

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BİM) SÜREÇLERİNİN ALTYAPI
PROJELERİNDE İNCELENMESİ

DENİZHAN PEHLİVAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi A. Erkan KARAMAN (Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Serdar KALE
Dr. Öğr. Üyesi Tülay ÇİVİCİ

BALIKESİR, HAZİRAN 2024

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Süreçlerinin Altyapı Projelerinde İncelenmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Denizhan PEHLİVAN

ÖZET

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) SÜREÇLERİNİN ALTYAPI PROJELERİNDE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DENİZHAN PEHLIVAN

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR.ÖĞR.ÜYESİ A.ERKAN KARAMAN)

BALIKESİR, HAZİRAN - 2024

İnşaat, tasarım ve yapım yöntemlerinde yıllardır süregelen uygulamaların eksiklikleri inşaat sektörünün en büyük sorunlarından biridir. Henüz tasarım/proje aşaması devam ederken yapım aşamasında karşılaşılabilecek sorunları öngörememek, hataları tespit edememek ve buna bağlı yapım sürelerinin uzaması, planlamayı yöntemeyip inşai süreçlere hakim olamamak en büyük sorunlar arasında yer almaktadır. Bunlara ilave edilebilecek sayısız sebep de ortaya konulunca disiplinler arası geniş ilişki kurabilecek bir dijitalleşme adımı zaruri hale gelmiştir. Yazılım sektörünün büyümesine karşın inşaat yöntemlerindeki klasik uygulama süreçleri bir değişim zamanı geldiğini açıkça göstermektedir. Bu değişimin ilk adımları, teknolojinin en verimli şekilde kullanılabilmesine öncülük eden Yapı Bilgi Modellemesi (YBM)'dir. YBM, bir projenin dizayn aşamasından planlama, uygulama ve sonrası adımlarına kadar olan süreçleri entegre bir biçimde tüm proje iştiraklerine 3 boyutlu olarak sunan bir proje yönetim sistemidir. Yapı Bilgi Modellemesi bir yazılım veya programın ötesinde bir bilgi yönetimidir. Bu çalışmada, YBM tanımlanmış olup altyapı projelerinde YBM kullanımı ile ilgili modeller sunulmuştur. Çalışmadan elde edilen çıkarımlar ile altyapı projelerinde YBM süreçlerinin kullanımına projeksiyon tutulması ve kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Yapı bilgi modellemesi, ybm, altyapı, ulaştırma

ABSTRACT

EXAMINING BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) PROCESSES IN INFRASTRUCTURE PROJECTS

MSC THESIS

DENIZHAN PEHLIVAN

BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSIST.PROF.DR.A.ERKAN KARAMAN)

BALIKESİR, JUNE - 2024

The deficiencies of years of practice in construction design and construction methods are one of the biggest problems of the construction industry. Not being able to foresee the problems that may be encountered during the construction phase while the design/project phase is still ongoing, not being able to detect errors and the resulting extension of construction times, not being able to plan and master the construction processes are among the biggest problems. When numerous reasons that could be added to these were revealed, a digitalization step that could establish broad interdisciplinary relationships became necessary. Despite the growth of the software industry, classical application processes in construction methods clearly show that it is time for a change. The first steps of this change are Building Information Modeling (BIM), which pioneers the most efficient use of technology. BIM is a project management system that presents the processes from the design phase of a project to the planning, implementation and post-stage steps in an integrated manner to all project partners in 3 dimensions. BIM is an information management beyond a software or program. In this study, BIM is defined and models for the use of BIM in infrastructure projects are presented. With the inferences obtained from study, it is aimed to project the use of BIM processes in infrastructure projects and to disseminate their use.

KEYWORDS: Building information modelling, science, infrastructure, transportation

Science Code / Codes : 91115, 91129

Page Number : 81

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)	18
3.1 Tanım	18
3.2 İhtiyaç Analizi.....	18
3.3 Tarihçe ve İlk Kullanım Örnekleri.....	19
3.4 YBM Fayda ve Kazanımları	21
3.5 Geleneksel Yöntemler ile YBM Mukayesesi	22
3.6 İlgili Standartlar, Detay ve Model Seviyeleri	22
3.6.1 İlgili Standartlar, Yasal Düzenlemeler ve Protokoller	22
3.6.2 LOD Kavramı.....	26
3.6.3 YBM Teknoloji Boyutları	28
3.7 BuildingSMART ve IFC Kavramı.....	29
3.8 Entegre YBM Araçları ve Özellikleri	29
4. ALTYAPI PROJESİNDE YBM KULLANIMI	33
4.1 Kuzey Marmara Otoyolu Nakkaş Başakşehir 8.Kesim Projesi	33
4.1.1 Amaç, Kapsam ve Yöntem	34
4.1.2 KMO8 Projesi YBM Uygulama Detayları.....	46
4.1.2.1 Koridor Modeli.....	46
4.1.2.2 Arazi Modeli.....	48
4.1.2.3 Eğik Askılı Köprü (EAK) Modeli	48
4.1.2.4 Sanat Yapıları Modeli	54
4.1.2.5 Kavşak Bölgeleri Modeli.....	61
4.1.2.6 Üstyapı İşleri Modeli.....	62
4.1.2.7 Altyapı işleri Modeli	63
4.1.2.8 İş Programı ve Metrajlandırma.....	64
4.1.2.9 Çakışma Analizi	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
6. KAYNAKLAR	69
7. EKLER	76
ÖZGEÇMİŞ	81

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1: MacLeamy eğrisi (Özlu, 2019).....	19
Şekil 3.2: LOD seviyeleri örnek kesitler (hitect t.y).....	28
Şekil 3.3: IFC tanımı ve görseli (BIMCorner, 2021).....	29
Şekil 4.1: Otoyol koridor modeli.	46
Şekil 4.2: Otoyol genel kesit modeli.....	46
Şekil 4.3: Üstyapı tabakası- aşınma tabakası detayı.	47
Şekil 4.4: Üstyapı katmanları kesit gösterimi.	47
Şekil 4.5: Şevlerde bitkisel toprak tabakası detayı.	48
Şekil 4.6: EAK genel yerleşim modeli.....	49
Şekil 4.7: EAK detay görünümü.	49
Şekil 4.8: EAK temel kazı modeli.	50
Şekil 4.9: EAK yaklaşım viyadüğü temel kazı modeli.	50
Şekil 4.10: EAK pilon elevasyon modeli- genel gösterim.....	51
Şekil 4.11: EAK pilon elevasyon modeli- detay gösterim.....	51
Şekil 4.12: EAK tabliye elemanları modeli.	52
Şekil 4.13: EAK tabliye genel yerleşim modeli.....	52
Şekil 4.14: EAK kablo ankraj detay gösterimi.	53
Şekil 4.15: EAK yaklaşım viyadüğü temel ve kazık modeli.	53
Şekil 4.16: EAK yaklaşım viyadüğü elevasyon modeli.....	54
Şekil 4.17: Sanat yapıları- üst geçit köprüsü modeli.	54
Şekil 4.18: Sanat yapıları- üst geçit köprüsü modeli-2.	55
Şekil 4.19: Sanat yapıları- üst geçit köprüsü kiriş modeli.	55
Şekil 4.20: Sanat yapıları- tek gözlü alt geçit modeli.	56
Şekil 4.21: Sanat yapıları- çift gözlü alt geçit modeli.....	56
Şekil 4.22: Sanat yapıları- menfez modeli.	57
Şekil 4.23: Sanat yapıları- kutu menfez modeli.....	57
Şekil 4.24: Sanat yapıları- istinat duvarı modeli.....	58
Şekil 4.25: Sanat yapıları- istinat duvarı kesit gösterimi.	58
Şekil 4.26: Sanat yapıları- hendek genel gösterimi.....	59
Şekil 4.27: Sanat yapıları- refüj hendeği modeli.....	59
Şekil 4.28: Sanat yapıları- viyadük genel modeli.	60
Şekil 4.29: Sanat yapıları- viyadük kenar ayak modeli.....	60
Şekil 4.30: Yonca kavşak modeli- plan.....	61
Şekil 4.31: Yonca kavşak modeli- genel gösterim.....	61
Şekil 4.32: Bakım işletme merkezi genel modeli.	62
Şekil 4.33: Bakım işletme merkezi detay gösterimi.	62
Şekil 4.34: Mevcut atık su hattı gösterimi.	63
Şekil 4.35: Mevcut atık su hattı alt geçit geçişi.	63
Şekil 4.36: EAK batı pilon ano-12 iş programı gösterimi.	64
Şekil 4.37: Navisworks, EAK batı pilon ano-12 timeliner gösterimi.	64
Şekil 4.38: EAK tabliye iş programı gösterimi.....	65
Şekil 4.39: Navisworks- EAK tabliye timeliner gösterimi.	65
Şekil 4.40: Metraj çıktı gösterimi.	66
Şekil 4.41: Metraj çıktı gösterimi- 2.	66
Şekil 4.42: Platform kenarı u kanal çakışma tespiti.....	67
Şekil 4.43: Planlanan içme suyu hattı ile istinat duvarı çakışması.	67

Şekil A.1: BIM teknik şartnamesi ve ihale dökümanları - kapak.	76
Şekil A.2: BIM teknik şartnamesi ve ihale dökümanları - giriş ve amaç.	77
Şekil A.3: İBB raylı sistemler BIM teknik şartnamesi - kapak.	78
Şekil A.4: İBB raylı sistemler BIM teknik şartnamesi - BIM hedefleri.	79
Şekil A.5: REC Uluslararası BIM modelleri kullanımı izin yazısı.	80



TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1: BS PAS 1192 ve ISO 19650 standartları (ISO).	23
Tablo 3.2: Dünyadaki bazı kuruluşlara ait rehber ve standartlar (Shou, 2014).	25
Tablo 3.3: LOD seviye ve tanımları.	26
Tablo 4.1: KMO8 projesi YBM kullanılan programlar.	34
Tablo 4.2: KMO projesi ana iş kalemleri ve YBM kırılımları (BUP, 2021).	35



KISALTMALAR LİSTESİ

YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
BIM	: Building Information Modeling
3D	: 3 Dimensional
4D	: 4 Dimensional
5D	: 5 Dimensional
6D	: 6 Dimensional
7D	: 7 Dimensional
LOD	: Level Of Detail / Level Of Development
IFC	: Industry Foundation Classes
BCF	: BIM Collaboration Format
IFD	: Information Framework Dictionary
IDM	: Information Delivery Manuals
MVD	: Model View Definition
AIA	: The American Institute of Architects
KMO8	: Kuzey Marmara Otoyolu (3.Boğaz Köprüsü Dahil) Nakkaş-Başakşehir (Bağlantı Yolları Dahil) Kesimi Projesi- 8.Kesim
EAK	: Eğik Askılı Köprü
YİD	: Yap-İşlet-Devret
BUP	: BIM Uygulama Planı
ISO	: International Organization for Standardization
BSI	: British Standards Institution
PAS	: Publicly Available Specification
COBie	: Construction Operations Building Information Exchange
UAB	: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
AEC	: Architecture, Engineering and Construction
VE	: Value Engineering
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi

ÖNSÖZ

Yapılan tez çalışması, günümüz teknolojisinin en üst seviyede kullanılmasına aracılık eden Yapı Bilgi Modellemesi süreçlerinin altyapı projelerinde yaygınlaştırılmasına projeksiyon tutmayı amaçlanmaktadır. Aynı zamanda geleneksel yöntemlerin, başta altyapı olmak üzere, tüm inşaat süreçlerinde bu dönüşüme adaptasyonunun hızlandırılması hedeflenmiştir. Tez sürecimde bana bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren ve verimli bir çalışma süreci yürütmemi sağlayan değerli hocam Dr.Öğr.Üyesi A.Erkan KARAMAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak çalışmama katkı sağlayan değerli çalışma arkadaşlarıma ve tüm süreçlerde bana destek olan eşime ve aileme yürekten teşekkürlerimi sunarım.

Bahkesir, 2024

Denizhan PEHLİVAN

1. GİRİŞ

YBM, yazılımdan öte bir iş modelidir. Tüm departmanları ilgilendiren işleri birbirine bağlayan ve koordineli şekilde çalışmasını sağlayan bir sistemdir. Genel anlamda, yalnızca tasarım aşamasında bir model oluşturulmasını sağlayan yazılım olarak algılanma yanılgısı, sistemin önünü tıkayan en büyük etmenlerdendir. YBM süreçlerinin yaygınlaşması ve kullanılabilirliğinin artırılması için sistem hakkında eğitim imkânlarının artırılması gerekmektedir. Akademik alanda yapılacak çalışmalar ve bu konuda uzmanlaşmış kişi ve kurumların desteği ile YBM konusunun anlaşılabilirliği artırılabilir. Kullanımın yaygınlaşmasını geciktiren en önemli sebeplerden biri olarak görülen yasal düzenlemelerin de devlet kurumları tarafından devreye alınması son derece önem arz etmektedir (Şahinkaya ve diğerleri, 2022).

İnşaat projeleri, genel olarak üstyapı ve altyapı olarak iki bölüm altında incelenmektedir. Üstyapı projeleri sınırlı bir alan üzerinde daha çok dikey mimari üzerine kurulan yapıları içerirken altyapı projeleri yatay geometride, uzun kilometre hatları kapsayan, projenin tamamına hakimiyet kapasitesinin daha düşük olduğu işlerden meydana gelmektedir. Üstyapı projelerinin altyapıya nazaran daha kolay takip edilebilir olması, üstyapı projelerindeki teknolojik gelişmelerin takibinin de bir adım önde olmasını sağlamıştır (Sürücü, 2020). Aynı zamanda üstyapı projeleri, mimari kaygıyı belirgin şekilde gözeten projeler olup altyapı projelerinde bu özellik daha geri planlarda kalmaktadır. Altyapı projeleri uzun hatlarda çalışma gerektiren büyük hacimli işler olsa da detay ve işçilik olarak üstyapı projelerini geriden takip etmektedir. Bu anlamda üstyapı projelerindeki detay çözüm ihtiyacı ve birbirine bağlı olarak ilerleyen aktiviteler YBM süreçlerine duyulan ihtiyacı arttırmış ve bu süreçlere geçişte öncülük etmiştir. Altyapı projelerinde ise YBM süreçlerinin fayda ve getirileri son yıllarda anlaşılabilir olup teknolojinin getirdiği kolaylıklardan yararlanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, inşaat sektörünün en önemli parçalarından birisi olan altyapı projeleri, YBM süreçleri kapsamında incelenmiştir. YBM çalışmalarının altyapı sektörüne verebileceği katkıların artırılması, kullanımının yaygınlaştırılması ve kullanım detaylarının araştırılarak YBM'nin altyapı sektöründe gelişimine katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma, öncelikle YBM süreçleri ile ilgili genel literatür araştırması ile başlamıştır. Konu hakkında yapılan çalışmalar taranmış ve geçmişten günümüze geçirilen aşamalar araştırılmıştır.

Devamında, YBM konusu genel anlamda incelenip altyapı projeleri kapsamında örnek bir otoyol projesi üzerinde çalışma yapılmış olup YBM'nin tüm detayları paylaşılmıştır. Son bölümde ise altyapı sektöründeki gelişime katkı sağlamak amacıyla sonuç ve öneriler paylaşılmıştır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

YBM süreçlerinde ilk adımlarının atılması ve konuyla ilgili yapılan ilk çalışmalar 1970'li yılların başlarını işaret etmektedir. Bu dönemlerde bilgisayar destekli çizim programlarının eksikliği YBM'nin gelişimine katkı sağlayamamıştır. Konuyla ilgili sağlam temel olarak kabul edilebilen adımlar ve kullanımın hızlanması hem teknolojinin gelişmesi hem de bazı ülkeler tarafından YBM'nin yasal zemine dayandırılması sebebiyle 2007 ve 2008'li yılları göstermektedir (Akkoyunlu, 2015).

Kiviniemi ve diğerleri (2008), araştırmalarında IFC standartlarına uyumlu YBM süreçlerinin geliştirilmesi ve uygulamasını konusunu incelemiştir. IFC uyumlu YBM'nin sertifikasyon sürecinin eksikliklerine dikkat çekilmiş ve bu sürecin iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Birçok dünya ülkesinin YBM kılavuzlarını geliştirmek için bu konu üzerinde çalıştığı anlatılmış ve açık uluslararası bir standart oluşturulması gerekliliği belirtilmiştir. Konuyla ilgili yapılan anketlerde CAD tabanlı tasarımların (%60'tan fazla) kullanılan başlıca yöntem olduğu görülmüştür. YBM süreçlerinin projelerde mimarlar için yaklaşık %20'sinde, mühendisler için ise yaklaşık %10 gibi bir oranda kullanıldığı görülmüştür. Çalışma sonucu çıkarımlarda, YBM'nin entegre süreçlerinin dağıtımını ve kullanımını iyileştirmek için 3 açık uluslararası standardın, yani IFC, IFD ve IDM/MVD standartlarının yazılım ve iş süreçlerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. BuildingSmart vizyonunun gelişmesindeki en hızlı ve etkili yöntemin bunların birleşmesinden meydana geleceği üzerinde durulmuştur.

Succar (2009), kamuya açık bazı uluslararası yönergeleri araştırmış ve YBM'nin kapsam ve sınırlarını çizmeye çalışmıştır. YBM hatlarının kavramlar, nitelikler, ilişkiler ve bilgilerden oluşan genel süreç ontolojisine değinilmiştir. YBM alanında atılması gereken adımlarda YBM aşamasının gereksinimlerini karşılamak için gerekli olan her bir YBM alanı içindeki kilometre taşları tanımlanmıştır. Bunlar arasında teknolojik adımlar, yöntem adımları ve politik adımlar yer almaktadır. Teknoloji adımları yazılım, donanım ve internet ağından oluşmaktadır. Yöntem adımları; liderlik, altyapı, insan kaynakları, ürün ve servis ağından meydana gelmektedir. Nihayetinde politik adımlar ise sözleşmesel bağlantılar, yönetmelikler, rehberler, araştırma ve hazırlık aşamalarından oluşmaktadır. Araştırma kapsamında, YBM alanları, aşamaları ve bakış açısı genel anlamıyla tanıtılmıştır.

