine olanak verecek şekilde yapılandırmalıdır.

BIM uygulaması için eğitimler, başlangıç eğitimi ve sıralı eğitim olmak üzere iki şekilde olmaktadır. Başlangıç eğitimi BIM uygulamasından önce olurken ve işe alımları da içerebilirken, sıralı eğitimler periyodik ve devamlıdır (Olatunji, 2011). BIM eğitimlerinin hangi şekilde uygulanacağı, adaptasyon stratejisiyle yakından ilişkili olmasından dolayı kurumdan kuruma farklılık gösterebilmektedir.

Neyin nasıl ve ne zaman öğrenileceğini belirlemek için uygun yöntemlerin tanımlanması ve bunların iş amaçları ve piyasa girişimleriyle ilişkilendirilmesi eğitim sürecinde karşılaşılan esas zorluktur. Bu tip eğitimlerin içerik ve amacının belirli iş amaçları ve iş sürecindeki katılımcıların sorumluluklarıyla örtüşmesi gerektiği kabul edilmektedir. Ayrıca, teknik ve yönetim personelleriyle sınırlı olmasına ya da kurum içerisinde bir fırsat olarak teknik olmayan ve yardımcı personelin de yer alacağı eğitim programları farklı boyutlarda olabilir (Olatunji, 2011). Eğitimlerin programlarının boyutları gibi içerikleri de eğitimin düzenlemiş olduğu çalışanlara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.

Yapılmış olan bir anket çalışması sonucunda katılımcılar, teknik personel için öğrenme modüllerinin kurumlarından bağımsız olarak, modelleme teknikleri, dijital

yenileşim ve teknolojileri, işbirliği metotları, web tabanlı veri depoları ve bütünleşik süreç ile ilgili konulara odaklanması gerektiğini düşünmektedirler (Olatunji, 2011).

Sonuç olarak BIM'in gelişmiş bir seviyede ve verimli olarak uygulanabilmesi için yetişmiş personel gereksinimi bulunmaktadır. Henüz akademik eğitiminin bu alandaki personel ihtiyacını karşılayamaması nedeniyle, sektörde yer alan kurumlar, kurum içi eğitimler düzenleyerek, personellerinin bu konudaki yetkinliği arttırmalıdır. Bu eğitimlerin içeriği kurum stratejilerine paralel olmalı ve BIM'in zorunlu kıldığı görevlerin gerçekleştirilmesi için gereken konuları kapsayacak şekilde oluşturulmalıdır.

### **2.3.1.2 BIM uygulama planı**

BIM uygulama süreci boyunca genel rehber dokümanlarının yanında, belirli koşullara, projenin boyutuna, paydaşların sözleşmesine ve kullanılan yazılım paketlerine cevap veren çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Miettinen ve Paavola, 2014). Bu çözümler arasındaki en önemli dokümanın her bir projenin sahip olduğu özel ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde geliştirilmiş olması gereken BIM uygulama planları olduğu söylenebilir.

BIM'in proje yaşam süreci boyunca uygulanması, genelde BIM uygulama planındaki şartlarla belirtilmiştir (Marzouk ve diğ, 2010). BIM'in etkili bir şekilde proje teslim süreciyle bütünleştirilmesi için ekiplerin, uygulama detaylarıyla birlikte proje boyunca takip edilmesi amacıyla detaylı bir uygulama planı yani BIM uygulama planı oluşturmaları gerekmektedir (Anumba ve diğ, 2010). BIM uygulama planı, tasarım ve yapım ekiplerinin proje iş akışındaki BIM uygulamasıyla ilgili sorumluluklarının belirlenmesini sağlamakta ve BIM'in yüksek seviyede proje performansı sağlayacak şekilde yönetilmesi için önemli bir başarı faktörü olmaktadır (Eadie ve diğ, 2013).

BIM uygulama planı, projenin erken aşamasında ve projeye yeni katılımcılar eklendikçe sürekli olarak geliştirilmeli, izlenmeli, güncellenmeli ve uygulama aşaması boyunca ihtiyaç oldukça revize edilmelidir. Uygulama planı, BIM uygulanmasının kapsamını belirlemeli, BIM görevleri için süreç akışını tanımlanmalı, taraflar arasında bilgi alışverişini belirlemeli ve uygulamayı desteklemek için ihtiyaç duyulan proje ve şirket altyapı gereksinimlerini tanımlamalıdır. BIM uygulama planının oluşturulmasıyla, projedeki bütün taraflar

arasında BIM uygulamasının stratejik hedefleri, rol ve sorumluluklarını net olarak anlaşılacak, BIM uygulanması için gerekli olan ek kaynaklar, eğitim ya da diğer yetkinlikler ortaya koyulacak ve daha sonra projeye katılacak olan katılımcılara da uygulamaya ilişkin bir fikir vermiş olacaktır (Anumba ve diğ, 2010).

BIM uygulama planı, projenin planlama, tasarlama, yapım ve işletme aşamaları boyunca nerede BIM'den maksimum yarar sağlanabileceğini tanımlamaktadır (Marzouk ve diğ, 2010). BIM protokolü ve BIM uygulama planı, BIM süreci boyunca tasarımın koordinasyonu ve üretilmesi için sorumluluklar dizisini ortaya koyan anahtar dokümanlardır (Barnes ve Davies, 2014).

### **2.3.2 Teknik gereksinimler**

BIM adaptasyonunu etkileyen faktörler iki ana alanda gruplanabilir, bunlar teknik gereksinimler ve teknik olmayan stratejik sorunlardır (Gu ve London, 2010). BIM gelişmiş seviyede bilgisayarla donatılmış bir sistem olmasından dolayı iyi bir donanım ve etkili ve yeterli yazılımlara bağımlıdır (Barnes ve Davies, 2014).

Bu nedenle BIM adaptasyonu esnasındaki teknik araç gerekliliklerinin ya da ihtiyaçlarının yazılımlar ve donanımlar olduğunu görülmektedir. Tezin bu bölümünde, kullanılan BIM yazılımları, bu yazılımlar seçilirken nelere dikkat edilmesi gerektiği ve bu yazılımların etkin bir şekilde kullanılması için gerekli olan donanımlar ele alınacaktır.

#### **2.3.2.1 Yazılımlar**

BIM süreci içerisinde Model'in oluşturulması sırasında kullanılan tasarım ve dokümantasyon yazılımları yani model yazılımları ve oluşturulan Model'in kullanılmasıyla proje süreci esnasında yapılması gereken maliyet, iş programı gibi diğer görevlerin gerçekleştirilmesine katkı da bulunan yardımcı yazılımlar bulunmaktadır.

Proje katılımcıları tarafından BIM süreci içerisinde kullanılan yazılımların neler olduğu ve bu yazılımların hangi süreçlerde hangi işlevleri gerçekleştirmek için kullanıldığı bu bölümde açıklanacaktır. Öncelikli olarak yaygın olarak kullanılan yazılımları geliştirmiş olan firmaların yazılımlarının neler olduğunun sıralanmasının ardından, diğer firmaların BIM yazılımları da belirlenecek ve bütün yazılımların

işlevleri ve kullanıldıkları proje süreçlerinin belirtildiği yazılım tabloları oluşturulacaktır.

İngiltere’de oluşturulmuş ve BIM elementlerinin bir araya getirildiği bir kaynak olan National BIM Library üzerinden indirilen ve buraya yüklenen elementlerin dosya biçimlerine bakıldığında, bu verilerin %49’unun Revit, %18’inin ArchiCAD , %10’unun Bentley ve %10’unun da Vectorworks yazılımları kullanılarak oluşturulduğu ve %13’ünün de IFC biçiminde olduğu görülmektedir (Hamil, 2013). BIM tasarım yazılımları arasında öne çıkan beş ana firma bulunmaktadır. Bunlar Autodesk, Bentley, Graphisoft-Nemetschek, Gehry Technology ve Tekla’dır (Huang ve diğ, 2014). Bu veriler temel alınarak, BIM süreci içerisinde yaygın olarak kullanılan model tasarım yazılımlarının Autodesk, Bentley ve Nemetschek firmalarına ait olduğunu söylenebilmektedir.

Autodesk BIM ile ilgili ürünlerini yapı tasarımı & mühendisliği, yapım, altyapı ve yardımcı yazılımlar olmak üzere dört ayrı kategori altında sınıflandırmıştır. Yapı tasarımı& mühendisliği kategorisi altında Building Design Suite yazılım paketi, Fabrication CADMep, BIM 360 Field, Revit ve BIM 360 Glue (Autodesk, 2014a), yapım kategorisinde ise Building Design Suite yazılım paketi, BIM 360 Field, BIM 360 Glue, Naviswork, Vault Professional ve Infrastructure Design Suite yazılım paketi (Autodesk, 2014b), altyapı kategorisinde de AutoCAD Utility Design, Infrastructure Design Suite yazılım paketi, AutoCADCivil 3D, Infracore 360 ve AutoCADMap 3D (Autodesk, 2014c), son olarak yardımcı yazılımlar kategorisinde ise Infrastructure Design Suite yazılım paketi, AutoCADCivil 3D, Infrastructure map server, AutoCADMap 3D ve Infracore 360 (Autodesk, 2014d) yazılımları bulunmaktadır. Autodesk firmasına ait BIM yazılımlarına ait açıklamalar, süreç ve işlev ilişkileri bir araya getirilerek Çizelge 2.1 oluşturulmuştur.

**Çizelge 2.1 : Autodesk firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.**

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                          | Proje Süreçleri |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|-------|-----------------------------------|---------|
|                                                                                                                                                                                                                                                  | Tasarım         |                                 |             |                          |         | Yapım           |             |       |                                   |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                  | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik Şartname | İş Programı | Koordinasyon ve İletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım | Kontrolü Koordinasyon ve İletişim | İşletme |
| <b>AutoCAD</b>                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| İki ve üç boyutlu tasarım, detay ve dokümantasyon yazılımı, kullanıldığı proje süreçleri BIM olgunluk seviyesine göre değişiklik göstermektedir (Autodesk, 2014e).                                                                               | ✓               |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |       |                                   |         |
| <b>AutoCAD Architecture</b>                                                                                                                                                                                                                      |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| AutoCAD ile genel olarak aynı özelliklere sahip olan yalnızca mimari tasarıma özel iki ve üç boyutlu yazılımdır (Autodesk, 2014e).                                                                                                               | ✓               |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |       |                                   |         |
| <b>AutoCAD MEP</b>                                                                                                                                                                                                                               |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| AutoCAD ile genel olarak aynı özelliklere sahip olan yalnızca mekanik ve elektrik gibi disiplinlerin iki ve üç boyutlu tasarımına özel yazılımdır (Autodesk, 2014e).                                                                             | ✓               |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |       |                                   |         |
| <b>AutoCAD Structural Detailing</b>                                                                                                                                                                                                              |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| İki ve üç boyutlu detay ve imalat çizimlerinin akıllı objelerle oluşturulmasına olanak tanıyan, BIM model ve yapı analiz yazılımlarının verilerinin de kullanılabildiği yazılımdır (Autodesk, 2014f).                                            | ✓               |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |       |                                   |         |
| <b>AutoCAD Map 3D</b>                                                                                                                                                                                                                            |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| Planlama, tasarım ve veri yönetimini desteklemek için coğrafi bilgi sistemi ve haritalama verilerine erişim sağlayan akıllı modelleme ve CAD yazılımıdır (Autodesk, 2014g).                                                                      | ✓               |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |       |                                   |         |
| <b>Civil 3D</b>                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| İnşaat mühendisliği için BIM'ı destekleyen üç boyutlu tasarım ve dokümantasyon yazılımıdır. Model tasarımı, analizi ve veri yönetimi gibi işlevlere sahip diğer yazılımlarla da veri alışverişi sağlanabilmektedir (Autodesk, 2014h).            | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| <b>AutoCAD Utility Design</b>                                                                                                                                                                                                                    |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| Üç boyutlu model tabanlı elektrik dağıtım tasarımı ve analizi yazılımı (Autodesk, 2014d).                                                                                                                                                        | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| <b>Revit Architecture</b>                                                                                                                                                                                                                        |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| Özellikle BIM için geliştirilmiş model tabanlı üç boyutlu mimari tasarım, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır. Işık ve enerji analizlerinin yanı sıra metraj çıkarılması ve görselleştirme gibi işlevleri de barındırmaktadır (Autodesk, 2014i). | ✓               | ✓                               |             | ✓                        | ✓       | ✓               | ✓           | ✓     |                                   | ✓       |
| <b>Revit Structure</b>                                                                                                                                                                                                                           |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| Özellikle BIM için geliştirilmiş model tabanlı üç boyutlu strüktürel tasarım, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır. Yapısal analiz ve metraj çıkarma işlevleri de bulunmaktadır (Autodesk, 2014i).                                                | ✓               | ✓                               |             | ✓                        | ✓       | ✓               | ✓           | ✓     |                                   | ✓       |
| <b>Revit MEP</b>                                                                                                                                                                                                                                 |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |       |                                   |         |
| Özellikle BIM için geliştirilmiş model tabanlı üç boyutlu mekanik ve elektrik disiplinleri tasarımı, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır. Enerji analizi ve görselleştirme işlevleri de bulunmaktadır. (Autodesk, 2014j).                        | ✓               | ✓                               |             | ✓                        | ✓       | ✓               | ✓           | ✓     |                                   | ✓       |

**Çizelge 2.1 (devam) : Autodesk firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.**

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Proje Süreçleri |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|----------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Tasarım         |                        |          |             |                          | Yapım   |                 |             |                |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik | Sartname | İş Programı | Koordinasyon ve İletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve İletişim |
| <b>Infraworks</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Ön tasarımlardan büyük ölçekli altyapı modelinin oluşturulmasını sağlayan tasarım ve analiz yazılımıdır. Saha, ışık ve gölge analizleri ve uzaklıkların ve alanların ölçülmesi gibi işlevlerin gerçekleştirilmesinde kullanılır (Autodesk, 2014k).                                                                                                                                | ✓               |                        |          |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          |
| <b>Infraworks 360 (drainage, roadway, bridge design)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Infraworks yazılımının bütün özelliklerine sahip olmasının yanı sıra bulut tabanlı işbirliği özelliğine sahiptir. Ayrıca yol tasarım seçeneklerinin değerlendirilmesi, drenaj ve köprü tasarımı ve analizi için de ek özellikler bulundurmaktadır (Autodesk, 2014k).                                                                                                              | ✓               |                        |          |             | ✓                        | ✓       |                 |             |                | ✓                        |
| <b>Fabrication products (Fabrication CADmep, Fabrication ESTmep, Fabrication CAMduct)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Mekanik ve elektrik disiplinlerindeki yükleniciler için üç boyutlu, model tabanlı detay tasarımı ve montaj akışlarını destekleyen ve maliyet tahmini yapılmasını sağlayan yazılımlardır (Autodesk, 2014l).                                                                                                                                                                        | ✓               | ✓                      |          |             |                          | ✓       | ✓               |             |                |                          |
| <b>3DsMax Design</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Üç boyutlu tasarım, modelleme, animasyon ve render yazılımıdır (Autodesk, 2014m).                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Inventor</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| BIM ile entegre edilebilen üç boyutlu mekanik tasarım, dokümantasyon ve ürün simulasyon yazılımıdır (Autodesk, 2014n).                                                                                                                                                                                                                                                            | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Showcase</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Üç boyutlu modellerin kolaylıkla yürüyüş modellerine ve videolara dönüştürülebildiği görselleştirme ve sunum yazılımıdır (Autodesk, 2014e).                                                                                                                                                                                                                                       | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Naviswork Simulate &amp; Naviswork Manage</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Bütün disiplinler tarafından oluşturulmuş BIM modellerinin bütünleştirilmesi ve analizi için kullanılan proje inceleme yazılımlarıdır. Disiplinler arasında koordinasyonu sağlamasının yanında tasarım ve yapım verilerinin tek bir modelde yer almasına ve zaman ve maliyet verilerinin de yer aldığı simülasyonların oluşturulmasına da olanak sağlamaktadır (Autodesk, 2014o). |                 | ✓                      |          | ✓           | ✓                        |         | ✓               | ✓           | ✓              | ✓                        |
| <b>BIM 360 Glue</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Bütün disiplinlerin verilerini ve iş akışlarını birbirine bağlayan bulut tabanlı BIM yönetim ve işbirliği yazılımıdır (Autodesk, 2014a).                                                                                                                                                                                                                                          |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                | ✓                        |



**Çizelge 2.1 (devam) : Autodesk firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.**

| Yazılım                                                                                                                                                                                                    | Proje Süreçleri |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|---|---------|
|                                                                                                                                                                                                            | Tasarım         |                                 |             |                          |         | Yapım           |             |                |                          |   | İşletme |
|                                                                                                                                                                                                            | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik Şartname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim |   |         |
| Vault Professional                                                                                                                                                                                         |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Proje verilerinin merkezi bir konumda toplanmasını sağlayan işbirliği ve veri yönetimi yazılımıdır.                                                                                                        |                 |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          | ✓ |         |
| BIM 360 Field                                                                                                                                                                                              |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Bulut tabanlı işbirliği ve raporlama için kullanılan saha yönetim yazılımıdır (Autodesk, 2014a).                                                                                                           |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          | ✓ |         |
| Infrastructure Map Server                                                                                                                                                                                  |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Sahada çalışanlarla coğrafi bilgi sistemi haritalarının paylaşılmasına, verilerin koordine edilmesine ve erişilmesine olanak sağlayan web tabanlı yazılımdır (Autodesk, 2014b).                            |                 |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          | ✓ |         |
| ReCap                                                                                                                                                                                                      |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Gerçeklik yakalama ve üç boyutlu tarayıcı özelliklerine sahip nokta bulutu yazılımıdır. Diğer yazılımlarla beraber as-built modelleri oluşturmak ve yapım doğrulama için kullanılabilir (Autodesk, 2014e). | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| AutoCAD Raster Design                                                                                                                                                                                      |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Raster image dosyalarının dwg formatına dönüştürülmesi için kullanılan yazılımdır (Autodesk, 2014e).                                                                                                       | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| QTO (Quantity Takeoff)                                                                                                                                                                                     |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Modelde yer alan verilerin kullanılmasıyla metraj çıkarılmasını sağlayan yazılımdır (Autodesk, 2014p).                                                                                                     |                 | ✓                               |             |                          |         |                 | ✓           |                |                          |   |         |
| Ecotect Analysis                                                                                                                                                                                           |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   |         |
| Mevcut yapılarda ve yeni yapıların tasarım aşamasında çeşitli simülasyon ve enerji analizlerinin yapılmasını sağlayan yazılımdır (Autodesk, 2014r).                                                        | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |   | ✓       |

Bentley firmasının geliştirmiş olduğu, yapı analizi ve tasarımı kategorisi altında sunmuş olduğu BIM yazılımları ise AECOSim Building Designer, AECOSim Energy Simulator, Generative Components, HevaComp ürünleri (Quick Ep Cart, Dynamic Simulation ve Mechanical Designer), Bentley Speadikon Architectural, RAM Structural System ürünleri (Steel, Frame, Connection, Foundation, Concrete), gINT, Facility Information Management, Projectwise Project Team Collaboration, Microstation Platform Technology and Products, LEAP ürünleri, ConstructSim, Bentley Rebar, ProConcrete, SpecWave Composer, STAAD Pro'dur (Bentley, 2014a). Bütün bu ürünlerin ayrıntılı açıklamalarıyla beraber kullanıldığı süreç ve işlevleri Çizelge 2.2'de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.2 : Bentley firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.**

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Proje Süreçleri |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|----------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Tasarım         |                        |          |             |                          | Yapım   |                 |             |                |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik | Sartname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim |
| <b>AECO Sim Building Designer</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Mimari, statik, elektrik ve mekanik disiplinlerinin bir arada çalışmasını sağlayan, yapım dokümanlarının oluşturulduğu tasarım, analiz, dokümantasyon ve görselleştirme işlevlerine sahip BIM yazılımıdır (Bentley, 2014b).                                                                                        | ✓               |                        |          |             |                          | ✓       |                 |             |                | ✓                        |
| <b>AECO Sim Energy Simulator</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Yapının mekanik sistemlerinin, çevresel koşullarının ve enerji sisteminin tasarımı, simülasyonu ve analizini gerçekleştirebilen yazılımdır (Bentley, 2014c).                                                                                                                                                       | ✓               |                        |          |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          |
| <b>Hevacomp Quick EP Cert</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| U.K. Energy Performance Certificate için veri girişi yapan akredite edilmiş enerji belirleme programıdır (Bentley, 2014d).                                                                                                                                                                                         | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Hevacomp Dynamic Simulation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| EnergyPlus ile dinamik simülasyon kullanarak yapının enerji analizi gerçekleştirilebilmektedir (Bentley, 2014e).                                                                                                                                                                                                   | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Hevacomp Mechanical Designer</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Mekanik sistemler için tasarım yazılımıdır (Bentley, 2014f).                                                                                                                                                                                                                                                       | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Speedikon Architectural</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Herhangi büyüklük ve karmaşıklıkta, yeni ya da mevcut yapıların tasarımı ve yapım dokümantasyonu için bütünleştirilmiş BIM uygulamasıdır. İki ya da üç boyutlu çalışabilmektedir. İmalatların planlanmasını, metraj çıkarılmasını, tesis yönetimi için verilerin hazırlanmasını desteklemektedir (Bentley, 2014g). | ✓               | ✓                      |          | ✓           |                          | ✓       | ✓               | ✓           | ✓              | ✓                        |
| <b>RAM Structural System (RAM Steel, Frame, Foundation, Concrete)</b>                                                                                                                                                                                                                                              |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Çelik ya da betonarme yapıların analizini, tasarımını ve dokümantasyonunu sağlayan, tüm strüktürel yapının modellenilebildiği, malzeme metrajının çıkarılabildiği mühendislik yazılımıdır (Bentley, 2014h).                                                                                                        | ✓               | ✓                      |          |             |                          | ✓       | ✓               |             |                |                          |
| <b>Microstation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Mimarlık, mühendislik, yapım ve işletme için üç boyutlu tasarım ve modelleme yazılımıdır. Disiplinler arası çakışmaların çözümünde, iş programı simülasyonunda, render ve animasyon yapımında kullanılabilmektedir (Bentley, 2014i).                                                                               | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 | ✓           | ✓              | ✓                        |
| <b>STAAD Pro</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Üç boyutlu analiz ve tasarım işlevlerine sahip mühendislik yazılımıdır (Bentley, 2014i).                                                                                                                                                                                                                           | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Generative Components</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Parametrik tasarım ile tasarımcıların birçok seçeneği değerlendirmesini, karmaşık geometrik ilişkilerin yönetilmesini ve oluşturulmasını sağlamaktadır (Bentley, 2014j).                                                                                                                                           | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |

**Çizelge 2.2 (devamı):** Bentley firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Proje Süreçleri |                 |                 |             |                          |   |         |                 |             |                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------------------|---|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Tasarım         |                 |                 |             |                          |   | Yapım   |                 |             |                |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Tasarım         | Maliyet Tahmini | Teknik Şartname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim |   | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim |
| <b>Constructsim</b><br>Görsel yapım simülasyon yazılımıdır. Bazı yazılımlarla beraber kullanıldığında bütün disiplinlerdeki değişiklikler ve revizyonlar takip edilebilmekte, model tabanlı miktar takibi ve kazanılmış değer raporlaması ve sahadaki malzeme yönetimi için kullanılabilmektedir (Bentley, 2014k). |                 |                 |                 |             |                          |   |         |                 | ✓           | ✓              |                          |
| <b>Projectwise Team Collobration</b><br>Mimarlık, mühendislik ve yapım için işbirliği ve bilgi yazılımıdır (Bentley, 2014l).                                                                                                                                                                                       |                 |                 |                 |             | ✓                        |   |         |                 |             |                | ✓                        |
| <b>gINT</b><br>Geoteknik ve geo-çevresel veri yönetimi ve raporlama yazılımıdır (Bentley, 2014m).                                                                                                                                                                                                                  | ✓               |                 |                 |             |                          |   |         |                 |             |                |                          |
| <b>LEAP</b><br>Betonarme ve prekast elemanların tasarımı ve analizinde kullanılan yazılımıdır (Bentley, 2014n).                                                                                                                                                                                                    | ✓               |                 |                 |             |                          |   |         |                 |             |                |                          |
| <b>Rebar</b><br>Betonarme elemanların iki ve üç boyutlu detaylarının oluşturulması, modellenmesi ve zamanlanması için parametrik tasarım aracıdır (Bentley, 2014o).                                                                                                                                                | ✓               |                 |                 | ✓           |                          | ✓ |         | ✓               |             |                |                          |
| <b>ProConcrete</b><br>Prekast ve betonarme yapıların modellenmesi, detaylarının oluşturulması için üç boyutlu bir CAD yazılımıdır (Bentley, 2014ö).                                                                                                                                                                | ✓               |                 |                 |             |                          | ✓ |         |                 |             |                |                          |
| <b>Specwave Composer</b><br>Tasarımcılar, yapımcılar ve bina işletmecileri için şartname yazılımıdır (Bentley, 2014p).                                                                                                                                                                                             |                 |                 | ✓               |             |                          |   |         |                 |             |                |                          |
| <b>Facility Information Management</b><br>Alan belirleme, alan hesaplama, analiz ve raporlama gibi işlevlerin gerçekleştirilebildiği tesis yönetimi yazılımıdır (Bentley, 2014r).                                                                                                                                  |                 |                 |                 |             |                          |   |         |                 |             |                | ✓                        |

Nemetschek firması tarafından ise sahip olduğu Graphisoft, Allplan, Vectorworks ve Scia markaları altında geliştirmiş olduğu BIM yazılımları bulunmaktadır (Nemetschek, 2014a). ArchiCAD, BIMServer ve BIMx Graphisoft markasına (Nemetschek, 2014b), Allplan Architecture, Engineering, BCM ve Alfa yazılımları Allplan markasına (Nemetschek, 2014c), Vectorworks Architect, Designer, Landmark ve Renderworks yazılımlarını Vectorworks markasına (Nemetschek, 2014d), ve son olarak da Scia Engineering, Design Forms ve Solibri yazılımları ise Scia markasına ait (Scia, 2014) BIM yazılımları arasında yer almaktadır.