Kumar ve Mukherjee (2009), Hindistan'daki YBM uygulamasının güncel durumunu analiz etmek ve bugüne kadar Hindistan'daki YBM kabulünü anlayabilmek için bir anket organize etmişlerdir. Hindistan, araştırmanın yapıldığı dönemde inşaat sektöründe yeni olmasına rağmen, YBM'ne verdiği önem konusunda güçlü bir potansiyel ortaya çıkartmıştır. Bunu kanıtlayabilmek için anket yöntemi ile çalışma yapılmıştır. YBM hakkında güncel durum kontrolü yapabilmek amacıyla 21 sorudan oluşan bir anket oluşturulmuştur. Anket, Hindistan'ın farklı bölgelerindeki AEC endüstrisi uygulayıcılarına gönderilmiştir. Araştırma iki amaca hizmet etmektedir. Birinci ve asıl hedeflenen nokta, Hint AEC şirketlerinin YBM kullanım oranını belirlemektir. İkinci olarak, bu yöntemi kullanan şirketler tarafından anlaşılan YBM faydalarını kayda almaktır. Bunun yanında bu teknolojinin kullanımını benimsenmesini engelleyen noktalar da incelenmiştir. Çalışma sonucunda, YBM'nin kullanılmamasının temel nedeni, teknik uzmanlık eksikliği olduğu görülmüştür. Konu hakkında bilgi sahibi olan profesyonellerin nasıl kullanacaklarını bilmediği ve hatta yöntemden haberdar dahi olmadığı görülmüştür. Son olarak, anket yanıtlayıcılarının yaklaşık %87'si, kendi firmalarında YBM'ni benimsemeye ilgi duyduklarını gönüllü olarak bildirmişlerdir. Konunun karmaşıklığı, yeni teknolojiyi keşfetme isteksizliği, müşterilerden gelen geleneksel uygulamaları değiştirmeye karşı olan isteksizlik ve YBM uygulamaları hakkındaki belirsizliğin de büyük önem taşıdığı belirlenmiştir.

Azhar ve diğerleri (2012), YBM'nin temel kavramlarına odaklanarak, projenin yaşam döngüsündeki uygulamalarını ve proje paydaşları için faydalarını vaka çalışmalarıyla birlikte sunmuşlardır. Çalışmada, YBM süreçleri ve geleneksel tasarım süreçleri arasındaki farklara değinilmiştir. Genel anlamda, YBM'nin tasarım aşamalarındaki, inşaat öncesi, inşaat sırasındaki ve sonrası aşamalarındaki rollerinden bahsedilmiştir. Çalışma sonucunda bulut teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla proje paydaşlarının hızla YBM modellerine sanal olarak her yerden erişmesinin kolaylaşacağı vurgusu yapılmıştır. Arttırılmış gerçeklik ve benzeri sanal teknolojik atılımlar ile proje sahiplerinin projelerini daha verimli bir şekilde yürütmesine olacak sağlayabileceğinden söz edilmiştir. Aynı zamanda, YBM uygulamasındaki riskler ve engeller detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu bağlamda, 3 ana başlıkta teknolojik zorluk olarak; veri uyumsuzluk sorunlarını ortadan kaldırmak için iyi tanımlanmış işlem modellerinin gerekliliği, dijital tasarım verilerinin

hesaplanabilir olması gerekliliği ve bilgi alışverişi ve uyumu için iyi geliştirilmiş pratik stratejilerin gerekliliği olarak sıralanmıştır.

Zhang ve Gao (2013), YBM'nin, proje tasarım maliyetini arttırıp bir öğrenme süreci gerektirmesi sebebiyle proje sahipleri ve müteahhitler için endişe duyulan bir süreç haline gelmesindeki kaygıları azaltabilmek adına süreçlerin kullanımının proje maliyetlerini azaltmaya ve proje zamanlamasını optimize etmeye nasıl yardımcı olabileceğini bir vaka çalışması ile anlatmışlardır. Çalışmada, YBM'nin bir vaka çalışması ile proje süresini azaltmaya ve maliyetten tasarruf etmeye yardımcı olup olamayacağı araştırılmıştır. YBM tabanlı bir proje teslimat süreci tanıtılmış olup geleneksel süreçlerle çizilmiş olan bir proje ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda YBM süreçlerinin uygulanmasının faydalarının varlığı gösterilmiştir. Bu faydalar arasında, seri ve gerçek zamanlı tasarım, çoklu dizayn görünümü ve 3D görselleştirme, otomatik olarak dosya yönetim avantajı, gelişmiş iş birliği ve koordinasyon ile optimize edilmiş 4D programlama konuları tespit edilmiştir. YBM'nin proje süresi ve maliyet kontrolü için faydaları değişken olabilse de bu teknolojinin kullanımının yaygınlaşmasının ana engeli öğrenme süreci, adaptasyon ve ilk kurulum maliyeti aşamaları olabileceği görülmüştür.

Shou ve diğerleri (2014), yapmış oldukları bu çalışmada YBM hakkında yazılmış olan standartları ve yönergeleri incelemişlerdir. İlk kez, bir üstyapı ve altyapı inşaat sektöründe YBM kullanımını kıyaslamışlardır. Temel anlamda, üstyapı ve altyapı endüstrisi için verileri karşılaştırmak amacıyla açıklayıcı bir vaka çalışması yaklaşımı benimsenmiştir. 42 adet rehber, kullanıcı kitabı ve standart incelenmiştir. İncelenen standartların yarısının ABD menşeli olduğu tespit edilmiştir. Buradan çıkarımla ABD'nin diğer ülkelere kıyasla YBM konusundaki atılımlarını daha erken başlattığı sonucuna ulaşılmıştır. Makalenin asıl amacının YBM'nin geldiği aşamayı günün şartlarına göre akademik yayınlardan ve endüstriyel vakalardan elde edilen bulgularla araştırmak olduğu anlaşılmıştır.

Akkoyunlu (2015), ülkemizde gündem olmaya başlamış ve ilerleyen dönemlerde daha da artacak olan kentsel dönüşüm projelerinin YBM projeleri kullanılarak altyapısının oluşturulmasından ve YBM geçişinin gerekliliğinden bahsetmiştir. Tez kapsamında, dünya ülkelerindeki YBM kullanımları ve standartları incelenmiştir. Daha önce YBM uygulama

planı oluşturmuş ülkelere odaklanılmış olup bunlardan çıkarımlarla asıl hedef olan kentsel dönüşüm projeleri özelinde Ulusal BIM Uygulama Planı (UBUP) hazırlanmış ve detaylandırılmıştır. UBUP modelinin akademik, sektörel ve geleceğe dönük katkıları sıralanmıştır. Dönüşüm planında yer alan yaklaşık 20 milyon konutun yenilenmesinde YBM destekli süreçlerin uygulanması gerekliliği vurgulanmıştır.

Omeregie ve Turnbull (2016), Birleşik Krallık'ta (UK) bir otoyol altyapısı iyileştirme projesi olan A1 Dishforth-to-Barton otoyolunu incelemişlerdir. Proje, A1 Dishforth-to-Leeming (A1D2L) ve A1 Leeming-to-Barton (A1L2B) olarak iki ayrı bölüme ayrılmıştır. A1D2L kesiminde geleneksel inşaat yapım yöntemleri baz alınırken A1L2B kesiminde YBM merkezli bir inşaat süreci rol almıştır. Çalışmada, bu iki kesimdeki deneyimli çalışanlar arasında geleneksel ve YBM süreçlerinin arasında her iki yöntemim arasındaki boşlukları kapatmayı amaçlayan olasılıksız örnekleme metoduyla açık uçlu anket çalışması yapılmıştır. Katılımcılara sorulan sorular sonucunda her iki yönteminde birbirini tamamladığı ve 2016 yönetmeliğinin (tüm kamu projelerinde YBM kullanım zorunluluğuna ait yönetmelik) uygulamaya alınmasının henüz eğitim ve farkındalık düzeyinin yeterli olmaması sebebiyle şüpheli olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda YBM süreçlerinin uzun vadede maliyet etkin bir yöntem olması sebebiyle avantajının yüksek olması; fakat kısa vadede geleneksel yöntemin yerini almaktan ziyade ancak tamamlayıcı rol üstlenebileceği kanısına varılmıştır. Popüler beklentilerin aksine anket sonuçlarında, YBM'nin geleneksel yöntemleri kısa vadede geride bırakacağı beklentisi görülmemiştir. Hatta, katılımcılar tarafından geleneksel yöntemlerin altyapı iyileştirme projelerinde hala tercih edildiği ve önemli bir katkı sunduğu ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda, UK inşaat sektöründe küçük ölçekli paydaşları çekmek ve teşvik etmek için YBM özelinde bir yasal teşvik çerçevesi oluşturulup bunun finanse edilmesi kaydıyla uzmanlık eğitimleri verilmesi önerilmiştir.

Araç (2018), yapmış olduğu tez çalışmasında Türkiye'de YBM'ne ilk kamu girişi sayılan Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey (KMM) metro hattı projesi üzerinde mülakat destekli örnek olay incelemesi yapmıştır. Ülkemizde YBM'ne geçiş süreçleri kapsamında değerlendirmeler yapılmış olup kullanılmış olan teknolojiler ve uyum süreçleri ile ilgili etki araştırmaları yapılmıştır. Raylı sistemler özelinde YBM'nin etkin kullanımına sektörü teşvik etmek temel amaç olarak düşünülmüştür. KMM projesi, YBM süreçlerine geçişte

başarılı ve öncü bir başlangıç hareketi sayılmış ve tüm dünya üzerinde buna paralel çalışmaların yapılmasının teşvik edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Aynı zamanda, çalışma kapsamında yapılmış olan mülakatlarda, YBM'nin projeler için olumlu getirilerinin olduğu anlaşılmıştır. YBM'nin yaygınlaşma ve kullanımının artmasında konu hakkındaki yetersiz bilgi ve altyapı eksikliğinin giderilmesi ve süreçlerin benimsenmesi gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Politi (2018), mevcut proje yönetimi uygulamalarındaki temel zorlukları analiz ederek YBM tabanına oturmuş olan proje yönetiminin bu zorluklar ile başa çıkma yöntemini göstermeyi amaçlamıştır. Bu yöntemin proje idaresinde uygulanabilmesi için gerekli olan bilgi toplama esaslarını araştırmıştır. 3D boyuttan 7D boyuta uzanan çok boyutlu proje yönetimini detaylandırarak bir vaka çalışması sunmuştur. Vaka çalışmasında, üç katlı bir bina seçilerek 3D modelin YBM süreçleri ile etkili bir şekilde nasıl kullanılabildiği gösterilmiştir. Vaka çalışması aracılığıyla, proje yönetimi ön görüşünün YBM ile entegrasyonu anlatılmıştır. Çalışma sonucunda YBM kullanımının ulusal ve uluslararası çapta inşaat sektöründe getirmesi beklenen faydalarından bahsedilmiştir; fakat kullanım artışının ve süreç hızlandırılmasının eğitim müfredatlarına eklenmesi ve konuyla ilgili seminer ve atölye çalışmalarının yaygınlaşması ile mümkün olabileceği vurgulanmıştır.

Erdik (2018), yapmış olduğu tez çalışmasında inşaat sektöründe YBM konusunda gelişen teknoloji ve yazılımlara firmaların ve iştiraklerin adaptasyon süreçlerinde yaşadıkları zorluklara ve bunların sebeplerine değinmiştir. YBM kullanan ve kullanmayan firmaların farklılıkları ve Türk yapı sektörünün bu konuda geçtiği aşamalar ve uyum süreçleri irdelenmiştir. Çalışmada, YBM kullanım süreçlerinin zorunlu hale getirilmesi ve adaptasyon süreçlerinde karşılaşılan durumların minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Herr ve Fischer (2018), Çin inşaat sektöründeki AEC alanlarında karşılaşılan zorlukları ve YBM'nin çalışma dönemindeki Çin'deki mevcut yerini açıklamışlardır. Büyük Şanghay bölgesindeki AEC profesyonellerinden elde edilen detaylı anket verilerine dayanarak yeni bir genişletilmiş model önermişlerdir. Anket yapılan profesyonellerin kendi değerlendirmelerine dayanarak, YBM'nin Çin'deki AEC alanlarında tasarım ve inşaat süreci aşamaları boyunca oldukça yüksek bir düzeyde yaygın olarak benimsendiği anlaşılmıştır; fakat genel anlamda endüstrinin YBM'ne uyum sağlamakta zorluk çektiği görülmüştür. Bu zorlukların başlıca nedenleri: YBM'nin tüm tasarım süreci ve yapı yaşam

döngüsü boyunca uygulanmasının zorluğu, henüz sınırlı ve standartlaştırılmış olan nesne kütüphaneleri, yüksek bilgisayar donanımı ihtiyacı duyulması, YBM bağlamında yeni mesleki rollerin ve ilişkilerin ortaya çıkması, uluslararası standartların eksikliği, YBM'nin istenmeyen amaçlar için kullanılmasının zorlukları, YBM içermeyen prosedürlerle çalışan profesyonellerin ilgisizliği, YBM eğitimi için gerekli zaman ve maliyet, veri güvenliğine duyulan güvensizlik ve anlaşmazlıkların olduğu anlaşılmıştır. Çalışmada yapılan anketler, YBM'nin benimsenmesi için hükümet desteği ve politikaları ile güçlü bir şekilde teşvik edilmesi gerektiğini göstermiştir. Birçok AEC profesyoneli hala Çin'in hızlı tempolu AEC uygulamasının gereksinimlerini karşılamak için 2D çizimlere güvendiği anlaşılmıştır. Çoğu firma gelişmiş YBM benimseme iddiasında olmasına rağmen, yalnızca birkaç kişi somut veriler sunabilmiştir. Bu da benimseme kapsamının sınırlı olduğunu işaret etmektedir. YBM'ni ciddi anlamda ön plana çıkaran şirketler, yurt dışı müşterilerle çalışan firmalar ve inşaat şirketlerinin proje yönetimi için YBM kullananlar ile Çin'de giderek yaygınlaşan prefabrik projeleriyle ilgilenen şirketlerdir. Çalışma sonucunda, YBM entegrasyonunun zorlukları ve fırsatlarıyla başa çıkabilmek için genişletilmiş bir benimseme modeli önerilmiştir.

Balcı ve diğerleri (2019), yapmış oldukları bu çalışmada, ülkemizde henüz yeni yaygınlaşan YBM kullanımının raylı sistem projelerinin tüm süreçlerinde bütüncül bir yaklaşım olduğunu belirtmek, aynı şekilde projenin tüm süreçlerinde karar almaya yardımcı olabilen bir paket olduğunu anlatmak ve katkısını göstermek amacıyla Ataköy İkitelli Metro hattı inşaatı projesinde YBM kullanım faaliyetlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, YBM tarafında oluşturulan modellerin çakıştırılması sonucunda disiplinler arası uyumsuzlukların tespitinin sağlanabileceği gösterilmiştir.

Kocakaya ve diğerleri (2019), çalışmalarında kompleks bir inşaat üzerinde vaka incelemesi yapmıştır. Çalışmada, YBM kullanımının zaman, maliyet, kaynak açısından tasarrufları üzerinde durulmuş olup çalışılan projede 120.400 USD ilave maliyet ve 95 gün süre azaltımı yapıldığı belirlenmiştir.

Özlu (2019), yapmış olduğu tez çalışmasında karayolu altyapı inşaat sektörünün inovatif gelişmeler karşısında eksik kalan vizyonunu ve uyum sorunlarını incelemiştir. Gelişmelerdeki ivmelenme karşısında Türk mühendislik sektörünün daha geri planda kalıp güvenli liman arayışlarını sürdürdüğü gözlemlenmiştir. Tez kapsamında, yeni teknolojik

gelişmelere sağlanmaya çalışılan uyum, saha çalışmaları ile desteklenmiş ve acil atılımların kaçınılmaz olduğu belirlenmiştir.

Sarıççek (2019), Türkiye’de YBM süreçlerine geçiş yapmak isteyen firmalara yönelik olarak yol haritası çizebilmek ve kendilerine yol göstermek amacıyla atılacak adımlar için öneri sunan bir çalışma yapmıştır. Türk inşaat sektöründe yer alan profesyoneller ile yapılan anket çalışması ile mevcut YBM durumu araştırılmıştır. Anket sonuçları analiz edilerek, YBM uygulamalarının karşılaştığı engeller ve bunu aşabilecek kolaylaştırıcı adımlar ortaya çıkartılmıştır. Çalışma sonucunda en büyük engellerin, YBM eğitim ve tanıtım eksikliği ile müşteri talebi eksikliği olduğunu belirlenmiştir. Mimarlık şirketlerinin ise YBM süreçlerine geçişteki en büyük kolaylaştırıcı faktörlerin, personele süreç ve iş akışları alanında verilen eğitimler, şirketin konuyla ilgili yeni yazılım ve teknoloji konusundaki desteği, farkındalık durumu ve bilincinin yüksekliği, standart ve kılavuzların varlığı ve devletin YBM konusundaki desteği olduğu tespit edilmiştir.

Yurdakul (2019), yapmış olduğu tez çalışmasında inşaat öncesi tasarım aşamasında oluşturulan senaryoların olası maliyet kayıplarının önüne geçebildiği konusu üzerinde durmuştur. YBM sayesinde 3 boyuttan 7 boyuta kadar değişebilen parametrik girdilerle birlikte oluşturulan sistemle disiplinler arası olası çakışmaların önüne geçilip geleneksel yöntemle farkları anlatılmıştır. Özellikle metro hatları üzerinde durulmuş ve yapım aşamasında yaşanan gecikme, erteleme ve maliyet artışlarının önüne geçilip verimliliğin artırılması hedeflenmiştir.

Bayram (2020), bu çalışmada geleneksel metraj hesaplama yöntemleri ile YBM üzerinde kullanılan iki yazılımın mukayesesi yapmıştır. Bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada geleneksel metraj yöntemleri üzerinde harcanan uzun vakitlerin yerine YBM ile çok daha kısa sürede alınacak sonuçlar için farkındalık yaratmak amaçlanmıştır. Uygulamaya yönelik avantajlar somutlaştırılmıştır.

Çelik (2020), yapmış olduğu tez çalışmasında YBM konusunun mevzuatlara ve şartnamelere entegrasyonu konusunda merkezi hükümet ve yerel yönetimlerin dünyada ve ülkemizdeki tutumlarını araştırmıştır. YBM süreçlerinin akıllı sözleşmelere eklenmesi ve daha geniş yelpazede uygulanabilmesi için teorik olarak yürütülen bu süreçlerin kentsel

raylı sistem projelerine uygulanabilmesi adına atılacak somut adımların ilgili kurumlara aktarılması için tespitler yapılmıştır.

Olanrewaju ve diğerleri (2020), Nijerya inşaat sektöründeki YBM uygulamalarının engellerini belirlemek ve inşaat profesyonellerinin düşüncelerini değerlendirmek üzere bir anket çalışması yapmıştır. Çalışmada, engelleri tanımlamak için on dört engel belirlemiştir. Toplanan veriler, çeşitli istatistiksel teknikler kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, belirlenen 14 engel faktörü içerisinde gruplar arasında farklı sıralamalar olduğunu göstermiştir; ancak YBM ile ilgili 14 engel arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. YBM hakkındaki veri eksiklikleri ve çalışmaların az olması, yetersiz hükümet politikaları, talep eksikliği, eksik koordinasyon ve uygulama maliyetinin yüksek olması konuları kritik engeller olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, YBM uygulamasındaki engeller 4 ana faktöre indirgenmiştir. Bu faktörler: teknoloji ve işle ilgili engeller, eğitim ve insanlarla ilgili engeller, maliyet ve standartlarla ilgili engeller ve ekonomiyle ilgili engeller olarak belirlenmiştir. Çalışma bulguları, YBM uygulamasının anahtar engellerinin değerlendirilmesinin, Nijerya'daki inşaat profesyonelleri ve diğer paydaşlar için faydalı olacağını göstermiştir.

Pasetto ve diğerleri (2020), Venedik Limanı'nın yeni liman istasyonu ile mevcut Padova-Mestre hattı arasındaki demiryolu bağlantısını tespit etmek ve YBM araçlarıyla entegre bir tasarım için mevcut araçların zorluklarını ve tercihlerini değerlendirmek için fizibilite çalışması yaptılar. Çok kriterli bir analiz yöntemi kullanarak Yeni Güney Venedik Limanı bölgesini bahse konu demiryolu hattına bağlamak için üç farklı demiryolu yerleşim seçeneği belirlediler. İlk yerleşim için 2,24, ikinci yerleşim için 1,86 ve üçüncü yerleşim için 1,57 değerlerini tespit ettiler. Sonuçlara göre en iyi çözümün üçüncü alternatif olduğunu teyit ettiler. Tüm altyapı sisteminin ve modellemelerinin YBM üzerinde tasarlanmasını sağlamışlardır. Hem geleneksel modelleme hem de yeni YBM yaklaşımından türetilen çok ölçekli yaklaşım sayesinde tasarımcı, üç alternatif düzen arasından en iyi çözümü değerlendirebilmiştir. Raylar, traversler, sinyalizasyon sistemleri vb. gibi ayrıntılı elemanların modellenmesi için YBM uygulanmıştır. 3D tasarım ve inşaat, çakışma tespiti vb. yöntemler ile mevcut yöntemlerin nasıl iyi bir şekilde oluşturulduğunun gösterilmesine katkı sağlamıştır.

Samimpay ve Saghatforoush (2020), altyapı inşaat süreçlerinde YBM kullanım faydalarını tasarım, inşaat öncesi ve inşaat aşaması olarak gruplara ayırarak incelemiştir. YBM'nin kullanımının tüm paydaşların projeye entegre olabilmesi açısından önemi üzerinde durulmuştur. YBM'nin temele amaçlarının kalite hatalarını azaltmak, proje üretkenliğini arttırmak, koordinasyon ve iş birliğinin önemini vurgulamak olduğunu belirtmek amaçlanmıştır.

Sürücü (2020), yapmış olduğu bu çalışmada, inşaat sektöründeki yüksek maliyetin yanında düşük verimin getirdiği olumsuz duruma karşı YBM'nin sorunlara çözümünü araştırmıştır. Altyapı projelerindeki karmaşıklığın daha anlaşılabilir kılınması için 2D projelerin YBM sayesinde 3D hale dönüştürülüp çakışma tespiti aracılığıyla meydana gelmesi, olası aksaklıkların ve olumsuzlukların önüne geçilmesi durumu incelenmiştir.

Tütüncüler (2020), YBM'nin tesis bakımında kullanılmak üzere faydalarını araştırmış ve kamusal binaların bakımına olan etkisini inceleyip bir model önermiştir. Bu model, Gaziantep'te bulunan Aysan Camii örneği üzerinden Autodesk Revit yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu kapsamda akustik, iklimlendirme, aydınlatma, iç mekân ve termal konforun sağlık ve verimlilik üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çeşitli analizler ile geleneksel ve YBM süreçlerinin iş akışlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Önerilen tesis yönetimi çözümleri, mevcut iş akışının verimsizliklerini ele almayı amaçlamıştır.

Vilutiene ve diğerleri (2020), çalışmasında 239 adet dergi makalesinin bibliyometrik analizine dayanarak YBM ile ilgili altyapı projeleri özelinde yapılan uygulamaların genel bir resmini ortaya koymayı amaçlamıştır. 239 belge, filtreleme yöntemi ile 116 adet kaynağa indirgenmiştir. Çalışma, yapıldığı dönem itibariyle, son 10 yılda YBM metodolojisinin altyapı projelerindeki uygulamalarının incelenmesini içermektedir. Bulgular neticesinde ulaşılmak istenen amaç, altyapı projelerinin YBM uygulamalarındaki boşlukları tanımlamak ve gelecekteki araştırma alanlarını belirlemek olmuştur. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular, 2012 yılından itibaren altyapı projelerindeki YBM ile ilgili yayın sayısının önemli ölçüde artmasının İngiltere Hükümeti'nin 2011 yılındaki Yapı Stratejisi'nin bir sonucu olabileceği üzerinde durulmuştur. 2016 yılından itibaren ise konuyla ilgili ikinci bir olgunluk seviyesine geçildiği ve bunun sebebinin ise kamu sektörü projelerindeki zorunlu YBM uygulamaları olduğu düşünülmektedir. Araştırma sonucu,

altyapı sektörünün üstyapıya kıyasla çok daha somut belgeli ve anlaşılabilirlik düzeyinin yüksek olduğunu göstermiştir.

Yiğiter (2020), yapmış olduğu tez çalışmasında Türk ulaşım altyapısında YBM konusundaki değişimin kültürel bir çalışma değişimi gerektirdiği belirtmiştir. Hem kamu hem özel sektörün önündeki dirençlerin kaldırılıp tüm paydaşlarca desteklenen bir yapı hale gelmesi gerektiği vurgulamıştır. Türkiye'deki durumu anlayabilmek için bir anket çalışması yapılmış olup Türk şirketlerinin son yıllarda kendi YBM yapılarını oluşturdukları gözlemlenmiştir. Özellikle ulaşım altyapısındaki deneyimlerinin YBM yapısına aktarılabilmesinin getirdiği faydalar üzerinde durulmuştur.

Akbay (2021), yapmış olduğu tez çalışmasında şantiyelerde YBM kullanımının yaygınlaşması gerekliliği üzerinde durmuş olup Çevre Şehircilik Bakanlığı, İBB ve Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın yürüttüğü çalışmaların sektörün gelişmeleri üzerindeki etkilerinden bahsetmiştir. Türkiye'nin inşaat sektöründeki potansiyelinden yola çıkarak kısa sürede YBM dönüşümünün başarılı bir şekilde sağlanabileceği üzerinde durulmuştur. Özellikle, modellenen süreçlerin sahadaki üretime sağladığı katkıların ölçülmesi sağlanmıştır.

Baarimah ve diğerleri (2021), YBM ve Değer Mühendisliği (VE) literatürünün bibliyometrik bir analizini yaparak 2007 ve 2021 yılları arasında mevcut araştırma durumunu ortaya koymayı amaçlamıştır. Scopus veri tabanı aracılığı ile 46 belgeye ulaşılmıştır. Ulaşılan sonuçlar, maliyet mühendisliği, kazanılan değer yönetimi, yapısal tasarım, karar verme ve sürdürülebilirlik gibi ana konuların son zamanlardaki ilgi odağı olduğunu göstermiştir. Bununla beraber, en sık kullanılan anahtar kelimeler baz alınarak, YBM ve VE ile ilişkili üç önemli araştırma alanı belirlenmiştir: Mimarlık tasarımı, proje yönetimi ve maliyet kontrolü. Bu doğrultudaki bulgulara dayanarak, YBM ve VE'nin entegrasyonu üzerine gelecekteki çalışmalara ilişkin öneriler sunulmuştur. Çalışma ile, YBM ve VE'nin bütünsel araştırmalarının mevcut durumunun ortaya koyulmasının yanı sıra gelecekte yapılacak çalışmalara katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Zontul (2021), yapmış olduğu çalışmada Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi ek binasını YBM sistemiyle modelleyerek mevcut yöntemlerle karşılaştırmasını yapmıştır. YBM yapısının bilgisayar destekli tasarım (BDT) yöntemleriyle farklarını araştırmıştır. Makale

sonucunda YBM sistemlerinin BDT yapılarına göre metraj ve maliyet hesaplarında daha faydalı olduğu, metraj listesi oluşturmanın daha kolay olduğu, verimliliğin yüksek olduğu kanılarına varmıştır. Bahse konu mevcut yapı incelendiğinde de henüz tasarım aşamasındayken şu an mevcut olan birtakım teknik hataların önüne geçilebileceği görülmüştür.

Ershadi ve diğerleri (2021), altyapı projelerinde YBM uygulamasının boyut ve stratejilerini incelemiştir. YBM'nin teorik arka planından ve boyutlarından bahsedilmiş olup uygulanması için gerekli bilgi sistemleri açıklanmıştır. YBM'nin 1D boyutundan 10D boyutuna kadar tüm boyutları ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Çalışmada genel anlamda literatürdeki tartışmalara ve uzman görüşlerine yer verilmiştir. Avustralya'da önde gelen inşaat firmalarının çalışanları ile görüşülerek bir vaka çalışması yaklaşımı ortaya koyulmuştur. Çeşitli yıllarda iş deneyimine sahip 6 katılımcının YBM hakkındaki görüşleri alınmıştır. Sonuçlara göre, YBM'nin her boyutunun altyapı projelerine olan katkıları tespit edilmiştir. Bu boyutlar, bir yapının 3D boyutun yanı sıra zaman (4D), maliyet (5D), enerji (6D), sürdürülebilirlik (7D), güvenlik (8D), yalın inşaat (9D) ve endüstrileşmiş inşaat (10D) olarak belirlenmiştir. Tasarım ve inşaat adımlarında 4D, 5D, 8D ve 9D YBM'nin çok daha fazla önem arz ettiği vurgulanmıştır. Altyapı projelerinde 9D ve 10D boyutlarının yer almadığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, YBM'nin altyapı projelerine sunduğu katkının 3 gruba ayrıldığı görülmüştür. Bütünlük ve otomasyon, iş birliği ve optimizasyon.

Koçoğlu (2021), yapmış olduğu tez çalışmasında altyapı kamu sektöründe YBM kullanımının avantaj ve dezavantajlarının araştırılması amacıyla örnek proje olarak Güneydoğu Anadolu'nun ilk ve tek altyapı projesi olan Gaziantep Metro Projesi üzerinde YBM süreçlerini araştırmıştır. Bu dijital dönüşüm süreçlerinin, bir altyapı projesinde ne denli ve ne ölçüde kullanıldığı araştırılmıştır. Modelleme teknolojisinin diğer kamu kurum ve kuruluşlarına ve özel sektöre örnek olması amacıyla değerlendirmeler yapılmıştır.

Taher (2021), projelerin erken tasarım aşamalarında sürdürülebilir tasarımı optimize etmek amacıyla YBM ile VE'yi (Değer Mühendisliği) entegre etmek için bir çerçeve sunmaya çalışmıştır. Bu bağlamda, Mısır'daki inşaat endüstrisinde deneyimli bir grup profesyonelle yöneltilen anket ile YBM entegrasyonu ve VE beklentisi arasındaki ilişki anlaşılmasına çalışılmıştır. Çalışma kapsamında oluşturulan sonuçlar ve aşamaları şu

şekildedir: YBM'nin VE ile entegrasyonunun beklenen faydalarını incelemek için bir anket sunmak, YBM'ni VE ile entegre eden bir 5D YBM modeli geliştirmek, binaların enerji verimliliğini ve sanal ortam yapılarını analiz etmek, çevresel etki ve emisyon analizi yapmak, yaşam döngüsü değerlendirmesi yapmak ve sürdürülebilir tasarım alternatifini seçmek için çoklu özellikli bir karar ortamı geliştirmek. Araştırma bulguları, YBM'nin VE ile entegre edilmiş yapısının, inşaat endüstrisinde sürdürülebilir tasarımı iyileştirmeye katkıda bulunan güçlü bir araç olduğunu göstermiştir. Çalışmada, üç farklı alternatif oluşturularak kullanımı ve yeteneklerini doğrulamak için bir vaka çalışması uygulanmıştır. Sonuçlar, modelin en uygun tasarım alternatifinin seçiminde önemli olduğunu göstermiştir.

Vignali ve diğerleri (2021), Kuzey İtalya'da bulunan SS 245 yolunun bir bölümünün rehabilite edilmesi için mevcut yol altyapısına sağladığı faydaları göstermek amacıyla altyapı YBM süreçlerinin kullanılmasını incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, altyapı YBM yaklaşımının, yapım öncesi yol projesini optimize etmek ve kurallara uygunluğunu teyit etmek için güçlü bir araç olmasının yanı sıra altyapının 3 boyutta nasıl çalıştığını görmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışmada yapılan işlemler sırasıyla şu şekilde ifade edilebilir: Nokta bulutları oluşturulup 3D arazi modelinin çıkartılması, yatay ve dikey geometrinin oluşturulması ve en kesitlerin çıkartılması, tünelin modellenmesi, kavşağın modellenmesi, yol üstyapısının 3D modellenmesi, altyapı render oluşturulması şeklinde sıralanmaktadır. Böylelikle çalışma sonucunda, altyapı YBM uygulamalarının mevcut yol iyileştirmesine katkısının gösterilmesi hedeflenmiştir.

Halim (2022), Malezya altyapı projelerinde ve özellikle otoyol endüstrisinde danışmanların, mevcut uygulamalarda karşılaştığı zorluklara ilişkin görüşlerini toplamayı amaçlamıştır. Tasarım bölümünde yer alan profesyonellerle yapılan görüşmelerin bulgularına dayanarak, farklı disiplinlerden tüm otoyol tasarım danışmanlarının, 3D modelleme yaklaşımı ve iş birlikçi çalışma ortamıyla mevcut geleneksel tasarım pratiği zorluklarını nasıl ele alabileceği konusunda YBM'nin farkındalığı gösterilmiştir. Bulgular, otoyol danışmanlarının YBM iş akışına geçmeye istekli olduklarını; fakat maliyet ve bilgi eksikliği, hükümetten ve YBM konusundaki anlayıştan gelen baskıların konuyu benimsemelerini engelleyen durumlar olduğunu göstermiştir. Sonuçlar, mevcut otoyol tasarım uygulamalarının en büyük üç zorluğunun; çok disiplinli iş akışı arasındaki iş birliği eksikliği, inşaat sırasında tasarım değişikliklerinin daha sık olması ve disiplinler

arası tasarım çatışmalarının riskleri olduğunu göstermektedir. Danışmanların, Malezya'daki otoyol projeleri için YBM'ni benimsemeye başladıkları görülmüştür. Bu nedenle çalışma, otoyol endüstrisi için YBM stratejik uygulama planlamasının daha fazla araştırılmasının başlangıç adımları olarak kabul edilebilmektedir.

Shin ve diğerleri (2022), çalışmalarında, YBM kullanımının tasarım aşamalarında kullanıldığı ve kullanılmadığı projeleri inceleyerek avantajlarını ve dezavantajlarını araştırmışlardır. Bu kapsamda, tasarım aşamasında hem YBM'nin hem de geleneksel yöntemlerin kullanıldığı üçer adet proje ele alınarak karşılaştırılmıştır. Eş değer projeler seçilerek konunun proje maliyetlerine etkisi, adamxsaat ve iş gücü kazanımları irdelenmiştir. Bunun yanında YBM uygulamasına sahip 4 firma ile de ayrıca görüşülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda, YBM uygulayan firmaların uygulayan firmalar göre planlama aşamasında yıllık bazda 2.000 USD'lik fazla harcama yaptığı görülmüştür. Tasarım aşamasında ise, YBM kullanmayan firmalar ortalama olarak tasarım için YBM kullanan firmalara göre yıllık 65.800 USD fazla harcadığı ortaya çıkmıştır. YBM kullanan firmaların eğitim ve destek için ortalama yıllık 54.800 USD ilave maliyetleri bulunmaktadır; fakat nihai aşamada toplam maliyetlere bakıldığında YBM kullanan 3 firmanın geleneksel yöntemi tercih eden 3 firmaya göre yıllık yaklaşık 9000 USD daha az maliyete katıldığı görülmüştür. YBM kullanan projelerin, ortalama olarak YBM olmayan projelere kıyasla 103,5 gün daha az zaman harcadığı ve tasarım süreci boyunca 3 adam kaynağı tasarruf sağladığı tespit edilmiştir.

Şahinkaya ve diğerleri (2022) yapmış oldukları araştırmada, YBM süreçlerinin Türkiye için uygulanabilirlik durumunu araştırmışlardır. Günümüzde giderek zorlaşan ve daha karmaşık hale gelen inşaat projelerinin takibini kolaylaştıracak olan YBM'nin mevcut ve gelecekteki durumları hakkında bir anket çalışması yapmışlardır. Bu çalışma ile konunun sektörde çalışan kişiler tarafından bilinirliği, muhtemel faydalarının farkındalığı, yaygınlaşma noktasında engel görülen hususların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmadan elde edilen verilere göre bu sistem, ülkemizde henüz yeterince bilinmemekte (%50) ve kullanılmamaktadır (%67). Çalışmaya katılanların % 70'i ise sisteminin nasıl kullanıldığını dahi bilmemektedir. Çalışma sonucunda, sistemin yurt dışı ayağında bile, son yıllarda artmış olsa dahi, sistem için atılmış olan adımların hala ufak olduğu ve geliştirilmesi gerektiği, ülkemizde ise firmaların ilerleyen süreçlerde rekabet ortamında ayakta

kalabilmeleri için geçiş süreçlerini hızlandırmaları gerektirdiği çıkarımına ulaşılmıştır. Sisteme en büyük katkının ise devlet tarafından verilebileceği düşüncesi kabul görmüştür.