Bahsedilen BIM yazılımlarına ait genel açıklamalar, kullanıldığı süreç ve işlev ilişkileri Çizelge 2.3’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.3 :** Nemetschek firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                                   | Proje Süreçleri |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|----------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|---------|
|                                                                                                                                                                                                                                                           | Tasarım         |                        |          |             |                          |         | Yapım           |             |                |                          |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                           | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik | Sartname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim | İşletme |
| <b>ArchiCAD</b><br>Yapıların strüktürel olarak detaylı modelleme ve dokümantasyonunun oluşturulabildiği tasarım, dokümantasyon, analiz, raporlama ve işbirliği yazılımıdır (Graphisoft, 2014a).                                                           | ✓               | ✓                      |          | ✓           | ✓                        | ✓       |                 |             | ✓              |                          |         |
| <b>BIMCloud (BIMServer)</b><br>Ekiplerin işbirliğinin, veri alışverişinin ve iletişimin sağlandığı bulut tabanlı araçtır (Graphisoft, 2014b).                                                                                                             |                 |                        |          |             | ✓                        |         |                 |             |                | ✓                        |         |
| <b>BIMx</b><br>BIM modelinin mobil cihazlarda erişilmesini sağlayan araçtır (Graphisoft, 2014c).                                                                                                                                                          |                 |                        |          |             | ✓                        |         |                 |             |                | ✓                        |         |
| <b>Allplan Architecture</b><br>Mimari tasarım, görselleştirme ve analizlerin yapılabilirdiği model tabanlı yazılımdır. Ayrıca maliyet hesaplama ve ihale için analizlerin hazırlanmasını sağlamaktadır (Allplan, 2014a).                                  | ✓               | ✓                      |          |             |                          | ✓       | ✓               |             |                |                          |         |
| <b>Allplan Engineering</b><br>Miktarları raporlama ve analiz gibi özelliklere sahip betonarme tasarım ve planlama yazılımıdır (Allplan, 2014b).                                                                                                           | ✓               | ✓                      |          |             |                          | ✓       | ✓               |             |                |                          |         |
| <b>Allplan BCM</b><br>Başlangıç maliyet hesaplamasından ihale için maliyet hesabına kadar maliyet planlama yazılımıdır (Allplan, 2014c).                                                                                                                  |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |         |
| <b>Allplan Alfa</b><br>İnternet ya da intranet tarayıcısına dayalı veri alışverişine ve yapıya ilişkin verilerin her zaman güncel olmasını olanak veren doküman yönetim sistemidir (Allplan, 2014d).                                                      |                 |                        |          |             | ✓                        |         |                 |             |                | ✓                        |         |
| <b>Vectorworks Architect</b><br>Ön tasarım aşamasından son tasarım aşamasına kadar kullanılabilen tasarım ve dokümantasyon yazılımıdır. Metraj çıkarılması, maliyet akışı ve malzeme analizi gibi işlevlere de olanak sağlamaktadır (Vectorworks, 2014a). | ✓               | ✓                      |          |             |                          | ✓       | ✓               |             |                |                          |         |
| <b>Vectorworks Designer</b><br>Tasarlama, modelleme ve görselleştirme yazılımıdır (Vectorworks, 2014b).                                                                                                                                                   | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>Vectorworks Landmark</b><br>Peyzaj için iki ve üç boyutlu konsept oluşturma, analiz ve dokümantasyon yazılımıdır (Vectorworks, 2014c).                                                                                                                 | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>Renderworks</b><br>Modellerin görselleştirilmesinde kullanılan render yazılımıdır (Vectorworks, 2014d).                                                                                                                                                | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |

**Çizelge 2.3 (devamı):** Nemetschek firmasının geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Proje Süreçleri |                 |                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|---------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tasarım         |                 |                 |             |                          |         | Yapım           |             |                |                          |         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tasarım         | Maliyet Tahmini | Teknik Şartname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim | İşletme |
| Scia Engineering                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ✓               |                 |                 |             |                          | ✓       |                 |             | ✓              |                          |         |
| Bütünleştirilmiş, kompozit strüktürel analiz ve tasarım yazılımıdır. Modelleme, veri alışverişi, raporlama, çizim, tasarım ve kontrol gibi işlevleri de bulunmaktadır (Scia, 2014).                                                                                                              |                 |                 |                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Scia Solibri                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                 |                 |                 |             | ✓                        |         | ✓               |             | ✓              |                          | ✓       |
| BIM modellerinin bütünlüğü, kalitesi ve fiziksel güvenliği açısından analiz etmektedir. Yapım firmaları tarafından maliyet tahminlerinin yapılabilmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca Tesis yöneticileri tarafından da malzeme sürdürülebilirliğinin kontrolü için kullanılmaktadır (Scia, 2014). |                 |                 |                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Scia Design Form                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ✓               |                 |                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Özellikle inşaat mühendisleri tarafından kullanılan, geometri, yük ve malzeme bilgilerinin girilmesiyle hesaplama yapan ve istenilen detay seviyesinde raporlama yapılabilen tasarım yazılımıdır (Scia, 2014).                                                                                   |                 |                 |                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |

Ayrıca Digital Project, Tekla Structure, DProfiller, DESTINI Estimator, Ecotect, EnergyPlus, Archibus, Innovaya, Sage 300 Construction and Real Estate , Primavera, MS Project, e-SPECS, BSD Speclink, OneTools, ArchiFM, Maxon Cinema 4D, U.S. Cost Success Estimator, Exactal's CostX, ONUMA Planning System, Legion Studio, ViCrowd eRena, SketchUp , Rhino, formZ, Vico Takeoff Manager, Vico estimator, Nomitech CostOS yazılımları da BIM süreci içerisinde kullanılan diğer yazılımlar arasında bulunmaktadır (Eastman ve diğ, 2011).

Çizelge 2.4'de ise yukarıda bahsedilen yazılımlara ilişkin genel açıklamalar, hangi proje süreci içerisinde hangi işlevi yerine getirmek için kullanıldığına dair bilgiler yer almaktadır.

**Çizelge 2.4 : Diğer firmaların geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.**

| Yazılım                                                                                                                                                                                                                                                       | Proje Süreçleri |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                               | Tasarım         |                 |                |             |                          | Yapım   |                 |             |                |                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                               | Tasarım         | Maliyet Tahmini | Teknik Sarname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim |
| <b>Digital Project (Dassault Systemes-Gehry Techonologies)</b>                                                                                                                                                                                                |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Mimari, statik, mekanik ve elektrik disiplinleri için parametrik tasarım yazılımıdır. Metraj çıkarma, görselleştirme, çakışma denetimi, dört boyutlu simülasyon ve işbirliği özellikleri bulunmaktadır (Dassault Systemes,2014).                              | ✓               | ✓               |                |             | ✓                        | ✓       |                 | ✓           |                | ✓                        |
| <b>Tekla Structure- (Tekla)</b>                                                                                                                                                                                                                               |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Model ile koordinasyon, görselleştirme, çizim ve raporların oluşturulabildiği, fabrikasyon için de kullanılabilen analiz ve tasarım yazılımıdır. Proje yönetim yazılımları ile entegrasyonu ile iş programı oluşturulmasında da kullanılabilir (Tekla, 2014). | ✓               |                 |                |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          |
| <b>DProfiler- (Beck Technology)</b>                                                                                                                                                                                                                           |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Model tabanlı bina tasarımı ve maliyet tahmini yazılımıdır. Modelin oluşturulmasıyla maliyet, enerji, yaşam döngüsü ve zaman planlamaya ilişkin veriler sağlamaktadır (Beck Technology, 2014a)                                                                | ✓               |                 |                |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          |
| <b>DESTINI Estimator- (Beck Technology)</b>                                                                                                                                                                                                                   |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Konsept aşamasından başlayıp yapım aşaması sonuna kadar maliyetin takip ve tahmin edilmesini sağlayan, proje aşamasına ait verileri, iş programı bilgisini, karbon ayak izi verilerini de takip eden tahmin yazılımıdır (Beck Technology, 2014b)              |                 | ✓               |                |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |
| <b>Energy Plus- (U.S. Department of Energy)</b>                                                                                                                                                                                                               |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Binalardaki enerji ve su kullanımının modellenmesi için mimarlar, mühendisler ve araştırmacılar tarafından kullanılan bina enerji simülasyon programıdır (U.S. Department of Energy, 2014).                                                                   | ✓               |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| <b>Archibus Products- (Archibus)</b>                                                                                                                                                                                                                          |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Alan planlama ve yönetimi, hareket yönetimi, varlık yönetimi, çevre ve risk yönetimi gibi konularda hizmet sağlayan tesis yönetim yazılımlarıdır (Archibus, 2014).                                                                                            |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                | ✓                        |
| <b>Innovaya-(Innovaya)</b>                                                                                                                                                                                                                                    |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| BIM model tasarım, iş programı ve maliyet tahmin yazılımları ile beraber dört ve beş boyutlu model simülasyonlarının hazırlanabildiği yazılımıdır (Innovaya, 2014).                                                                                           |                 | ✓               |                | ✓           | ✓                        |         | ✓               | ✓           | ✓              |                          |
| <b>Sage 300 Construction and Real Estate - Sage Timberline (Sage)</b>                                                                                                                                                                                         |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Maliyet tahminlerinin, finans hareketlerinin takibi ve gerekli işlevlerinin gerçekleştirilmesini sağlayan yazılımıdır (Sage Software, 2014).                                                                                                                  |                 | ✓               |                |             |                          |         | ✓               |             |                | ✓                        |
| <b>Primavera- (Oracle)</b>                                                                                                                                                                                                                                    |                 |                 |                |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Kaynak ve zaman yönetimi gibi hizmetleri de içinde barındıran proje yönetim yazılımıdır (Oracle, 2014).                                                                                                                                                       |                 |                 |                | ✓           |                          |         |                 | ✓           |                |                          |

**Çizelge 2.4 (devamı):** Diğer firmaların geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.

| Yazılım                                                                                                                                     | Proje Süreçleri |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|---------|
|                                                                                                                                             | Tasarım         |                                 |             |                          |         | Yapım           |             |                |                          |         |
|                                                                                                                                             | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik Şartname | İş Programı | Koordinasyon ve İletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve İletişim | İşletme |
| <b>MS Project - (Microsoft)</b>                                                                                                             |                 |                                 |             | ✓                        |         |                 | ✓           |                |                          |         |
| İş programlama, kaynak yönetimi gibi özelliklere sahip olan proje yönetim yazılımıdır (Microsoft, 2014).                                    |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>e-SPECS - (InterSpec)</b>                                                                                                                |                 |                                 | ✓           |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Model yazılımlarıyla entegre olarak şartnamelerin hazırlanabildiği yazılımdır (InterSpec, 2014).                                            |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>BSD Speclink-E - (BSD)</b>                                                                                                               |                 |                                 | ✓           |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Bütün proje tiplerine ait şartnamelerin hazırlanabilmesi için tasarlanmış yazılımdır (BSD, 2014).                                           |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>OneTools - (OneTools)</b>                                                                                                                |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          | ✓       |
| Tesis yönetimi için gerekli olan işlevleri gerçekleştirebilen tesis yönetim yazılımıdır.                                                    |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>ArchiFM - (Vintocon)</b>                                                                                                                 |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          | ✓       |
| Tesis yönetimi yazılımıdır (Archifm.net, 2014).                                                                                             |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>Maxon Cinema 4D - (Maxon)</b>                                                                                                            | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Yüksek kalitede üç boyutlu görselleştirme ve animasyon yazılımıdır (Maxon, 2014).                                                           |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>U.S. Cost Success Estimator (RIB U.S. Cost)</b>                                                                                          |                 | ✓                               |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |         |
| Projenin ön tasarım aşamasından son tasarım aşamasına kadar her aşamasında kullanılabilen maliyet tahmin yazılımıdır (RIB U.S. Cost, 2014). |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>Exactal's CostX (Exactal)</b>                                                                                                            |                 | ✓                               |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |         |
| İki ya da üç boyutlu proje dokümanlarından metraj çıkarabilen ve maliyet tahmini yapabilen tahmin yazılımıdır.                              |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>ONUMA Planning System - (Onuma)</b>                                                                                                      | ✓               |                                 |             |                          | ✓       |                 |             |                |                          |         |
| Web tabanlı BIM planlama, programlama ve proje sistemidir (Onuma, 2013).                                                                    |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>Legion Studio - (Legion)</b>                                                                                                             | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          | ✓       |
| Belirlenmiş alan içerisindeki yayaların hareketlerinin analizini ve simülasyonunu için geliştirilmiş bir yazılımdır (Legion, 2014).         |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>ViCrowd eRena - (Erena)</b>                                                                                                              | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          | ✓       |
| Kalabalık grupların davranış ve hareketlerinin simülasyonu için kullanılan yazılımdır (Erena, 2014).                                        |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>SketchUp - (Trimble)</b>                                                                                                                 | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Üç boyutlu tasarım ve görselleştirme yazılımıdır (Trimble, 2014).                                                                           |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| <b>Rhino - (McNeel)</b>                                                                                                                     | ✓               |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |
| Üç boyutlu modelleme, görselleştirme ve sunum yazılımıdır (Robert McNeel & Associates, 2014)                                                |                 |                                 |             |                          |         |                 |             |                |                          |         |

**Çizelge 2.4 (devamı):** Diğer firmaların geliştirmiş olduğu BIM yazılımları, işlevleri ve kullanıldığı süreçler.

| Yazılım                                                                                                      | Proje Süreçleri |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|----------|-------------|--------------------------|---------|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|
|                                                                                                              | Tasarım         |                        |          |             |                          | Yapım   |                 |             |                |                          |
|                                                                                                              | Tasarım         | Maliyet Tahmini Teknik | Sartname | İş Programı | Koordinasyon ve iletişim | Tasarım | Maliyet Tahmini | İş Programı | Yapım Kontrolü | Koordinasyon ve iletişim |
| formZ - (AutoDesSys)                                                                                         | ✓               |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Ön tasarım ve taslak aşaması için kullanılabilen üç boyutlu tasarım yazılımıdır (AutoDesSys, 2014).          |                 |                        |          |             |                          |         |                 |             |                |                          |
| Vico Takeoff Manager- (Vico Software)                                                                        |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |
| BIM araçları tarafından geliştirilmiş olan Modellerden metraj çıkarabilen yazılımdır (Vico Software, 2014a). |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |
| Vico Cost Planner - (Vico Software)                                                                          |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |
| Maliyet tahmin yazılımıdır (Vico Software, 2014b).                                                           |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |
| CostOS - (Nomitech)                                                                                          |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |
| Modelden elde edilen metraj ile maliyet tahmini yapılan yazılımdır (Nomitech, 2014).                         |                 | ✓                      |          |             |                          |         | ✓               |             |                |                          |

Bütün bu yazılımlara baktığımızda bunların 76'sı yani yaklaşık %90'ının tasarım sürecinde, 50'sinin yani yaklaşık %59'unun yapım sürecinde, 16'ünün yani yaklaşık %19'unun tesis yönetimi sürecinde yer alan işlevlerin gerçekleştirilebilmesi için kullanıldığını görmekteyiz. Yazılımların tasarım sürecindeki oranının yüksek olması, BIM'in mevcut gelişim ve kullanım düzeyinin bu süreçte diğerlerine oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bütün bu firmaların sunmuş olduğu yazılımlara baktığımızda, sektör içerisinde birçok BIM yazılımının bulunduğunu görülmektedir. Mevcut BIM yazılımları arasından hangisinin kullanılacağı belirlenirken bazı kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu kriterler sadelik, fonksiyonellik, karşılıklı çalışabilirlik/işbirliği, uzun ömürlü olması, eğitim desteği sunması ve çevresel faktörlerdir (Barnies ve Davies, 2014). Ayrıca başka bir yazılıma gereksinim olmadan yapım dokümanlarının üretilmesini tam olarak desteklemesi, nesne kütüphanelerine sahip olması, çoklu takım üyelerinin aynı proje üzerinde çalışmasına olanak sağlaması, tüm disiplinlere hitap etmesi ve çeşitli analizler ve proje yönetimi uygulamalarıyla bütünleşmesi olması da bu kriterler arasında yer almaktadır (Azhar ve diğ., 2011).



### 2.3.2.2 Donanımlar

Mimarlık, mühendislik ve yapım firmalarının BIM donanım stratejileri ve seçimleri için karar verilmesi süreci, yazılım ve BIM platformu bilindiği takdirde seçeneklerin kolayca elenmesiyle önemli ölçüde azalmasıyla başlamaktadır. Donanım yeterliliği, BIM Modelinin kullanımının sürdürülmesiyle direkt olarak ilişkilidir. Son iki yıldır iş istasyonlarını yükselten birçok firma, BIM kullanımları için iki ile dört tip arasında donanım çeşidi belirtmişlerdir. Bunlar genel olarak, standart masaüstü (yalnızca modelleme), gelişmiş masaüstü (modelleme ve render) ve standart ve gelişmiş istasyonları içeren mobil istasyonlar şeklinde tanımlanabilir (Dell+BD+C, 2011).

Bu iş istasyonları içerisinde yer alan hafıza ve ana işlemci birimi, çift çekirdekli işlemci, ram, sabit disk, video ve grafik kartları gibi donanımların özellikleri firmaların BIM stratejilerine ve kullanım amaçlarına göre özel olarak değişmektedir. Örneğin tecrübeli BIM kullanıcıları tarafından çoklu işlemci, modelleme ve render kullanımlarına göre 4 ile 12 gb arasında ram ve CAD ya da BIM uygulamaları için tasarlanmış olan ve ram yerine kendi hafızasını kullanan kullanılan video ya da grafik kartlarının kullanılması önerilmektedir (Dell+BD+C, 2011).

Firmalar içerisinde uygulanması planlanan BIM seviyesine ve seçilmiş olan yazılımlara bağlı olarak kullanılacak olan donanımlar değişkenlik göstermekte ve teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli gelişen ve değişen yazılımların donanım gereksinimlerinin de buna bağlı olarak sürekli değiştiği göz önünde bulundurulmalıdır.

### 2.3.3 Hukuki gereksinimler

BIM'in proje sürecine dâhil edilmesi, geleneksel süreci farklılaştırmakta ve önceki bölümlerde bahsedilen gereksinimlerin yanında bazı hukuki gereksinimleri de ortaya çıkarmaktadır.

BIM verisinin mülkiyet açısından nasıl korunacağını belirlenmesi, Mal Sahibi ve Mimar-Mühendis dışındaki bir proje üyesinin BIM Modeline katkıda bulunmasıyla ortaya çıkacak olan lisans sorunu ve modele eklenecek olan verileri kimin kontrol edeceğinin ve herhangi bir yanlışlıkta kimin sorumlu olacağını belirlenmesi gibi bazı hukuki sorunları ortaya çıkarmaktadır. BIM sürecinin standartlaştırılması ve uygulanması için kılavuz dokümanlarının tanımlanmasına ihtiyaç vardır (Azhar ve diğ., 2012, 2011). Sorumlulukların belirlenmesini ve tasarım incelenmesini ve

değerlendirilmesini yürütmek için standart süreçler ve üzerinde anlaşmaya varılmış protokoller gerekmektedir (Gu ve London, 2010).

Başarılı bir BIM için üzerinde anlaşmaya varılmış standartların ya da kuralların ve bu standartları ya da kuralları içeren ve bunların uygulanmasını kapsayan bir BIM Protokolünün olması gerekmektedir. Bu BIM Protokolü sözleşmesel ilişkileri yeniden yapılandırmayı ya da proje anlaşmasının tamamının yerine geçmeyi değil, BIM uygulamasına ilişkin olarak yapı sözleşmesi ve çeşitli danışmanların hizmetleri için bir ek haline gelmeyi amaçlamalıdır (Barnes ve Davies, 2014).

BIM süreci ile ortaya çıkan hukuki sorunların çözümü ve başarılı bir BIM sürecinin gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan en önemli gereksinimin bu protokoller olduğu söylenebilmektedir.

AIA ve AGC gibi profesyonel gruplar tarafından BIM teknolojisinin kullanımıyla ortaya çıkan sorunları giderebilmek için bazı protokoller geliştirmişlerdir (Eastman ve diğ., 2011). AIA tarafından Digital Practice Documents, AGC tarafından ConsensusDOCS 301 BIM Addendum ve Construction Industry Council (CIC) tarafından ise Building Information Model (BIM) Protocol geliştirilmiştir.

#### **2.3.4 BIM protokolü**

2.3.3 Hukuki gereksinimler bölümünde de belirtildiği üzere, BIM gereksinimlerini karşılayabilmek için ve başarılı bir BIM uygulaması gerçekleştirebilmek için BIM protokollerinin oluşturulması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. BIM'in yapısı ve unsurları bölümünde ele alınan konuları temel alarak, BIM Protokollerinin sahip olmaları gereken özellikler ve içerik ile ilgili gereklilikler şu şekilde sıralanabilmektedir;

- BIM'in farklı tanımlarının ve farklı kullanım biçimlerine sahip olması (Bkz. Tezin 2.1.1 ve 2.1.2 bölümleri) nedeniyle BIM protokolü, katılımcılar arasında ortak bir BIM anlayışının oluşturulmasını sağlamalı,
- BIM kullanımı farklı olgunluk seviyelerinde gerçekleştirilebildiği için (Bkz. Tezin 2.1.3 bölümü), BIM protokolünün bütün bu seviyeler için uygulanabilir olması,
- BIM kullanımının çeşitlerine ve kullanım seviyelerine göre bazen bütün proje katılımcıları süreç içerisinde yer almayabilmektedir. Bu durumu belirtebilmek için BIM protokollerinde, BIM uygulaması içerisinde yer alacak katılımcılar belirtilmeli,

- BIM kullanımının çeşitlerine ve kullanım seviyelerine göre BIM'in kullanılacağı eylemler değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenden dolayı BIM protokolleri hangi eylemlerin BIM süreci içerisinde gerçekleştirileceğini içermeli,
- BIM'in bütün kapasitesinin kullanılamaması söz konusu olduğu halde, BIM uygulaması bütün proje teslim sistemleri içerisinde gerçekleştirilebilmesi nedeniyle (Bkz. Tezin 2.1.4 bölümü), BIM protokolleri bütün proje teslim sistemleri için uygulanabilir olmalı,
- BIM uygulamasının yeni bir anlayış ya da sistem olmasından dolayı, uygulanması sırasında karşılaşılan zorluklara ilişkin çözümleri yani teknik ve eğitim gereksinimleri gibi BIM gereksinimlerini içermeli,
- BIM uygulamasının sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için katılımcıların BIM sürecine hâkim olan personellere sahip olması gerekmektedir. Katılımcıların bu tip personellere sahip olmaması durumunda BIM protokolü, mevcut personellerin bu sürece aşina olmalarını sağlayacak olan eğitim gereksinimlerini ya da diğer yöntemleri içermeli,
- BIM uygulaması ile ilgili olarak geleneksel sistemden farklı olarak ortaya çıkan yeni rol ve görevleri ve bu rollerin sorumluluklarını içermeli,
- BIM sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan ve proje katılımcıları tarafından kullanılacak olan yazılım ve donanımların belirtilmesini sağlamalı,
- Bu yeni süreç ile ortaya çıkabilecek olan mülkiyet ya da lisans sorunlarına ilişkin çözümleri içermeli,
- BIM süreci içerisinde oluşturulacak olan BIM modelinin içeriğinin belirlenmesini sağlamalı,
- BIM modelinde ya da BIM sürecinde yer alacak olan bütün veri türlerinin belirlenmesini sağlamalı,
- Modeli oluşturulacak olan bütün bileşenlerin, gelişim seviyeleri ve kullanımlarıyla beraber tanımlanmasını sağlamalıdır.

BIM'in yapısı ve unsurları bölümünde yer alan konulara dayanarak sıralanan BIM protokollerinin özellik ve içeriklerine ayrıca şunları da ekleyebiliriz;

- Dâhil olacağını sözleşme ile ilişkisinin nasıl olacağını tanımlamalı,
- Protokol içerisinde yer alan terimlerin tanımlarını içermeli,
- Süreç içerisinde kullanılacak olan standartları belirtmeli,

- Veri alışverişi yöntemlerini içermeli,
- Verilerin güvenliği, saklanması ve arşivlenmesine ilişkin kuralları içermelidir (Barnes ve Davies, 2014).

AIA, AGC ve CIC kurumları tarafından geliştirilmiş olan BIM protokollerinin yukarıda sıralanmış olan özelliklere ya da içeriklere sahip olup olmadığı ve etkin bir uygulaması için ne düzeyde gelişmiş olduğu Tezin dördüncü bölümünde değerlendirilecektir.

## **2.4 BIM'in Mimarlık, Mühendislik ve Yapım Sektörü İçerisindeki Mevcut Durumu ve Geleceği**

BIM'in Mimarlık, Mühendislik ve Yapım sektöründeki kullanımı artmakta ve gelişmektedir. Bu kullanım ve gelişim oranının büyüklüğü ülkelerin BIM'e bakış açısı ve geliştirilmesi için sağladıkları katkılarla ya da politikalarla büyük oranda ilişkilidir. Tezin bu bölümünde BIM'in sektör içerisindeki mevcut durumunun ne olduğu, ülkeler arasındaki BIM kullanım oranının ne düzeyde olduğu, kullanımı desteklemek için kamu ve özel hatta eğitim kurumlarının ne gibi çalışmalar yürüttüğü ve gelecekte BIM ile ilgili neler olabileceği hakkında bilgiler verilecektir.

Eastman ve diğerleri (2011) tarafından BIM'in mevcut durumu şu şekilde özetlenmiştir,

- BIM taleplerinin artmasıyla, bu yeni süreç için sözleşme dokümanları ve kılavuzlar dokümanlar geliştirilmiştir,
- Yeni niteliklere sahip personel talepleri ortaya çıkmıştır,
- BIM Manager gibi yeni yönetim rolleri gelişmiştir,
- Sektör içerisindeki BIM adaptasyonu oldukça artmıştır,
- Yapımdaki başarılı uygulamalar, yüklenicilerin süreçlerini yeniden yapılandırmasına yol açmıştır,
- Bütünleştirilmiş uygulamanın yararları geniş bir inceleme alınmış ve belirli projelerde IPD kullanımı tecrübesi artmıştır,
- BIM Süreci ile ilgili Standart oluşturma çalışmaları sürmektedir,
- Yeşil Bina talepleri artmaktadır,
- BIM ilişkili dört boyutlu CAD araçlarının yapım ofislerinde kullanımı artmaktadır,
- BIM yazılım satıcıları kapsamlarını genişletmekte ve disiplinlere özel araçlar sunmaktadır,
- Bina ürün üreticileri tarafından üç boyutlu kataloglar sunulmaktadır,

- Yapım yönetimi işlevleri BIM araçlarıyla bütünleştirilmiştir,
- BIM fabrikasyon yapımına yardımcı olmaktadır. (S. 354-361)

#### **2.4.1 Ülkeler Arasındaki BIM Yaklaşımı**

Mimarlık ve mühendislik uygulamalarında değişimi yönetmek zorluk oluşturabilmektedir. Bu nedenle BIM ile ortaya çıkan dönüşüm sürecinde uygulamacıların onlara rehberlik etmeleri için profesyonellere ve Singapur, İskandinavya ülkeleri ve son olarak Amerika'da görüldüğü gibi endüstriye rehberlik etmesi için devletin bazı yöntemler araştırması gerekmektedir (Aranda-Mena ve diğ, 2009).

BIM'in birçok ülkede binaların konsept, tasarım, yapım ve işletme süreçlerinde uygulanmasıyla birlikte kullanım alanı genişlemektedir. Kuzey Amerika'nın haricinde Finlandiya, Norveç ve Danimarka BIM teknolojisinin erken uygulayıcıları olarak kabul edilmekte, Asya'da kamu sektöründe ise Singapur öncü uygulayıcılardan olurken Hong Kong'da hem özel hem de kamu sektöründe uygulanmaktadır (Wong ve diğ, 2010).

##### **2.4.1.1 Kamu ya da özel kuruluşların gerçekleştirdiği düzenlemeler ya da girişimler**

BIM Standartlarının ya da Kılavuzlarının genellikle ülkenin BIM politikasının bir bileşeni ya da sonucu olması beklenmektedir. Politika genellikle kamu sektörüne atfedilirken BIM Standartlarının ya da kılavuzlarının gelişimi özel sektör tarafından başlatılabilmektedir. Bir ülkede etkili bir BIM uygulaması için hem kamu hem de özel sektörün işbirliği içinde uygun bir ortam oluşturmalıdır (Wong ve diğ, 2010).

Amerika'da Associated General Contractors (AGC), National Institute for Building Sciences (NIBS) ve General Service Administration (GSA) gibi önemli kamu kurumların Mimarlık, Mühendislik, Yapım ve Tesis Yönetimi sektörlerinin BIM adaptasyonu için çalışan özel grupları bulunmakta ve BIM'in oluşturulması, kullanımı ve adaptasyonu için kılavuz dokümanlar geliştirmektedirler (Leite ve diğ, 2011). GSA tarafından 2003 yılında National 3D-4D BIM Programı oluşturulmuştur (Khemlani, 2012). GSA tarafından rehber dokümanlar yayınlanmış ve 2007 ve sonrasında itibaren tasarım fonu alan bütün büyük projelerin BIM kullanımını gerekli kılmıştır (Leite ve diğ, 2011). AGC tarafından 2006'da Contractor's Guide to BIM

dokümanının ilk sürümü, 2009 yılında ise ikinci sürümü yayınlanmıştır. NIBS tarafından ise 2007 yılında birinci versiyonu, 2008 yılında ise ikinci versiyonu olan National Building Modelling Information Modelling Standarts dokümanı yayınlanmıştır. Ayrıca 2011 yılında US Army Corps of Engineers tarafından BIM yol haritası yayınlanmıştır (Bolpagni, 2013).

Amerika’da son birkaç yılda hızlı bir BIM adaptasyonu olmuştur ve gelecek yıllarda da artması beklenmektedir. 2009 yılında sektörün yarısının BIM ve BIM ile ilgili araçlar kullanmakta ve kullanıcılarının %42’si uzman ya da gelişmiş seviyede olduğu belirlenmiştir (Wong ve diğ, 2010).

2011 yılında İngiltere’de National Building Specifications (NBS) tarafından kişilerin BIM kullanımına yönelik tutumlarını belirlemek için yapılan anket sonucunda BIM uygulamasına geçen kullanıcıların %90’ının endüstrideki mevcut uygulamalar için önemli bir değişikliğe ihtiyaç duyduğunu ortaya koyulmuştur (Porwal ve Hewage, 2013). İngiltere’de 2011 Mayıs ayında Kabine İşleri tarafından Devlet Yapım Stratejisi yayınladı ve ilk defa devlet tarafından 2016 itibarıyla bütün merkezi devlet bölümlerinin projelerinde en azından ikinci seviye de BIM uygulanması zorunluluğu getirmiş ve birkaç BIM standardı yayınlamıştır (Bolpagni, 2013).