Yaylalı ve Aydar (2022), yapmış oldukları çalışmada, yeni altyapı imalatları yapılırken mevcutta bulunan altyapı hatlarına ait coğrafik konumların kesin olarak bilinmemesinin inşaat aşamasında yarattığı maliyet ve zaman kayıplarından yola çıkararak mevcut altyapının 3D olarak belirlenmesinin önemini anlatabilmek için Telasis Tekstil rnleri San. ve Tic. A.ř. 'ye ait mevcut temiz su ve pis su hatları, elektrik hatları ile menhol, kapak kotları ile hatların bilinmesi gereken tüm bilgilerine erişimin kolaylaşmasını sağlamayı amaçlamışlardır. Böylelikle sonradan yapılacak imalatlarda daha sağlıklı süreçlerin ilerletilmesinin sağlanabileceği gösterilmiştir.

Aslan ve ınar (2023), çalışmalarında derin kazı uygulamalarının YBM süreçleri ile araştırılmasını incelemişlerdir. Geoteknik yapıların (iksa ve dayanma yapıları gibi) YBM ile modellenip 3D olarak daha etkili bir dizayn aşaması sağladığını göstermeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda, 6 metre derinliğe sahip ankrajlı kazı sistemini ele almışlardır. GEO5 programı ile ankrajlı derin kazıya ait belirlenen bilgiler IFC aracılığıyla BlenderBIM ortamında gömülü olan altyapı ile birleştirilerek çakışma analizleri yapılmış olup yazılım programlarının iletişimi IFC ile sağlanmıştır. IFC kullanımı sayesinde üstyapı ve altyapının birbiri içerisinde veri aktarımının kolaylığı gösterilmiştir. Böylelikle daha etkili sonuçlar alınabileceği ve tüm koşulların tasarımı aşamasında değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Altyapı sektörü için YBM kullanımının dinamik bir şekilde kullanılabileceğinden bahsedilmiş olup gerçek zamanlı olarak tüm davranışların izlenmesine olanak sağlanılabileceği gösterilmiştir.

ğt (2023), alışmasında, YBM'nin sürdürülebilir binalar inşa edilmesi süreçlerinin pay sahibi olduğu noktaları incelemek adına YBM kullanımının rolünü araştırmıştır. Çalışmada, enerji etkin binalar ve enerji performansı ölçümleri ve değerlendirilmesi ile gün işığı lmleri, LEED sertifika sistemi, YBM zellikleri ve katkıları, kullanılan yazılımlar ve yöntemler incelenmiştir. İstanbul'da yapımı tamamlanmış olan bodrum, zemin ve 5 normal kattan oluşan bir konut projesi üzerinde YBM yazılım aracılığı ile simülasyon yapılmış ve gün işığı analizi üzerine çalışma yapılmıştır. Üretilen alternatif senaryo, mevcut durum ile mukayese edilmiştir. Sonuç bulgulara göre elde edilen tüm

bilgiler, analizler ve değerlendirmeler sonucunda YBM ve enerji analizi simülasyon uygulamalarının sürdürülebilir bina tasarımlarındaki rolü gösterilmiştir.

Pınar (2023), mal ve hizmet alımlarında doğrudan temin süreçlerinin YBM kullanılarak süreç yönetimini daha verimli bir şekilde kullanmanın mümkün olduğundan bahsetmiştir. Süreçlerin mevcut haline ait yapım metotlarından bahsedilmiş, YBM'nin genel süreç yönetimi üzerine etkileri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Tasarlanan bir program üzerinden bu süreçlerin entegrasyonu yapılmıştır. Geleneksel yöntemler ile söz konusu entegrasyonun uygulanması halinde elde edilebilecek sonuçların mukayeseli karşılaştırılması yapılmıştır.



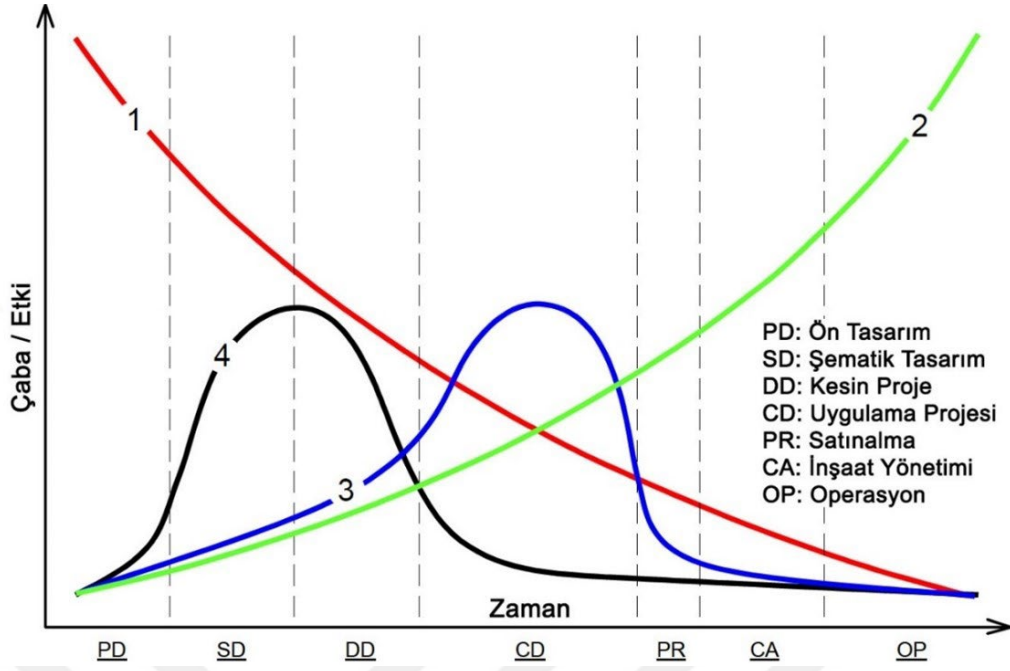
3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM)

3.1 Tanım

YBM, bir varlığın tasarım, yapım ve işletme olarak sınıflandırılabilir tüm yaşam döngüsü boyunca, paylaşılan çok boyutlu modellerin ve bunlara eklenen standardize edilmiş verilerin harmanlanmasını sağlayan, değer yaratan bir iş birliği modelidir. YBM, 3 boyutlu bir yazılım veya modelleme kavramından öte bir süreç yönetimi veya metodoloji olarak nitelendirilir. İnşaat süreçlerinde tüm birimlerin, her aşamada ortak dilden konuşmasını sağlayan ve karşılaşılabilecek anlaşmazlıklara karşı proaktif bir yaklaşım sağlayan akıllı bir çözümdür. YBM, gelişen teknolojiler arasında ön planda olan ve önemi giderek artan yeniliklerden biridir (Erdirik, 2018).

3.2 İhtiyaç Analizi

YBM süreçlerinin kullanımının amacı, multidisipliner işlerin üretkenlik problemlerine çözüm bulmak ve bu ihtiyaçlara hizmet etmektir. YBM kullanımı ile, işin henüz tasarım aşamasında alınacak olan kararların projenin maliyetlerinde ve zaman yönetimi üzerinde olumlu sonuçlar doğurduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, MacLeamy eğrisi ile ifade edilen, inşaat proje yönetiminde geleneksel iş akışı ile YBM tabanlı iş akışının, tasarım değişikliğinden kaynaklanan maliyete ve tasarıma harcanan efora göre karşılaştırmasını göstermektedir. Şekil 3.1’de, MacLeamy eğrisi olarak bilinen şemada, “1” numarayla ifade edilen kırmızı çizgi, proje aşamalarında çalışanların proje değişkenlerine etki etme güçlerinin azaldığını göstermektedir. “2” numarayla ifade edilen yeşil çizgi, yapılan değişikliklerin proje maliyetlerini artırma etkisini göstermektedir. “3” numarayla ifade edilen mavi çizgi ile geleneksel proje süreçlerinin uygulama projesi aşamasında geliştiğini göstermektedir. “4” numarayla ifade edilen siyah çizgi ise disiplinler arası iş birliğinden dolayı, henüz tasarım sürecinde daha önce verilerin toplanıp entegre edildiği tam bir ortak çalışma modelinde, yeni bir tasarım çabası dağılımını göstermektedir (Özlu, 2019). Kısaca, geleneksel süreçlerde proje tasarım erken aşamalarında öngörülemeyen ve kapsamlı düşünülemeyen noktalardan ötürü gösterilen çaba, bu aşamada karar alma yetkinliğini kısıtlamakta ve verimi düşürmektedir. YBM süreçlerinde ise erken aşamalarda gösterilen çaba ve harcanan efor çok daha fazla olsa da ilerleyen süreçlere sunduğu katkı sayesinde proje ve kesin proje süreçleri arasındaki tüm kararlar efektif bir şekilde tanımlanabilmekte ve uygulama, operasyon süreçleri çok daha az maliyetle, sorunsuz şekilde ilerleyebilmektedir.



Şekil 3.1: MacLeamy eğrisi (Özlu, 2019).

3.3 Tarihçe ve İlk Kullanım Örnekleri

YBM, bilgisayar ve internet öncüsü Douglas C. Engelbart'ın 1962 tarihli "Auginging Human Intellect: A Conceptual Framework" isimli makalesinde bir kavram olarak tanıtılmıştır. 1960 ve 1970'li yıllarda ortaya çıkan YBM kavramı akademisyenler tarafından çeşitli alanlarda incelenmiştir (Sarıççek, 2019). CAD kavramı ve modelleme ile ilgili bu yıllarda çok fazla makale yayımlanmıştır. Bilgisayar sistemlerinin yetersizliğinden kaynaklı olarak çok fazla gelişme gösterilemese bile 2D boyuttan 3D boyuta geçiş için ilk ve önemli gelişmeler bu dönemlerde olmuştur (Öğütçü, 2023). YBM'nin dünyadaki ilk kullanım örneği 1970'lerin ortalarında ABD'de gerçekleşmiştir. Minnesota Üniversitesi'nde yapılan "Building Description System" projesi günümüzde YBM olarak adlandırılan kavramın ilk örneğidir. Bahse konu proje bilgisayar destekli modelleme, yönetme, depolama ve paylaşma amacını içeren bir araştırma projesidir. YBM, resmen 1990'lı yıllarda kullanılmaya başlanmış olup o zamandan günümüze kadar uzanan bir kısım gelişmiş ama halen uzun kilometre taşlarına sahip olan kavramdır.

Dünyada YBM kullanımının ilk örnekleri ve aktif kullanımı ABD tarafında ortaya çıkmaktadır. ABD, YBM'nin 2007 yılında tüm kamu projelerinde uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir (Öner, 2019). Beraberinde Kanada ve Danimarka YBM kullanımına eşlik etmekle beraber Norveç 2007 yılından, Singapur ise 2015 yılından beri kamu projelerinde

YBM kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. İngiltere ise 5 yıllık uygulama planı ile 2016 yılına kadar tüm kamu projelerinde YBM geçişini zorunlu hale getirmiş olup günümüzde süreci devam ettirmektedir (Öner, 2019).

YBM süreçleri, Türkiye’de ise öncelikle altyapı projelerinde kullanılmaya başlanmış olup ilk kullanım örnekleri raylı sistemler üzerinde gözükmektedir. Bu anlamda, İBB tarafından yürütülmüş olan;

İmalat İşlerinde; (Öner, 2019)

- Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Hattı- 2016
- Dudullu Bostancı Metro Hattı- 2016
- Ataköy-İkitelli Metro Hattı- 2016
- Kaynarca-Pendik-Tuzla Metro Hattı- 2017
- Göztepe-Ataşehir-Ümraniye Metro Hattı- 2017
- Çekmeköy-Sultanbeyli Metro Hattı- 2017
- Kirazlı-Halkalı Metro Hattı- 2017
- Kayaşehir-Başakşehir Metro Hattı- 2017
- Mahmutbey-Esenyurt Metro Hattı- 2017

Tasarım İşlerinde; (Öner, 2019)

- Sultangazi-Arnavutköy Metro Hattı- 2017
- İstinye-İTÜ-Kağıthane Metro Hattı- 2017
- Sabiha Gökçen-Kurtköy Metro Hattı- 2017
- Sarıgazi-Türkîş Blokları Metro Hattı- 2017
- Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı- 2017
- Kadıköy-Sultanbeyli Metro Hattı- 2017
- Eyüp-Bayrampaşa-Esenler Metro Hattı- 2017

ve Marmaray Projesi ilk kullanım örnekleri olarak gösterilmektedir. Benzer şekilde İGA İstanbul Yeni Havalimanı Projesi de altyapı ve üstyapının konsolide bir şekilde çalıştığı bir proje olup YBM süreçlerinin aktif olarak kullanıldığı bir proje örneğidir. Türkiye’de üstyapı projesi olarak bilinen ilk kapsamlı örnek ise Emaar Square Projesi’dir.

3.4 YBM Fayda ve Kazanımları

Dünyada YBM kullanımının yaygınlaşmaya başlamasıyla beraber tasarım, inşaat ve inşaat sonrası süreçlere olan fayda ve katkıları daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. YBM süreçlerinin inşaat projelerine sağladığı potansiyel katkılar genel anlamda şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Disiplinler ve paydaşlar arası iş birliğinin artması
- Model tabanlı çalışma sayesinde tasarım alternatiflerinin hızlı oluşturulması ve karar sürelerinin kısalması
- Disiplinler arası meydana gelebilecek çakışmaların henüz tasarım aşamasında tespiti ve çözümü
- Proje dökümantasyonunda verimliliğin artması
- Minimum revizyon ile zaman ve iş gücü kazanımı
- Dizayn ekiplerinin koordineli çalışması
- Dizayn kalitesinin yükselmesi
- İmalata yönelik daha gerçekçi tahminlerin önünü açması
- Maddi kayıp ve maliyetli hataların proaktif bir yaklaşım ile önlenmesi
- Saha imalatlarında geriye dönüşleri azaltarak imalat hızlarını arttırması ve maliyetleri azaltması
- İş programı ve ilerlemenin model tabanlı takibi ve yapım simülasyonu
- Hak ediş, metraj, satın alma ve kesin hesap takibinin kolaylığı
- Daha gerçekçi metraj çıkarılması ve harcanan zamandan tasarruf edilmesiyle beraber elde edilen adamxsaat kazanımları
- Yüklenici ve altyüklenici firmaların risk maliyetlerini düşürmesi
- Proje paftalarından tasarruf edilmesi ve mobil cihazlardan hızlı erişim sunması
- Ekiplere, sahada işi 3 boyutlu olarak model üzerinden inceleme imkânı sağlaması
- Modeller üzerinden işverenin kontrolünün kolaylaşması
- Projeden plan, görünüş, kesit, perspektif vb. bilgilerin anlık olarak alınabilmesi
- Nitelikli ve gerçekçi veri takibi sağlaması
- Tek bir model üzerinden veri alınabilmesi, karmaşıklık ve çatışmanın önüne geçilmesi
- Projelerin güvenli, ekonomik ve hızlı bir şekilde teslimini sağlaması
- Mevcutta iki boyutlu olarak hazırlanmış projelere üç boyut ve nitelik kazandırması

3.5 Geleneksel Yöntemler ile YBM Mukayesesi

YBM süreçlerinin geleneksel tasarım yöntemlerine göre avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Öner, 2019):

- Maliyete yönelik tahminlerde iyileşme
- Tasarımlara daha optimum çözümler getirilmesi
- Hataların önüne geçme imkanının artması
- Projenin anlaşılabilirlik düzeyinin artması
- Koordinasyon kopukluklarının önüne geçilmesi
- İş programlarının gerçekçiliğinin artması
- Manuel metrajlara göre daha sistematik bir düzene geçilmesi

3.6 İlgili Standartlar, Detay ve Model Seviyeleri

YBM'nin ilk kullanım zamanlarından itibaren kullanıcılarda bu süreçlerin belirli kurallar çerçevesinde olması beklentisi oluşmuştur. Bu bağlamda standartlar, protokoller ve kullanım rehberleri ile ortak dilden konuşulmasını sağlamak için detay ve model seviyelerini belirlemek istemişlerdir.

3.6.1 İlgili Standartlar, Yasal Düzenlemeler ve Protokoller

Dünyada YBM'ne olan ilginin artmasıyla beraber kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır. YBM'ini ülkelerin farklı şekillerde yorumlamasıyla birlikte çeşitli kullanım farklılıkları da oluşabilmektedir. Bunun neticesinde de uluslararası inşaat projelerinde hem iş birliği hem de dil birliğinin sağlanması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Çeşitli dünya ülkeleri bu ortak anlayışı sağlayabilmek ve ortak paydada birleşimi yakalayabilmek için kamu ve sivil kuruluşlar aracılığı ile belirli standartlar yayımlamaktadırlar. Bu çalışmalarda öne çıkan ve standart denilince akla ilk gelen kuruluşlardan olan İngiliz Standartları Enstitüsü Tablo 3.1'de belirtilen belgeler üzerinde çalışmış ve dünya ile paylaşmıştır. Bu belgeler üzerinde günümüzde halen geliştirmeler ve revizyonlar devam etmektedir. Ülkeler, çeşitli projelerde protokollere yer verirken aynı zamanda YBM süreçlerinin yasal bir düzleme oturtulması ile ilgili de çalışmaktadırlar. Kamu ve özel sektör için yasal düzenlemelerin zorunlu kılınması, YBM süreçlerinin daha anlaşılabilir ve sağlıklı yürütülmesinin önünü açabilecektir.

Tablo 3.1: BS PAS 1192 ve ISO 19650 standartları (ISO).

Standart	Konu	Yayın Tarihi
BS 1192-1	Bilgilerin Ortak Üretimi	Aralık 2007
BS PAS 1192-2	BIM Level-2 Gereksinimleri	Şubat 2013
BS PAS 1192-3	Bilgi Yönetim Çerçevesi	Mart 2014
BS PAS 1192-4	COBİe Bilgi Alışverişi	Eylül 2014
BS PAS 1192-5	Güvenlik Bilgi Paylaşımı	Mayıs 2015
BS PAS 1192-6	Sağlık ve Güvenlik İş Birliği	Şubat 2018
ISO 19650-1	Kavramlar ve İlkeler	Aralık 2018
ISO 19650-2	Varlıkların Teslim Aşaması	Aralık 2018
ISO 19650-5	Güvenlik Odaklı Yaklaşım	Haziran 2020
ISO 19650-3	Varlıkların Operasyonel Aşaması	Temmuz 2020
ISO 19650-4	Bilgi Alışverişi	Ağustos 2022
ISO 19650-6	Sağlık ve Güvenlik	Kasım 2023

Tablo 3.1’de belirtilen bazı standartların amaç ve konuları aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır. Öncelik olarak İngiliz standartları ile ilgili detaylar incelenmiştir:

- **BS 1192-1:** İnşaatın her bölümünde bilgiyi oluşturan ve kullanan tüm paydaşları ilgilendiren bir yöntem sunmaktadır (Canpolat, 2021). YBM’ne geçiş sürecinde tüm ortakların uyumlu bir şekilde çalışmalarını sağlamak amacıyla oluşturulmuştur.
- **BS PAS 1192-2:** İnşaat projelerinde veri ve bilgi yönetiminin nasıl organize edileceği, yönetileceği ve paylaşılacağı konusunda rehberlik sağlamaktadır. İnşaatın proje teslim amacını içermekte olup standardın asıl odak noktası, BIM Level-2 gereksinimlerini listelemektir (Canpolat, 2021).
- **BS PAS 1192-3:** Proje paydaşları arasında verimli ve etkili bir iş birliği sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. Standardın asıl amacı, varlık yönetiminin tüm yaşam döngüsü için bilgi yönetiminin çerçevesini kurmaktır (Canpolat, 2021).
- **BS PAS 1192-4:** Dizayn ve inşaat süreçleri için COBİe kullanımını ve yapılandırılmış bilgilerin taraflar arasındaki transferi için bir yöntem tanımlanmıştır (Canpolat, 2021).

- **BS PAS 1192-5:** Güvenli bilgi paylaşımını konu almaktadır. Tasarımdan inşaat süreçlerinin sonlanmasına kadar geçen tüm yaşam döngüsü boyunca bilgiye yönelik güvenlik tehditlerini ana hatlarıyla belirtmektedir (Canpolat, 2021).
- **BS PAS 1192-6:** Yapılandırılmış sağlık ve güvenlik bilgilerinin iş birliğine dayalı paylaşımını ve kullanımına yönelik kurallar tanımlanmıştır (Canpolat, 2021).

Aralık 2018 yılında, İngiliz BS 1192 serisinin dönüştürülmesi ile oluşturulan ISO 19650 standartlarına geçiş yapılmıştır (Canpolat, 2021). ISO 19650, YBM kullanılarak inşa edilmiş bir yapının iş birliğine dayalı imal edilmesi ve yönetimi için ortak bir çerçeve tanımlayan bir dizi uluslararası standarttır (Canpolat, 2021). Standardın genel amacı, tüm paydaşların doğru zamanda doğru veri üzerinde çalışmasını sağlamaktır. ISO 19650 ile ilgili detaylar şu şekildedir:

- **ISO 19650-1:** Bu standart, herhangi bir varlığın yaşam döngüsünün tamamını ilgilendirmektedir (Canpolat, 2021). Yapı genel yönetiminin stratejik planlama, dizayn, mühendislik işleri, gelişim, inşaat, işletme, bakım, onarım ve tüm nihai yaşamı boyunca geçerlidir (ISO, 2018).
- **ISO 19650-2:** Bu standart, varlıkların teslim aşamasında YBM kullanarak bilgi yönetimi için gereksinimleri belirlemektedir (Canpolat, 2021). YBM'nin varlıklarının teslimat noktasında bilgi yönetimi için gereksinimlerini nitelemektedir (ISO 2018).
- **ISO 19650-5:** Bu standart, güvenliği esas alan bilgi yönetimi için ilke ve gereksinimleri belirlemektedir (Canpolat, 2021). Bu belge, varlıkların veya ürünlerin yaratılması, dizayn aşaması, inşası, imalatı, işletilmesi, yönetim ve iyileştirilmesi ile yıkılmasında bilgi yönetimi ve teknolojilerinin kullanımına odaklanmaktadır (ISO, 2020).

- **ISO 19650-3:** Bu standart, YBM kullanılarak, varlıkların operasyon aşaması ve içindeki bilgi alışverişi anlamında bilgi yönetimi gereksinimlerini belirtmektedir (ISO, 2020).
- **ISO 19650-4:** Bu standart genel anlamda bilgi alışverişi kavramı ile bağdaştırılmaktadır. Proje veya varlık bilgi modelinin kalitesini sağlamak için ISO 19650 serisi tarafından belirtildiği gibi bilgi yönetim süreçlerinde bir alışveriş yürütülürken karar verme noktasında nihai adımlar için detaylı kriterleri ortaya koymaktadır (ISO, 2022).
- **ISO 19650-6:** Proje ve varlık yaşam döngüleri boyunca yapılandırılmış sağlık ve güvenlik bilgilerinin iş birliğine dayalı bilgi paylaşımı için gereksinimleri belirtmektedir (ISO, 2023).

Uluslararası bazı kurum ve kuruluşların YBM hakkında oluşturdukları rehberler, protokoller ve standartlar Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Dünyadaki bazı kuruluşlara ait rehber ve standartlar (Shou, 2014).

Kurum / Kuruluş	Rehber / Standart	Yıl
New Zealand Standarts	Revit Standarts	2012
NATSPEC	National BIM Guide	2011
Australia Mechanical	BIM MEP Practice	2011
Cooperative Research Center	National Guidelines	2009
Massachusetts Institute	BIM Guidelines	2011
Georgia Tech Facilities	BIM Requirements	2011
Indiana University	BIM Guidelines	2012
University of Washington	CAD and BIM Standards	2012
University of California	BIM Guidelines	2012
College of the Desert	BIM Guide	2011
BuildingSMART alliance	National BIM Standard	2012
New York School	BIM Guidelines	2012
Erhvervsstyrelsen	Det Digitale Byggeri	2007

Ülkemizde henüz YBM konusu net bir zemine oturtulamamıştır. Atılan en net adım Nisan 2021 yılında T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) tarafından ulaştırma projeleri yapım İşleri ihalelerinde kullanılmak üzere “BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dökümanları” hazırlanmış ve paylaşılmıştır (UAB, 2022). Hali hazırda bulunan standartlar

ve metotlarla birlikte Türkiye'nin inşaat kültürü ve tecrübelerindeki kendine has dinamikleri ve ihtiyaçları göz önüne alınarak hazırlanan bu dokümanlar, gelişen teknoloji ve endüstri uygulamaları karşısında atılan ilk adımlardır. Bu teknik şartname, dönem dönem güncellenmekte olup yeni ihalelerde ihale eklerine konulması zorunlu hale getirilmiştir. Benzer şekilde buildingSMART Türkiye ile İBB Raylı Sistem Daire Başkanlığı iş birliği ve koordineli şekilde İBB'nin YBM şartnamelerini güncellemektedirler.

3.6.2 LOD Kavramı

Gelişmişlik düzeyi veya detay seviyesi olarak tanımlanan LOD kavramı, YBM süreçlerinde projenin hangi detay kırılımda tanımlanacağını ifade etmektedir. LOD matrisi, modellemede kullanılacak olan elemanların hazırlanması gereken detaylarını ve ne kadar bilgi içermeleri gerektiğini tarif etmektedir. Dolayısıyla bu matris, detay seviyesi ve model özellikleri konusunda bir karışıklık ortaya çıktığında önem kazanmaktadır (Bimteknoloji, t.y).

Tüm projenin bir LOD seviyesi olabileceği gibi projeyi oluşturan parçaların ve elemanların da ayrı ayrı kırılımları olabilmektedir. LOD, projelerin her bir aşamasındaki ayrıntı ve doğruluk düzeyini belirleyerek, henüz inşaat sürecinin başlarında muhtemel sorunların önüne geçilebilmesine yardımcı olmaktadır. İlk aşamalarda bu detay seviyelerine yeterli vakti ayırmak, ilerleyen aşamalarda ihtiyaç duyulacak olan bilgi gereksinimi karşılayacaktır. Aynı zamanda LOD seviyeleri, bir standartlaşma sağlaması sebebiyle tasarım ve inşaat sürecinde kolay iletişim kurmaya yarayan bir araç haline gelmektedir. İhtiyaca göre şekillenecek olan LOD seviyelerini (Tablo 3.3) aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

Tablo 3.3: LOD seviye ve tanımları.

LOD Seviyesi	Tanım
LOD 100	Konsept Tasarım
LOD 200	Yaklaşık Geometri
LOD 300	Hassas Geometri
LOD 400	Üretim (Shop-Drawing)
LOD 500	Nihai Geometri (As-Built)

- **LOD 100 – Konsept Tasarım**

Kavramsal tasarım öğeleri, modelde bir sembol veya genel bir gösterim ile ifade edilmekle birlikte geometrik olarak bir şekillendirme mevcut değildir (Şekil 3.2). Çoğunlukla bir sembol veya genel bir gösterim ile temsil edilir. Model elemanı ile ilgili maliyet, marka, model, net ölçü vb. bilgiler diğer model elemanlarından elde edilebilir (BIMPRO, 2023). Tipik olarak şehir planlamacıları ve mimarların çalışmaları ile ilgilidir (Tekla, t.y.).

- **LOD 200 – Yaklaşık Geometri**

Model öğeleri boyut, şekil, konum ile genel bir sistem çerçevesinde yaklaşık metrajlarıyla birlikte temsil edilir (Şekil 3.2). Model öğesine çeşitli bilgiler eklenebilir. Tasarım geliştirme aşaması buradan başlayabilir (BIMPRO, 2023). Model öğelerinin boyutları ve temsili şekilleri bu aşamada belirtilir. Tipik olarak mimarların, otoyol tasarımcısı ve yapısal tasarımcıların çalışmalarıyla ilgilidir (Tekla, t.y.).

- **LOD 300 – Hassas Geometri**

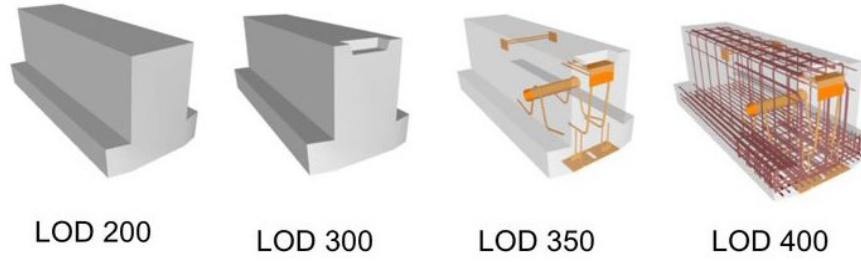
Model öğesi, metraj, boyut, şekil, konum olarak tam noktasında olacak şekilde grafiksel olarak temsil edilir (Şekil 3.2). Model öğesine grafik olmayan bilgiler de eklenebilir (BIMPRO, 2023). Ölçümler direkt olarak geometriden türetilir. Tipik olarak mimar, mühendis, metraj uzmanları ile maliyet tahmincileri ve inşaat yöneticilerinin çalışmaları ile ilgilidir (Tekla, t.y.).

- **LOD 400 – Üretim (Shop-Drawing)**

Model öğesinin tüm detayları ile birlikte imalata yönelik montaj ve kurulum bilgileri de yer alır (Şekil 3.2). Miktar, boyut, şekil, konum açısından grafik olarak nitelendirme yapılır (BIMPRO, 2023). Bu seviyede model imalat için hazırdır. Tipik olarak cephe, detay metraj, teknik satın alma, bütçe ve maliyet kontrolü, proje yönetimi, çatı kaplama, kalite kontrol, montaj, planlama, kapı ve pencere gibi detay isteyen bölümler ile ilgilidir (Tekla, t.y.).

- **LOD 500 – Nihai Geometri (As-Built)**

Bu seviyede model, inşa edildiği şekilde temsil edilir. Bu, mümkün olan en yüksek detaydır. As-built diye tanımlanan nihai tasarımıdır. İşletme aşamasında çıkan tüm sorunlar artık bu nihai tasarım üzerinden kontrol edilir (Tekla, t.y.).



Şekil 3.2: LOD seviyeleri örnek kesitler (hitect t.y).

3.6.3 YBM Teknoloji Boyutları

YBM, bütün disiplinleri ve inşai aşamaları bir arada bulandıran bir süreç yönetimidir. Aşağıda sıralanmış olan belirli başlı süreçler tasarım modellerine eklenerek YBM süreçlerine boyut kazandırmaktadır.

- 3D : Tasarım ve Modelleme Süreçleri

3D boyutunda, bütün tasarım modelleri oluşturulur. Animasyonlar ve render çizimleri belirlenir. Lazer hassasiyetinde model yerleşimleri yapılır (Pehlevan ve Kazado 2018). Koordinasyon ve çakışma analizleri bu aşamada yapılır.

- 4D : İş Programı

4D boyutunda, tasarım modellerine iş programı eklemesi yapılır. Projenin tüm fazlarının simülasyonu oluşturulur. İnşaatın programlanmış her aşaması detaylı olarak sunulur (Pehlevan ve Kazado 2018). İhtiyaç planlaması, zamanında tedarik ve kaynak ekipman dağılımı bu aşamada yapılır.

- 5D : Maliyet Analizi

5D boyutunda, detaylı maliyet analizi yapılarak bütçe etkisi araştırılır. Maliyet tahminlerini desteklemek için metrajlar çıkartılarak alternatif tasarımlar ve mukayeseler oluşturulur (Pehlevan ve Kazado 2018).

- 6D : Sürdürülebilirlik

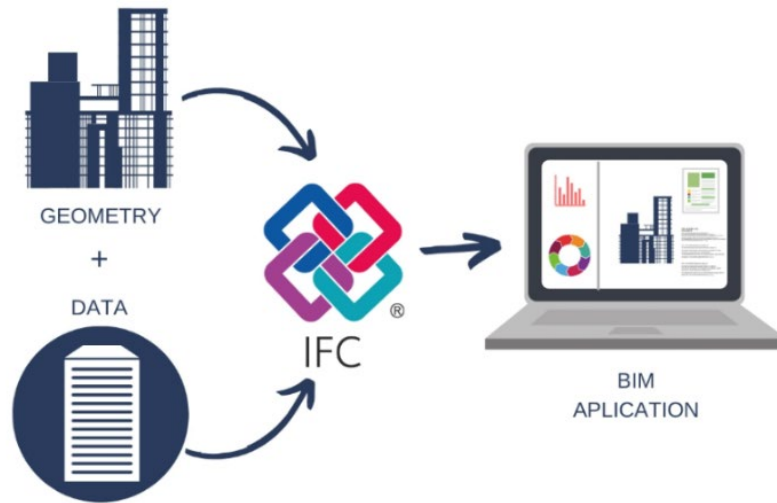
6D boyutunda, detaylı enerji analizleri çıkartılarak sürdürülebilir element takibi yapılmaktadır (Pehlevan ve Kazado 2018).

- 7D : İşletme

7D boyutunda, yaşam boyu YBM stratejileri oluşturulur. İşletme süreçlerine ışık tutması maksadıyla bakım ve onarım el kitapları eklenir. Tüm as-built süreçleri işlenerek bakım planları ve teknik destek süreçlerine katkı sağlanır (Pehlevan ve Kazado 2018).

3.7 BuildingSMART ve IFC Kavramı

BuildingSMART, tüm tedarik zincirinin yaşam döngüsü boyunca daha verimli ve koordineli çalışmasına yardımcı olmak, belli bir standardizasyon sağlamak ve yapım yöntemi belirlemek, tüm paydaşların aynı dilden konuşmasını sağlamak için standartlar oluşturan bir kuruluştur. 1995 yılında kurulduğundan beri YBM süreçleri için açık dijital standartların başlatılması, geliştirilmesi, benimsenmesine yönelik bağımsız, uluslararası bir kuruluş olmaya odaklanmıştır. Dünyada rekabet edebilir vaziyete gelmek ve verimliliği arttırmak amacıyla YBM'nin tüm paydaşlarca doğru bir şekilde anlaşılabilirliği ve kullanılabilirliği için yönlendirmelerin yapılması kaçınılmaz hale gelmiştir (BuildingSMART, t.y). Bu bağlamda, buildingSMART'ın temeli 2013'te ISO sertifikası almış olan IFC kavramına dayanmaktadır. IFC, farklı disiplinler altındaki çeşitli YBM programları ile üretilen modellerin ortak bir format halinde, ortak bir dilden konuşmasını sağlayan, çeşitli amaçlara hizmet etmek için kullanılan ve özünde standartlaştırma kavramı yatan bir dosya formatıdır (Canpolat, 2021). IFC ile geometrik çizimler çeşitli veriler ile birleştirilerek YBM uygulamalarına aktarılabilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: IFC tanımı ve görseli (BIMCorner, 2021).

3.8 Entegre YBM Araçları ve Özellikleri

Teknolojinin gelişmesiyle beraber YBM süreçlerinin artan ihtiyaçlarına karşılık olarak yazılımlar ve araçlar da sürekli olarak gelişme göstermiştir. YBM, tek bir yazılıma bağlı bir süreç olmaması sebebiyle çeşitli yazılım çözümlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaç duyulan her bir yazılım muhtelif amaçları gerçekleştirebilecek yeteneklere sahiptir.