The Institute for BIM in Canada (IBC) tarafından yapılan anket çalışması sonucunda mevcut uygulama arasındaki boşlukları ortaya çıkarmış ve üretimin hala sürece göre değil işlemlere ve projelere göre organize edildiği tanımlamıştır. Ayrıca kamu müşterilerinin BIM teknolojisinin katacağı değerini tanımamasından bahsedilmiştir (Porwal ve Hewage, 2013).

2002’de Danimarka hükümetinin ilan etmiş olduğu gelişim paketinin konularından biri Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin kullanımıyla inşaat sektörünün üretim ve rekabetçiliğinin artırılmasıydı. Bunun sonucunda 1 Ocak 2007 itibarıyla kamu projelerinin Bilgi ve İletişim Teknolojilerine ilişkin birkaç talebi yerine getirmesini zorunlu yeni kılan hükümet zorunluluklarıyla dijital yapım ortaya çıkmıştır (Jensen ve Johannesson, 2013). 2011 Haziran ayında Danimarka parlamentosu tarafından miktarın üzerinde maliyete sahip olan bütün yerel ve bölgesel projeler için BIM’in zorunlu olması kararı alınmıştır (Bolpagni, 2013).

Danimarka’daki BIM gelişiminde rol oynayan kurumlar The Palace and Properties Agency, Property Agency and Defence Construction Service, Gentofte Municipality,

KLP Ejendomme ve Danish Enterprise and Construction Authority olarak sıralanmaktadır (Wong ve diğ, 2010).

The Building Construction Authority (BCA) of Singapore Model tabanlı tasarım geliştiren ilk kamu kuruluşlarından biridir, 1990'larda CORENET isimli proje üzerinde çalışmaktaydı. Bu projenin daha sonra gelişiminin sürdürülmemesine rağmen BCA, 2015 itibariyle yapım endüstrisini BIM adaptasyonuna sürüklemek için yol haritası oluşturmuştur. Bu yol haritası ayrıca Singapur üniversitelerinin BIM dersleri, seminerleri ve atölye çalışmaları sunmalarını desteklemektedir (Khemlani, 2012). BCA tarafından 2012 Mayıs ayında BIM projelerindeki farklı aşamalardaki katılımcıların sorumluluklarını ve görevlerini özetleyen Singapore BIM Guide dokümanının birinci, 2013 Ağustos ayında ise bu dokümanın ikinci versiyonu yayınlanmıştır (Bolpagni, 2013). Singapur'da BIM gelişiminde yer alan kamu kurumları BCA ve Construction and Real Estate Network (CORENET) olurken özel sektör kurumları arasında ise Arup ve WSP yer almaktadır (Wong ve diğ, 2010).

Finlandiya'nın BIM tabanlı süreçlerle ilgili uzun bir tecrübesi bulunmakta, 2007 yılında Eyaletin sahip olduğu bir girişim tarafından gereklilikler ve standartlar yayınlanmıştır (Bolpagni, 2013). 2007'de gerçekleştirilen anket çalışması sonucu Finlandiya'daki BIM ve IFC uyumlu BIM uygulamalarının kullanımının %33 olduğu tahmin edilmiştir. Ayrıca aynı anket çalışmasında Mimarlık firmalarının %93'ünün projelerinin bazı parçaları için BIM kullanırken Mühendislik firmalarında bu oranın yaklaşık %60 olduğu görülmüştür (Wong ve diğ, 2010). 2007 yılında yayınlanmış olan gereklilikler dokümanı 2012 yılında güncellenerek, National Common BIM requirements (COBIM) ile değiştirilmiştir (Bolpagni, 2013). Finlandiya'daki BIM gelişimine katkıda bulunan özel ve kamu kurumları Senate Properties, Skanska Oy, Tekes, Association of Finnish Contractors ve VTT'dir (Wong ve diğ, 2010).

Norveç resmi kuruluşu Statsbygg bütün yeni bina projelerinde BIM'i kullanmakta ve 2011 yılında Statsbygg Building Information Modelling Manual adındaki kılavuz dokümanının yeni sürümünü yayınlamıştır (Bolpagni, 2013). Norveç'teki Mimarlık, Mühendislik, Yapım ve Tesis Yönetimi şirketlerinin yaklaşık %22'sinin BIM ya da IFC uyumlu BIM uygulamaktadır ve bazı kamu ve özel sektör kurumları tarafından kullanımı desteklenmektedir. Bu kurumlar Statsbygg, Norwegian Homebuilders Association, Selvaag-Bulethink, SINTEF ve Norwegian International Alliance for Interoperability (IAI) Forum'dur (Wong ve diğ, 2010).

Hollanda İçişleri Bakanlığı ve Kraliyet İlişkileri Rijksgebouwendienst tarafından 2012’de BIM adaptasyonunu zorunlu kılmış ve BIM Standardının birinci versiyonunu, 2013’de ise ikinci versiyonunu yayınlamıştır (Bolpagni, 2013).

Güney Kore Kamu İhale Hizmeti tarafında 2016 itibariyle bütçesi belirli bir miktarın üzerinde olan bütün kamu projeleri için BIM zorunluluğu getirmiş ve 2010 yılında Mimari BIM rehber dokümanını yayınlamıştır (Bolpagni, 2013).

Hong Kong İmar İskân Müdürlüğü 2006 yılından itibaren pilot BIM projeleri gerçekleştirmiş ayrıca birçok BIM dokümanı geliştirmiştir ve 2014 itibariyle bütün yeni projeler için talep etmektedir (Bolpagni, 2013). The Works Branch of the Development Bureau (DevB), The Housing Authority of the Government of the HKSAR ve The Hong Kong Institute of Building Information Modeling kuruluşları Hong Kong’daki BIM gelişimine katkıda bulunan kuruluşlardır (Wong ve diğ, 2010).

Avustralya’da ise 2009 yılında Cooperative Research Centre for Construction Innovation tarafından National BIM Guidelines ile ilişkili iki adet BIM dokümanı yayınlanmıştır. Ayrıca Savunma Bakanlığı tarafından BIM’in yararları tanınmış ve kendi bünyesindeki projelerde BIM ve IPD’yi kullanacakları belirtilmiştir. Yeni Zelanda tarafından ise, 2012 yılında yapım sektöründeki temel şartname sistemi kuruluşu tarafından BIM gelişimini tanımlamak için Ulusal BIM Anketi yayınlanmıştır (Bolpagni, 2013).

İzlanda’da 2008 yılında Icelandic Construction Technology Platform tarafından BIM-Iceland projesi oluşturulmuştur fakat henüz Kamu Yapım Sözleşme Kuruluşu tarafından BIM zorunluluğu getirilmemiştir (Bolpagni, 2013).

Estonya, İsveç ve Almanya’da ise BIM ile ilgili bazı çalışmalar yapılmakta ve dokümanlar geliştirilmekteyken Çin, İrlanda, Tayvan ve İtalya’da ise BIM ile ilgili hiçbir zorunluluk bulunmamaktadır (Bolpagni, 2013). Türkiye’de de durumun farklı olmadığı BIM ile ilgili değil zorunluluk, kamu kuruluşları tarafından yapılmış herhangi bir çalışma bile olmadığı görülmektedir.

McGraw-Hill tarafından yürütülmüş olan anket çalışması sonucunda BIM kullanımının düşük olgunlukta olmasının ana nedeni olarak müşteriler tarafından BIM’in yeterince talep edilmemesi gösterilmiştir (Porwal ve Hewage, 2013).



#### **2.4.1.2 Eğitim kurumlarının gerçekleştirdiği düzenlemeler ya da girişimler**

BIM'in Yapım sektöründeki profesyonellerin özellikle Mimar ve Mühendislerin performansında değişikliğe yol açacağı kabul edilmektedir. Tasarımcıların akademik kurumlarında eğitim alırken BIM konseptini anlaması ve farkında olması çok önemlidir (Barison ve Santos, 2010b). Ayrıca BIM gelişiminin yetişmiş eleman oranına bağlı olduğu göz önüne alındığında eğitim kurumlarının BIM'e gösterdiği ilginin ülke içerisindeki BIM gelişimine de katkıda bulunacağı söylenebilir.

Amerika'da Georgia Teknoloji Enstitüsü 90'lı yıllardan itibaren BIM ile ilgili araştırma yapmaktayken birçok okul 2003'den itibaren BIM'i tanıtmaya başlamıştır. 2004'de California State Üniversitesi, 2005'de Tongji Üniversitesi, Nevada Üniversitesi ve Montana State Üniversitesi 2006'da Penn State Üniversitesi ve Utah Üniversitesi ilgili eğitimleri başlamıştır (Barison ve Santos, 2010b).

Danimarka'da BIM araştırma ve geliştirme alanında Aalborg University IFC Model sunucuları ve üç boyutlu modellemeye, Aarhus School of Architecture ürün biçimlendirmesi, tasarım amacı ve IFC model sunucularına ve Technical University of Denmark ise birlikte çalışabilirliğe odaklanmaktadır. Finlandiya'da ise Helsinki University of Technology, Tampere University of Technology BIM hakkında araştırma ve geliştirme çalışmaları yürütmektedir (Wong ve diğ, 2010).

2009 yılında Associate Schools of Construction (ASC) üyesi kırkbeş adet eğitim kurumunda yapılan anket sonucunda yalnızca bir kurumun bağımsız BIM dersi verdiğini, diğer kurumlarda ise başka derslerin ders programlarının %9'unda yer aldığı sonucu elde edilmiştir. Ayrıca 2011 yılında yapılan başka bir araştırma sonucunda ise mühendislik programlarının %36'sının, yapım yönetimi programlarının ise %57'sinin hala BIM dersleri sunmadıklarını ortaya koymuştur (Lee ve diğerlerinde atıfta bulunduğu gibi, 2013).

İstanbul Teknik Üniversitesinde ise İnşaat Projeleri Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans Programı kapsamında Bina Enformasyon Modellemesi ve Mimari Tasarımda Bilişim Doktora Programı kapsamında Yapı Bilgi Modelleme isimli dersleri yürütülmektedir. Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi tarafından Autodesk firması ile beraber, üç modülden oluşan BIM Uzmanlık sertifika programı başlatılmaktadır.

#### 2.4.2 BIM'in Gelecekteki Durumu

CAD teknolojisinin yapım dokümanlarının hazırlanmasında kalem ya da kalemlerin yerini aldığı gibi BIM'de CAD'in yerini alacaktır. Endüstrinin, eski süreçlerin bugünün dünyasında çalışmadığı ve gelecekte de çalışmayacağını farkına varması gerekmektedir. Belirli bir seviyede çalışıyor olsalar dahi, eskiden oldukları kadar verimli olmayacaktır (Hardin, 2009).

Gelecekte, üç boyutlu tasarım modellerine zaman ekleyen dört boyutlu model, malzemelerin miktarını ve maliyetini ekleyen beş boyutlu modele ek olarak planlama, tasarım, yapım ve tesis işletme sürecini gerçekleştiren birçok başka boyutlar eklenecektir (Barnes ve Davies, 2014).

Şirketlerin BIM teknolojisini ve standartlarını uygulaması ve bu süreç için gerekli olan özel koordinasyonu için yeni rollere ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaç sonucunda birçok BIM uzman rolleri ortaya çıkmıştır. Bunların başında BIM sürecinin sürdürülmesini ve uygulanmasını yönetecek olan BIM Müdürü gelmektedir (Barison ve Santos, 2010a).

BIM'in potansiyelinin tamamını gerçekleştirmek için Mimar, Mühendis ve Yapımcının yeni rollerinin dışında endüstri, yeni takım ve sorumlulukların oluşturulması gerektiğini kabul etmeye başlamıştır. Tecrübeli Mal Sahipleri ihtiyaçlarını karşılamak için BIM'i kullanan tasarım ve yapım şirketleri aramaktadır. Mal Sahipleri niteliklere göre iş vereceği için, ekip seçimi bu şirketlerin başarısı için önemli olacaktır (Hardin, 2009).

Bütün bunların ışığında gelecekte BIM'in varlığını geliştirerek sürdüreceğini ve rekabetin yüksek olduğu Mimarlık, Mühendislik ve Yapım sektöründeki kuruluşların gelecekteki varlıklarını sürdürebilmeleri için gelişimlere açık olmaları ve yeni süreçlere adapte olmaları gerektiği söylenebilir.

### **3. BIM PROTOKOLLERİNİN İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI**

BIM uygulanmasında ihtiyaç duyulan gereksinimler bölümü içerisinde yer alan hukuki gereksinimler kısmında da detaylı bir şekilde açıklandığı üzere, BIM sürecinin geleneksel süreci farklılaştırması neticesinde BIM sürecinin gerçekleştirilmesine, proje katılımcılarının sorumluluklarının belirlenmesine ya da ortaya çıkan ürünün mülkiyeti gibi konulara ilişkin bazı endişeler ortaya çıkmıştır. Bu endişelerin giderilmesi, tarafların BIM uygulanması ile ilgili beklentilerinin ortaya koyulması ve BIM'den istenilen verimin ve sonuçların elde edilebilmesi adına proje katılımcıları arasında yapılacak bazı protokollerin oluşturulması ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Bu ihtiyaca cevap verilebilmesi için daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi Amerika'da American Institute of Architects (AIA) tarafından AIA Dijital Uygulama Dokümanları (E203-2013 Yapı Enformasyon Modellemesi ve Dijital Veri Eki, G201-2013 Proje Dijital Veri Protokol Formu, G202-2013 Proje Yapı Enformasyon Modelleme Protokol Formu ve C106-2013 Dijital Veri Lisans Anlaşması), Associated General Contractor of America(AGC) tarafından ConsensusDOCS 301 BIM Ek'i ve İngiltere'de Construction Industry Council (CIC) tarafından Building Information Modelling (BIM) Protokol'ü geliştirilmiştir. Bütün bu kurumların geliştirmiş olduğu dokümanların bazılarının Türkçe karşılığının protokol bazılarının da ek olduğu görülmektedir. Tezin işleyişi içerisinde bütün bu dokümanların her birinden protokol olarak bahsedilecektir.

AIA Dijital veri kullanımıyla ilgili olarak 2007'de E201-2007 Dijital Veri Protokol Eki (Digital Data Protocol Exhibit) ve C106-2007 Dijital Veri Lisans Anlaşması (Digital Data Licensing Agreement) yayınlamış olduğu ilk dokümanlardır. BIM kullanımının artmasıyla beraber AIA, 2008 yılında E202-2008 Yapı Enformasyon Modellemesi Protokolü'nü (Building Information Modelling Protocol Exhibit) yayınlamıştır. AIA genel olarak sözleşme dokümanlarını on yıllık bir süreçte revize etmektedir fakat dijital uygulamaların inşaat sektöründeki kullanım hızı göz önünde bulundurulduğunda bu sürecin uzun olduğuna karar vererek, 2011 yılında dijital

uygulama, BIM adaptasyonunu ve gelişimini tekrar değerlendirme altına almıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda 2013 yılında AIA tarafından, E202-2008 dokümanı revize edilerek yerine E203-2013 Yapı Enformasyon Modellemesi ve Dijital Veri Eki (Building Information Modeling and Digital Data Exhibit), C106-2007 dokümanı revize edilerek yerine C106-2013 Dijital Veri Lisans Anlaşması (Digital Data Licensing Agreement) dokümanı getirilmiştir. Proje başlangıcında BIM kullanımına ilişkin bütün kararlarının net olarak oluşturulmamış olması ihtimali nedeniyle BIM ve dijital veri kullanım detaylarının da Proje başlangıcında kesin olarak belirlenmesi zorlaşmaktadır. Bu nedenle E203-2008 dokümanından farklı olarak, BIM ve dijital veri kullanımının detayına ilişkin maddeler E203-2013'den Protokolünden çıkarılarak, bu detaylı maddelerin yer aldığı bağımsız protokoller yani G201-2013 ve G202-2013 protokolleri tasarlanmıştır (AIA,2013d).

E203-2013 Yapı Enformasyon Modellemesi ve Dijital Veri Eki'nin ana amacı katılımcıların dijital veri ve BIM'in kullanılmasına ilişkin beklentilerin oluşturmasını ve projedeki BIM ve dijital verinin gelişimi, kullanımı ve alışverişine ilişkin detaylı prosedürlerin ve protokollerin geliştirilmesi için gereken süreci sağlamaktır (AIA, 2014). E203-2013 dokümanı Genel Hükümler, Dijital Verinin İletimi ve Mülkiyeti, Dijital Veri Kuralları, Yapı Enformasyon Modellemesi Kuralları ve Özel Şart ve Koşullar olmak üzere beş ana başlık içermektedir.

G201-2013 Proje Dijital Veri Protokol Form'unun amacı ise elektronik proje iletişimleri, teslimatlar, sözleşme dokümanları ve ödeme dokümanları gibi projedeki dijital verilerin gönderim, kullanım ve alışverişinin yönetimine ilişkin kural ve prosedürlerin belgelenmesidir (AIA, 2014). G201-2013 dokümanı Dijital Verinin Kullanımına İlişkin Genel Hükümler, Dijital Veri Yönetimi Kuralları ve Dijital Verinin Kullanımı ve İletimi başlıklarını içermektedir.

G202-2013 Proje Yapı Enformasyon Modelleme Protokol Formu'nun amacı ise model içeriklerinin her bir LOD (Gelişim Seviyesi) için sahip olması gereken özellikleri ve kullanım düzeylerini içerecek şekilde BIM modellerinin gelişimi, iletimi, kullanımı ve alışverişinin yönetimine ilişkin kural ve prosedürlerin belgelenmesidir (AIA, 2014). G202-2013 dokümanı ise Genel Hükümler, Gelişim Seviyesi ve Model Elementleri başlıklarını içermektedir.

E203-2013 protokolü proje ilerleyişiyle beraber değişmeyecek olan genel hükümleri içermektedir. E203-2013 Protokolü Dijital veri ve BIM ile ilgili gerekliliklerin temelini oluşturmaktadır. E203-2013 dokümanı katılımcıların dijital veri ve BIM kullanımı ve gelişimi için daha detaylı protokollerin oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda G201-2013 Protokolü dijital veri için kullanılırken G202-2013 Protokolü de BIM için kullanılmaktadır. G201-2013 ve G202-2013 protokollerinin katılımcıların sözleşmelerine dâhil edilmeleri zorunluluğu bulunmamakta fakat E203-2013 Protokolünün hükümleri bu protokollere (G201-2013 ve G202-2013) uyulmasını, gerektiği durumlarda revize edilmesini ve güncellenmesini gerekli kılmaktadır. G201-2013 ve G202-2013 protokollerinin sözleşmenin bir parçası olmaması nedeniyle, gereksinim halinde resmi bir sözleşme düzeltmesine gerek kalmadan revize edilebilirler (AIA,2013d).

E203-2013'ün başlık sayfasında herhangi bir sözleşmeye değil de projeye referans gösterilmesi, bu protokolün projede yer alan bütün katılımcıların birbirleri arasında düzenlemiş oldukları sözleşmelerin eki olabilmesini sağlamaktadır ki zaten içerdiği bazı maddeler de bunu zorunlu kılmaktadır (AIA,2013d).

BIM kullanımına ilişkin protokol oluşturan diğer bir kurum Associated General Contractor of America (AGC)'dir. AGC bu konuyla ilgili gerçekleştirmiş olduğu çalışmalar sonucunda Haziran 2008'de ConsensusDOCS 301 BIM Addendum belgesini yayınlamıştır. ConsensusDOCS 301 dokümanı BIM sürecinde oluşturulan bilginin proje katılımcıları arasındaki alışverişi sırasında oluşabilecek riskler, geleneksel yöntemden farklı olarak katılımcıların sorumlulukları üzerindeki etkisi, kullanılan yazılımlar arasında oluşabilecek riskler ve oluşturulan ürün üzerindeki mülkiyetin nasıl olması gerektiği gibi endişelerin çözümünün adreslenmesini amaçlamaktadır (Lowe ve Muncey, 2009).

Bu amaç doğrultusunda ConsensusDOCS 301 dokümanı, protokolün esas sözleşmeye nasıl ekleneceğini, katılımcıların sorumluluklarını nasıl etkileyeceğini, oluşturulacak olan Model ile ilgili herhangi bir anlaşmazlıkta ne yapılacağına ve esas sözleşme ile bu belge arasındaki önceliğin nasıl olacağını belirleyen genel ilkeler bölümü ile başlamaktadır. Taraflar arasında kullanılacak olan terimler için ortak bir anlayış geliştirmek ve anlaşmazlıkların önlenmesi adına Tanımlar bölümünü ve kim ya da kimlerin enformasyon yönetimi için atandığı ve bu kişilerin hangi görev ve sorumluluklarını yerine getirmeleri gerektiğine ilişkin maddelerin yer aldığı

enformasyon yönetimi bölümü içermektedir. Bu bölümlerin dışında ayrıca proje katılımcılarının oluşturmaları gereken BIM uygulama planının neleri içermesi gerektiğini açıklayan BIM uygulama planı bölümünü, proje katılımcılarının modele erişim, kullanım ve değiştirme gibi eylemleri gerçekleştirirken ne tür sorumluluklarla karşılaşabilecekleri ve bu durumdaki eylemlerinin sonuçlarının nasıl olabileceğine dair konuları içeren Risk Paylaşımı bölümünü ve son olarak da katılımcılar arasında mülkiyet hakları ilişkileri ile ilgili maddelerin yer aldığı modellerdeki mülkiyet hakları bölümünü içermektedir.

Construction Industry Council (CIC) tarafından ise İngiliz hükümetinin BIM Stratejisindeki sorumluluğunun bir parçası olarak, bütün ortak yapım sözleşmelerinde kullanılması ve ikinci seviyedeki BIM'i desteklemesi için BIM protokolü oluşturulmuştur (CIC,2013).

Protokol tanımlar bölümünü, anlaşmazlık ya da tutarsızlık olduğu durumlarda hangi dokümanın geçerli olacağının belirtildiği sözleşme dokümanlarının önceliği bölümünü, işveren ve proje ekip üyelerinin sorumlulukları bölümlerini, modelin iletilmesi ve sonrasında proje ekip üyesinin modelin doğruluğuyla ilgili yükümlülük durumu hakkında hükümlerin bulunduğu elektronik veri alışverişi bölümünü, telif haklarının nasıl düzenlendiğine, iletme, kopyalama ve kullanmaya ilişkin proje ekip üyesi ve işveren arasında verilen lisanslara, bu lisansların hangi koşullar altında iptal olacağına ve lisansların neleri içermediğine dair konuların yer aldığı modellerin kullanım bölümünü, işveren ve proje ekip üyesinin hangi koşullar altında birbirine karşı sorumluluk taşımadıklarını açıklayan maddelerin bulunduğu ise modellere ilişkin yükümlülük bölümünü ve protokol hükümlerinin ne zamana kadar devam edeceğinin belirtildiği sonlandırma bölümünü içermektedir.

AIA protokollerinin diğer kurumların geliştirmiş olduğu protokollere karşı daha kapsamlı görünmesinden dolayı tezin bu bölümünde AIA protokolleri temel alınacak ve ayrı ayrı incelenerek açıklanacaktır. Bu protokollerin incelenmesi sırasında protokollerde yer alan maddelerin içerdikleri konuların, AGC ve CIC tarafından geliştirilmiş olan protokollerde yer alıp almadığı, yer aldığı takdirde bu konuların nasıl ele alındığı da incelenecektir. Kısacası AIA protokollerinin AGC ve CIC protokolleriyle karşılaştırılarak da incelenmesi gerçekleştirilecektir. AIA protokollerinin karşılaştırılarak incelenmesinin ardından ise incelemenin ve karşılaştırmanın neticesinde elde edilen bulgular ile bölüm sonlandırılacaktır.

### **3.1 AIA Tarafından Geliştirilmiş BIM Protokollerinin AGC ve CIC BIM Protokolleriyle Karşılaştırılarak Açıklanması**

Temel alınan AIA Protokollerinin birbirleriyle ve ana sözleşme ile olan ilişkisinin üçüncü bölümde açıklanmasının ardından, bu bölümde her bir protokol kendine özel bir bölüm içerisinde, AGC ve CIC tarafından geliştirilmiş olan protokollerle karşılaştırılarak incelenecektir.

#### **3.1.1 E203-2013 BIM ve dijital veri protokolünün açıklanması**

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere E203-2013 Protokolünün amacı projenin başlangıç aşamasında katılımcılar arasında BIM ve Dijital veri kullanımı için ortak bir anlayış oluşturmak ve temel kararların alınmasını sağlamaktır. E203-2013 Protokolü Genel Hükümler, Dijital Verinin İletimi ve Mülkiyeti, Dijital Veri Kuralları, Yapı Enformasyon Modellemesi Kuralları ve Özel Şart ve Koşullar bölümlerini içermektedir. Protokolün içerdiği her bir bölüm tek tek ele alınacak, bölüm içerisindeki önemli maddelerin açıklaması yapılacak ve diğer kurumların protokolleri ile karşılaştırılacaktır.

##### **3.1.1.1 Genel hükümler bölümü**

Genel hükümler bölümü dört ana madde içermektedir. Bu bölümde yer alan birinci madde protokolün amacını, ikinci madde protokolün ana sözleşme ile olan ilişkisini, üçüncü madde ana sözleşmede yapılabilecek herhangi bir düzeltme durumunu, dördüncü madde ise protokolde kullanılan terimlerin tanımlarını açıklamaktadır.

E203-2013 Protokolünün birinci maddesi olan ve protokolün amacını belirten 1.1 maddesi şu şekildedir;

Bu doküman Proje’de Dijital Verinin geliştirilmesi, kullanımı, iletimi ve alışverişi için protokollerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu doküman ayrıca, Projede BIM’in kullanımı durumunda BIM’in uygulanması için gerekli olan, Projenin belirli aşamalarındaki Model Elementler için beklenen Gelişim Düzeylerine ve BIM Modellerinin Yetkili Kullanımlarına ilişkin maddeleri de içeren Protokollerin oluşturulmasını sağlamaktadır. (AIA, 2013a)

Genel hükümler bölümünde yer alan ve katılımcılar arasında bu protokolün kendi aralarında yaptıkları esas sözleşmeye eklenmesini gerekli kılan 1.2 maddesi şu şekildedir;

Taraflar, proje de Dijital Veri geliştiren ya da kullanılabilen Proje Katılımcılarından herhangi bir diğeri ile yapacakları sözleşmeye bu Protokolü dâhil edeceklerini kabul ederler. Dijital Veri gönderimi ya da erişim izninden önce, ilgili taraf herhangi bir proje katılımcısından Proje için yapmış olduğu sözleşmeye bu protokolü dâhil ettiğine ve AIA Document G201-2013 Digital Data Protocol Form ve AIA Document G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form belgelerinin en güncel ve projeye özgü versiyonlarını kabul ettiklerine dair uygun bir kanıt sağlamalarını talep edebilir. (AIA, 2013a)

Proje teslim sistemine bağılı olarak projede yer alan her bir katılımcının birbiriyle direkt bir sözleşme ilişkisi bulunmayabilir fakat bu madde ile birlikte, E203-2013 Protokolü projede yer alan Mal Sahibi, Mimar, Mühendis, Yapımcı ve diğeri bütün katılımcılar arasında yapılan sözleşmelere dâhil edilmiş olmaktadır. Böylece bu protokol ve bu protokolün de gerekli kıldığı G201-2013 ve G202-2013 Protokollerinin bütün katılımcılar arasında uygulanması sağlanmaktadır (AIA, 2013d).

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiğı üzere BIM kullanım şekillerine göre farklı olgunluk seviyelerine sahiptir. Bu kullanım şekillerine göre BIM bazen yalnızca Mimar'ın tasarım görevini gerçekleştirmek için kullanılabilmekte ve yapımcı ve daha sonraki aşamalarda hiç kullanılmamaktadır. Böyle bir durumda bu maddenin zorunlu kıldığı gibi bütün katılımcılar arasında bu protokollerin uygulanmasına da gerek kalmayabilir.

Mevcut haliyle E203-2013 Protokolü Tasarım ekipleri arasındaki anlaşmaya dâhil edilirse, Mimar'ın bu protokolü Mal Sahibi ile olan anlaşmasına eklemesi gerekecektir ki bu durumda Mal Sahibinin de bu protokolü Yüklenici ile olan anlaşmasına dâhil etmesi zorunluluğunu ortaya çıkaracaktır. Bu nedenden dolayı BIM'in yalnızca Mimar ve danışmanları tarafından kullanılacağı bir durumda 1.2. Maddesinin değıştirilmesi gerekmektedir (AIA, 2013d).