Yazılım araçları, projelerin her bir safhasında farklı amaçlara hizmet etmektedir. Bu amaçlar; belirli bir sonuca ulaşmak, analiz etmek, 3D çizim yapmak, görselleştirmek, çakışma analizi ve hata tespiti yapmak, planlama, birleştirme, sunum vb. etrafında şekillenmiştir. Bu da birbirleri arasında iletişim kurabilen ve konuşabilen özellikte yazılımlara ve entegre araçlara olan ihtiyacı net bir şekilde göstermektedir. YBM'ne hizmet eden bazı yazılımlar ve özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

- **Autodesk Civil 3D**

CAD tabanlı ve dinamik bir yapıya sahip olan Civil 3D gelişmiş arazi modelleme imkânı veren bir yazılımdır. Plan/profil üzerinde yapılan değişikliklerin modele hızlı bir şekilde yansımını sağlamaktadır. Geniş kütüphanesinde, tip kesit avantajı mevcuttur. Civil 3D'nin bu konuda üretilmiş yazılımlardan en büyük farkı; nesnelere arasında akıllı ilişkiler yaratmasıdır. Tasarımda herhangi bir değişiklik olduğu anda nesnelere de dinamik olarak güncellenir (Penta, t.y). Altyapı projeleri kapsamında Civil 3D üzerinde, tüm koridor ve ana hat modellemelerini oluşturulmaktadır. Detay ve modellemeler için genellikle diğer yazılımlar kullanılıp Civil 3D üzerine aktarım yapılmaktadır. Civil 3D'nin imkân tanıdığı bazı öne çıkan özellikler arasında saha ve etüt iş akışları entegrasyonu, arazi ve koridor modellemeleri, kavşak tasarımları, drenaj tasarımları ve analizleri, basınç şebeke tasarımları, plan/profil üretimleri, IFC uyumu sayesinde diğer programlarla etkili iletişim kurulması, tasarım otomasyonu, jeoteknik modellemeler, en kesit alımları, metraj ve kübaj miktarları, köprü tasarımları sıralanabilir (Yazılım3d, t.y).

- **Autodesk Revit**

Revit, "Revise Instantly" sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuş hızlı ve anında revize anlamına gelen, projelerin 3D tasarlanmasını sağlayan bir YBM tabanlı yazılımdır. En belirgin özelliği objelerin 3D olarak elde edilmiş parametrik 'family'lerini kullanarak modellemesidir. Nesnelere 3D olarak, fiili durumdaki kullanım niteliklerine göre modellendiğinden, proje aşamalarında kolaylık sağlamaktadır. "Family"ler yapı unsurlarına geometrik anlamda birebir benzediği gibi, belge bilgilerini de tüm detayları ile içermektedir. Bu niteliklerine bakıldığında Revit, YBM yazılımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Bimteknoloji, t.y). Revit ile, kat planlarının çizimi, hazırlanan en kesitlerinin alımları, metraj hazırlanması vb. işlemler hızlı bir biçimde yapılabilmektedir. Altyapı işleri kapsamında, sanat yapıları modelleri ve detay çizimleri Revit ile hazırlanıp Civil 3D'ye aktarılabilir.

- **Autodesk Infracore**

Infracore 3D bilgiler oluşturmak, görüntülemek, analiz etmek, paylaşmak ve yönetmek maksadıyla verileri konsolide eden bir ön tasarım yazılımıdır (Protaaltar, t.y). Genellikle, yüzey modellerine ihtiyaç olduğu zaman, uydu tabanlı harita uygulamaları ile bağlantılı olarak topoğrafik bilgiler ve yüzey çizimleri Infracore üzerinden alınmaktadır. Tüm bu topoğrafik haritalar Infracore aracılığı ile Civil 3D yazılımına aktarılabilir.

- **Autodesk Recap**

Recap, lazer taramalardan elde edilmiş olan nokta bulutlarının 3D modeller oluşturularak iş süreçlerine aktarılmasını sağlayan bir yazılımdır (Protaaltar, t.y). Hali hazırda çizilmiş veya imalatı yapılmış bir yapının ya da yarım kalmış bir imalatın geri kalan imalatlarındaki tasarım ve inşaat süreçlerine öncülük etmesi amacıyla gerçek bulut okumaları sisteme aktarılabilir.

- **Autodesk Navisworks**

Navisworks, farklı disiplinlerde veya yazılımlarda üretilmiş 2D ya da 3D projeleri bir araya getirip koordinasyon modelinin oluşturulmasına yarayan, model içerisinde detay görseller ve animasyonlar oluşturulabilen, iş programı simülasyonu hazırlanabilen, çakışmalar analizleri ve kontrolleri yapılabilmeye, metraj alınabilen, disiplinler arası iletişimi sağlayabilen çok amaçlı bir proje değerlendirme yazılımıdır (Protaaltar, t.y).

- **Allplan**

Allplan, YBM süreçleri kapsamında çoklu nesnelere ile proje üretilmesini sağlayan, proje katılımcıları için üretilen YBM modelleme aracıdır. Allplan, tüm süreçlerde verimliliğin artırılması, hataların azaltılması, metrajlarda kolaylık sağlanması gibi alanlarda projeye yardımcı olabilmektedir (Bimteknoloji, t.y).

- **Archicad 3D**

Archicad, nesne tabanlı uygulamalardan ilk kez faydalanan YBM modelleme yazılımlarındandır. Yapı elemanları gerçekteki karşılıkları şekliyle oluşturulur. Özelleşmiş ve gelişmiş menüler barındıran yazılım, 2D detay çizimlerde geniş seçenekler sunmakta ve 3D komutlarında ise esneklik ve hız nitelikleri ile öne çıkmaktadır (Bimteknoloji, t.y).

- **Bricscad 3D**

Bricscad, IFC ve BCF formatlı dosyalar ile açılıp bu formatlarda dosya dışı aktarılabilen YBM tabanlı bir yazılımdır. 30.000 üzerinde mekanik bileşen kütüphanesi içermektedir. BricsCAD gerçek zamanlı renderlar için Enscape eklentisiyle birlikte çalışmaktadır. BricsCAD'deki tüm değişiklikler eş zamanlı olarak Enscape'te görüntülenip değerlendirilebilmektedir (Bimteknoloji, t.y).

- **Tekla Structures**

Tekla Structures, çelik, betonarme, ahşap ya da karma yapıların modellenmesi için kullanılan YBM modelleme yazılımıdır. Özellikle çelik konstrüksiyon ve betonarme projeleri için kullanılan, son derece detay imkânı sunan yazılım daha çok inşaat alanında tercih edilmektedir (Bimteknoloji, t.y).

4. ALTYAPI PROJESİNDE YBM KULLANIMI

Çalışma kapsamında, YBM süreçlerinin altyapı projesinde kullanımının detaylarını incelemek üzere Kuzey Marmara Otoyolu'nun 8. kesimi olan Nakkaş Başakşehir bölümü ele alınmıştır. Proje kapsamında Nakkaş Başakşehir Kesimi'nin altyapı ve üstyapı kısımlarının tamamında uygulanmış olan YBM süreçleri incelenmiş ve uygulama detayları gösterilmiştir.

4.1 Kuzey Marmara Otoyolu Nakkaş Başakşehir 8.Kesim Projesi

Kuzey Marmara Otoyolu (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Nakkaş-Başakşehir (Bağlantı Yolları Dahil) Kesimi Projesi Türkiye'de son yıllarda uygulanmaya başlanan Yap-İşlet-Devret modeli ile yapımı devam eden otoyol projeleri arasında yer almaktadır. Proje, Kuzey Marmara Otoyolu'nun Nakkaş Kavşağı'ndan başlayıp Sazlıdere Barajı üzerinden özel tasarım eğik askılı köprü geçerek Başakşehir Kavşağı'nda son bulmaktadır. Projeyi özel kılan özelliklerinden biri eğik askılı köprü imalatının yanı sıra Türkiye'de ilk karayolu YBM projesi olmasıyla birlikte altyapı sektöründe YBM farkındalığının artmasına katkı sağlayacaktır.

Proje genel bilgileri aşağıdaki şekilde özetlenebilir (BUP, 2021):

- Nakkaş-Başakşehir Anayolu (2x4 şerit): Km: 35+300.000 - 59+468.593
- Bahçeşehir Bağlantı Yolu (2x3 şerit): Km: 0+000.000 - 5+062.458
- Eğik Askılı Köprü: 1 adet, 860 m
- Köprü Yaklaşım Viyadükleri: Doğu ve Batı, 250 m + 510 m
- Viyadükler: 1005 m + 540 m + 611 m + 521 m
- Dengeli Konsol Köprü: 470 m
- Kavşak: 11 adet
- Alt ve Üst Geçitler: 47 adet
- Menfez: 68 adet
- Otoyol ve Köprü Bakım İşletme Merkezi

4.1.1 Amaç, Kapsam ve Yöntem

Proje, 2 boyutlu altyapı, sanat yapıları, mekanik ve elektrik projelerinden 3 boyutlu YBM modelleri elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu modeller, çeşitli kullanımlar için 3D modelleme, çakışma kontrolü, saha ilerleme takibi ve metraj alımı gibi işlemlere hizmet edecektir. Aynı zamanda, ISO 19650 prosedürleri gözetilerek her disiplinin özelinde kalite ve kontrol süreçlerine dahil edilmiştir. Saha ilerlemeleri ve imalat aşamalarına uygun olarak modellemeler yapılmıştır. Referans projeler incelenecek ve uygun modelleme tekniği belirlenmiştir. Metraj alınacak model elemanları, kullanılan yazılımlara ve ihtiyaca göre hangi imalatlar için kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan yazılımlar iş türüne göre Tablo 4.1’te belirtildiği şekilde ayrılmıştır. Metraj kırılımlarının hak edişe esas teknik ofis verilerine hizmet edebilmesi için kırılımda verilen kodların model elemanlarına girilmesi sağlanmıştır. Kırılımlara uygun modelleme yapılmış olup oluşturulan YBM modelleri görselleştirme ve render faaliyetleri için kullanılabilir vaziyettedir. Modellerin detay düzeyi LOD 200-300 aralığındadır. Eğik Askılı Köprü modeli (EAK) ise LOD 300 olarak çizilmiştir. Model gelişmişlik düzeyi için “BIM Forum LOD Specification 2020” referans alınmıştır. Hazırlanan modeller obje bazlı olarak ihtiyaç durumu göz önünde bulundurularak detay düzeyi arttırılabilecektir. Farklı model gruplarının oluşturduğu modeller bir araya getirilerek çakışmaların tespiti ve raporlanması gibi koordinasyon çalışmaları yürütülmesi düşünülmüştür. Köprü bölgelerinde (viyadük, dengeli konsol, eğik askılı köprü) yapım yönteminin simülasyon ile gösterilmesi ve yapım iş programının denetimi için 4D faz planlama çalışmaları yapılmıştır. 4D faz planlama çalışmaları, yapım iş programı ve metodu temelinde gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, lazer tarama, yerinde ölçüm, rölöve ve saha işleri gibi mevcut inşaat durumu tespiti için gerekli veriler paylaşılmıştır (BUP, 2021).

Tablo 4.1: KMO8 projesi YBM kullanılan programlar.

İş / Model	Program
Yol Modeli	Autocad Civil 3D
Yol Tip Kesitleri	Subassembly Composer
Tekrar Eden İşler	Dynamo
Sanat Yapıları	Revit
Mimari Yapılar	Revit
Altyapı	Urbano
Koordinasyon Modeli	Navisworks
Görüntüleme	Autodesk Viewer
Peyzaj	Autocad Civil 3D
Çakışma Raporu	Navisworks

Proje kapsamında, farklı tür işler için Tablo 4.1'deki yazılımlar kullanılarak modellemeler yapılmıştır. Bu farklı disiplinlerin bir araya getirilip çakışmalarının tespit edilmesi ve çözülmesini sağlamak için Koordinasyon Modeli oluşturulmuştur. YBM özelindeki bu koordinasyon modelinin faydaları şu şekilde özetlenebilir:

- Tüm modeller arasında entegre bir biçimde gezinti yapılabilir. Proje görselleştirilir.
- Ölçüm veya kesitler alınıp metrajlar çıkartılabilir.
- Malzeme özellikleri sorgulanabilir.
- Data sorgu listeleri oluşturulabilir.
- İş takibi kolay bir biçimde yapılabilir.
- Video veya Render alınabilir.
- Çakışma analizleri yapılabilir.
- Proje üzerinde çevrimiçi toplantı yapılabilir.

KMO projesi kapsamında YBM süreçlerine başlamadan önce detay seviyelerinde yapılacak işlemler belirlenmiştir. Tablo 4.2'de, KMO8 projesine ait ana iş kalemleri kırılımları gösterilmiş ve YBM için detay aksiyon planları paylaşılmıştır.

Tablo 4.2: KMO projesi ana iş kalemleri ve YBM kırılımları (BUP, 2021).

İş Kodu	İş Kalemleri	Aksiyon Planı
010000	A. Hazırlık İşleri	Mevcut hatların çakışma tespiti yapılmayacaktır. Deplasman projelerinin geçici kazı ve kalıcı yapılar ile çakışma kontrolü yapılacaktır.
010300	A.1. Deplase İşleri	
010302	A.1.1. Enerji Nakil Hattı Deplaseleri	
010304	A.1.2. Telekom Hattı Deplaseleri	
010306	A.1.3. İçme Suyu Hattı Deplaseleri	
010308	A.1.4. Atık Su Hattı Deplaseleri	
010310	A.1.5. Doğal Gaz Hattı Deplaseleri	
010312	A.1.6. Lokal Yol Deplaseleri	
010314	A.1.7. Dere Derivasyonu Yapılması	
020000	Toprak ve Zemin İşleri	
020100	Kazı İşleri	
020104	Güzergâh Kazısı Yapılması	

Tablo 4.2 (devam)

020108	Temel Kazısı Yapılması	Palyeler günlük 3000 m3 olarak modellenecektir. Geçici tahkimat modellenmeyecektir.
020200	Dolgu İşleri	Palyeler günlük 3000 m3 olarak modellenecektir. Geçici tahkimat modellenmeyecektir.
020202	Kazıdan Çıkan Malzeme ile Dolgu	Kazılar zemin klasına göre ayrılmayacaktır. Model düşey palyelerde bölünecektir. Palyeler günlük 3000 m3 olarak modellenecektir. Geçici tahkimat modellenmeyecektir. Geoblok ya da seçme malzeme kullanıldığı takdirde modele eklenecektir.
020204	Kazıdan Çıkan Elenmiş Malzeme ile Dolgu	Kazılar zemin klasına göre ayrılmayacaktır. Model düşey palyelerde bölünecektir.
020206	Ariyet Malzemesi ile Dolgu Yapılması	Palyeler günlük 3000 m3 olarak modellenecektir. Geçici tahkimat modellenmeyecektir.
020208	Granüler Malzeme ile Dolgu Yapılması	Geoblok ya da seçme malzeme kullanıldığı takdirde modele eklenecektir.
020210	Geoblock Dolgu Yapılması	Belirlenen farklı yöntemler, farklı çaplar ve farklı derinlikler ayrı ayrı modellenecektir.
020300	Zemin İyileştirme İşleri	
020302	Fore Kazık Yapılması- Temel Altı	
020304	Jet Grout Kolon Yapılması- Temel Altı	
020306	Mini Kazık Yapılması- Temel Altı	Belirlenen farklı yöntemler, farklı çaplar ve farklı derinlikler ayrı ayrı modellenecektir.
020308	Soil Mixing Kolon Yapılması	Yalnızca kalıcı olan destek sistemleri modellenecektir.
020318	Zemin İyileştirme İçin Kaya Dolgu	
020400	Şev Koruma İşleri	
020402	Destek Sistemli Püskürtme Betonu	
020406	Ocak Taşı ile Harçlı Pere Yapılması	Yalnızca kalıcı olan destek sistemleri modellenecektir.
020408	Geogrid Yapılması	
020410	Çelik Ağ ile Şev Koruması Yapılması	Projede kullanılması durumunda yüzey modeli yapılacaktır.
020500	Drenaj İşleri	
020502	Hendek Kazısı Yapılması	

Tablo 4.2 (devam)

020510	Hendeklerin Betonla Kaplanması	Ana kazı pozlarından ayrı olarak modellenecektir.
020512	Drenaj Borusu Döşenmesi	
020514	Beton Boru Temini ve Döşenmesi	Gömülü drenaj sistemi altyapı hatlarından bağımsız modellenecektir.
020516	Prekast Drenaj Bacası Temini ve Montajı	Gömülü drenaj sistemi altyapı hatlarından bağımsız modellenecektir.
020518	Düşüm Oluğu İmalatı Yapılması	Gömülü drenaj sistemi altyapı hatlarından bağımsız modellenecektir.
020520	Kontrol Bacası Yapılması	
020522	Fonttan Izgara, Kapak & Garguy Yapılması	
030000	Yalıtım ve İzolasyon İşleri	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur.
040000	İstinat Yapıları	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur. Üstyapı imatları ile birlikte değerlendirilecektir.
040100	Betonarme İstinat Duvarı	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur. Üstyapı imatları ile birlikte değerlendirilecektir.
040106	İstinat Duvarı - Temel Betonu	
0401061	Grobeton	3 aşama olarak modellenecektir.
040112	İstinat Duvarı - Perde Betonu	3 aşama olarak modellenecektir.
040200	Toprakarme Duvar İşleri	3 aşama olarak modellenecektir.
040202	Toprakarme Prekast Panel İmalatı	
0402021	Toprakarme Duvar Temel Tesviye Betonu	
0402022	Prekast Harpuşa Panel İmalatı	Panellere bölünmeden model yapılacaktır.
040204	Donatılı Toprakarme Duvar Dolgusu	
040300	İksa Duvarı	Panellere bölünmeden model yapılacaktır.
040302	Fore Kazık Yapılması	Normal dolgu pozundan farklı olarak modellenecektir.
040304	Jet Grout Kolon Yapılması	

Tablo 4.2 (devam)

040306	Başlık Kirişi Yapılması	
040308	Kuşaklama Kirişi Yapılması	
040310	Ankraj Yapılması	
040400	Diğer Sanat Yapıları	
040402	Gabion Tel Kafes ile Duvar yapılması	
040404	Geogerm Duvar Yapılması	
040406	Ocak Taşı ile Moloz Taş Duvar İnşaatı	Hacimsel olarak modellenecektir.
040414	Diyafram Duvar Yapılması	Hacimsel olarak modellenecektir.
050000	Sanat Yapıları	Hacimsel olarak modellenecektir.
050100	Büyük ve Küçük Sanat Yapıları	Hacimsel olarak modellenecektir.
050102	Sanat Yapıları- Grobeton	
050108	Sanat Yapıları- Temel Betonu	
050114	Sanat Yapıları- Elevasyon Betonu	
0501141	Elevasyon Betonu	
0501142	Başlık Betonu	Kademeli olarak modellenecektir.
0501143	Perde Betonu	Elevasyon imatları 4 metrelik anolar halinde modellenecektir.
050120	Sanat Yapıları- Döşeme Betonu	Elevasyon imatları 4 metrelik anolar halinde modellenecektir.
0501201	Prekast Üstü	Elevasyon imatları 4 metrelik anolar halinde modellenecektir.
0501202	Döşeme	Elevasyon imatları 4 metrelik anolar halinde modellenecektir.
050122	Öngermeli Prekast Kirişler	20 metrelik anolar halinde modellenecektir.
050124	Ardgermeli Betonarme İşleri	

Tablo 4.2 (devam)

050126	Mesnetler ve Sismik İzolatörler	
0501261	Mesnet	
0501262	İzolatör	Özel köprü projesinin anolarına göre modellenecektir.
050128	Sanat Yapıları- Genleşme Derzleri	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur.
050130	Prekast Kaplama Elemanları	
050134	Sanat Yapıları- Topping Betonu	
050200	Özel Köprüler	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecektir.
050202	Özel Köprüler- Grobeton	Panellere bölünmeden model yapılacaktır.
050208	Özel Köprüler- Temel Betonu	
0502081	Pilon Temel Betonu	Menfezler yalnızca giriş, orta ve çıkış yapıları ayırımına göre modellenecektir.
0502082	Köprü Ayakları Temel Betonu	
050214	Özel Köprüler- Elevasyon Betonu	
0502141	Elevasyon Betonu	Kademeli olarak modellenecektir.
0502142	Başlık Betonu	2.000 m3 üzeri beton olması sebebiyle kademeli olarak modellenecektir
0502143	Perde Betonu	4 metrelik anolar halinde modellenecektir.
050220	Pilon Gövde Betonu	Tırmanır kalıp beton dökümüne göre modellenecektir.
0502201	Döşeme kirişi (çelik deck)	
0502202	Başlık kirişi	
050222	Pilon Çelik Konstrüksiyon İşleri	
0502221	Pilon Gömülü Çelik Elemanlar	
0502222	Pilon Çelik Kablo Ankraj Mesnetleri	
050224	Kompozit Çelik Köprü Tabliyesi	
0502241	Çelik Segmentler	
0502242	Precast Döşeme Elemanları	

Tablo 4.2 (devam)

0502243	Precast Döşeme Elemanları Arası Joint Betonu	
0502244	Kenar Açıklıklarda Platform	
0502245	ILM Methodu Hazırlık ve Sürme Platformları	
0502246	ILM Methodu Geçici Sürme Kuleleri - Temel Beton Temini	Anolara göre modellenecek olup son aşamada xSteel modeli oluşturulacaktır.
0502247	ILM Methodu Geçici Sürme Kuleleri - Kule Çelik	
0502248	ILM Methodu Geçici Sürme Kuleleri - Fore Kazık	
050226	Gergi Askı Sistemleri	Geçici imalat modellenecektir.
0502261	Yüksek Mukavemetli Germe Çubuğu	
0502262	Stay Cable Dampers	
0502263	Pendulum Tiedown Cable	
0502264	Structural Health Monitoring System	
050228	Köprüler İçin Mesnet ve Sismik İzolatör	
0502281	Mesnet	
0502282	İzolatör	
0502283	Mesnet Sabitleme Gergi Halatı	
050230	Köprü Tipi Genleşme Derzleri	Obje olarak modellenecek olup adet, yer bilgisi ve sistem tanımı yeterli olacaktır.
050232	Pilon İçi Asansör ve Merdiven Sistemleri	
0502321	Asansör imalatı ve köprüye montajı 65m	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur.
0502322	Asansör imalatı ve köprüye montajı 108m	
0502323	Pilon ve Pier içi Çelik Döşeme Platformları	
0502324	Pilon ve Pier içi Çelik Denizci Merdivenleri	
0502325	Pilon Kilit Döşeme Geçiş Köprüsü Korkuluk	Adet, boyut ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur.
0502326	Pilon Kilit Döşeme Geçiş Köprüsü Kapısı	

Tablo 4.2 (devam)

050234	Köprü Bakım ve Onarım Platformları	
050236	Köprü İzleme ve Denetleme Sistemi	
050238	Pilon Tepesi Aydınlatma Kulesi	
0502381	Pilon Tepesi Aydınlatma Kulesi Yapılması	
0502382	Köprü'nün Dekoratif Aydınlatması ve Uyarı Işıkları	
050240	Pilon Tepesi Paratoner ve Topraklama	
090000	Yol Üstyapı İşleri	
090100	Yol Temel Tabakası	Obje olarak modellenecek olup adet, yer bilgisi ve sistem tanımı yeterli olacaktır.
090102	Karayolu Alt Temel Tabakası Teşkili	
090104	Karayolu Temel Tabakası Teşkili	
090200	Yol Kaplamaları	
090202	Bitümlü Sıcak Temel Tabakası Yapılması	
090204	Binder Tabakası Yapılması	
090206	Aşınma Tabakası Yapılması	Yatayda bölümlere ayrılacaktır.
090208	Çift Kat Sathi Kaplama Yapılması	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tüm tabakalar ayrı modellenecektir.
090210	Taş Mastik Asfalt Tabakası Yapılması	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tüm tabakalar ayrı modellenecektir.
090212	Beton Yol Kaplaması	
090300	Bordür ve Kenar Kaplamaları	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir.
090302	Yerinde Dökme Beton Bordürler	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir. Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir.
090304	Yerinde Dökme Beton Kenar Kanalları	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak
090306	Prekast Beton Bordürler	modellenecektir.

Tablo 4.2 (devam)

090308	Prekast Beton Yağmur Kanalları	
100000	Peyzaj İşleri	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir.
100100	Bitkilendirme İşleri	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir.
100102	Bitkisel Toprak Serilmesi	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
100200	Diğer Peyzaj İşleri	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
100212	Çevre Duvarı, Korkuluk ve Dikenli Teller	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110000	Yol Mobilyaları ve İşaretlemeler	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir.
110100	Yol Mobilyaları	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir. Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110102	Otokorkuluk Yapılması	Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir.
110104	Otoyol Çarpışma Yastıkları	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110106	Otoyol Esnek ve Sabit Dubaları	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110108	Prefabrik Bariyer	Tabaka, ayrı bir katman olarak modellenecektir. Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110110	Yerinde Dökme Beton Bariyer	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir. Yatayda bölümlere ayrılacaktır.
110112	Güzergah Boyu Tel Örgü Çit Yapılması	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir. Yatayda bölümlere ayrılacaktır.

Tablo 4.2 (devam)

110114	Sanat Yapıları Korkulukları	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110116	Ses Perdesi Yapılması	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir. Yatayda bölümlere ayrılacaktır. Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir. Yatayda bölümlere ayrılacaktır.
110200	Trafik İşaretleme ve Yönlendirme	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
110202	Trafik işaret ve Bilgi levhaları	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir. Yatayda bölümlere ayrılacaktır.
110204	Levhalar Taşıyıcı Konstrüksiyonu	
110206	Yol Çizgileri ve Yatay İşaretleme	Metretül olarak modele işlenecek olup farklı tiplerin tanımlanması ve yatayda zonlara bölünmesi gereklidir.
120000	Ücret Toplama Sistemleri	Yatayda bölümlere ayrılacaktır.
120100	Serbest Geçiş Gişeleri	Yatayda bölümlere ayrılacaktır.
120102	SGS Baş Üstü Köprüsü Yapım İşleri	
1201021	Temel Betonu	Adet ve levha tiplerine göre modellenecektir.
1201022	SGS Baş Üstü Köprüsü	Köprü tipi levhalar olarak modellenecektir.
120104	Fiber Elyaf Katkılı Kaplama Betonu	
120106	SGS Sistemi Kanal ve Kablolama İşleri	
120108	SGS Elektronik Sistemler Sonlaması	
120109	Okuyucular	
120200	Alın Gişeleri	
120201	Kanopi	
120202	Personel Kabini	
120203	Okuyucular	

Tablo 4.2 (devam)

130000	Elektromekanik Sistemler	
130100	Akıllı Ulaşım Sistemleri	Cihaz tipi, adet ve yer bilgisine göre modellenecek olup detaylı family gereksinimi yoktur.
130102	AUS Dijital Ekranları Temin ve Montajı	
1301021	Temel Betonu	Görsel model yeterli olup yapısal model gereksinimi yoktur.
1301022	SGS Başüstü Köprüsü	
1301023	Paneller	
130104	AUS Meteoroloji İstasyonu	
130106	AUS Kapalı Devre Kamera Sistemi (CCTV)	Adet ve levha tiplerine göre modellenecektir.
1301061	Sabit Kamera	
1301062	Hareketli (PTZ) Kamera	
1301063	Kamera direği	
1301064	CCTV Sunucusu	
130108	AUS Sis Uyarı Sistemi	Yalnızca görsel model olacaktır. Yapısal modele ihtiyaç bulunmamaktadır.
1301081	Tekli Sarı LED'li flaşör (Sinyal Verici) 200 mm	
1301082	Standart Sinyal verici direği	
1301083	Temel Betonu	
130110	AUS Araç Sayım Dedektörleri	
130111	Detektör	Kontrol Merkezi Odası'nda modele girmelidir.
130112	Detektör Direği	
130113	Direk Temeli	
130112	AUS Kontrol Merkezi Videowall	
130114	AUS Fiberoptik İletişim Altyapısı	
130115	F/O için HDPE boru (40 mm x 2 gözlü)	
130116	F/O prefabrik menholü	
130116	AUS Veri İletim Kablolaması	

Tablo 4.2 (devam)

130200	Aydınlatma Sistemleri	
130202	Aydınlatma Trafoları	Kontrol Merkezi Odası'nda modele girmelidir.
130204	Aydınlatma Direkleri	
130205	Aydınlatma direği çift konsollu 15 metre galvanizli çelik	
130206	Aydınlatma direği sağdan tek konsollu 15 metre galvanizli çelik	
130207	Aydınlatma direği çift konsollu 12 metre galvanizli çelik	Sadece kablo güzergahları modellenecektir.
130208	Aydınlatma direği sağdan tek konsollu 12 metre galvanizli çelik	
130209	Asansörlü veya merdivenli galvaniz çelik projektör direği (15 m)	Trafo binaları için görsel model yeterlidir.
130210	Asansörlü veya merdivenli galvaniz çelik projektör direği (30 m)	
130211	Altgeçit ve Üstgeçit Aydınlatması	
130300	Acil Haberleşme İstasyonları	
130302	Masa Üstü Acil Haberleşme Üniteleri	
130304	Mobil Acil Haberleşme Üniteleri	
130306	Dış Mekan Acil Haberleşme Üniteleri	
130308	Acil Haberleşme Intercom Sunucuları	
130309	AKM acil haberleşme intercom sunucu sistemi	
130310	FKM acil haberleşme intercom sunucu sistemi	
130500	Elektrifikasyon İşleri	
130600	Mekanik Tesisat İşleri	Kontrol Merkezi Odası'nda modele girmelidir.
140000	Bina İşleri	LOD 100 detayı

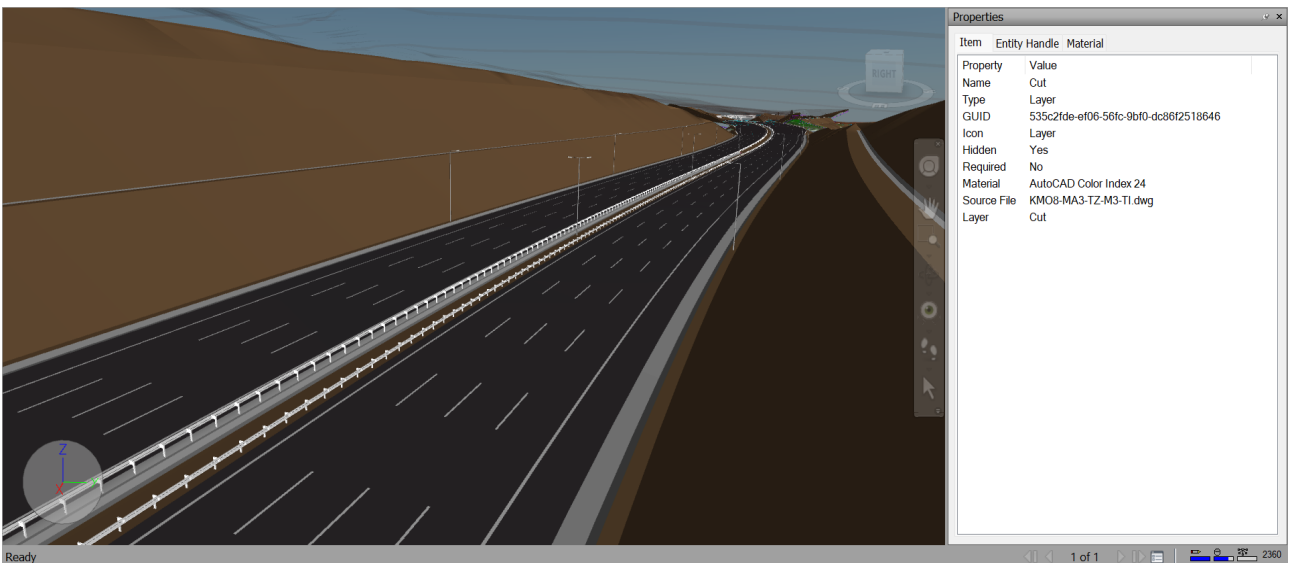
4.1.2 KMO8 Projesi YBM Uygulama Detayları

4.1.2.1 Koridor Modeli

Ana koridor hattı, yatay ve düşey profillere sahip olarak Autocad Civil 3D üzerinde modellenmiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Koridorun üst düzleminde, yarma ve dolgu şevleri, yol enine ve boyuna eğimleri, hendekler, ikincil işler olarak tabir edilen otokorkuluk, tel çit vb. İşler ile yatay ve düşey işaretlemeler, aydınlatma, sinyalizasyon gibi ana hat unsurları modellenerek gösterilmiştir. Otoyol genel modelleri LOD 300 olarak detaylandırılmıştır. (BUP, 2021)

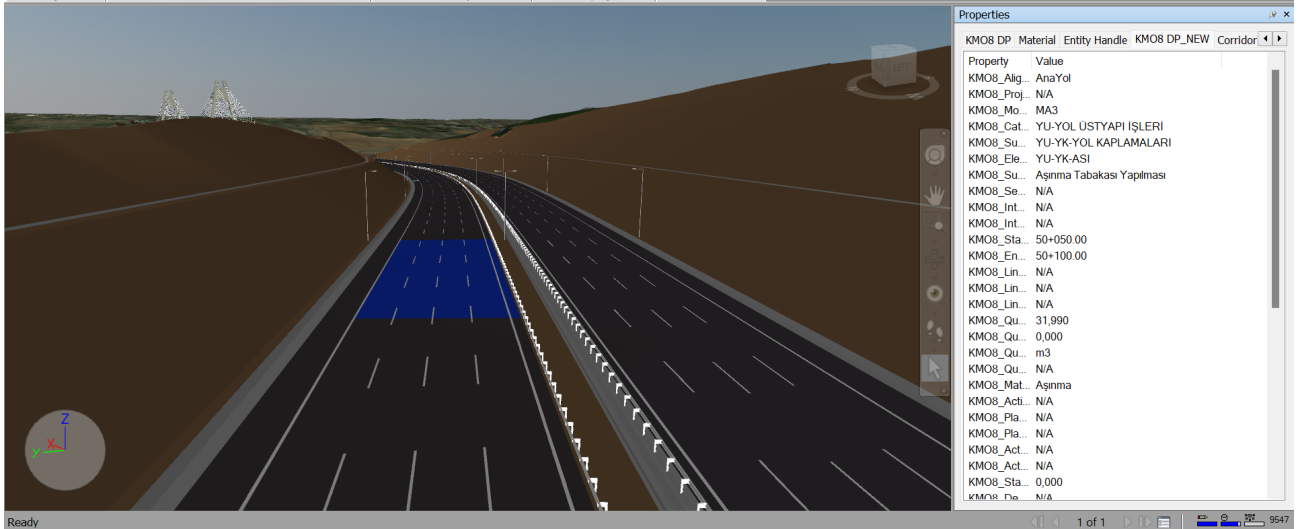


Şekil 4.1: Otoyol koridor modeli.



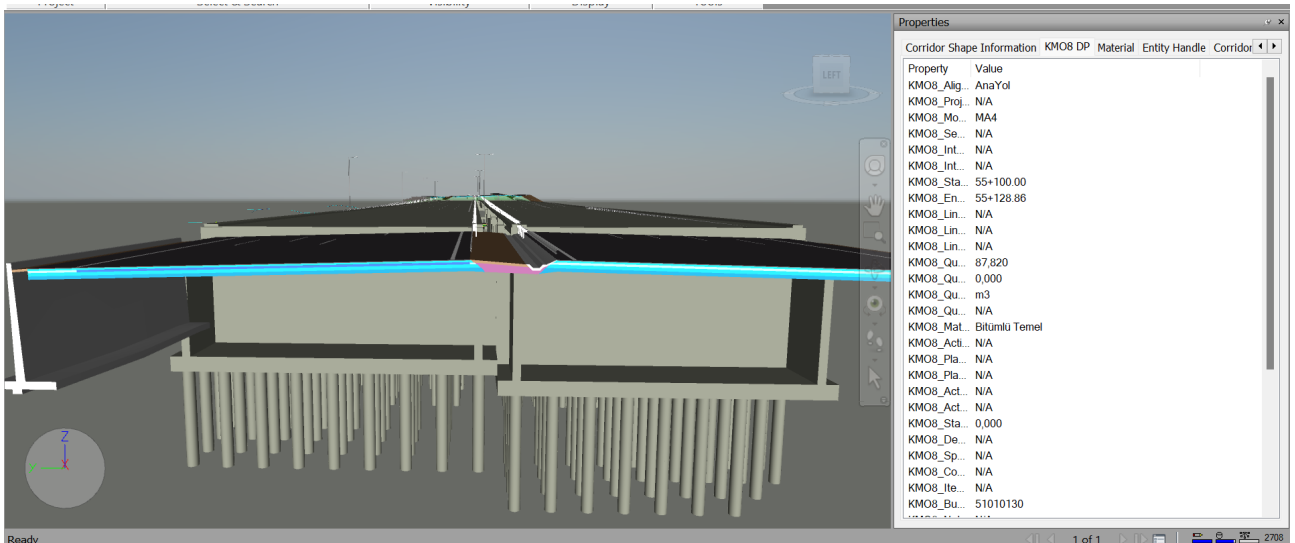
Şekil 4.2: Otoyol genel kesit modeli.