Bu maddeyle ilişkili olarak AGC ve CIC'nin geliştirmiş olduğu BIM Protokolleri incelendiğinde, Proje içerisinde yer alan bütün katılımcıların BIM Protokolünü kendi aralarında yapmış oldukları bütün sözleşmelere eklemelerini gerektiren, benzer maddelere sahip oldukları görölmektedir.

E203-2013 Protokolü 1.2 maddesinin ardından, bu maddenin gerekli kıldığı bütün katılımcılar arasında bu protokolün uygulanması zorunluluğunun, herhangi bir katılımcı tarafından yerine getirilememesiyle ilgili olan 1.2.1 maddesi ile devam



etmektedir. Bu madde bazı katılımcıların bu görevi yerine getirmemesinden kaynaklanan zararlara karşı, bütün sözleşmelerinde bu Protokole yer veren katılımcıların haklarının korunması amaçlanmaktadır.

Genel hükümler bölümünün üçüncü ana maddesi olan “1.3 Sözleşmede Düzenlemeler” maddesinde yer alan 1.3.1 maddesi, E203-2013 Protokolünün gerektirdiği şekilde G201-2013 ve G202-2013 protokollerinin oluşturulmasının ardından proje katılımcısının ana sözleşmede belirtilmiş olan iş kapsamında oluşabilecek değişikliklerle ilgili konuyu içermektedir. 1.3.1 maddesi şu şekildedir;

Eğer bir taraf, bu protokolde yer alan 3.2 ya da 4.5 maddelerine uygun olarak oluşturulan ve G201-2013 ve G202-2013 protokollerinde yer alan maddelerin, kendisinin iş ya da hizmet kapsamında bir değişiklik oluşturacağına ve sözleşme bedelinde ve süresinde artış olması gerektirdiğine inanırsa, ilgili taraf diğer tarafları bilgilendirecektir. İlgili taraf 1.3 bölümünün gerekli kıldığı gibi bilgilendirme konusunda başarısız olursa, oluşturulmuş protokollerin sonucu olan sözleşme bedeli ve süresindeki artış ile ilgili hak talebinden kendi rızasıyla vazgeçmiş olacaktır. (AIA, 2013a)

E203-2013 Protokolünün dâhil edilmiş olduğu esas sözleşmede yer alan sözleşme bedeli ya da sözleşme süresi projenin başlangıç aşamasında oluşturulmakta ve o aşamada genellikle temel düzeyde Dijital veri ve BIM kullanımları göz önüne alınmaktadır. Daha sonra Dijital veri ve BIM kullanım detaylarının belirlenmesi ve G201-2013 ve G202-2013 Protokollerinin oluşturulmasıyla katılımcıların projenin başında belirlenmiş olduğu maliyet ve sürece ilişkin artışlar meydana gelebilmektedir. 1.3 maddesi böyle bir durumda tarafların belirli bir süre içerisinde birbirlerini bilgilendirmelerini, protokolleri tekrar incelemelerini ve sözleşmede yapılacak düzeltmeler ile ilgili anlaşmaya varmalarını gerektirmektedir (AIA, 2013d).

E203-2013 Protokolünün 1.3 maddesinde bahsedilen konu açısından AGC’nin BIM Protokolü incelendiğinde, BIM uygulama planı bölümünde yer alan 4.3.29 maddesi “BIM uygulama planı, BIM ile ilişkili olarak oluşan tazminat ya da maliyetlerle ilgili, taraflar arasında imzalanmış olan esas sözleşmedeki ya da Projeye ilişkili ve bu protokolün eklendiği sözleşmedeki düzeltmeleri ya da değişiklikleri içerecektir” (AGC, 2008) şeklindedir.

CIC’nin BIM Protokolü incelendiğinde ise bu maddeye karşılık olabilecek herhangi bir madde bulunmamasına rağmen kılavuz bölümünde, Protokolün bir sözleşme

dokümanı olduğu ve Protokolde gerçekleştirilecek herhangi bir değişikliğin sözleşme hükümlerinde de değişiklik oluşturacağından söz edilmektedir (CIC,2013).

E203-2013 Protokolünde yer alan “1.4 Tanımlar” maddesi, Proje Katılımcıları arasında ortak bir anlayış oluşturmak için protokol içerisinde kullanılan bazı terimlerin tanımlarını içermektedir. Bu tanımlar arasında yer alan “Yapı Enformasyon Modeli, Model Elementi, Gelişim Seviyesi, Yetkili Kullanımlar, Model Element Yazarı, Dijital Veri ve Proje Katılımcıları” terimleri BIM süreci içerisindeki kullanımları göz önüne alındığında diğer terimlere göre daha önemli hale gelmektedir.

Yapı Enformasyon Modelinin tanımının yer aldığı 1.4.1 maddesi şu şekildedir;

Yapı Enformasyon Modeli, Projenin tamamının ya da bir kısmının dijital sunumudur ve bu doküman içerisinde kullanılan “Model” terimi Yapı Enformasyon Modeli yerine kullanılmaktadır. Model terimi ayrıca G202-2013 BIM Protokolünde tanımlanmış olan diğer verilerde olduğu gibi, tek ya da çoklu modellerin birleştirilmesinde kullanılan Model Element’in tanımlanmasında da kullanılabilir.(AIA, 2013a)

Model’in kendi içinde birçok dosya barındırması ve belirli bir bilginin gösteriminde farklı yöntemlerin kullanılabilmesinden dolayı, Proje Katılımcılarının hangi dosyaların Modelin bir parçası olduğu belirlemeleri gerekmektedir. Bu bağlamda Model protokollerinin belirlenmesi için Proje Katılımcıları arasındaki Model’in ne olduğunun iyice anlaşılması çok önemlidir (AIA, 2013d).

AGC ve CIC BIM Protokollerinde ise E203-2013 Protokolündeki gibi tek bir Model tanımı yerine, Yapım Modeli, Tasarım Modeli, Birleştirilmiş Model gibi çeşitli Model tanımları bulunmaktadır.

E203-2013 Protokolünün 1.4.3 maddesi, Model Elementi “Modelin, yapı ya da yapım sahası ile ilgili bir bileşen, sistem ya da kurulumunu temsil eden bir parçasıdır” (AIA, 2013a) şeklinde tanımlamaktadır.

Model farklı kişi ya da kurumların geliştirmiş olduğu bileşenleri içermektedir. Modelin gelişiminin koordine edilmesi ve yönetilmesine ilişkin sorumluluğun belirlenmesi için Modelin bileşenlerine yani Model elementlerine ayrılması gerekmektedir. Model element yalnızca grafiksel sunumu değil Proje Katılımcılarının karar verdiği Model parçalarını da içerecektir (AIA, 2013d).

1.4.4 maddesinde ise Gelişim Seviyesi (LOD) “İlişkilendirilmiş olduğu Yetkili Kullanımları desteklemek için Model elementin içereceği minimum boyutsal, konumsal, niteliksel ve niceliksel verileri belirtmektedir” (AIA, 2013a) şekilde tanımlanmaktadır.

Gelişim Seviyesi, bir Model elementin konsept aşamasında final aşamasına kadar olan aşamalar içerisinde nasıl yer aldığını ve bu Model Elementin içerdiği bilgilerin hangi proje aşamasında kullanılmasının güvenli olduğunu göstermektedir (AIA, 2013d).

AGC’nin BIM Protokolünde Gelişim Seviyesine ilişkin herhangi bir tanım yer almadığı, CIC’nin BIM Protokolünde ise Gelişim seviyesine değil Detay seviyesine ait bir tanımın yer aldığı görülmektedir. Gelişim seviyesi ve Detay Seviyesi arasındaki farka ilişkin detaylı bir açıklama Tezin 2.2.2 bölümünde yer almaktadır.

E203-2013 Protokolünün 1.4.5 maddesinde ise Yetkili Kullanımlar teriminin, bu dokümanın maddelerine uygun olarak oluşturulmuş Dijital Veri ve BIM protokollerinde yer alan, izin verilmiş Dijital Veri kullanımları anlamına geldiği belirtilmektedir.

Yetkili Kullanımların oluşturulmasının nedeni, Modelde yer alan fakat henüz güvenilir ve kullanılabilir seviyede olmayan bilgilerin, kesinleşmiş ve kullanım olgunluğuna erişmiş bilgilerden ayrılmasıdır. Böylece Model elementler için belirlenmiş yetkili kullanımlara bakılarak, içerdikleri bilgilerin güvenilir olup olmadığı anlaşılabacaktır (AIA, 2013d).

Model Element Yazarı ile ilgili olan 1.4.6 maddesi şu şekildedir;

Model element yazarı, Model elementin içeriğinin sağlanmasından sorumlu olan kişiye bakılmaksızın, belirli bir Proje aşaması için belirli bir Model Elementinin gerekli olduğu LOD’daki gelişiminin koordinasyonu ve yönetiminden sorumlu kişi ya da kurumdur. Model Element Yazarları G202-2013 protokolünün 3.3 maddesinde yer alan Model Element Tablosunda tanımlanacaktır.

Dijital Veri terimi 1.4.7 maddesinde “ Proje için dijital veri biçiminde oluşturulan ya da saklanan iletişimleri, çizimleri, şartnameleri ve tasarımları içeren enformasyondur” (AIA, 2013a) şeklinde tanımlanmıştır. Ayrıca aksi belirtilmediği takdirde Dijital Veri teriminin “Model”i de kapsadığı belirtilmektedir.

1.4.12 maddesi Proje Katılımcıları terimini “Projede hizmet, iş, ekipman ya da malzeme sağlayan, kurum ya da kişilerdir ve sözleşme taraflarını da kapsamaktadır” şeklinde tanımlamaktadır.

### **3.1.1.2 Dijital verinin iletimi ve mülkiyeti bölümü**

E203-2013 Protokolünün ikinci bölümü olan Dijital verinin iletimi ve mülkiyeti bölümü genel olarak, verilerin iletilmesi sırasında tarafların birbirlerine karşı sorumluluklarına, iletilen verinin gizli olması durumundaki taraf sorumluluklarına, veri iletiminin veri mülkiyetini nasıl etkilediğine, veri kullanım haklarına ilişkin hükümleri içermektedir.

Dijital veri ileten tarafın, iletmış olduğu veri ile ilgili iletim iznine sahip olması gerektiğini belirten 2.1 maddesi şu şekildedir;

Dijital veri iletimi, dijital veriyi ileten taraf tarafından dijital veriyi teslim alan tarafa, dijital verinin telif hakkına ya da protokolün hükümlerine uygun olarak oluşturulan dijital veri yetkili kullanımlarına uygun olarak Projede kullanımı için iletim iznine sahip olduğunun garantisini teşkil etmektedir. (AIA, 2013a)

İletilen dijital verinin gizli olması ile ilgili olan 2.2 maddesi ise şu şekildedir;

Eğer bir taraf gizli dijital veriyi iletirse, bu gizli dijital veriyi teslim alan tarafa, dijital veriyi iletme yetkisi olduğunu garantilemektedir. Eğer bir tarafa gizli dijital veri iletilirse, teslim alan taraf gizli dijital veriyi sıkı bir şekilde gizli tutacak 2.2.1 maddesinde belirtilenin dışında herhangi bir kişi ya da kurum ile paylaşmayacaktır. (AIA, 2013a)

2.2 maddesinde bahsi geçen 2.2.1 maddesi, hangi durumlarda ve hangi kişilerle gizli dijital verinin iletebileceğine ve kullanılabileceğine ilişkin hükmü içermektedir.

2.2 ve 2.2.1 maddeleri tarafların gizli dijital verileri iletme hakkı olduğunu fakat iletmış oldukları gizli verilerin gizli tutulmaya devam edilmeleri gerektiğini ve bu gizli verilerin hangi durumlarda ve kişilerle paylaşılabilirliğini belirtmektedir.

Dijital verilerin iletilmesi ve mülkiyet hakkı arasındaki ilişkiyi açıklayan 2.3 maddesi şu şekildedir;

Dijital verinin iletilmesiyle, ileten taraf dijital verideki ya da dijital verinin oluşturduğu yazılımdaki herhangi bir telif hakkını aktarmamaktadır. Ayrı bir lisans ile aksi belirtilmedikçe, teslim alan tarafın dijital veriyi kullanma, değiştirme ya da iletme hakları, özellikle bu protokolün hükümleri ile uyumlu olarak projenin tasarım, yapım, bakım ve değişimi ile sınırlıdır ve bu protokolda yer alan hiçbir şey dijital verinin kullanım haklarını aktarmamaktadır. (AIA, 2013a)

Dosyaların paylaşılması, dosyaların üzerindeki kontrollerini, mülkiyetlerini ya da telif haklarını kaybetme korkusu nedeniyle birçok meslek grubu için endişe oluşturmaktadır. BIM anlayışının temelini paylaşım ve işbirliği olması nedeniyle, oluşturulan dosyaların paylaşılmaması süreç için uygun olmamaktadır. Dijital verilerin mülkiyetini korumak ve desteklemek için verileri teslim alan tarafın, veriye ilişkin kullanım sınırlarını bilmesi gerekmektedir. 2.3 maddesi de bu amacı gerçekleştirmek için oluşturulmuştur (AIA, 2013d).

Dijital verinin iletilmesi ve mülkiyeti bölümünün son maddesi olan 2.4 ise bu bölümde yer alan hükümler ile ana sözleşmede yer alan hükümlerin çelişmesi durumunda bu bölümde yer alan hükümlerin geçerli olacağını belirtmektedir.

Dijital verinin iletilmesi konusu açısından AGC ve CIC BIM Protokolleri incelendiğinde, CIC BIM Protokolünün teslim edilen verinin bütünlüğüne, teslim edilmesinin ardından dijital veride oluşabilecek sorun durumuna ilişkin maddeleri içeren elektronik veri alışverişi bölümünü içerdiği görülmektedir. AGC BIM Protokolünün ise direkt olarak veri alışverişi ile ilgili bir madde içermediği fakat Modele eklenecek ya da Modelden çıkarılacak verilerin yani Modelin içerdiği bilginin yönetilmesini kapsayan Enformasyon Yönetimi bölümünü içerdiği görülmektedir.

E203-2013 Protokolünde Modelin mülkiyeti belirtilmemekte çünkü Model mülkiyetini kapsayan hükümlerin, taraflar arasında imzalanan ve protokolün de eki olan sözleşmede yer aldığı kabul edilmektedir (AIA, 2013d).

Mülkiyet konusuyla ilgili olarak diğer BIM Protokolleri incelendiğinde, AGC BIM Protokolünün “Modeldeki Fikri Mülkiyet Hakları” başlığı altında, CIC BIM Protokolünün ise “Modellerin Kullanımı” başlığı altında bu konuya yer verdiği görülmektedir.

### **3.1.1.3 Dijital veri kuralları bölümü**

E203-2013 Protokolünün üçüncü bölümü olan Dijital veri kuralları bölümü beş ana madde içermektedir. Birinci madde dijital veri türlerinin belirlenmesine ve detaylı olarak tanımlanmasına, ikinci madde ise dijital veri kullanımıyla ilgili kuralların belirlenmesine, kimin sorumlu olacağına ve bu kuralların G201-2013 Protokolünde yer almasına, üçüncü madde G201-2013 Protokolünün güncel versiyonunun

kullanılması gerektiğine, dördüncü madde yetkisiz kullanımlara ve beşinci madde ise dijital veri yönetimine ilişkin konuları kapsamaktadır.

Bu bölümün ilk maddesi olan ve Proje katılımcılarının projede kullanmayı öngördükleri dijital verilerinin belirlenmesini gerektiren “3.1 Öngörülen Dijital Veri Türleri” maddesi şu şekildedir;

Projede kullanılması öngörülen dijital veri türleri aşağıdaki gibidir. (Projede dijital biçimde oluşturulacak ya da paylaşılabilecek olan bilgileri aşağıda belirtiniz. Tarafların Yapı Bilgi Modellemesi kullanacaklarını belirtmesi halinde, Protokolün 4.bölümünün de doldurulması gerekmektedir.) (AIA, 2013a)

| Öngörülen Dijital Veri              | Projede uygulanabilirliği<br>(Uygulanabilir ya da uygulanamaz) | Detaylı Tanımın Konumu<br>(Aşağıdaki 3.1.1 maddesinde ya da aşağıda belirtildiği üzere bu protokolün ekinde) |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Proje Anlaşmaları ve Değişiklikleri |                                                                |                                                                                                              |
| Proje İletişimleri                  |                                                                |                                                                                                              |
| Mimarın İnşaat Öncesi Teslimatları  |                                                                |                                                                                                              |
| Sözleşme Dokümanları                |                                                                |                                                                                                              |
| Yüklenici Teslimatları              |                                                                |                                                                                                              |
| Alt-Yüklenici Teslimatları          |                                                                |                                                                                                              |
| Değişiklikler                       |                                                                |                                                                                                              |
| Proje Ödeme Dokümanları             |                                                                |                                                                                                              |
| Uyarı ve Hak Talepleri              |                                                                |                                                                                                              |
| Yapı Bilgi Modellemesi              |                                                                |                                                                                                              |

Projede kullanılacak ya da belirli çalışmalar sonucunda elde edilecek olan bilgilerin neredeyse tamamı dijital formatta oluşturulabilmekte ve kullanılabilir. Bu madde içerisinde yer alan öngörülen dijital veri tablosu, bu bilgilerin hangilerinin dijital olarak kullanılacağını belirlenmesini sağlamaktadır.

Projede yer alan bütün bilgilerin dijital biçime dönüştürülebilme olanağına sahip olması nedeniyle dijital veri türlerinin ve kullanımlarının türü sınırsız sayıda olabilmektedir. 3.1 maddesi, hangi verilerin projede dijital olarak kullanılmasıyla ilgili Proje Katılımcıları arasında ortak bir anlaşmaya varılmasını ve olabilecek yanlış anlaşmaların engellenmesini amaçlamaktadır. Öngörülen dijital veri tablosuna yerleştirilmiş olan dijital veri türleri, genel olarak kullanılan türler olup Proje Katılımcıları kendi projelerine uygun olacak şekilde burada yer alan veri türlerinde değişiklik yapabilirler. Öngörülen Dijital veri tablosunun yapısından da anlaşılacağı üzere, bu madde katılımcılardan yalnızca hangi bilgilerin dijital veri olarak kullanılacağını ve bu veri türlerinin detaylı tanımlarının nerede bulunduğunu belirtmelerini istemektedir (AIA, 2013d).

E203-2013 dokümanının genellikle projenin başlangıç aşamasında oluşturulması amaçlandığı için bu bölümde yer alan dijital veri türleri öngörülen temel veri türleridir. Projenin işleyişiyle beraber bu temel dijital veri türlerinin daha detaylı olması mümkün olacaktır. Bu tabloda belirtilmiş olan dijital veri türlerinin ve daha sonra ortaya çıkan dijital veri türlerinin G201-2013 Dijital veri Protokolünde belirtilmesi gerekmektedir (AIA, 2013d).

Bu madde ayrıca, Proje Katılımcılarının Projede BIM uygulamaları durumunda E203-2013 Protokolünün dördüncü bölümünü de doldurmalarını gerektirmektedir.

3.1 maddesinin devamı niteliğinde olan 3.1.1 maddesi ise öngörülen dijital veri tablosunda belirlenmiş dijital verilerin iletimi, kullanımı, kaynağı, üretimi gibi bilgilerin yer aldığı detaylı tanımlarının (eğer tabloda detaylı tanımlarının 3.1.1 maddesinde olacağı belirtilmişse) yer alacağı maddedir..

Dijital veri kullanımına ilişkin kurallar ile ilgili olan 3.2 maddesi şu şekildedir;

Sözleşmenin imzalanmasının ardından, uygulanmasıyla beraber, taraflar, Projede dijital veri kullanması beklenen diğer Proje katılımcılarına danışarak dijital veri kullanımlarını daha detaylı tanımlayacak ve dijital verinin yetkili kullanımlarını ve iletimini kapsayan gerekli kuralları oluşturacaklardır. (AIA, 2013a)

Dijital verinin kullanımı ve yararları proje ekibine, proje teslim sistemine ve proje tipine göre değişmektedir. Bu değişkenlerin her bir proje için sözleşmelerin oluşturulma zamanlarında da değişkenliğe sebep olması nedeniyle, E203-2013 protokolünün de dijital veri kurallarının oluşturulması için, projedeki belirli bir zamanı belirtmesi, dijital verilerin kullanımında beklenen verim açısından pek sağlıklı olmamakta fakat Proje katılımcıları, önemli miktarda veri alışverişinin başlamasından önce bu kuralları oluşturmalıdır. E203-2013 Protokolünün temel kuralları içerdiği göz önüne alındığında, belirli bir dijital verinin kullanımının, paylaşımının ve arşivlemesinin tanımlanması G2012-2013 Protokolünün oluşturulmasıyla başarılmaktadır (AIA, 2013d).

3.2.1 maddesi ise dijital veri kurallarının oluşturulmasından kimin sorumlu olduğunun belirtildiği maddedir. Bu maddede yer alan metin, otomatik olarak Mimar'ı bu konu ile ilgili sorumlu kişi olarak göstermesine rağmen, Mimar dışında herhangi bir Proje Katılımcısının bu göreve atanması da mümkün olabilmektedir.

Belirlenmiş olan dijital veri kurallarının G201-2013 Protokolünde yer almasını gerektiren 3.2.2 maddesi ise şu şekildedir;

Üzerinde anlaşmaya varılmış olan Dijital veri kuralları G201-2013 Protokolünde belirtilecek ve her bir Proje katılımcısı bu Dijital veri protokollerini yazılı olarak sözleşmelerinde belirtecektir. (AIA, 2013a)

Bu maddenin ardından gelen 3.2.3 maddesi ise, Proje Katılımcılarının projenin ilerleyişiyle beraber, dijital veri kullanımıyla ilgili olarak ortaya çıkabilecek değişiklikler doğrultusunda, dijital veri kurallarını incelemelerini ve revize etmelerini gerektirmektedir.

E203-2013 Protokolü tarafından oluşturulması zorunlu kılınan G201-2013 Protokolünün güncelliğiyle ilgili olan 3.3 maddesi şu şekildedir;

Taraflar, Proje Katılımcıları tarafından kabul edilmiş olan G201-2013 Protokolünün güncel versiyonunda belirtilen Dijital veri kurallarına uygun olarak Dijital verileri iletecek, kullanacak, saklayacak ve arşivleyecektir. (AIA, 2013a)

Dijital veri kuralları bölümünün dördüncü ana maddesi olan “3.4 Yetkisiz Kullanımlar” maddesinde yer alan 3.4.1 maddesi şu şekildedir;

G201-2013 Protokolündeki dijital veri kuralları üzerinde anlaşmaya varılmasından ve belgelenmesinden önce, taraflara dijital veri iletilirse, iletilen taraf Dijital verilerin kullanılması ve verilere güvenmesi için yetkili değildir. İleten taraf ve onun yüklenicileri, danışmanları, kurumları ve çalışanları sorumlu olmaksızın, bu Dijital verinin kullanılmasından ya da veriye güvenilmesinden iletilen tarafın kendisi sorumlu olacaktır. (AIA, 2013a)

Proje süreci içerisinde bazen, Dijital veri protokollerinin oluşturulmasından önce, dijital verilerin paylaşılması gerekebilmektedir. Protokollerin oluşturulmaması, Yetkili kullanımların da belirlenmemiş olduğu anlamına gelmektedir. Bu durumda dijital verilerin kullanılması sonucu ortaya çıkabilecek sorunlardan yalnızca veriyi kullanan taraf sorumlu olacaktır. Bu madde, dijital veri kullanımının yalnızca Proje Katılımcılarının ilgili protokollerini oluşturmasının ardından gerçekleştirilmesi gerektiği düşüncesini desteklemektir (AIA, 2013d).

Dijital verilerin oluşturulmasının ardından meydana gelen yetkisiz kullanımla ilgili olan 3.4.2 maddesi ise şu şekildedir;

G201-2013 Dijital veri Protokolündeki dijital veri kuralları üzerinde anlaşmaya varılması ve belgelenmesinin ardından, eğer bir taraf dijital veri protokolünde tanımlanan yetkili



kullanımlarına uygun olmayacak şekilde dijital veriyi kullanırsa, bu kullanımdan, dijital veriyi kullanan tarafın kendisi sorumlu olacaktır. (AIA, 2013a)

Dijital veri kuralları bölümünün son maddesi “3.5 Dijital Veri Yönetimi” maddesidir. Projede elektronik doküman yönetim sisteminin kullanılıp kullanılmayacağını belirtildiği 3.5.1 maddesi şu şekildedir;

Projede kullanılacak olan merkezi doküman yönetim sistemi şu şekilde olacaktır,

(Uygun kutuyu işaretleyiniz. Eğer taraflar aşağıdaki kutuların herhangi birini işaretlemese, tarafların projede merkezi elektronik doküman yönetim sistemi kullanmayacağı kabul edilecektir.)

- ☐ Taraflar projede merkezi elektronik doküman yönetim sistemi kullanmayı amaçlamaktadır.
- ☐ Taraflar projede merkezi elektronik doküman yönetim sistemi kullanmayı amaçlamamaktadır. (AIA, 2013a)

Merkezi doküman yönetim sistemleri, projeye ilgili elektronik veri dosyalarını görüntüleme, kullanma ve değiştirme yetkisine sahip tarafların erişmesine olanak sağlayan basit bir bellekten, erişim hakları, doküman takibi ve versiyon kontrolü gibi özelliklerin eklendiği güçlü doküman yönetim ürünlerine kadar, geniş bir yelpazede bulunmaktadır (AIA,2013d). Bu sistemlere örnek olarak gösterilebilecek “Vault Professional” gibi bazı yazılım örnekleri, 2.3.2.1 Yazılımlar bölümündeki yazılım tablolarında yer almaktadır.

Bu madde içerisinde herhangi bir seçimin belirtilmemesi, tarafların herhangi bir elektronik doküman yönetim sistemi kullanmayacağı anlamına gelmektedir (AIA, 2013d).

Doküman yönetim sisteminin belirlendiği maddenin ardından, eğer merkezi elektronik doküman yönetim sisteminin uygulanacağı belirtilmişse bu sistemin yönetilmesinden ve sürdürülmesinden sorumlu olan Proje Katılımcısının merkezi dijital verinin iletimi, kullanımı, saklanması ve arşivlenmesiyle ilgili kuralların oluşturulmasına yardımcı olacağını belirten 3.5.2 maddesi gelmektedir. Bu madde ayrıca, merkezi elektronik doküman yönetim sisteminden sorumlu olan Proje katılımcısının, G203-2013 Protokolüne uygun olarak bu sistemi yönetmesini gerektirmektedir.

Merkezi elektronik doküman yönetim sisteminden kimin sorumlu olacağını belirtildiği 3.5.3 maddesi ise şu şekildedir;

Eğer sorumluluk başka bir Proje Katılımcısına verilmemişse, merkezi elektronik doküman yönetim sisteminin sürdürülmesi ve yönetilmesinden Mimar sorumlu olacaktır. Eğer belirlenmiş bir proje aşamasında sistemin yönetimine ve sürdürülmesine ilişkin sorumluluk başka bir Proje Katılımcısına verilmişse, sorumluluğu üstlenen Proje Katılımcısı ve Proje aşamasını aşağıda belirtiniz. (AIA, 2013a)

Dijital veri kuralları bölümünün ele aldığı konular açısından AGC ve CIC protokolleri incelendiğinde, bu konuların AIA E203-2013 Protokolünde olduğu gibi projede kullanılabilecek olan bütün dijital veriler için değil, yalnızca BIM verileri için ele alındığı görülmektedir. Bu nedenle bu bölüm ile ilgili AGC ve CIC Protokolleriyle ilgili herhangi bir karşılaştırma yapılmayacak olup, gerekli karşılaştırma E203-2013 Protokolünün son bölümü olan BIM kuralları bölümü içerisinde yapılacaktır.

#### **3.1.1.4 BIM kuralları bölümü**

E203-2013 Protokolünün dördüncü bölümü olan “BIM Kuralları” dokuz ana maddeden oluşmaktadır. Bu bölüm genel olarak, modelleme kapsamına, yetkili model kullanımlarına, modelleme protokollerinin oluşturulmasına, yetkisiz model kullanım durumlarına, model yönetimi ve sorumluluklarına, modelin arşivlenmesine ve yapım sonrası model kullanımına ilişkin konuları kapsamaktadır.