Yol üstyapı katmanları, tüm kazı dolgu yüzeylerinden başlayarak sırasıyla terasman yüzeyi, soğuk karışım diye tabir edilen alt temel ve temel tabakaları, sıcak karışım olarak nitelendirilen bitümlü temel, binder ve aşınma (Şekil 4.3) yüzeyleri tabaka kalınlıklarına ve malzeme türlerine dikkat edilerek gerçek boyutlarında gruplandırılarak detaylandırılmıştır.



Şekil 4.3: Üstyapı tabakası- aşınma tabakası detayı.

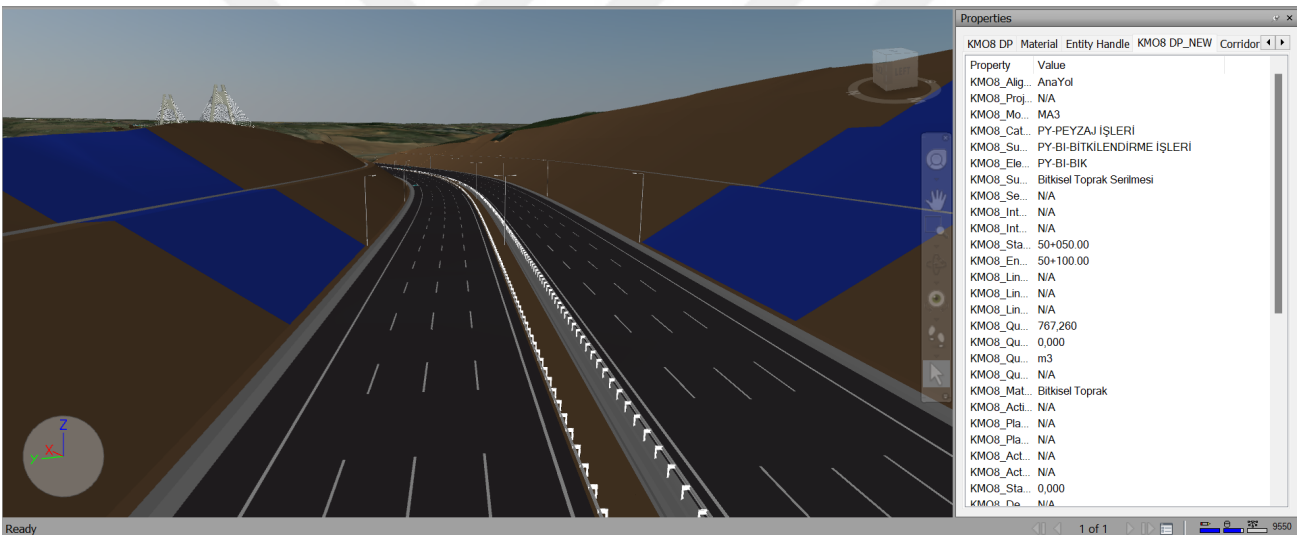
Yol üstyapı katmanları terasman yüzeyinden başlamak üzere alt temel, temel, bitümlü temel, binder ve aşınma tabakaları olarak ayrı ayrı sınıflandırılmıştır (Şekil 4.4). Tüm bu katmanların orta refüj hendek ve peyzaj bağlantıları ile kenar banket, bordür detayları ve şev birleşim yerleri detaylı olarak gösterilmiştir. Terasman altı arazi modelleri, kazı-dolgu katmanları, arazi modelleri başlığı altında gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Üstyapı katmanları kesit gösterimi.

4.1.2.2 Arazi Modeli

Tüm arazi modeli LOD 300 seviyesinde detaylandırılarak modellenmiştir. Kazı ve dolgu yapıları ayrı gruplarda gösterilmiştir. Kazı modelinde sıyırma (nebati) kazıları, hat genel kazılarından ayrıştırılmıştır. İstenildiği takdirde, geoteknik rapor ile bağlantılı olacak şekilde zayıf zemin kazıları da ayrılabilir. Kazı ve dolgu katmanları model üzerinde şeffaf renk ile gösterilmiştir. Böylelikle silik bir şekilde ve katmanlar halinde güzergâh genel modelini bozmadan, toprak işleri pozlandırmaları da ayırt edilebilmiştir. Arazi modelinde ayrıca, şevlerin tüm alt ve üst bağlantıları, hendek birleşim yerleri, drenaj sistemleri uygulamaya esas olacak şekilde modellenmiştir. Şev yüzeylerinde bitkisel tabaka projelendirilen lokasyonlara bu tabaka nitelikleri kazandırılmıştır (Şekil 4.5). Şayet var ise şev iyileştirmeleri, kaskat yapıları, palye kaplamalar, çelik tel ağ, istifli ve istifsiz taş dolgu ve pere imalatları gibi geoteknik amaçlı önlemler, daha sonra gerekmesi halinde modele eklenebilir.



Şekil 4.5: Şevlerde bitkisel toprak tabakası detayı.

4.1.2.3 Eğik Askılı Köprü (EAK) Modeli

Eğik askılı köprü modeli köprü pylonları, kirişler, tabliye, temel ve kenar ayak gibi ana çelik ve beton unsurları gibi tüm mimari ve statik elemanları içermektedir (BUP, 2021). LOD 300 olarak modellenen yapı, Tekla programında çizilen IFC formatındaki objeler eklenerek LOD 400 seviyesine çıkartılmıştır. EAK yapım yönteminin simülasyon ile gösterilmesi ve yapım iş programının takibi için 4D faz çalışmaları yapılmıştır. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de EAK genel ve detay modelleri paylaşılmıştır.

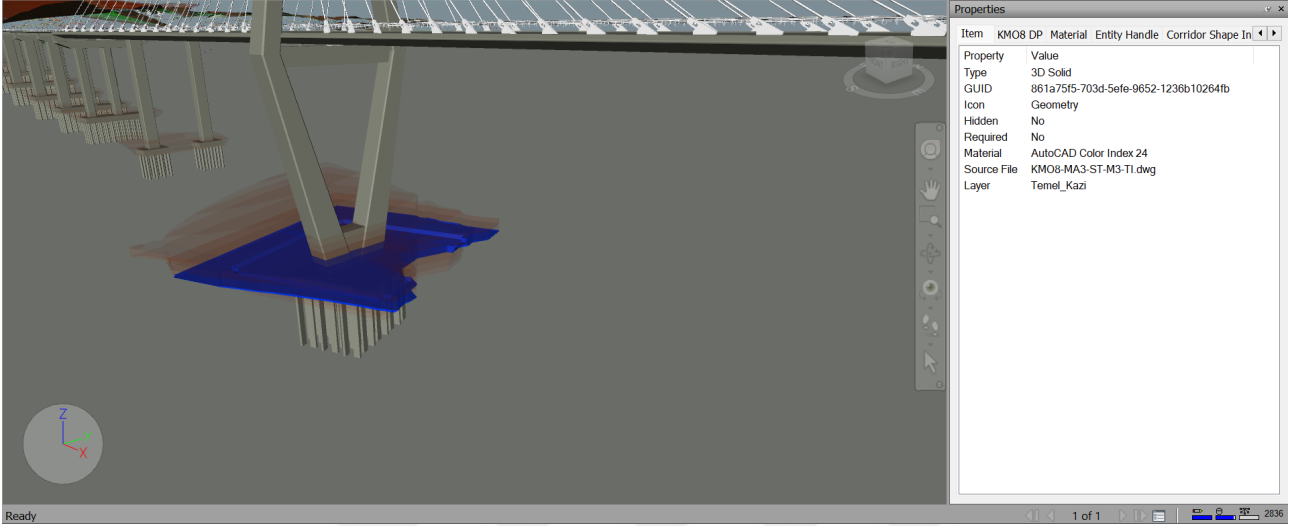


Şekil 4.6: EAK genel yerleşim modeli.

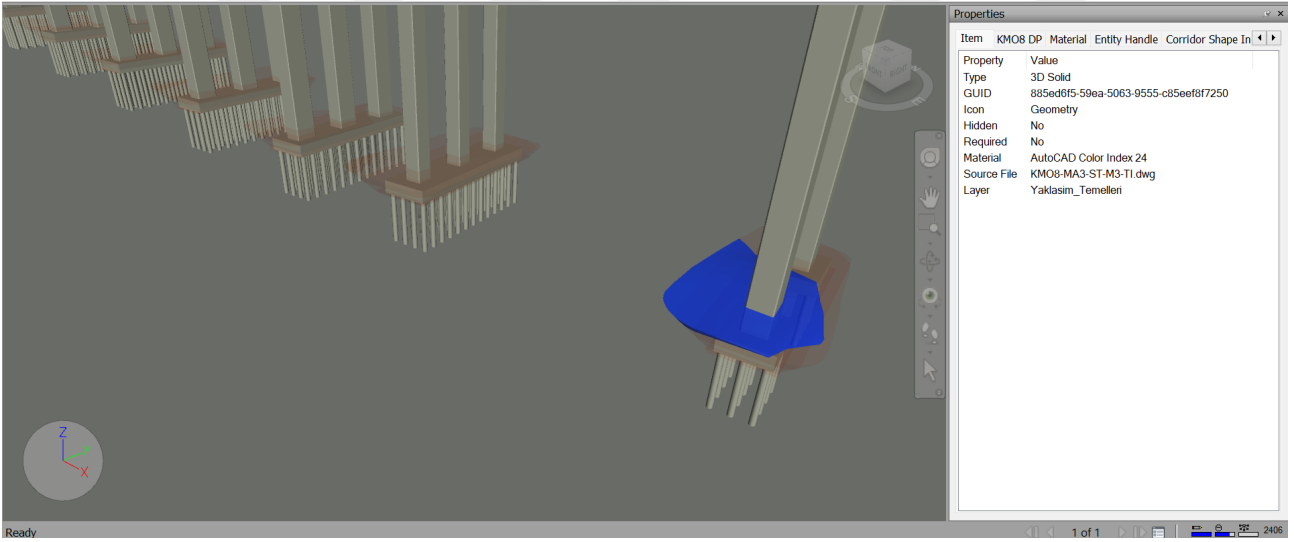


Şekil 4.7: EAK detay görünümü.

Köprü temel kazıları 3 metrelik katmanlar halinde “Temel_Kazı” ismiyle modellenmiştir (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Temel kazılarının şev eğimlerine dikkat edilerek saha uygulamalarına yakın bir modelleme yapılmıştır. Teknik ofis birimlerinin metraj süreçlerini kolaylaştırması amacıyla pozlandırma sistemine uygun olarak katmanlar halinde tanımlanmıştır.

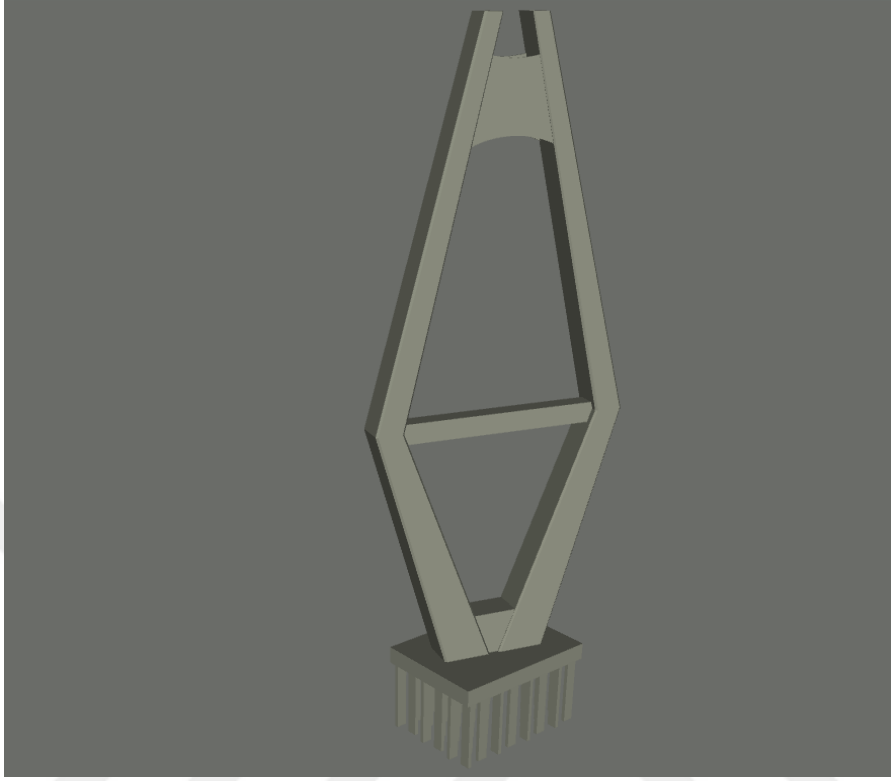


Şekil 4.8: EAK temel kazı modeli.

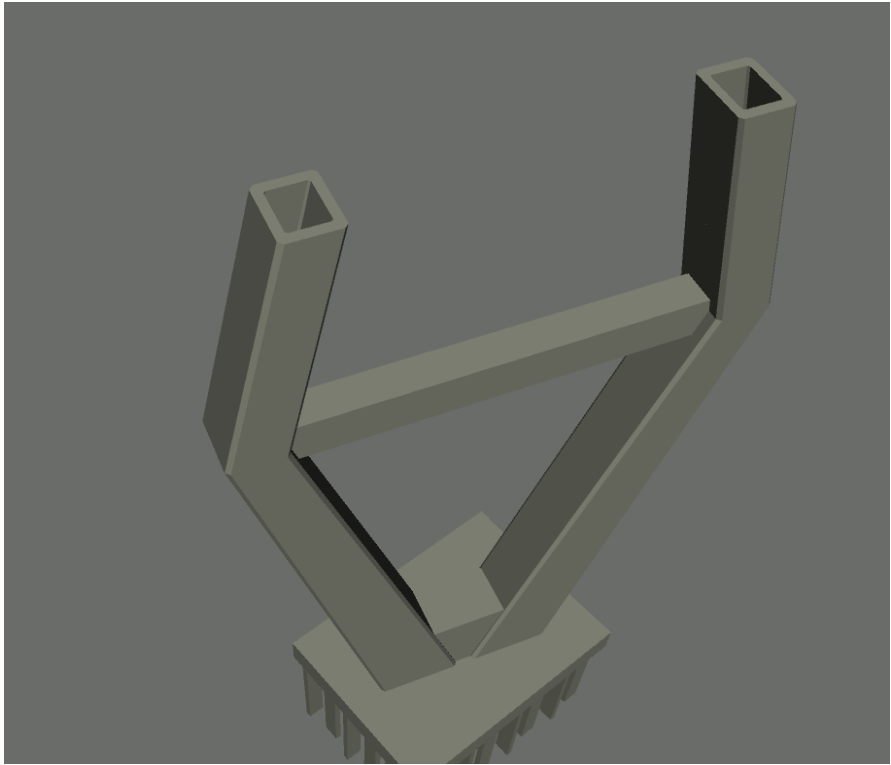


Şekil 4.9: EAK yaklaşım viyadüğü temel kazı modeli.

Köprü baret kazıkları, temel yapısı, pilonları (kolon), pilonlar arası duvar, crossbeam, top beam yapıları tüm detayları ile 3D olarak modellenmiştir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11).

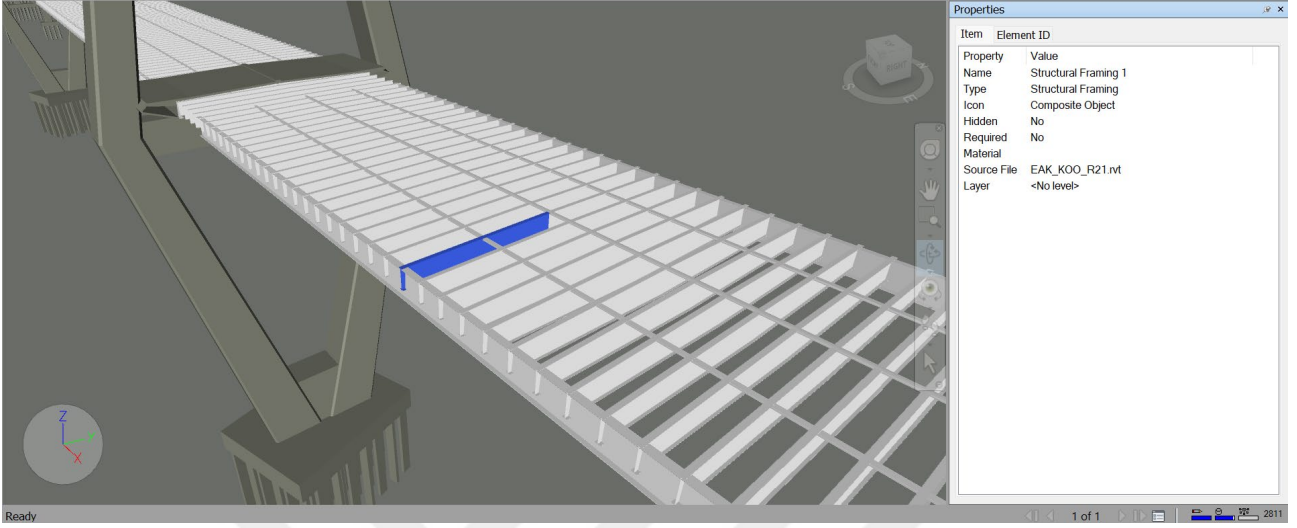


Şekil 4.10: EAK pylon elevasyon modeli- genel gösterim.