Proje içerisinde BIM’in uygulanıp uygulanmayacağını belirtildiği 4.1 maddesi şu şekildedir;

Eğer taraflar 3.1 maddesinde, projede Yapı Bilgi Modellemesi kullanılacağını belirtmişse, bu kullanımı amaçlayan taraflara göre, bu tip kullanımlarla ilgili olan Madde 4’ün hükümlerini aşağıda tanımlayınız.

- ☐ Taraflar Yapı Bilgi Modellemesini, diğer Proje Katılımcılarının, Modelin içerdiği bilgileri doğru kabul edeceği beklentisinden yoksun olarak, yalnızca anlaşmada yer alan zorunluluklarını yerine getirmek amacıyla kullanacaktır. Yazılı olarak aksi kararlaştırılmadıkça, herhangi bir kullanım, gönderim ya da Model’in içerdiği bilgilerin doğruluğuna güvenilmesi alıcı tarafının kendi sorumluluğundadır. Bu maddenin geri kalan hükümleri herhangi bir güç ya da etki içermemektedir.
- ☐ Taraflar 4.2’den ve 4.10’e kadar olan bütün maddelere uygun olarak Modeli geliştirecek, paylaşacak, kullanacak ve içerdiği bilgilerin doğruluğuna güvenecektir. (AIA, 2013a)

Bu maddede yer alan seçeneklerden birinin seçilmesiyle BIM kullanım kapsamının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu seçeneklerden birincisi BIM Modelinin yalnızca bir taraf tarafından kullanılacağı ve diğer taraflarla paylaşılmayacağı anlamına

gelirken, ikinci seçenek ise BIM Modelinin bütün taraflar arasında tam bir iş birliği oluşturacak şekilde kullanılacağı anlamına gelmektedir. Birinci seçeneğin seçilmesi durumunda dördüncü bölümün devamında yer alan maddeler geçerli olmayacaktır.

Birinci seçeneğin işaretlenmesi BIM verilerinin paylaşılmayacağı anlamına gelmektedir fakat BIM kullanım seviyelerine bağlı olarak BIM uygulaması bazen, bütün proje katılımcıları ile olmasa bile, birkaç taraf arasında gerçekleştirilebilmektedir. Bu durumda E203-2013 doküman metninin bu durumu belirtecek şekilde revize edilmesi gerekmekte (Bu revizyona ilişkin açıklama Tezin 3.1.1.1 bölümünde yapılmaktadır) ya da ikinci seçenek kutusu işaretlenmeli ve G202-2013 BIM Protokolü bu duruma özel olacak şekilde dikkatlice oluşturulmalıdır (AIA, 2013d).

Modellemenin gerçekleştirileceği Proje kısımlarının ve bu eylemden sorumlu olan kişilerin belirtilmesini gerektiren “4.2 Öngörülen BIM Kapsamı” maddesi şu şekildedir;

Öngörülen Yapı Bilgi Modelleme Kapsamı. Hangi proje kısımlarında modellemenin kullanılacağını ve bu modelleme sorumluluğu için öngörülen Proje Katılımcısını aşağıda belirtiniz.

|                           |                                        |
|---------------------------|----------------------------------------|
| Modellenecek Proje Bölümü | Sorumlu Proje Katılımcısı (AIA, 2013a) |
|---------------------------|----------------------------------------|

Proje içerisinde gerçekleştirilmesi beklenen modelleme miktarı ve bölümleri, Proje Katılımcılarının hizmet kapsamlarına göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle katılımcılar arasında neyin modelleneceğinin ve bu eylemden kimin sorumlu olacağının belirlenmesi önemli bir konu olmaktadır. Bu maddenin doldurulmasına örnek olarak, Modellenecek proje bölümüne “Projenin mimari kısımlarına ait modeller”, Sorumlu proje katılımcısı bölümüne ise “Mimari Proje Müellifi” yazılması gösterilebilir (AIA, 2013d).

4.2 maddesinin kapsamı açısından diğer BIM Protokolleri incelendiğinde, AGC Protokolünün 4.3.2, 4.3.4 ve 4.3.5 maddelerinde bu konuların yer aldığı, CIC Protokolünde ise herhangi bir madde bulunmadığı fakat Protokolün Ek-1 belgesinde yer alan “Detay seviyesi ve model üretim ve teslim tablosu” nun bu konuları içerdiği görülmektedir.

E203-2013 Protokolünde, BIM modeline ilişkin kullanım izinlerinin tanımlanmasını gerektiren “4.3 Öngörülen Model Yetkili Kullanımları” maddesi şu şekildedir;

Proje için Proje Katılımcıları tarafından kabul edilecek ve daha sonra her bir LOD (Gelişim Seviyesi) için G202-2013’de tanımlanacak olan öngörülen Model Yetkili kullanımlarını aşağıda belirtiniz. (AIA, 2013a)

Bu madde, oluşturulacak olan modelin ya da modele ait bazı kısımlarının, hangi proje işlevlerinin yerine getirilmesi esnasında kullanılabileceğinin belirlenmesi ve model kullanımıyla ilişkili olarak proje katılımcıları arasında çıkabilecek sorunların engellenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Bu madde ayrıca, belirlenmiş olan her bir kullanımın, G202-2013 BIM Protokolünde yer alan her bir LOD için tanımlanmasını gerekli kılmaktadır.

Bu maddede belirtilmesi gereken, modelin kullanılabileceği eylemlere örnek olarak, imalat sıralaması, yapım koordinasyonu, maliyet tahmini için metraj çıkarımı ve fabrikasyon üretimi gösterilebilir (AIA,2013d).

Belirli bir kullanım için Modelin içerdiği bilgilerin doğruluğunun önemli olmadığı yani 4.3 maddesi kapsamı dışında kalan fakat süreç içerisinde gerçekleştirilecek olan modelleme eylemlerinin (render ya da animasyon gibi) belirtildiği “4.4 Yardımcı Modelleme Eylemleri” maddesi ise şu şekildedir;

Yardımcı Modelleme Eylemleri. Taraflar arasında anlaşmaya varılmış fakat G202-2013’e dâhil edilmemiş ek modelleme eylemleri varsa, bu eylemleri belirtiniz. (Öngörülen miktar ve kapsamlarıyla beraber renderlar, animasyonlar, performans simülasyonları ya da benzer kullanımlar gibi modelleme eylemlerini tanımlayınız.) (AIA, 2013a)

“4.5 Modelleme Kuralları” maddesi ise, Proje de BIM kullanacak olan bütün Proje Katılımcılarının bir araya gelerek, G202-2013 Protokolünün oluşturulması için de yol gösterecek olan, modelleme kurallarını oluşturmalarını gerektirmektedir.

4.5 maddesi tarafından oluşturulması gerekli kılınan modelleme kurallarının içeriğinin belirtildiği 4.5.1 maddesi ise şu şekildedir;

Model Kuralları aşağıdakileri içerecektir:

- .1 Model element yazarlarının tanımlarını,
- .2 Model Elementleri için çeşitli LOD ve her bir LOD için ilgili Yetkili Kullanım tanımlarını,
- .3 Tanımlanmış olan her bir Proje aşamasında gerekli olan, her bir Model Elementin LOD tanımlarını,
- .4 Projede kullanılacak olan imalat sınıflandırma sisteminin tanımını,
- .5 AIA G202-2013 dokümanının 3.3 maddesindeki Model Element tablosuna yansıtılmamış olan, Proje Katılımcılarının Model alışverişi ve paylaşımı yapacağı süreç aralıklarını,

.6 Proje Katılımcılarının Modeli tanımlayacağı, koordine edeceği ve değişiklikleri çözümleyeceği süreçleri,

.7 Eğer proje için gerekliyse, öngörülen “tasarlandığı ya da inşa edildiği şeklindeki Model” Yetkili Kullanımlarına ilişkin detayları ve

.8 Modelleme protokollerinde belirtilecek diğer konular: (Modelleme protokolleri tarafından adreslenmiş diğer konuları tanımlayınız) (AIA, 2013a)

Bu madde, kuralların içermesi gereken konuları göstermeyi amaçlamaktadır. Taraflar burada belirtilmiş olan konuları, kendi projelerine uygun olarak değiştirebilir, ekleme ya çıkarma yapabilirler. Burada belirtilmiş olan öğeler G202-2013 BIM Protokolünde yer alan kurallar olarak geliştirilecektir (AIA, 2013d).

Modelleme kurallarının oluşturulmasından sorumlu olacak kişinin belirtildiği 4.5.2 maddesi ise şu şekildedir;

Eğer sorumluluk aşağıda tanımlanmış olan başka bir Proje Katılımcısına verilmemişse, Mimar incelemesi, düzeltilmesi ve onaylanması için Modelleme protokollerini hazırlayacak ve diğer Proje Katılımcılarına dağıtacaktır. (Eğer Model protokollerinin taslak ve son hallerinin hazırlanmasından Mimar dışındaki bir Proje Katılımcısı sorumlu olarsa, o Proje Katılımcısını tanımlayınız.) (AIA, 2013a)

Modelleme kurallarına ilişkin olan 4.5.3 maddesinde, kabul edilmiş olan model kurallarının G202-2013 BIM Protokolünde yer alması gerektiği, 4.5.4 maddesinde ise gerekli olduğu koşullarda, proje katılımcılarının modelleme kurallarını inceleyecekleri ve revize edecekleri belirtilmektedir.

Modelleme kurallarına ilişkin maddelerin (yani 4.5, 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 ve 4.5.4 maddeleri) içerikleri göz önüne alınarak AGC ve CIC BIM Protokollerine bakıldığında, AGC Protokolünün BIM uygulama planı bölümünün de benzer içeriklere sahip maddeler içerdiği görülmektedir. CIC Protokolünde ise bu konular Ek-1 ve Ek-2 belgelerinde yer almaktadır.

E203-2013 Protokolünün bir sonraki maddesi olan 4.6 maddesi ise, Proje katılımcılarının Model kullanımlarını, oluşturmaları gereken G202-2013 BIM Protokolünün güncel versiyonuna uygun olarak gerçekleştirmelerini gerektirmektedir.

Yetkisiz Model kullanımlarıyla ilgili olan “4.7 Yetkisiz Kullanım” maddesinde yer alan iki alt madde şu şekildedir;

4.7.1 Modelleme kurallarının oluşturulmasından önce. G202-2013 Protokolündeki modelleme kuralları üzerinde anlaşmaya varılmasından ve belgelenmesinden önce, taraflara herhangi bir model iletilirse, iletilen taraf modelin kullanılması ve modele güvenilmesi için yetkili değildir. İleten taraf ve onun yüklenicileri, danışmanları, kurumları ve çalışanları sorumlu olmaksızın, bu modelin kullanılmasından ya da modele güvenilmesinden iletilen tarafın kendisi sorumlu olacaktır. (AIA, 2013a)

4.7.2 Modelleme kurallarının oluşturulmasından sonra. G202-2013 Protokolündeki modelleme kuralları üzerinde anlaşmaya varılması ve belgelenmesinin ardından, eğer bir taraf modelleme protokolünde tanımlanan yetkili kullanımlarına uygun olmayacak şekilde modeli kullanırsa, bu kullanımdan modeli kullanan tarafın kendisi sorumlu olacaktır. Bir taraf Model elementin doğruluğuna, o Model elementin belirlenmiş LOD için gerekli olan minimum veriden daha çok veri içerse bile, yalnızca belirlenmiş LOD için gerekli olan minimum verileri içermesi halinde güvenebilir. (AIA, 2013a)

Bu maddeler, E203-2013 Protokolünün üçüncü bölümü olan Dijital veri kuralları bölümünde yer alan yetkisiz kullanım maddeleriyle aynı temele dayanmaktadır (Tezin 3.1.1.3 bölümünde bu maddelere ilişkin açıklama yer almaktadır). 4.7.2 maddesinde ayrıca, Modelin belirlenmiş olan LOD'un gerektirdiğinden daha fazla veri içermesi durumunda bile, içerdiği bütün verilere değil LOD'un belirlemiş olduğu verilere güvenilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Yetkisiz kullanımlar ile ilgili olarak AGC BIM Protokolünde 'Risk paylaşımı' bölümü, CIC BIM Protokolünde ise 7.2 ve 7.3 maddeleri bulunmaktadır.

E203-2013 Protokolünün "4.8 Model Yönetimi" maddesi, Model yönetiminden sorumlu olan Proje Katılımcısının belirtildiği 4.8.1 maddesi ile başlamaktadır. Bu madde şu şekildedir;

Model yönetim gereklilikleri 4.8 maddesinde yer alan görevleri içermektedir. Eğer bu görev için başka bir Proje Katılımcısı atanmamışsa, Projenin başlangıcından itibaren Modeli Mimar yönetecektir. Eğer Model Yönetim sorumluluğu başka bir Proje Katılımcısına verilecekse ya da tanımlanmış olan Proje aşamasında değiştirilecekse sorumlu olacak olan Proje Katılımcısını ve Proje Aşamasını aşağıda belirtiniz.

Sorumlu Proje Katılımcısı

Proje Aşaması (AIA, 2013a)

Dijital veri yönetimi maddesinde (3.5.3 maddesi) olduğu gibi, 4.8.1 maddesinde yer alan metin de, model yönetiminden sorumlu olan kişinin Mimar olduğunu belirtmektedir. Bu madde aynı zamanda, Proje katılımcıları arasında bu görev için başka bir sorumlu belirlenmişse ya da farklı proje aşamaları için farklı katılımcıların

bu görevi yürüteceği kararlaştırılmışsa bunun bu madde içerisinde belirtilmesine de izin vermektedir.

“4.8.2 Model Yönetim Kurallarının Oluşturulması” maddesi ise Model yönetiminden sorumlu olan kişi tarafından oluşturulması gereken kuralların içeriğinin belirtildiği madde olup, madde metni şu şekildedir;

Modelin yönetiminden sorumlu olan Proje Katılımcısından, diğer Proje Katılımcılarına danışarak Proje de Yapı Bilgi Modellemesini oluşturması beklenmektedir, aşağıdakilerin de dâhil olduğu Model yönetim kurallarının oluşturulmasına yardımcı olacak ve revizyonları gerçekleştirilecektir.

- .1 Model başlangıç noktası, koordinat sistemi, ölçek, dosya türü ve birimler
- .2 Model dosya depolama konumları
- .3 Model dosyalarının transfer ve erişim süreçleri
- .4 Adlandırma Kuralları
- .5 Çeşitli yazılım türlerinden Model dosyalarının birleştirilmesi süreçleri
- .6 Model erişim hakları
- .7 Tasarım koordinasyonu ve çakışma tarama prosedürlerinin tanımı
- .8 Model güvenlik gereklilikleri
- .9 Diğer(Adreslenecek model yönetimi ek protokollerini tanımlayınız) (AIA, 2013a)

Bu maddede yer alan liste çok kapsamlı ve ayrıntılı olarak değil, Model yönetimi için düşünülmesi gereken genel kurallara öneri olması için oluşturulmuştur. Bu maddede yer alan liste, G202-2013 BIM Protokolünün “1.7 Model Yönetimi Kuralları ve Süreçleri” maddesinde de yer almakta olduğu için bu maddenin metninde gerçekleştirilen herhangi bir değişikliğin G202-2013 dokümanının 1.7 maddesine de yansıtılması gerekmektedir (AIA,2013d).

Model yönetiminden sorumlu olan kişinin sürekli olarak yerine getirmesi gereken görevlerinin tanımlandığı “ 4.8.3 Sürekli Sorumluluklar” maddesi şu şekildedir;

Modelin yönetiminden sorumlu olan Proje Katılımcısı bunu Model yönetim kurallarına ve aşağıda yer alan ‘sürekli sorumluluklar’ a uygun olarak gerçekleştirecektir.

- .1 Gelen Modelleri toplamak
  - .1 Teslim alınan ve alışveriş yapılan Modelleri koordine etmek
  - .2 Teslim alınan Modellerin günlükleri oluşturmak ve devam ettirmek
  - .3 4.8.2 maddesindeki kurallara uygun olan Model dosyalarını incelemek

- .4 Teslim alınan her bir Modelin kayıtlı bir kopyasını tutmak
- .2 Model dosyalarını birleştirmek ve Yetkili Kullanım için uygun hale getirmek
- .3 4.8.4 maddesinin gereklerine uygun olarak Model Arşivlerini oluşturmak ve yedeklemek
- .4 Model erişim haklarını yönetmek
- .5 Diğer (Ek sorumlulukları tanımlayınız.) (AIA, 2013a)

“Model Yönetimi” maddesinin sonuncu maddesi olan 4.8.4 maddesinde ise Modelin arşivlenmesine ilişkin hükümler bulunmaktadır. Bu madde, Model yönetiminden sorumlu olan Proje Katılımcısının, her bir proje aşamasının sonunda modeli arşivlemesini gerektirmektedir. Bu arşivlemenin gerekliliklerinin 4.8.4.1 maddesinde, projenin tamamlanmasının ardından modellerin korunmasına ve saklanmasına ilişkin prosedürlerin ise 4.8.4.2 maddesinde belirtilmesi gerekmektedir.

E203-2013 Protokolünde yer alan model yönetim kurallarıyla ilgili olarak diğer protokoller incelendiğinde, AGC Protokolünün ‘Enformasyon Yönetimi’ ve ‘BIM Uygulama planı’ bölümlerinde, CIC Protokolünün ise Ek-2 bölümünde benzer maddeler yer almaktadır.

E203-2013 Protokolünün yapım sonrası kullanımların belirtildiği “4.9 Yapım Sonrası Model” maddesi şu şekildedir;

Yapım sonrası kullanım için Model sağlamak ile ilgili hizmetler yalnızca aşağıdaki tabloda özellikle bir tarafın sorumluluğuna atandığı takdirde gerekli olacaktır. (Öngörülen herhangi bir İnşaat sonrası Modeli ve gerekliliklerini, Modelin oluşturulmasından ya da bu tür kullanımların arşivlenmesi için uyumlu hale getirilmesinden sorumlu olan Proje Katılımcısını ve gerektiği şekilde Modelin oluşturulması ya da arşivlenmesi için uyumlu hale getirilmesi için öngörülen hizmetler kapsamının detaylı tanımının yapıldığı konumu aşağıda belirtiniz.) (AIA, 2013a)

|                                        | Projede Uygulanabilirliği (Uygulanabilir ya da Uygulanamaz) | Sorumlu Proje Katılımcısı | Gereklilikler ve Hizmetlerin Detaylı tanımının Konumu (Aşağıda tanımlanmış şekilde bu belgeye ek şeklinde ya da 4.10 maddesinde) |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Yapım Sonrası Model                    |                                                             |                           |                                                                                                                                  |
| .1 Yeniden Modelleme                   |                                                             |                           |                                                                                                                                  |
| .2 Yol bulma ve haritalama             |                                                             |                           |                                                                                                                                  |
| .3 Varlık/demirbaş ve ekipman yönetimi |                                                             |                           |                                                                                                                                  |
| .4 Enerji Yönetimi                     |                                                             |                           |                                                                                                                                  |
| .5 Alan Yönetimi                       |                                                             |                           |                                                                                                                                  |
| .6 Bakım Yönetimi                      |                                                             |                           |                                                                                                                                  |



4.9 maddesinde yer alan tablonun ilk sütununda inşaat sonrası model kullanımları, ikinci sütunda ise hangi model kullanımlarının projede uygulanacağı belirtilirken, bu kullanımlardan sorumlu olan Proje katılımcıları üçüncü sütunda, bu kullanımların detaylarının tanımlandığı konumlar ise son sütunda gösterilmektedir.

Bu madde yalnızca, G202-2013 BIM Protokolünün 3.3 Model Element Tablosunda tanımlanmış olan tasarım ve yapımın yürütülmesi için gerekli olan Modelleme gereksinimlerin dışında, ek gereksinimlerin olması durumunda kullanılacaktır. Yapım sonrası Modelin, yapım Modelinin alt parçası ya yapım modelinde çıkarılmış bir parça olduğu halde, grafiksel biçimi, veri biçimi ve kapsam çalışmaları amaçlanan yapım sonrası model kullanımlarına göre oldukça çeşitlenmektedir (AIA, 2013d).

Yapım Sonrası kullanım ile ilgili olarak diğer protokoller incelendiğinde AGC BIM Protokolünde bu konuda herhangi bir madde bulunmazken, CIC Protokolünde ise Ek-1 bölümünde bulunan Model üretim ve teslim tablosunda doldurulması gereken bir bölüm bulunmaktadır.

4.9 maddesinde listelenen model kullanım tanımları için eğer başka bir doküman oluşturulmamışsa, bu tanımlar 4.10 maddesinde yer almalıdır.

E203-2013 Dijital veri protokolü, projeye özel olarak oluşabilecek, dijital veri kullanımı ile ilgili ek şartların ya da koşulların belirtildiği “ Diğer şart ve koşullar” bölümü ile sonlanmaktadır.

### **3.1.2 G201-2013 Dijital Veri Protokolünün Açıklanması**

E203-2013 Protokolü tarafından uygulanması gerekli kılınan protokollerden biri olan G201-2013 Protokolü, projede yer alması muhtemel olan bütün elektronik verilerin oluşturulmasına, paylaşılmasına ve kullanılmasına yani yönetilmesine ilişkin kuralların belirlenmesini amaçlamaktadır. G201-2013 Protokolü, Dijital veri kullanımına ilişkin genel hükümler, Dijital Veri Yönetimi Kuralları ve Dijital verinin kullanımı ve iletimi bölümlerinden oluşmaktadır. Protokolün içerdiği bu üç bölümde yer alan hükümler incelenerek, önemli maddelerin açıklaması yapılacak ve diğer kurumların protokolleri ile karşılaştırılacaktır.

### **3.1.2.1 Dijital veri kullanımına ilişkin genel hükümler bölümü**

Bu bölümün ilk maddesi, E203-2013 BIM ve Dijital veri Protokolünü sözleşmelerine dâhil etmiş olan Proje katılımcılarının listelenmesini gerektirirken, ikinci madde de ise bu katılımcıların hangi disiplinlerde hizmet verdiğinin, her bir proje katılımcısı içerisindeki bireysel sorumlunun kim olduğunun ve bu kişilerin iletişim bilgilerinin belirtilmesi istenmektedir.

Bu bölümde listelenmesi gereken Proje katılımcıları aslında, E203-2013 Protokolünü uygulayan bütün taraflardır. AIA’ın BIM Protokolleri arasında temel protokol olan E203-2013 Protokolünün genel hükümler bölümünde yer alan Proje katılımcılarıyla ilgili olan maddelere ilişkin olarak AGC ve CIC BIM Protokolleriyle karşılaştırma yapıldığı için (bkz. 3.1.1.1 Genel hükümler) bu bölüm ile ilgili olarak herhangi bir karşılaştırma yapılmayacaktır.

### **3.1.2.2 Dijital veri yönetim kuralları bölümü**

Dijital veri yönetim kuralları bölümü, Proje içerisinde kullanılacak olan doküman yönetim sisteminin gerekliliklerinin belirlendiği maddeleri içermektedir.

Kullanılacak olan doküman sisteminin belirtildiği ve bu bölümün ilk maddesi olan “2.1.1 Elektronik doküman yönetim sistemi” maddesi şu şekildedir;

Proje Katılımcıları E203-2013 Protokolünün 3.5.1 maddesinde Projede merkezi elektronik doküman yönetim sistemi kullanmayı amaçladıklarını belirtmişlerse, merkezi elektronik doküman yönetim sistemi için gereklilikler şöyledir: (Sistem gereklilikleri dijital veri erişimi ve güvenliğini de içerecektir.) (AIA, 2013b).

E203-2013 BIM ve Dijital veri protokolünün 3.5.1 maddesinde merkezi elektronik doküman sistemi kullanılacağına belirtildiği takdirde, bu doküman yönetim sistemine ilişkin gerekliliklerin bu maddede belirtilmesi gerekmektedir. Tezin 3.1.1.3 bölümünde de bahsedildiği gibi bu sistemler projedeki kullanımına bağlı olarak çok basit ya da çok karmaşık olabilmektedirler. Bu nedenle Proje Katılımcıları kendi ihtiyaçlarına cevap verecek en uygun sistemi seçmelidirler.

Basit sistemlere örnek olarak dosyaların postalanabildiği ve erişilebildiği paylaşılan FTP siteleri, karmaşık sistemlere örnek olarak ise yorumlama, versiyon kontrol, erişim kaydı ve başka özelliklere de sahip olan ve gösterilebilir. Proje karmaşıklığına bağlı olarak, tek bir doküman sistemi yerine, belirli türdeki elektronik dokümanlar

için farklı sistemlerin kullanılması daha uygun olabilir. Örneğin, çizim verileri Mimar tarafından yönetilen bir sistemde bulunurken, yazışma ve grafiksel olmayan veriler Mal Sahibinin sisteminde muhafaza edilebilir (AIA, 2013d).

Proje katılımcıları tarafından elektronik doküman sisteminin tanımlanması sırasında belirtilmesi gereken konulara örnek olarak, Projenin bitiminin akabinde teslimatlara ya da diğer kayıtlara erişimi ve süre aralığını içeren erişim izinleri, verileri postalama, değiştirme, görüntüleme ve arşivleme izni ve bu tip doküman yönetim sisteminin mülkiyeti konuları gösterilebilir (AIA, 2013d).

Doküman sisteminin başlatılması için gereken ihtiyaçların belirtildiği “ 2.1.2 Sistem başlatma gereklilikleri” maddesi ise şu şekildedir;

Dijital verinin yönetimi ya da kullanımı ile ilgili olarak uygulanacak ön eğitim ve diğer başlatma gereklilikleri varsa, bunlar şöyledir: (Herhangi ön eğitim ya da diğer başlatma gerekliliklerini detaylı olarak tanımlayınız.) (AIA, 2013b).

2.1.1 maddesinde belirtilmiş olan doküman yönetim sisteminin karmaşıklığına bağlı olarak, belirlenmiş sistemin kullanım bilgisine ya da bu sistemin gerektirmiş olduğu donanımlara sahip olmayan Proje Katılımcıları olabilir. Bu nedenle belirlenmiş olan elektronik doküman yönetim sisteminin kullanılmaya başlanabilmesi için bazı eğitim ya da teknik gereksinimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereksinimlerin bu madde içinde belirtilmesi gerekmektedir (Tezin 2.3 bölümde eğitim ya da teknik gereksinimlerle ilişkili olarak bilgiler yer almaktadır).

Seçilmiş doküman yönetim sisteminin uygulamaya devam ettirilebilmesi için sürekli olarak karşılanması gereken gereksinimlerin ise “2.1.3 Sürekli olan sistem gereksinimleri” maddesinde açıklanması istenmektedir. İlgili madde şu şekildedir;

Dijital verinin yönetimi ya da kullanımı ile ilgili olarak sürekli olarak uygulanacak olan eğitim ya da destekleme programları varsa, bunlar şöyledir: (Uygulanacak olan devam eden eğitim ya da destekleme programlarını detaylı olarak tanımlayınız.) (AIA, 2013b).

Proje Katılımcıları seçilmiş olan doküman yönetim sisteminin sürdürülmesini sağlamak ya da sistem ile ilgili sürekli olarak eğitim vermesi için personel alımı yapabilir. Böyle bir hizmetin katılımcının sorumlulukları arasında yer alması durumunda, katılımcının sözleşme bedelinde değişiklik oluşabileceği için bu gibi gereksinimlerin bu madde de belirtilmiş olması gerekmektedir (AIA, 2013d).

Dijital verilerin depolanması hakkında olan “2.2 Dijital veri depolama gereklilikleri” maddesi şu şekildedir;

Proje süreci boyunca dijital verinin depolanması için olan prosedürler ve gereklilikler şu şekildedir: (Proje süreci boyunca dijital verinin depolanması için olan prosedürler ve gereklilikleri detaylı olarak tanımlayınız.) (AIA, 2013b).

Dijital veri, yalnızca tek bir Proje Katılımcısının sunucusunda ya da birçok Proje Katılımcısının sunucularında ya da dışsal bir sağlayıcıda ya da bu yöntemlerin kombinasyonu olan bir şekilde depolanabileceğinden dolayı bu bölümde yer alabilecek gereklilikler oldukça çok olabilmektedir. Ayrıca, bu maddede belirtilmiş olan gereklilikler, 2.1.1 maddesinde tanımlanmış olan merkezi elektronik doküman yönetim sistemi ile koordine edilmesi gerekmektedir (AIA, 2013d).

Proje yaşam süreci boyunca dijital verilerin arşivlenmesi ile ilgili olan “2.3 Dijital veri arşivleme gereklilikleri” maddesi ise şu şekildedir;

Proje süreci boyunca ve Projenin tamamlanmasını takiben Dijital verinin korunması ve arşivlenmesi için prosedürler ve gereklilikler varsa şöyledirler: (Proje süreci boyunca ve Projenin tamamlanmasını takiben Dijital verinin korunması ve arşivlenmesi için prosedürler ve gereklilikleri detaylı olarak tanımlayınız.) (AIA, 2013b).

Dijital verinin ne kadar sıklıkla arşivleneceği, arşiv dosyalarının ne kadar süre tutulacağı, Proje katılımcılarının arşivlenmiş dosyalarına ne kadar süre daha erişebileceği, arşiv dosyalarının korunmasının maliyetini ve sorumluluğunu kimin sağlayacağı, arşiv dosyalarının nasıl kullanılacağını ve saklama süresi dolan herhangi bir arşiv dosyasının yok edilmesi için nasıl bir süreç oluşturulması gerektiği gibi konular bu maddede yer almalıdır (AIA, 2013d).

G201-2013 Dijital veri protokolünün dijital veri yönetimi kuralları bölümünde yer alan maddelerin kapsadıkları konular açısından diğer protokoller incelendiğinde, AGC BIM Protokolünde ilişkili madde bulunmadığı, CIC BIM Protokolünde ise Ek-2 bölümünün burada ele alınan konulara benzer birkaç maddeye sahip olduğu görülmektedir.

### **3.1.2.3 Dijital veri kullanımı ve iletimi bölümü**

G201-2013 Dijital veri protokolünün son bölümü olan dijital veri kullanımı ve iletimi, Projede kullanılacak olan bütün dijital veri türlerinin, iletim yöntemlerinin ve kullanımlarının belirlenmesini amaçlamaktadır.

Bu bölümde yer alan iki maddeden birincisi olan “3.1 Dijital veri kuralları tablosu” maddesi şu şekildedir;

Proje Katılımcıları, aşağıdaki Dijital veri kuralları tablosunda yer alan veri türleri, gönderim türü ve yetkili kullanımlarına uygun şekilde dijital veriyi kullanımını ya da iletimini gerçekleştireceklerdir. (Aşağıdaki boşlukları kullanarak Dijital veri kuralları tablosunu doldurunuz. Dijital veri listesinde ekleme, silme ya da değiştirme yaparak projenin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde, tabloyu projeye uygun hale getiriniz. Dijital Veri Protokol tablosuna yerleştirilmiş olan kısaltmalar ve belirtilmiş notları tanımlamak için “3.2 Dijital veri protokol tablosu tanımlar ve notlar” maddesini kullanınız.) (AIA, 2013b).

| <b>Dijital Veri</b>                              | <b>Dijital Veri Türü</b> | <b>İletim türü</b> | <b>Yetkili Kullanımlar</b> | <b>Notlar</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------|---------------|
| <b>3.1.1 Proje Sözleşmeleri ve Değişiklikler</b> |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.2 Proje İletişimleri</b>                  |                          |                    |                            |               |
| Genel İletişimler                                |                          |                    |                            |               |
| Toplantı Notları                                 |                          |                    |                            |               |
| Ajanda                                           |                          |                    |                            |               |
| Tutanaklar                                       |                          |                    |                            |               |
| Bilgi talepleri                                  |                          |                    |                            |               |
| Mimarın ilave talimatları                        |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.3 Mimarın inşaat öncesi teslimatları</b>  |                          |                    |                            |               |
| Şematik tasarım Dokümanları                      |                          |                    |                            |               |
| Gelişmiş tasarım dokümanları                     |                          |                    |                            |               |
| Yapım Dokümanları                                |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.4 Sözleşme Dokümanları</b>                |                          |                    |                            |               |
| Mimarın Çizimleri                                |                          |                    |                            |               |
| Mimarın teknik şartnameleri                      |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.5 Yüklenicinin Teslimatları</b>           |                          |                    |                            |               |
| Ürünlerin bilgisi                                |                          |                    |                            |               |
| Yüklenici tarafından gönderilen                  |                          |                    |                            |               |
| Mimar tarafından geri gönderilen                 |                          |                    |                            |               |
| İmalat Çizimleri                                 |                          |                    |                            |               |
| Yüklenici tarafından gönderilen                  |                          |                    |                            |               |
| Mimar tarafından geri gönderilen                 |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.6 Altyüklenicinin Teslimatları</b>        |                          |                    |                            |               |
| Ürünlerin bilgisi                                |                          |                    |                            |               |
| Altyüklenici tarafından gönderilen               |                          |                    |                            |               |
| Yüklenici tarafından geri gönderilen             |                          |                    |                            |               |
| İmalat Çizimleri                                 |                          |                    |                            |               |
| Altyüklenici tarafından gönderilen               |                          |                    |                            |               |
| Yüklenici tarafından geri gönderilen             |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.7 Değişiklikler</b>                       |                          |                    |                            |               |
| Teklif çağrı dosyası                             |                          |                    |                            |               |
| Mimarın işle ilgili küçük değişiklik talimatı    |                          |                    |                            |               |
| Teklif                                           |                          |                    |                            |               |
| Yapım değişiklik talimatları                     |                          |                    |                            |               |
| Değişiklik talimatı                              |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.8 Proje ödeme dokümanları</b>             |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.9 Uyarı ve Hak talepleri</b>              |                          |                    |                            |               |
| <b>3.1.10 Kapanış Dokümanları</b>                |                          |                    |                            |               |
| Kayıtlı Dokümanlar                               |                          |                    |                            |               |
| İşletme ve Bakım Kılavuzu                        |                          |                    |                            |               |

Bu maddede yer alan tablo, projede kullanılması planlanan bütün dijital verilerin sıralandığı, her bir dijital verinin türünün, iletim yönetiminin, kullanımının ve diğer gerekliliklerinin belirtildiği tablodur.

Bu tabloda sıralanması gereken dijital verilerin belirlenmesi sırasında E203-2013 BIM ve Dijital veri protokolünün “3.1 Öngörülen dijital veri türleri” maddesi (bkz. 3.1.1.3 bölümü) başlangıç noktası olarak kullanılabilir. E203-2013 Protokolünün oluşturulmasından daha sonra G201-2013 Dijital veri protokolü oluşturulduğu ve proje eklenen her bir katılımcıyla beraber revize edildiği göz önüne alındığında burada yer alan dijital veriler artık öngörülen veriler olmaktan çıkmakta ve kesin veriler haline gelmektedir. Bu nedenle burada listelenmiş olan veri türlerinin daha gelişmiş ve detaylı olması beklenmektedir.

Tablonun ikinci kolonunda, belirtilenmiş olan dijital verilerin her birinin hangi dosya biçiminde olacağının belirtilmesini gerektirmekte ki böylece hangi yazılım kullanılarak bu verilerin oluşturulacağı da belirlenmiş olacaktır.

İletim türü bölümünde ise, her bir veri türünün cd, e-posta ve doküman yönetim sistemi gibi iletim yöntemlerinden hangisiyle paylaşılacağının belirtildiği kısımdır. Üçüncü kolon olan yetkili kullanımda ise, verilerin iletildiği tarafın veri üzerinde ne gibi eylemleri gerçekleştirme iznine sahip olduğunun bilgisi yer almaktadır.

Son kolon olan notlar ise, kullanıcılara bir önceki kolonlarda belirtilen öğelere ilişkin ek bir açıklama yapmalarına olanak tanımaktadır. Örneğin belirli türdeki verilerin basılı kopyasının da iletilmesi gerekiyorsa, notlar bölümünde bu gereklilik belirtilebilir. Projenin başarısı için gerekli olan enformasyon akışını desteklemeyen çok özel yazılım gereklilikleri, iletim kuralları ve kullanım izinleri ile tablonun doldurulmasına yönelik doğal bir eğilim bulunmaktadır. Bu bölümü doldururken dikkat edilmesi gereken en önemli faktör, gereksizce enformasyon akışının kısıtlanmasıdır (2013d).

Bu tabloda yer alan dijital veriler, projenin ihtiyaçlarına göre revize edilebilmekte yani başka verilerin eklenmesi ya da mevcut verilerin çıkarılması mümkündür ki madde metninde de bu listenin “proje adapte edilmesi” gerektiği ibaresi yer almaktadır. Ayrıca madde içerisinde yer alan “kısaltmaların tanımlanması için 3.2 maddesini kullanınız” ibaresinden anlaşılabileceği üzere, bu tablonun belirlenmiş olan kısaltmalarla doldurulması gerekmektedir.

Bu maddenin doldurulması sırasında kullanılan kısaltmaların tanımlandığı “3.2 Dijital veri protokol tablo tanımları ve notlar” maddesi ise şu şekildedir;

Dijital veri biçimi:(Eğer uygulanacaksa, yazılım versiyonu da dâhil olmak üzere gerekli olan veri türünü belirtiniz.)

| Dijital Veri Türü | Tanım |
|-------------------|-------|
|-------------------|-------|

Gönderim Yöntemi: (Aşağıda önerilen kısaltmalar ve tanımlar bulunmaktadır. Gerekliği şekilde silme, değiştirme ya da ekleme yapılabilir.)

| Kısaltma | Tanım                                      |
|----------|--------------------------------------------|
| CD       | Kompakt Disk ile gönderilmiş               |
| EM       | E-posta ile teslim gönderilmiş             |
| DMS      | Merkezi Elektronik Doküman Yönetim Sistemi |

Dijital Verinin Yetkili Kullanımı: (Aşağıda önerilen kısaltmalar ve tanımlar bulunmaktadır. Gerekliği şekilde silme, değiştirme ya da ekleme yapılabilir.)

| Kısaltma | Tanım                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| I        | Bütünleşik(Alınan verinin değiştirilmeden ek dijital verinin birleştirilmesi) |
| M        | Proje zorunluluklarını gerçekleştirmek için gereken değişiklikler             |
| R        | Yeniden üretim ve dağıtım                                                     |
| S        | Depolama ve yalnızca görüntüleme                                              |

Notlar: (Tabloda gösterilmiş olan numaralara göre listeleyiniz) (AIA, 2013b).

Bu maddenin temel işlevi “3.1 Dijital veri kuralları tablosu” maddesinde kullanılmış olan kısaltmaların tanımlanmasıdır.

Bu madde metninde yer alan, önerilen kısaltmalar genellikle kullanılan kısaltmalar olup, Proje katılımcılarının burada önerilenleri kullanmak zorunda oldukları anlamına gelmemektedir. (AIA,2013d). Bu bölümde yer alan önerilen kısaltmalar ve açıklamaları bir yandan 3.1 maddesinde yer alan tablonun nasıl doldurulması gerektiğine de örnek teşkil etmektedir.

G201-2013 Dijital veri Protokolünün dijital veri kullanımı ve iletimi bölümünde ele alınan veriler yalnızca modele ilişkin veriler olmayıp, Projede kullanılacak olan bütün dijital verileri içermektedir. AGC ve CIC BIM Protokollerinde ise yalnızca Modele ilişkin verilerin ele alınması nedeniyle bu bölümün diğer protokollerde karşılığı olmadığı söylenebilmektedir.

### **3.1.3 G202-2013 BIM Protokolünün Açıklanması**

E203-2013 Dijital veri ve BIM Protokolünün uygulanmasını gerektirdiği ve özellikle BIM verilerine ilişkin kuralların yer aldığı protokol, G202-2013 BIM Protokolüdür. Bu protokol, BIM uygulaması esnasında ihtiyaç duyulabilecek çeşitli gereksinimlerin, modelin hangi elementlerden oluşacağını, bu model elementlerin hangi gelişim seviyesinde olması gerektiğinin ve oluşturulmasından kimin sorumlu olacağını belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda genel hükümler, gelişim seviyesi ve model elementler bölümlerini içermektedir. Diğer protokollerin açıklanması esnasında yapıldığı gibi, bu protokol için de, içerdiği her bir bölüm ayrıca ele alınacak ve önemli maddeleri açıklanacaktır.

#### **3.1.3.1 Genel hükümler bölümü**

G202-2013 BIM Protokolünün ilk bölümü olan genel hükümler bölümü, proje katılımcıları, rolleri ve iletişim bilgilerinin, modelin içereceği verilerin ve farklı disiplinlere ait modellerin, işbirliği yöntemlerinin, teknik ve eğitim gereksinimlerin, hangi model standartların uygulanacağını ve model yönetim kurallarının belirlenmesini gerektiren maddeleri içermektedir.

Bu bölümün ilk maddesi, G201-2013 protokolünde olduğu gibi, E203-2013 protokolünü esas sözleşmesine dâhil etmiş olan proje katılımcılarının, modelleme rollerinin, sorumlu kişilerin ve iletişim bilgilerinin belirtilmesini gerektirmektedir.

Birinci maddenin ardından gelen, modelin içereceği farklı disiplinlere ait modellerin ve verilerin belirtildiği 1.2 maddesi ise şu şekildedir;

Bu belge, Proje için Modelleme kurallarını oluşturmaktadır. Bu kuralların amaçları doğrultusunda Model şu bilgi ve veri setlerinden oluşmaktadır: (Modelleme kuralları tarafından yönetilen Modelde yer alacak disiplinleri, ayrı modelleri ve diğer verileri belirtiniz.) (AIA, 2013c).

Modele çok miktarda ve çeşitlilikte bilginin eklenme ihtimalinin bulunması nedeniyle bu madde oldukça önemli hale gelmektedir. Bu madde katılımcıların, Modelde tam olarak hangi bilgilerin yer alacağını ve projenin hangi kısımlarının modelleneyeceğini belirlemelerini sağlamaktadır. Bu madde de sıralanacak bilgilere örnek olarak mimari modeller, mekanik ve elektrik modelleri, statik modeller, modele bağlanmış maliyet veritabanları, şartnameler, bakım ve onarım kılavuzları, enerji analiz modelleri gösterilebilir (AIA, 2013d). Bu maddenin içeriği E203-2013



BIM ve dijital veri protokolünün “4.2 Öngörülen BIM kapsamı” maddesi ile benzerlik göstermektedir.

Proje katılımcıları arasındaki işbirliği, daha doğrusu iletişim ile ilgili olan “1.3 İşbirliği kuralları” maddesi şöyledir;

Modelin işbirlikçi kullanımı için Proje Katılımcılarının, eğer varsa, iletişim kurallarını, işbirliği toplantı programını ve eş-konum gerekliliklerini içeren kuralları şu şekildedir: (AIA, 2013c).

Modeldeki değişikliklere yönelik, modelin işbirliği içerisinde oluşturulması amacıyla Proje katılımcıları arasında yapılacak olan toplantı programlarının, iletişim araçlarının ya da fiziksel olarak aynı konumda yer almaları gerektiğinin bu madde içerisinde belirtilmesi gerekmektedir. Burada yer verilebilecek diğer konulara örnek olarak, veri barındırma stratejileri, geniş iletişim ağı ya da modelin işbirlikçi kullanımına yardımcı olabilecek diğer eylemler ya da teknik uygulamalar gösterilebilir (AIA, 2013d).

“1.4 Teknik gereksinimler” ve “1.5 Eğitim ve Destek” maddeleri, BIM Modelinin oluşturulması esnasında gerek duyulabilecek yazılım ya da donanımlar gibi teknik gereksinimlerin ve katılımcılar için ihtiyaç duyulabilecek eğitim gereksinimlerinin belirtildiği maddelerdir. Bu konular ile ilgili kapsamlı açıklama, Tezin “2.3.2 Teknik gereksinimler” ve “2.3.1.1 Personel yetkinliği” bölümlerinde bulunmaktadır.

Modelin oluşturulması sürecinde kullanılacak olan bir standart olduğu takdirde, bu standart “1.6 Model Standardı” maddesinde belirtilmelidir. Mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisinde yer alan profesyoneller ve mal sahipleri tarafından kendileri için bazı standartlar geliştirmişlerdir. National Building Information Model Standards (NBIMS) tarafından geliştirilmiş olan standart, endüstri içerisinde oldukça kullanılır hale gelmiştir (AIA, 2013d). Proje Katılımcılarının kendilerinin geliştirmiş olduğu ya da başka bir kurum tarafından geliştirilmiş olan herhangi bir standardı Proje içerisinde kullanacakları takdirde, bu kullanımı ve standardı bu madde içerisinde belirtmeleri gerekmektedir.

Model yönetime ilişkin kuralların belirtilmesi gereken “1.7 Model yönetim kuralları ve süreçleri” maddesi şu şekildedir;

Aşağıdaki Model Yönetim Kuralları ve Süreçleri yalnızca aşağıdaki yer alan tabloda “uygulanacak” olarak belirtilmişse Projede uygulanacaktır. (Projede uygulanacak olan Model Yönetim kurallarını ve süreçlerini, aşağıdaki tablonun ikinci kolonunda belirtiniz. Üçüncü kolonda, Model Yönetim Kuralları ve Süreçlerinin detaylı tanımının 1.8 maddesinde mi yoksa ek bir dokümanda mı olduğunu belirtiniz. Eğer ek doküman ise, ek dokümanı tanımlayınız.) (AIA, 2013c).

| Model Yönetim Kuralları                                                                   | Projede Uygulanabilirliği<br>(Uygulanabilir ya da Uygulanamaz) | Detaylı Tanım Konumu<br>(1.8 maddesinde ya da aşağıda tanımlandığı gibi bu belge ekinde ) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.7.1 Model başlangıç noktası, koordinat sistemi, ölçek, dosya biçimleri ve birimler      |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.2 Model dosyalarının depolama konumları                                               |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.3 Model dosyalarının transfer ve erişim süreçleri                                     |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.4 Adlandırma Kuralları                                                                |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.5 Çeşitli yazılım platformlarından gelen Model dosyalarının birleştirilmesi süreçleri |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.6 Model erişim hakları                                                                |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.7 Tasarım koordinasyonu ve çakışma denetimi prosedürleri                              |                                                                |                                                                                           |
| 1.7.8 Model güvenlik gereklilikleri                                                       |                                                                |                                                                                           |

Bu maddede yer alan tablo, E203-2013 Protokolünün “4.8.2 Model Yönetim Kurallarının Oluşturulması” maddesinde yer verilmiş olan kuralları içermelidir. Bu tabloda yer alan ve projede uygulanacağı belirtilen kuralların detaylı tanımları, eğer bu tanım ayrı bir dokümanda yapılmayacaksa, protokolün 1.8 maddesinde yer almalıdır.

G202-2013 BIM Protokolünün, genel hükümler bölümünde yer alan konular açısından, AGC ve CIC BIM Protokolleriyle karşılaştırıldığında bazı konular açısından benzer hükümler yer aldığı görülmektedir. Genel olarak model içeriğinin, teknik gereksinimlerin ve model yönetim kurallarının ele alındığı maddelerde benzerlik görülmektedir.

### 3.1.3.2 Gelişim seviyesi (LOD) bölümü

Gelişim seviyesi (LOD) bölümü, G202-2013 BIM protokolünün ikinci bölümü olup, Modeli oluşturan model elementlerin olabilecekleri LOD seviyelerini tanımlayan maddeleri içermektedir. Tezin “2.2.2 Model gelişim seviyeleri ya da detay seviyeleri (LOD)” bölümünde gelişim seviyeleri hakkında detaylı bilgi yer almaktadır.

Bu bölümün ilk maddesinde, bölüm içerisinde beş ayrı LOD tanımlandığı, her bir LOD için model element içerik gerekliliklerinin ve analiz, maliyet tahmini, iş programı gibi eylemler açısından yetkili kullanımlarının ne olduğu belirtilmiştir. Ayrıca proje katılımcılarının bu bölümde belirlenmiş olan LOD'ları daha sonra G202-2013 Protokolünün “3.3 Model element tablosu” maddesinin doldurulması sırasında kullanacaklarını da belirtmektedir.

LOD 100 ile ilgili olan 2.2 maddesi, alt maddeleriyle birlikte şu şekildedir;

2.2.1 Model Element İçerik Gereklilikleri: Model element, LOD200 gerekliliklerine ulaşmayacak şekilde, Model içerisinde sembol ya da başka genel bir gösterimle grafiksel olarak gösterilebilir. Model elementle ilişkili olan ( $m^2$  maliyeti, HVAC tonajı vb.) bilgiler diğer Model elementlerden elde edilebilirler.

2.2.2 Yetkili Kullanımlar

2.2.2.1 Analizler. Model element hacme, alana ve diğer Model elementlere atanmış olan genel performans kriterlerinin uygulamasının uyumuyla analiz edilebilir.

2.2.2.2 Maliyet Tahmini. Model element mevcut alana, hacme ya da benzer maliyet hesaplama tekniklerine (örneğin döşeme alanı  $m^2$ 'si, kat sayısı, hastane yatağı vb) dayanarak maliyet tahmini geliştirmek için kullanılabilir.

2.2.2.3 İş Programı. Model Element, Proje aşamaları ve toplam Proje sürecinin belirlenmesi için kullanılabilir.

2.2.2.4 Diğer Yetkili Kullanımlar. LOD 100 için geliştirilmiş Model Elementler için ek Yetkili Kullanımlar varsa, şu şekildedir: (AIA, 2013c).

LOD seviyelerinin birincisi olan LOD100 seviyesindeki elementler, model element içeriklerinde yer alan bilgilerden de anlaşılacağı üzere, model içerisinde gerçek geometrileriyle değil, yalnızca projede var olduklarını belirtmek amacıyla sembol olarak gösterilmektedir.

Bu seviyedeki yapısal model element için  $m^2$  başına birim demir ağırlığı miktarı bağlanmış döşeme ya da çatı elementleri, mimari model element için gerçek geometrilerini içermeyecek şekilde sembol olarak gösterilmiş asansör ya da merdivenler, elektrik ile ilgili model element için ise  $m^2$  başına güç tüketiminin birim miktarı bağlanmış olduğu döşeme elementleri örnek olarak gösterilebilir. Bu seviyedeki model elementlerin içerdiği bilgilerin güvenilirliğine dayanarak belirlenen yetkili kullanımlarına bakıldığında ise bu elementler yalnızca konsept seviyesindeki

analizleri, maliyet tahminlerini ve iş programlarını oluşturmak için kullanılabilirler (AIA,2013d).

LOD 200 ile ilgili olan 2.3 maddesi, alt maddeleriyle birlikte şu şekildedir;

2.3.1 Model Element İçerik Gereklilikleri: Model element, Model içerisinde yaklaşık miktar, boyut, biçim, konum ve uyum ile birlikte genel sistem, nesne ya da kurulum olarak grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir.

2.3.2. Yetkili Kullanımlar

2.3.2.1 Analiz. Model element, temsil edilen Model elementlere atanmış olan genel performans kriterlerinin uygulamasıyla seçilen sistemin performansı için analiz edilebilir.

2.3.2.2 Maliyet Tahmini. Model element, sağlanmış olan yaklaşık veri ve miktara dayalı tahmin tekniklerine (örneğin hacim ve element miktarı ya da seçilmiş sistem türü) dayanarak maliyet tahmini geliştirmek için kullanılabilir.

2.3.2.3 İş Programı. Model element, ana element ve sistemlerin zaman ölçekli sıralanışını göstermek için kullanılabilir.

2.3.2.4 Koordinasyon. Model Element büyüklüğü, konumu ve diğer elementlere olan uzaklığı açısından diğer elementlerle genel koordinasyonu için kullanılabilir.

2.3.2.5 Diğer Yetkili Kullanımlar. LOD 200 için geliştirilmiş Model Elementler için ek Yetkili Kullanımlar varsa, şu şekildedir: (AIA, 2013c).

LOD 200, model elementin geometrik olarak gösterildiği en düşük seviye olup, büyüklüğü, biçimi, konumu ile ilgili içerdiği bilgiler yaklaşık bilgilerdir. Bir model elementin bu seviyede olduğunun belirtilmesi, bu elementin proje gelişimiyle beraber değişebileceği anlamına gelmektedir. Bu seviyedeki model elementlere örnek olarak kalınlığı, bileşenleri ve konumları tam olarak belirlenmiş fakat üç boyutlu nesneler olarak modellenmiş duvar ve çatılar gösterilebilir. Bu seviye ile ilgili yetkili kullanımlara bakıldığında, Model elementlerin karar verilmiş son hallerinde değil de yaklaşık olarak belirtilmiş olmaları nedeniyle, bu elementlerin kullanılarak gerçekleştirilmiş olan analizlerde, maliyet tahminlerinde de yaklaşık sonuçlar elde edilecektir (AIA,2013d).

LOD 300 ile ilgili olan 2.4 maddesi, alt maddeleriyle birlikte şu şekildedir;

2.4.1 Model Element İçerik Gereklilikleri: Model element, Model içerisinde miktarı, boyutu, biçimi, konumu ve uyumu ile birlikte belirli bir sistem, nesne ya da kurulum olarak grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafiksel olmayan bilgi de model elemente eklenebilir.

2.4.2 Yetkili Kullanımlar

2.4.2.1 Analiz. Model element, gösterilen Model elemente atanmış olan belirli performans kriterlerinin uygulamasıyla, seçilen sistemlerin performansı için analiz edilebilir.

2.4.2.2 Maliyet Tahmini. Model Element, sağlanmış olan belirli verilere dayanarak ihale için uygun bir maliyet tahmini geliştirmek için kullanılabilir.

2.4.2.3 İş Programı. Model element, ana element ve sistemlerin zaman ölçekli sıralanışını göstermek için kullanılabilir.

2.4.2.4 Koordinasyon. Model Element, büyüklüğü, konumu ve diğer elementlere olan uzaklığı açısından, diğer elementlerle belirli bir koordinasyon için kullanılabilir.

2.4.2.5 Diğer Yetkili Kullanımlar. LOD 300 için geliştirilmiş Model Elementler için ek Yetkili Kullanımlar varsa, şu şekildedir: (AIA, 2013c).

LOD 300 seviyesinde gösterilmiş olan Model elementler boyutları, konumları ve biçimleri açısından kesin ve doğru bilgilere dayanarak modellenmişlerdir. Bu seviyedeki model elementlere örnek olarak, boyutlarının, konumlarının ve bileşenlerinin tam olarak gösterildiği yap elemanları gösterilebilir. Bu seviyedeki Model elementler kesin ve doğru bilgiler içerdikleri için analizlerde, maliyet tahminlerinde, iş programında ya da disiplinler arası koordinasyonlarda kullanılmaları sonucunda da kesin bilgiler elde edilebilecektir.

Bir sonraki seviye olan LOD 400 ile ilgili olan 2.5 maddesi, alt maddeleriyle birlikte şu şekildedir;

2.5.1 Model Element İçerik Gereklilikleri: Model element, Model içerisinde detay, fabrikasyon ve kurulum bilgisiyle beraber büyüklüğü, biçimi, konumu, miktarı ve uyumu açısından belirli bir sistem, nesne ya da kurulum olarak gösterilmektedir. Grafiksiz olmayan bilgi de model elemente eklenebilir.

#### 2.5.2 Yetkili Kullanımlar

2.5.2.1 Analiz. Model element, gösterilen Model elemente atanmış olan gerçek performans kriterlerinin uygulamasıyla, sistemlerin performansı için analiz edilebilir.

2.5.2.2 Maliyet Tahmini. Maliyetler, Model elementin satın alma sırasındaki gerçek maliyetlerine dayanmaktadır.

2.5.2.3 İş Programı. Model element, özel element ve sistemlerin, inşaat araç ve yöntemlerinin dâhil olduğu zaman ölçekli sıralanışı göstermek için kullanılabilir.

2.5.2.4 Koordinasyon. Model Element, fabrikasyon, kurulum ve detaylı operasyon konularıyla beraber büyüklüğü, konumu ve diğer elementlere olan uzaklığı açısından diğer elementlerle koordinasyon için kullanılabilir.

2.5.2.5 Diğer Yetkili Kullanımlar. LOD 400 için geliştirilmiş Model Elementler için ek Yetkili Kullanımlar varsa, şu şekildedir: (AIA, 2013c).

LOD 400 Model element içerik gerekliliklerindeki tanımlamaya dayanarak, bu seviyedeki model elementlerin imalat için gerek duyulan bilgilere sahip olduğu söylenebilir.

LOD 500 ile ilgili olan 2.6 maddesi ise, alt maddeleriyle birlikte şu şekildedir;

2.6.1 Model Element İçerik Gereklilikleri: Model element büyüklük, biçim, konum, miktar ve uyum açısından saha onaylı olarak gösterilmektedir. Grafiksiz olmayan bilgi de model elemente eklenebilir.

2.6.2 Yetkili Kullanımlar. LOD 500 için geliştirilmiş Model Elementler için ek Yetkili Kullanımlar varsa, şu şekildedir: (AIA, 2013c).

Saha onaylı olan bilgileri içermesi nedeniyle LOD 500 seviyesindeki model elementler “as-built” elementler olarak kabul edilebilir. Bu seviyedeki elementler binanın bakımı ve onarımı ve tesis yönetimi için kullanılabilirler (AIA,2013d).

Gelişim Seviyeleri açısından diğer BIM Protokolleri incelendiğinde AGC ve CIC BIM Protokollerinde gelişim seviyesine değil detay seviyesine yer verildiği görülmektedir. (Gelişim seviyesi ve detay seviyesine ilişkin açıklama daha önce Tezin 2.2.2 Model gelişim seviyeleri ya da detay seviyeleri (LOD) bölümünde yapılmıştır.) Detay seviyeleri açısından baktığımızda, AGC BIM Protokolünde katılımcılardan model elementlerin sahip olmaları gereken detay seviyelerini belirtmelerini istemekte fakat bu detay seviyelerine ilişkin herhangi bir tanımlama bulunmamaktadır. CIC BIM Protokolünde de detay seviyelerine ilişkin tanımlama bulunmamasına rağmen PAS 1192-3 (Specification for information management for the operational phase of construction projects using BIM) dokümanının da yer alan detay seviyelerinin kullanılması istenmektedir.

### **3.1.3.3 Model element bölümü**

G202-2013 BIM Protokolünün son bölümü olan Model element bölümü, modeli oluşturan model elementlerin içerdiği bilgilerin doğruluğuna ne kadar güvenilebileceğinin, hangi eylemler için kullanılabileceğinin (bu element için atamış olan LOD seviyesi ile belirtilmektedir) ve model elementin oluşturulmasından kimin sorumlu olduğunun belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda dört ana madde içermektedir.

”3.1 Model elementlere güvenilmesi” maddesi bu bölümün ilk maddesi olmakta ve herhangi bir proje aşamasında, proje katılımcılarının her bir model element için içerdikleri bütün bilgilere değil, yalnızca o model element için atanmış olan LOD seviyesinin izin verdiği içeriğe güvenmeleri gerektiğini belirtmektedir. Bazen model elementler atanmış oldukları LOD seviyesinin gerektirdiğinden daha fazla detay içerebilir fakat model elementin çok fazla detaya sahip olması, o detayların her birinin kesin ve doğru olduğu anlamına gelmemektedir. Bu nedenle, model elementin sahip olduğu detay seviyesine göre değil atanmış olduğu LOD seviyesine göre içerdiği bilgilere güvenilmelidir.

“3.1.2 Koordinasyon ve Model Düzeltmesi” maddesi ise, Projenin aşamasına ya da LOD’una bağlı olmaksızın, Model içerisinde herhangi bir uyumsuzlığa rastlandığı takdirde, Model element yazarına ve Model yönetiminden sorumlu olan kişiye bu konunun bildirilmesini ve model element yazarlarının bu uyumsuzluğu değerlendirmesini ve çözümlemesini gerektirmektedir.

Bu bölümün ikinci maddesi olan “3.2 Tablo Talimatları” maddesinde ise bölüm sonunda oluşturulması istenen Model element tablosunun doldurulması sırasında kullanılacak olan kısaltmalara dair açıklamalar yer almaktadır.

“3.3 Model element tablosu” maddesi bu bölümün üçüncü maddesi ve aynı zamanda en önemli maddesidir. Bu madde içerisinde yer alan tabloda her bir model element için, her bir proje aşamasında sahip olması gereken LOD’un ve hangi Model element yazarı tarafından oluşturulacağının belirtilmesi gerekmektedir.

Bu tablonun iki ana amacı bulunmaktadır. Bu amaçlardan birincisi model elementin doğruluk derecesinin belirlenmesi yani tasarımcının sağladığı bilgi ve kesinliğin dışında başka bir kesinlik ortaya çıkarılmamasıdır. İkincisi ise hangi aşamada hangi bilginin kim tarafından sağlanacağının belirlenmesiyle disiplinler arası koordinasyonun sağlanmasıdır (AIA, 2013d).

Bu tablonun doldurulması için ilk önce proje aşamalarının belirlenmesi gerekmektedir. Proje aşamalarının belirlenmesinin ardından Model elementlerin belirlenmesi gerekmektedir. Model elementlerin belirlenmesi sırasında CSI Unifomat ya da OmniClass gibi yapım sınıflandırma sistemleri kullanılabileceği gibi herhangi bir sistem kullanmadan da oluşturulabilir. Model elementlerinde belirlenmesinin ardından her bir model elementin oluşturulmasından sorumlu olan

Model element yazarları ve her bir Model elementin LOD'u belirlenmelidir. Model elementler ile ilgili açıklanması gereken bir nokta bulunduğu takdirde, bu açıklama notlar kolonu aracılığıyla yapılabilmektedir (AIA, 2013d).

Model element bölümünün son maddesi ise “3.4 Model element tablo notları” dır. Tabloda notlar kolonunda gösterilmiş olan ve notları temsil eden her bir rakamın açıklanması bu madde içerisinde gerçekleştirilmektedir.

G202-2013 BIM Protokolünün Model element bölümü açısından diğer BIM Protokolleri incelendiğinde AGC BIM Protokollünde böyle bir tabloya rastlanmazken, CIC BIM Protokolünün Ek-1 dokümanında yer alan “Model üretim ve Teslim Tablosu”nun bu bölümle benzerlik gösterdiği görülmektedir.

### **3.2 BIM Protokollerinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması Sonucu Ulaşılan Bulgular**

İncelenmiş olan protokollerin oluşturulmasındaki temel amacın BIM sürecinin doğru olarak gerçekleştirilmesi ve bu süreçten yüksek derece verimin elde edilmesi olduğu göz önüne alındığında, bu protokolleri geliştirmiş olan kurumlar bu amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilmesi gerekenleri bu protokoller aracılığıyla belirlenmiştir. Bu bölümde AIA Protokollerin incelenmesinin ve AGC ve CIC BIM Protokolleri ile karşılaştırılmasının sonucunda, elde edilen bulgulara yani bu kurumların BIM uygulaması için belirlemiş oldukları gerekliliklere yer verilecektir.

#### **3.2.1 AIA Protokollerinin incelenmesi sonucu ulaşılan bulgular**

AIA protokolleri içerisindeki temel protokol olan ve direkt olarak sözleşmeye eklenen E203-2013 BIM ve dijital veri protokolüdür. Bu protokol tarafından ise dijital veri kullanımı için G201-2013 Dijital veri protokolünün, BIM kullanımı için G202-2013 BIM Protokolünün oluşturulması gerekli kılınmaktadır.

Bütün AIA protokollerinin incelenmesinin sonucunda bir inşaat projesinde BIM uygulamasının istenen amaçlara ulaşması için protokollerdeki gereklilikler aşağıda gibi özetlenebilir;

- BIM uygulamasına katılacak olan bütün katılımcıların belirtilmesi,
- Ana sözleşme ile ilişkisinin tanımlanması,



- Protokolde yer alan hükümlerin herkes tarafından ayı şekilde anlaşılabilmesi için önemli terimlerin tanımlarını içermeli,
- Herhangi bir proje teslim sistemi için uygulanabilir olmalı,
- Paydaşların BIM uygulaması ile ilgili ortak bir anlayışa sahip olmaları,
- Projede kullanılacak olan dijital veri türlerinin belirlenmesi,
- Dijital veri yönetiminden sorumlu olacak kişinin belirlenmesi,
- Dijital veri yönetim kurallarının belirlenmesi,
- Her bir dijital verinin türünün, iletim türünün ve kullanımlarının belirlenmesi,
- Bütün dijital verileri kapsayan elektronik doküman yönetim sisteminin seçilmesi,
- Dijital veri yönetim sisteminin yazılım, donanım ve eğitim gibi gerekliliklerinin belirlenmesi,
- Dijital verileri depolanma ve arşivlenme yönteminin belirlenmesi,
- Proje kapsamında modellemesi gerçekleştirilecek bölümlerin belirlenmesi
- Modelleme eylemini gerçekleştirecek proje katılımcısının belirlenmesi,
- Model yönetiminden ve modelleme kurallarının oluşturulmasından sorumlu olacak kişinin belirlenmesi,
- Model yönetiminden ve modelleme kurallarının oluşturulmasından sorumlu olacak görev ve sorumluluklarının belirlenmesi,
- Modelleme ile ilgili kurallar oluşturulması,
- Model yönetim kurallarının belirlenmesi,
- Modeli oluşturan elementlerin belirlenmesi,
- Gerekli LOD tanımlarının oluşturulması,
- Model elementlerin her bir proje aşaması için sahip olmaları gereken LOD'ların belirlenmesi,
- Model elementlerin bağlı oldukları LOD'lara göre kullanılabilecekleri eylemleri yani her birine ilişkin yetkili kullanımların belirlenmesi,
- Her bir model elementin oluşturulmasından sorumlu kişinin belirlenmesi.

### **3.2.2 AGC BIM Protokolü ile yapılan karşılaştırmanın sonucunda ulaşılan bulgular**

AIA Protokollerinin incelenmesi sırasında AGC BIM Protokolü ile yapılan karşılaştırmanın sonucunda;

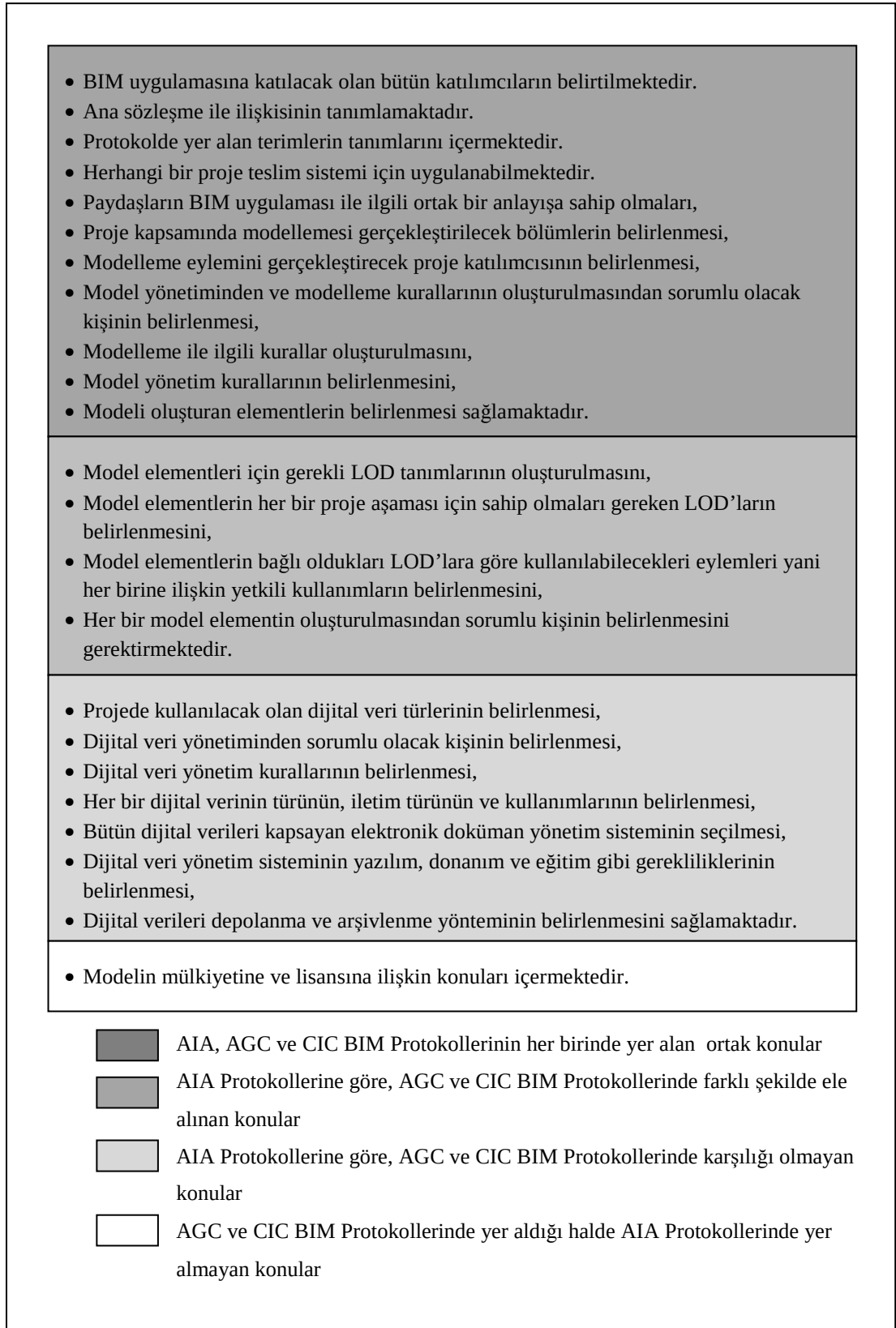
- AIA Protokollerinde tek bir “Model” tanımı yer alırken AGC BIM Protokolünde ise tasarım modeli, birleştirilmiş model, tam tasarım modeli ve proje modeli gibi birçok model tanımı olduğu,
- AIA Protokollerinde Model elementler için tanımlanmış olan gelişim seviyeleri bulunurken, AGC BIM protokollünde böyle bir tanımlama yer almadığı ve gelişim seviyesi değil detay seviyesi terimi kullanıldığı,
- AGC BIM Protokolü projedeki bütün dijital verilerin değil yalnızca BIM Modeline ilişkin verilerin yönetimini kapsadığı,
- BIM sürecine aşina olmayan katılımcılar için teknik ya da eğitim desteğine ilişkin herhangi bir hüküm içermediği,
- AIA Protokollerinin aksine, AGC BIM Protokolünde Model mülkiyet haklarına ilişkin olarak bir bölüm yer aldığı görülmektedir.

### **3.2.3 CIC BIM Protokolü ile yapılan karşılaştırmanın sonucunda ulaşılan bulgular**

AIA Protokollerinin açıklanması esnasında CIC BIM Protokolü ile yapılan karşılaştırmanın sonucunda ise;

- AGC BIM Protokolündekine benzer olarak CIC BIM Protokolünde de AIA Protokollerinden farklı olarak tek bir değil birçok Model tanımı yer aldığı,
- AIA Protokollerinde yer alan Gelişim Seviyeleri yerine, CIC BIM Protokolünde Detay seviyelerinin yer aldığı,
- CIC BIM Protokolünün de AGC BIM Protokolünde olduğu gibi, bütün dijital verilerin yönetimini değil yalnızca BIM Modeli ile ilgili olan dijital verilerin yönetimini kapsadığı,
- AIA Protokollerinin aksine, CIC BIM Protokolünde BIM ile ilgili ihtiyaç duyulabilecek teknik ya da eğitim gereksinimlerine ilişkin bir hüküm bulunmadığı,
- AIA Protokollerinde modelin mülkiyeti konusuna yer verilmediği halde CIC BIM Protokolün bu konu ile ilgili bir bölüm yer aldığı görülmektedir.

3.2 BIM Protokollerinin incelenmesi ve karşılaştırılması sonucu ulaşılan bulgular bölümünde, AIA, AGC ve CIC BIM Protokolleri ile ilgili olarak ulaşılan bilgilerin şematik gösterimi için Şekil 3.1 oluşturulmuştur.



**Şekil 3.1 : AIA, AGC ve CIC BIM Protokollerinin incelenmesi ve karşılaştırılması ile ilgili olarak ulaşılan bilgilerin şematik gösterimi**



#### **4. ETKİN BİR BIM UYGULAMASI İÇİN BIM PROTOKOLLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Etkin bir BIM uygulamasını gerçekleştirebilmek için, bu amaca yönelik olarak hazırlanmış protokollere ihtiyaç duyulduğu daha önceki bölümlerde de belirtilmiştir. Bir BIM uygulamasının etkin olması yani uygulamadan istenilen düzeyde verimin elde edilebilmesi ve katılımcıların bu uygulama ile ilgili beklentilerinin yüksek oranda gerçekleştirilmesi için, bu sürecin yönetilmesi ve gerçekleştirilmesine ilişkin olan protokollerin kapsamında BIM'in bütün unsurlarının yer alması gerekmektedir.

Tezin ikinci bölümünde BIM'in yapısının ve unsurlarının detaylı bir şekilde ele alınmasıyla ve üçüncü bölümünde ise BIM protokollerinin incelenmesi ve karşılaştırılmasıyla beraber, BIM protokollerinin etkin bir BIM uygulaması açısından değerlendirilmesi için gerekli olan ve dördüncü bölümde kullanılacak olan bütün veriler elde edilmiş olmaktadır.

BIM protokollerinin değerlendirilmesinin yapılacağı bu bölümde, her bir BIM protokolü için tezin 3.2 bölümünde elde edilen bulgular ile tezin 2.3.4 bölümünde sıralanmış olan BIM protokolünün sahip olması gereken içerik ve özelliklerin karşılaştırılmasına ilişkin bir çizelge oluşturulacaktır. Bu karşılaştırma çizelgeleri sayesinde her bir protokolün hangi konularda eksik olduğu ve ne gibi ek ya da düzeltmelere ihtiyaç duyduğu belirlenecektir.

##### **4.1 AIA BIM Protokollerinin Etkin Bir BIM Uygulaması İçin Değerlendirilmesi**

AIA BIM Protokollerinin etkin bir BIM uygulaması için yeterliliği, bir BIM protokolünün sahip olması gereken içerik ve özellikler (Bkz. Tezin 2.3.4 bölümü) ile AIA BIM protokollerinin sahip olduğu içerik ve özelliklerin karşılaştırılmasıyla ölçülecektir. Bu karşılaştırılma için Çizelge 4.1 oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.1 : Bir BIM protokolünde olması gereken içerik ve özellikleri ile AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özelliklerin karşılaştırılması.**

| BIM protokollerinin sahip olması gereken içerik ve özellikler<br>(Bkz. Tezin 2.3.3 bölümü)                                                                                                                                                          | AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler<br>(Bkz. Tezin 3.2.1 bölümü)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Katılımcılar arasında ortak bir BIM anlayışının oluşturulmasını sağlamalı</li> </ul>                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paydaşların BIM uygulaması ile ilgili ortak bir anlayışa sahip olmaları sağlamakta</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM uygulaması içerisinde yer alacak katılımcılar belirtilmeli</li> </ul>                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM uygulamasına katılacak olan bütün katılımcıların belirtilmesini sağlamakta</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM süreci içerisinde gerçekleştirilecek olan eylemleri içermeli</li> </ul>                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM süreci içerisinde Model elementlerin kullanılabilecekleri eylemleri belirtmekte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM'in bütün olgunluk seviyeleri ve proje teslim sistemleri için uygulanabilir olmalı</li> </ul>                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herhangi bir proje teslim sistemi için uygulanabilmekte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM adaptasyonu için gerekli olan eğitim gereksinimlerini ya da diğer yöntemleri içermeli</li> <li>• Katılımcılar tarafından kullanılacak olan yazılım ve donanımların belirtilmesini sağlamalı</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dijital veri yönetim sisteminin yazılım, donanım ve eğitim gibi gerekliliklerinin belirlenmesi sağlamakta</li> <li>• Bütün dijital verileri kapsayan elektronik doküman yönetim sisteminin seçilmesi gerektirmekte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM süreciyle beraber ortaya çıkan yeni rol ve görevleri ve bu rollerin sorumluluklarını içermeli</li> </ul>                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Model yönetiminden ve modelleme kurallarının oluşturulmasından sorumlu olacak kişinin belirlenmesi gerektirmekte</li> <li>• Dijital veri yönetiminden sorumlu olacak kişinin belirlenmesi gerektirmekte</li> <li>• Modelleme eylemini gerçekleştirecek proje katılımcısının belirlenmesi gerektirmekte</li> <li>• Model yönetiminden ve modelleme kurallarının oluşturulmasından sorumlu olacak görev ve sorumluluklarının belirlenmesi gerektirmekte</li> <li>• Her bir model elementin oluşturulmasından sorumlu kişinin belirlenmesi gerektirmekte</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM modelinin içeriğinin belirlenmesini sağlamalı</li> </ul>                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proje kapsamında modellemesi gerçekleştirilecek bölümlerin belirlenmesi sağlamakta</li> <li>• Modeli oluşturan elementlerin belirlenmesi sağlamakta</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM süreci içerisinde oluşturulacak ve kullanılacak olan bütün veri türlerinin belirlenmesini sağlamalı</li> </ul>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projede kullanılacak olan dijital veri türlerinin belirlenmesi gerektirmekte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelin bütün bileşenlerinin, gelişim seviyeleri ve kullanımlarıyla beraber tanımlanmasını sağlamalı</li> </ul>                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerekli LOD tanımlarını içermekte</li> <li>• Model elementlerin her bir proje aşaması için sahip olmaları gereken LOD'ların belirlenmesi gerektirmekte</li> <li>• Model elementlerin bağlı oldukları LOD'lara göre kullanılabilecekleri eylemleri yani her birine ilişkin yetkili kullanımların belirlenmesi gerektirmekte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ana sözleşme ile ilişkisinin nasıl olacağını tanımlamalı</li> </ul>                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ana sözleşme ile ilişkisinin tanımlamakta</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokol içerisinde yer alan terimlerin tanımlarını içermeli,</li> </ul>                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokoldeki önemli terimlerin tanımlarını içermekte</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

**Çizelge 4.1 (devamı):** Bir BIM protokolünde olması gereken içerik ve özellikleri ile AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özelliklerin karşılaştırılması.

| BIM protokollerinin sahip olması gereken içerik ve özellikler<br>(Bkz. Tezin 2.3.3 bölümü)                                                                | AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler<br>(Bkz. Tezin 3.2.1 bölümü)                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM süreci içerisinde kullanılacak olan standartları belirtmeli</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Model yönetim kurallarının belirlenmesi sağlamakta</li> <li>• Modelleme ile ilgili kurallar oluşturulması gerektirmekte</li> <li>• Dijital veri yönetim kurallarının belirlenmesi gerektirmekte</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veri alışverişi yöntemlerini içermeli</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Her bir dijital verinin türünün, iletim türünün ve kullanımlarının belirlenmesini gerektirmekte</li> </ul>                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veri güvenliği, saklanması ve arşivlenmesine ilişkin kuralları içermelidir</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dijital verileri depolanma ve arşivlenme yönteminin belirlenmesi gerektirmekte</li> </ul>                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• BIM süreciyle beraber ortaya çıkabilecek mülkiyet ya da lisans sorunlarına ilişkin çözümleri içermeli</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                     |

BIM protokollerinin sahip olması gereken içerik ve özellikler ile AIA BIM Protokolünün sahip olduğu içerik ve özellikleri karşılaştırıldığı 4.1 çizelgesi incelendiğinde, AIA BIM protokollerinin, mülkiyet ve lisans konusu hariç, bütün özellik ve içeriklerin tamamına sahip olduğu ve BIM uygulamasını detaylı bir şekilde ele almış olduğu söylenebilmektedir.

BIM uygulaması sırasında oluşturulan modelin, bütün bileşenleriyle beraber yapımı gerçekleştirilecek olan binayı temsil edeceği düşünüldüğünde, tıpkı bir binanın inşaatındaki gibi bu modelin oluşturulması da bütün disiplinlerin çalışmasını içerecektir. Bu durumda da model'in kime ait olduğu sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için BIM protokolünde modelin mülkiyetine ilişkin konuların yer alması gerekmektedir.

AIA, BIM protokollerinde mülkiyet ve lisans konularının ele alınmamasının nedeni olarak, bu konuların protokolün dâhil edileceği sözleşme içerisinde ele alınmış olmasını göstermektedir (AIA, 2013d). BIM sürecinin, IPD sistemi dışındaki mevcut proje teslim sistemlerine göre daha işbirlikçi bir yaklaşım gerektirmesi ve mevcut sözleşme dokümanlarındaki mülkiyet ve lisans konularının bu sistemlere göre yapılandırılmış olması ve işbirliğini de bu sistemlerin izin verdiği ölçüde sağlaması nedeniyle, BIM sürecinin gerektiği işbirliğini sağlamak için bu konuların protokollerde de yer alması gerekmektedir.

Ayrıca AGC ve CIC BIM Protokollerinin de katılımcılar arasında gerçekleştirilmiş olan sözleşmeye dâhil edileceği ve mülkiyet ve lisans konularının sözleşmede yer alacağı halde, bu protokollerde bu konulara ilişkin hükümler yer almaktadır.

#### 4.2 AGC ve CIC BIM Protokollerinin Etkin Bir BIM Uygulaması İçin Değerlendirilmesi

AIA BIM Protokollerinin, bir BIM protokolünde olması gereken özelliklerin mülkiyet konusu hariç, tamamına sahip olması nedeniyle AGC ve CIC BIM Protokollerinin, etkin bir uygulaması için değerlendirilmesi esnasında bu protokollerin sahip olduğu bütün içerik ve özellikler değil, yalnızca AIA protokolleri arasındaki farklılıkları (Bkz. Tezin 3.2.2 ve 3.2.3 bölümleri) kullanılarak gerçekleştirilecektir. Bu farklılıkların gösterimi amacıyla Çizelge 4.2 oluşturulmuştur.

**Çizelge 4.2 :** AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler ile AGC ve CIC BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler arasındaki farklılıklar.

| AIA BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler<br>(Bkz. Tezin 3.2.1 bölümü)                                                                                  | AGC ve CIC BIM Protokollerinin sahip olduğu içerik ve özellikler<br>(Bkz. Tezin 3.2.2 ve 3.2.3 bölümleri)                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Model elementlerin her bir proje aşaması için sahip olmaları gereken Gelişim Seviyelerinin belirlenmesi gerektirmekte</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Model elementlerin sahip olmaları gereken Gelişim Seviyelerini değil Detay Seviyelerinin belirlenmelerini gerektirmekteler</li> </ul>                           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Her bir dijital verinin türünün, iletim türünün ve kullanımlarının belirlenmesini gerektirmekte</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proje süreci içerisindeki bütün dijital verilerin yönetimini değil yalnızca BIM Modeli ile ilgili olan dijital verilerin yönetimini kapsamaktadırlar</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Süreç içerisinde ihtiyaç duyulacak olan yazılım, donanım ve eğitim gibi gerekliliklerinin belirlenmesi sağlamakta</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>BIM ile ilgili ihtiyaç duyulabilecek eğitim gereksinimlerine ilişkin herhangi bir konu içermemektedir</li> </ul>                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelin mülkiyeti ve lisansı konularına yer verilmemiştir.</li> </ul>                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelin mülkiyetine ve lisansına ilişkin bölümleri içermektedirler</li> </ul>                                                                                   |

Çizelge 4.2’den de anlaşılabileceği üzere AGC ve CIC BIM protokollerinde, AIA BIM protokollerine göre, Gelişim seviyesi- Detay seviyesi anlayışı, bütün dijital verilerin ele alınması- yalnızca BIM verilerinin ele alınması, teknik ve eğitim gereksinimleri ve Modelin mülkiyeti konularıyla ilgili olmak üzere dört önemli fark bulunmaktadır. Modelin mülkiyeti ile ilgili fark bir önceki bölümde ele alınmıştır (Bkz. Tezin 4.1 bölümü).



Çizelgedeki ilk fark olarak AIA BIM protokollerinde “gelişim seviyesi” terimi kullanılırken, AGC ve CIC BIM protokollerinde “detay seviyesi” teriminin kullanılması görülmektedir. Gelişim seviyesi ve detay seviyesi farkı tezin önceki bölümlerinde açıklanmaktadır (Bkz. Tезin 2.2.2 bölümü). AIA’ın protokollerinde gelişim seviyesinin belirlenmesi yalnızca model elementin içeriğine değil, aynı zamanda o model elementin sahip olduğu içeriğe dayanarak hangi eylemleri gerçekleştirebilmek için kullanılabileceğini de dayanmaktadır. Böylece model elementin sahip olduğu içeriğin ne kadar geliştirilmiş olduğu yani bu içeriğe dayanarak projeye ilgili bazı kararların alınmasının ne kadar doğru olacağı da belirtilmiş olmaktadır. AGC ve CIC protokollerinde yer alan detay seviyesi ise yalnızca model elementlerin içerikleriyle ilgilidir.

Bu duruma örnek olarak Mimar’ın herhangi bir projeyi kazanmak için Mal Sahibi için hazırlamış olduğu model’e hazır kütüphane elemanlarını yerleştirmesi gösterilebilir. Bu eleman bütün detaylarıyla modelde yer alıyor olabilir ama aslında o elemanın kesin kararı henüz verilmemiş yalnızca görsel olarak yerleştirilmiştir. Bu elemanın bütün detaylara sahip olması onun proje içinde yer alacak kesin bir eleman gibi gözükmelerini sağlayacaktır ki bu da maliyet tahmini gibi bazı eylemler içinde kullanılması durumunda yanlış sonuçlar elde edilmesine yol açacaktır. Bu nedenden ötürü BIM protokollerinde detay seviyelerinin kullanılmasındansa AIA BIM protokolünde olduğu gibi model elementlerin kullanımlarının da belirtildiği gelişim seviyelerinin kullanılması daha uygundur.

AGC ve CIC BIM protokollerinde yalnızca BIM verilerinin yönetimine ilişkin konuların ele alındığı ise çizelgeden elde edilebilecek olan ikinci farktır. BIM’in yani Yapı Enformasyon Modellemesinin amacı yalnızca yapının üç boyutlu modelini oluşturmak değil, isminden de anlaşılacağı üzere yapı oluşturan bütün enformasyonun modellemesidir. Bu durumda BIM süreci sonunda elde edilen bina modelini oluşturacak olan veriler değil, proje sürecinde kullanılan, elde edilen bütün verilerin bu süreç içerisinde yönetilmesi gerekmektedir. Bu nedenden dolayı BIM Protokollerinde, yalnızca BIM sürecinde oluşturulan üç boyutlu modele ait verileri değil proje sürecindeki bütün verileri ele almalıdır.

Çizelgeden elde edilebilecek diğer bir fark ise AGC ve CIC BIM protokollerinde BIM süreci ile ilgili olarak ihtiyaç duyulabilecek olan eğitim gereksinimlerine yer verilmemiş olmasıdır. BIM sürecinin Mimarlık, Mühendislik ve Yapım endüstrisi

için yeni bir anlayış olduğu ve bu sektördeki aktörlerin her birinin aynı düzeyde BIM sürecine hâkim olmadığı göz önüne alındığında, BIM uygulamasını gerçekleştirmesi beklenen bütün katılımcıların BIM'e aşına olduklarını söylemek pek doğru olmayacaktır. Bu nedenden ötürü, BIM'e hâkim olmayan katılımcılar için bazı eğitim gereksinimleri ortaya çıkacaktır. AIA BIM protokollerinde olduğu gibi bu gereksinimlerin protokollerde yer alması gerekmektedir.

## 5. SONUÇ

Mimarlık, mühendislik ve yapım sektöründe yer alan katılımcılar özellikle mal sahipleri tarafından, inşaat projelerinin gerçekleştirilmesi sırasında ortaya çıkan karar değişikliklerinin ve problemlerin azaltılmasıyla beraber, zaman ve maliyet açısından daha başarılı projelerin ortaya çıkarılması istenmiştir. Bunun sağlanabilmesi için de ekipler arasında etkili bir işbirliğinin oluşturulması, bütün proje süreci içerisinde oluşturulacak ya da kullanılacak olan bilgilerin doğru bir biçimde yönetilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda gelişen teknolojinin de yardımı ile işbirliğini gerekli kılan ve süreç içerisindeki bütün verilerin yönetimini gerçekleştirmeyi amaçlayan, BIM süreci ortaya çıkmıştır. BIM'in katılımcıların beklentilerini tam olarak karşılayabilmesi ve sunduğu olanaklardan tam olarak yararlanılabilmesi için etkili bir şekilde uygulanması gerekmektedir ki bunu gerçekleştirebilmek için de BIM uygulamasına ilişkin protokollerin oluşturulması gerekmektedir.

BIM'in uygulanması planlanan bir projede, BIM sürecinin etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için oluşturulması gereken BIM protokollerinin içeriğinde hangi konuların yer alması ve bu protokollerin BIM uygulaması ile ilgili proje beklentilerine cevap verebilmesi için bu konuların ne tür hükümler ya da koşullar içermesi gerektiğinin belirlenmesi bu tez çalışmasının problemini oluşturmaktadır.

Tez probleminin çözümlenebilmesi için öncelikle, BIM kavramının yeterince anlaşılması gerektiği düşünülerek, BIM'in yapısının ve unsurlarının ele alındığı bir bölüm oluşturulmuştur (Tezin ikinci bölümü). Bu bölüm içerisinde, BIM'ın tanımını, kullanım seviyelerini, proje teslim sistemleriyle olan ilişkisini, BIM ile gerçekleştirilebilen proje eylemlerini ve BIM'ın yararlarını ve zorluklarını içeren genel bir BIM açıklaması yapılmış ve BIM sürecinin temel çıktısı olan Model'e ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Bu bölümde ayrıca, bir BIM uygulamasının gerçekleştirilmesi için katılımcıların ihtiyaç duyacağı kurumsal, teknik ve hukuki gereksinimler ele alınmıştır. Bu gereksinimlerin açıklanması esnasında BIM Protokolünün gerekliliği tekrar vurgulanmış ve bu protokollerin sahip olmaları

gereken özellikler belirlenmiştir. BIM kavramının açıklandığı bu bölüm, mimarlık, mühendislik ve yapım sektörü içerisinde BIM'in nasıl ele alındığı, kamu, özel ve eğitim kurumlarının konu ile ilgili hangi girişimlerde bulunduğunun açıklanmasıyla sonlandırılmıştır.

BIM kavramının detaylı bir şekilde açıklanmasının ardından tez probleminin çözümü için, BIM ile ilgili olarak AIA, AGC ve CIC kurumları tarafından geliştirilmiş olan mevcut BIM Protokollerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme öncesinde AIA BIM protokollerinin daha kapsamlı olduğu düşünülerek, temel olarak incelenecek olan protokol olarak kabul edilmiş olup, AGC ve CIC BIM protokolleriyle karşılaştırılarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu incelemenin sonucunda AIA Protokollerinin içeriği, özellikleri ve AGC ve CIC BIM protokolleriyle olan farkları ortaya çıkarılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde mevcut protokollerin incelenmesi ve tezin ikinci bölümünde yer alan BIM protokollerinin sahip olması gereken içerik ve özellikler ile karşılaştırılması sonucunda, bu özelliklerden hangilerinin AIA, AGC ve CIC BIM protokollerinde yer aldığı aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- AIA, AGC ve CIC BIM protokollerinin her birinde, ortak olarak yer alan BIM Protokolü Gereklikleri;
  - Dâhil olacağı sözleşme ile ilişkisinin nasıl olacağını tanımlamalı ve protokol içerisinde yer alan terimlerin tanımlarını içermeli,
  - BIM protokolü farklı olgunluk seviyeleri ve bütün proje teslim sistemleri için uygulanabilir olmalı ve BIM uygulaması içerisinde yer alacak katılımcıları belirtmeli,
  - BIM uygulaması ile ilgili olarak geleneksel sistemden farklı olarak ortaya çıkan yeni rol ve görevleri ve bu rollerin sorumluluklarını içermeli,
  - BIM süreci içerisinde oluşturulacak olan BIM modelinin içeriğinin belirlenmesini sağlamalı ve hangi eylemlerin BIM süreci içerisinde gerçekleştirileceğini içermeli,
  - BIM sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan ve proje katılımcıları tarafından kullanılacak olan yazılım ve donanımların belirtilmesini sağlamalı,
  - Süreç içerisinde kullanılacak olan standartları belirtmeli,

- AIA, AGC ve CIC BIM protokollerinde, farklı biçimlerde var olan BIM Protokolü Gereklilikleri;
  - BIM uygulamasının yeni bir anlayış ya da sistem olmasından dolayı, uygulanması sırasında karşılaşılan zorluklara ilişkin çözümleri yani teknik ve eğitim gereksinimleri gibi BIM gereksinimlerini içermeli, (AIA Protokolleri hem teknik hem eğitim gereksinimlerine yer verirken, AGC ve CIC Protokollerinde yalnızca teknik gereksinimlere yer verilmektedir)
  - BIM uygulamasının sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için katılımcıların BIM sürecine hâkim olan personellere sahip olması gerekmektedir. Katılımcıların bu tip personellere sahip olmaması durumunda BIM protokolü, mevcut personellerin bu sürece aşina olmalarını sağlayacak olan eğitim gereksinimlerini ya da diğer yöntemleri içermeli, (AIA Protokollerinde bu konu yer alırken, AGC ve CIC Protokollerinde bu konu yer almamaktadır)
  - Bu yeni süreç ile ortaya çıkabilecek olan mülkiyet ya da lisans sorunlarına ilişkin çözümleri içermeli, (AIA Protokollerinde bu konu yer almazken, AGC ve CIC Protokollerinde bu konu yer almaktadır)
  - BIM modelinde ya da BIM sürecinde yer alacak olan bütün veri türlerinin belirlenmesini sağlamalı, (AIA protokolünde bu konu yer alırken, AGC ve CIC Protokollerinde bu konu bütün veriler olarak değil yalnızca BIM Modeline ilişkin veriler olarak yer almaktadır)
  - Modeli oluşturulacak olan bütün bileşenlerin, gelişim seviyeleri ve kullanımlarıyla beraber tanımlanmasını sağlamalıdır. (AIA protokolü bu koşulu sağlarken, bu konu AGC ve CIC Protokollerinde ise gelişim seviyesi olarak değil detay seviyesi olarak ele alınmaktadır)
  - Veri alışverişi yöntemlerini içermeli, verilerin güvenliği, saklanması ve arşivlenmesine ilişkin kuralları içermelidir (AIA Protokolleri bu koşulu sağlarken, AGC ve CIC protokollerinde bütün verilerin değil yalnızca BIM Modeline ilişkin verileri ele alarak bu koşulu kısmen sağlamaktadır)

BIM kavramının açıklanması ve ardından mevcut BIM protokollerinin incelenmesiyle, AIA BIM protokollerinin herhangi bir BIM uygulaması için oluşturulması gereken BIM protokollerinin sahip olmaları gereken özellik ve içeriklerin, mülkiyet konusu hariç tamamına sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. AGC

ve CIC protokollerinin ise ‘Gelişim Seviyesi’ni ‘Detay Seviyesi’ olarak ele aldığı, katılımcıların ihtiyaç duyabileceği eğitim gereksinimlerine ilişkin konuları ele almadığı gibi farklılıklara sahip olduğu belirlenmiştir. Bu farklar arasında yer alan en önemli konu, bu protokollerin BIM sürecinin çıktısı olan Model’in yönetilmesine ilişkin olmasıdır ki BIM yalnızca model oluşturulan bir süreç değil, esas olarak yapının tasarımdan yıkıma kadar olan yaşam süreci boyunca sahip olduğu ya da olacağı bilginin yönetildiği bir süreçtir.

Mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisindeki BIM farkındalığı ve kullanım düzeyi ülkeler arasında çeşitlilik göstermektedir. BIM’in öneminin anlaşılmadığı, BIM farkındalığının olmadığı bir ortamda, etkin bir uygulama için geliştirilmesi gereken BIM protokollerinin de hiçbir anlamı ve önemi olmamaktadır. Bu nedenle BIM kullanımının arttırılabilmesi için öncelikli olarak sektörde yer alan katılımcılar arasında BIM farkındalığının artırılması ve BIM’in öneminin kavranması sağlanmalıdır.

BIM farkındalığının arttırılması için mimarlık, mühendislik ve yapım sektörünün gelişmesine katkıda bulunan bağımsız kuruluşlar ve üniversiteler gibi eğitim kurumları tarafından BIM’in önemini, sektöre ve sektörde yer alan aktörlere sağlayacağı katkıları konu alan eğitim, seminer ve konferansları düzenlemesi gerekmektedir. Sektördeki BIM farkındalığının arttırılmasının ardından ise BIM kullanımının arttırılmasına yönelik adımların atılması gerekmektedir.

BIM kullanımının arttırılması için, en güncel örneğinin İngiltere’de görüldüğü gibi devletin BIM kullanımını teşvik eden hatta zorunlu kılan politikalar uygulaması gerekmektedir. Devlet kurumlarının yanı sıra, üniversiteler de BIM ile ilgili oluşturacakları araştırma ve geliştirme merkezleri sayesinde BIM kullanımının arttırılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmalıdırlar. Ayrıca üniversiteler, BIM’e ilişkin müfredatlarında değişiklikler yaparak öğrencilerin bu konuda yetişmiş olarak sektöre katılmalarını sağlayabilirler.

Tez çalışmasının esas konusu olan BIM protokolleri ise, BIM kullanımının arttırılmasına yönelik gerçekleştirilmesi gereken bu girişimlere paralel olarak devlet kurumları, sektörde yer alan bağımsız kuruluşlar ve üniversiteler tarafından oluşturulmalıdır.

BIM farkındalığının ve kullanımının arttırılması ve etkin bir şekilde uygulanması, daha kaliteli, yaşanabilir ve ekonomik yapılar üretilebilmesinin yanı sıra önemli bir toplumsal fayda da sağlayacaktır.





## KAYNAKLAR

- Abbasnejad, B ve Moud,H.** (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Cilt **3**, sayı. 1, Sf. 287-294
- AIA.** (2013a). Document E203-2013 *Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*. Washington, D.C. :AIA
- AIA.** (2013b). Document G201-2013 *Project Digital Data Protocol Form*. Washington, D.C. :AIA
- AIA.** (2013c). Document G202-2013 *Project Building Information Modeling Protocol Form*. Washington, D.C. :AIA
- AIA.** (2013d). Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents. Published on:  
<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab095711.pdf>
- Ales, M. Kneer, E. Mykins, D. Odeh, D. Ouzoonian, A. Rauch, A. Wittry, D.** (2011). Discussion of Level of Development and Allowable End Uses. *White Paper: Building Information Modeling for Engineer of Record*. Structural Engineering Institute- Council of America Structural Engineer. Published on: [http://seibim.org/wp-content/uploads/CASE\\_BIM\\_White\\_Paper.pdf](http://seibim.org/wp-content/uploads/CASE_BIM_White_Paper.pdf)
- Anumba, C. Dubler, C. Goodman, S. Kasprzak, C. Kreider, R. Messner, J. Saluja, C Zikic, N.** (2010). BIM Project Execution Planning Guide Version 2.0. Published on: [http://www.engr.psu.edu/ae/cic/bimex/downloads/Guide/BIM\\_PxP\\_Guide-V2.0.pdf](http://www.engr.psu.edu/ae/cic/bimex/downloads/Guide/BIM_PxP_Guide-V2.0.pdf)
- Aranda-Mera, G. Crawford, J. Chevez, A. Froese, T.** (2009). Building Information Modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?, *International Journal of Managing Projects in Business* Cilt 2, sayı. 3, Sf. 419-433
- Arayici,Y. Coates, P. Koskela, L. Kagioglu, M. Usher, C. O'Reilly, K.** (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction* Cilt **20**, sayı. 2, Sf. 189-195
- AGC.** (2005). A Contractors' Guide to BIM. Edition.1. Published on: [http://www.tpm.com/wp-content/uploads/2013/02/AGC\\_Guide\\_to\\_BIM.pdf](http://www.tpm.com/wp-content/uploads/2013/02/AGC_Guide_to_BIM.pdf)
- Azhar, S. Hein, M. Sketo, B.** (2011). Building Information Modelling (BIM): Benefits, Risks and Challenges. *Leadership and Management in Engineering*. Cilt **11**, sayı. 3, Sf. 241-252

- Azhar, S. Khalfan, M. Maqsood, T.** (2012). Building Information Modelling (BIM): Now and Beyond. *Australian Journal of Construction Economics and Building*. Cilt **12**, sayı. 4, Sf. 15-28
- Barnes, P. Davies, N.** (2014). *BIM in Principle and in Practice*. London:ICE Publishing
- Barison, M. Santos, E.** (2012). An overview of BIM specialist. *The 13th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, University of Nottingham
- Barison, M. Santos, E.** (2012). BIM teaching strategies:an overview of the current approaches. *The 13th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, University of Nottingham
- Becerik-Gerber, B. Gerber, D. Ku, K.** (2011). The pace of technological innovation in architecture, engineering, and construction education: integrating recent trends into the curricula. *Journal of Information Technology in Construction* Cilt **16**, Sf. 411
- BIMForum.** (2013). Level of development specification BIM. Version:2013 Published on: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/05/DRAFT-LOD-Spec.pdf>
- Bolpagni, M.** (2013). *The implementation of BIM within the public procurement*. Yüksek Lisans Tezi, VTT Technical Research Centre of Finland
- CRC.** (2007). Adopting BIM for Facilities Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House, *Cooperative Research Centre for Construction Innovation*, Brisbane
- Dell+BD+C.** (2011). Future-Proofing BIM Published on: [https://www.wbdg.org/pdfs/1103\\_dell\\_bdc\\_whitepaper.pdf](https://www.wbdg.org/pdfs/1103_dell_bdc_whitepaper.pdf)
- Eadie, R. Browne, M. Odeyinka, H. McKeown, C. McNiff, S.** (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in Construction* Cilt **36**, Sf. 145-151
- Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. Liston, K.** (2010). *BIM Handbook*. 2nd Edition. New:Jersey:John Wiley&Sons
- Elmualim, A. Gilder, J.** (2014). BIM: innovation in design management, influence and challenges of implementation. *Architectural Engineering and Design Management* Cilt **10**, sayı. 3-4 Sf. 183-199
- Gu, N. London, K.** (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*. Cilt **19**, Sf. 988-999
- Hardin,B.** (2009). *BIM and Construction Management*. İkinci Baskı. Indiana:John Wiley Publishing
- Hergusel, M.** (2011). *Benefits of Building Information Modeling For Construction Managers and Based Scheduling*. Yüksek Lisans Tezi, Worcester polytechnic institute
- Jensen, P. Johannesson, E.** (2013). Building Information Modelling in Denmark and Iceland. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Cilt **20**, sayı. 1 Sf. 99-110

- Lee, N. Dossick, C. Foley, S.** (2013). Guideline for Building Information Modeling in Construction Engineering and Management Education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. Cilt **139**, sayı. 4, Sf. 266-274
- Leite, F. Akcamete, A. Akinci, B. Atasoy, G. Kiziltas, S.** (2010). Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction* Cilt **20**, Sf. 601-609
- Lowe, R. Muncey, J.** (2009). ConsensusDOCS BIM Addendum. *Construction Lawyer*. Cilt **29**, sayı. 1
- Marzouk, M. Hisham, M. Ismail, S. Youssef, M. Seif, O.** (2010). On the use of Building Information Modeling in infrastructure bridges. Published on: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2010-135.pdf>
- Miettinen, R. Paavola, S.** (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction* Cilt **43**, Sf. 84-91
- NBIMS.** (2007). National Building Information Modeling Standard Version.1-Part.1: Overview, Principles, and Methodologies. *National Institute of Building Sciences*, USA
- Porwal, A. Hewage, K.** (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction* Cilt **31**, Sf. 204-214
- RIBA.** (2012). BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work. *Royal Institute of British Architects*, London
- Sanguinetti, P. Abdelmohsen, S. Lee, J. Lee, J. Sheward, H. Eastman, C.** (2012). General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis. *Automation in Construction* Cilt **26**, Sf. 317-333
- Sean, B.** (2009). From Lonely BIM to Social BIM: Moving Beyond Design to FM. *Archibus Inc.* Boston
- Steel, J. Drogemuller, R. Toth, B.** (2012). Model interoperability in building information modeling. *Journal Software and Systems Modeling*. Cilt **11**, Sayı 1 Sf. 99-109
- Olatunji, O.** (2011). Modelling the costs of corporate implementation of building information Modelling. *Journal of Financial Management of Property and Construction*. Cilt **16**, Sayı 3. Sf. 211-231
- Volk, R. Stengel, J. Schultmann, F.** (2014). Building information Modeling BIM for existing buildings- Literature review and future needs. *Automation in Construction* Cilt **38**, Sf. 109-127
- Wong, A. Wong, F. Nadeem, A.** (2010). Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries. *Architectural Engineering and Design Management* Cilt **6**, Sf. 288-302
- Won, J. Lee, G. Dossick, C. Messner, J.** (2010). Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization. *Journal of Construction Engineering and Management*. Cilt **139**, Sayı 11.

- AIA,** (2014) <<http://www.aia.org/contractdocs/referencematerial/aiab099128>>, alındığı tarih: 01.05.2014
- Allplan,** (2014a) <<http://www.nemetschek-allplan.eu/software/architecture/allplan-architecture.html>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Allplan,** (2014b) <<http://www.nemetschek-allplan.eu/software/engineering/allplan-engineering.html>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Allplan,** (2014c) <<http://www.nemetschek-allplan.eu/software/cost-management/allplan-bcm.html>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Allplan,** (2014d) <<http://www.nemetschek-allplan.eu/software/facility-management/allplan-allfa.html>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Archibus,** (2014) <<http://www.archibus.com/Applications>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Archifm.net,** (2014) <<http://www.archifm.net/>> alındığı tarih: 25.09.2014,
- Autodesk,** (2014a) <<http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/design-engineering>>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Autodesk,** (2014b) <<http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/construction>>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Autodesk,** (2014c) <<http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/infrastructure>>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Autodesk,** (2014d) <<http://www.autodesk.com/solutions/building-information-modeling/utilities>>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Autodesk,** (2014e) <<http://www.autodesk.com/suites/building-design-suite/included-software>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014f) <<http://www.autodesk.com/products/autocad-structural-detailing/overview>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014g) <<http://www.autodesk.com/products/autocad-map-3d/overview>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014h) <<http://www.autodesk.com/products/autocad-civil-3d/overview>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014i) <<http://www.autodesk.com/products/revit-family/features/architectural-design/all/gallery-view>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014i) <<http://www.autodesk.com/products/revit-family/features/structural-engineering/all/gallery-view>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014j) <<http://www.autodesk.com/products/revit-family/features/mep-engineering/all/gallery-view>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014k) <<http://www.autodesk.com/products/infraworks-360/compare-products>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014l) <<http://www.autodesk.com/products/fabrication-products/features/fabrication-cadmep/all/gallery-view>>, alındığı tarih: 24.08.2014

- Autodesk,** (2014m) <<http://www.autodesk.com/products/3ds-max-design/overview>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014n) <<http://www.autodesk.com/products/inventor/features/all/gallery-view>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014o) <<http://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014ö) <<http://www.autodesk.com/products/vault-family/overview>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,**(2014p)<<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=10354648&siteID=123112>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Autodesk,** (2014r) <<http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- AutoDesSys,** (2014) <<http://www.formz.com/products/products.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Beck Technology,** (2014a) <<http://beck-technology.com/dprofiler.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Beck Technology,** (2014b) <<http://beck-technology.com/estimator.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Bentley,** (2014a) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Building+Analysis+and+Design/>>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Bentley,** (2014b) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/AECOSim+Building+Designer/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014c) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/AECOSim+Energy+Simulator/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014d) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Hevacomp+Quick+EP+Cert/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014e) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Hevacomp+Dynamic+Simulation/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014f) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Hevacomp+Mechanical+Designer/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014g) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Bentley+speedikon+Architectural/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014h) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/RAM+Structural+System/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014ı) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/MicroStation+Product+Line/>>, alındığı tarih: 24.08.2014

- Bentley,** (2014i) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/STAAD.Pro/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014j) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/GenerativeComponents/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014k) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/ConstructSim/Index.htm>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014l) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/ProjectWise+Project+Team+Collaboration/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014m) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/gINT/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,**(2014n) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/LEAP+PRESTO/Index.htm>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014o) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Bentley+Rebar/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014ö) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/ProConcrete/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014p) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/SpecWave+Composer/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Bentley,** (2014r) <<http://www.bentley.com/tr-TR/Products/Facility+Information+Management/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- BSD,**(2014) <<http://www.bssoftlink.com/main.bssoftlink.com/index.php/products/speclink-e> >, alındığı tarih: 25.09.2014
- Dassault Systemes,** (2014) <<http://www.3ds.com/products-services/catia/portfolio/digital-project/>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Erena,** (2014) <<http://www.nada.kth.se/arena/crowds.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Graphisoft,** (2014a) <<http://www.graphisoft.com/archicad/archicad/overview/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Graphisoft,** (2014b) <<http://www.graphisoft.com/bimcloud/overview/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Graphisoft,** (2014c) <<http://www.graphisoft.com/bimx/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Hamil,** (2013) BIM Objects from Manufacturers. 24 ocak. *Constructioncode*. <<http://constructioncode.blogspot.com.tr/2013/01/bim-objects-from-manufacturers.html>>, alındığı tarih: 17.08.2014
- Innovaya,** (2014) <[http://www.innovaya.com/prod\\_ov.htm](http://www.innovaya.com/prod_ov.htm)>, alındığı tarih: 25.09.2014
- InterSpec,** (2014) <<http://e-specs.com/products/>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Khemlani,** (2012). Around the World with BIM. *Aecbytes* <<http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>>, alındığı tarih: 20.10.2014

- Legion**, (2014) <<http://www.legion.com/legion-studio>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Maxon**, (2014) <<http://www.maxon.net/products/cinema-4d-studio/who-should-use-it.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Microsoft**, (2014) <<http://office.microsoft.com/tr-tr/project/FX103802304.aspx>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Nemetschek**,(2014a)<[http://www.nemetschek.com/en/home/the\\_company/brand\\_portfolio.html](http://www.nemetschek.com/en/home/the_company/brand_portfolio.html)>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Nemetschek**,(2014b)<[http://www.nemetschek.com/en/home/the\\_company/brand\\_portfolio/graphisoft.html](http://www.nemetschek.com/en/home/the_company/brand_portfolio/graphisoft.html)>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Nemetschek**,(2014c)<[http://www.nemetschek.com/en/home/the\\_company/brand\\_portfolio/allplan.html](http://www.nemetschek.com/en/home/the_company/brand_portfolio/allplan.html)>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Nemetschek**,(2014d)<[http://www.nemetschek.com/en/home/the\\_company/brand\\_portfolio/vectorworks.html](http://www.nemetschek.com/en/home/the_company/brand_portfolio/vectorworks.html)>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Nomitech**,(2014) <http://www.nomitech.eu/cms/en/c/costosestimatingsoftware.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Onuma**, (2013) <<http://www.onuma.com/products/OnumaPlanningSystem.php>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Oracle**, (2014) <<https://www.oracle.com/applications/primavera/index.html>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- RIB U.S. Cost**, (2014) <<http://www.uscost.com/success/>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Robert McNeel & Associates**, (2014) <<http://www.rhino3d.com/new>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Sage Software**, (2014) <<http://na.sage.com/us/sage-construction-and-real-estate/sage-300-construction-and-real-estate>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Scia**, (2014) <<http://nemetschek-scia.com/en/software>>, alındığı tarih: 14.07.2014
- Tekla**, (2014) <<http://www.tekla.com/products/tekla-structures>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Trimble**, (2013) <<http://www.sketchup.com>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- U.S. Department of Energy**,(2014) <[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus\\_features.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energyplus_features.cfm)>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Vectorworks**, (2014a) <<http://www.vectorworks.net/architect/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Vectorworks**, (2014b) <<http://www.vectorworks.net/designer/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Vectorworks**, (2014c) <<http://www.vectorworks.net/landmark/>>, alındığı tarih: 24.08.2014
- Vectorworks**, (2014d) <<http://www.vectorworks.net/renderworks/>>, alındığı tarih: 24.08.2014

- Vico Software,** (2014a) <<http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-quantity-takeoff-manager/tabid/85287/Default.aspx>>, alındığı tarih: 25.09.2014
- Vico Software,** (2014b) <<http://www.vicosoftware.com/products/vico-office-cost-planner/tabid/85288/Default.aspx>>, alındığı tarih: 25.09.2014



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad Soyad:** Birgül KOPUZ

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Rize / 23.09.1987

**Lisans:** Trakya Üniversitesi - Mimarlık Bölümü (2009)

### **Bildiriler:**

A.M. Çıracı, S.Çalışkan, S.Ercan, B.Kopuz .(2012). Yapım Yönetimi Öğretim Kuruluşlarının Akreditasyonu ve Akreditasyon Koşulları, II. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

A.M. Çıracı, S.Çalışkan, S.Ercan, B.Kopuz .(2012). Yapım Yöneticiliği Mesleki Yetkinlik Belgesi Veren Kuruluşlar ve Belge Alma Koşulları, II. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü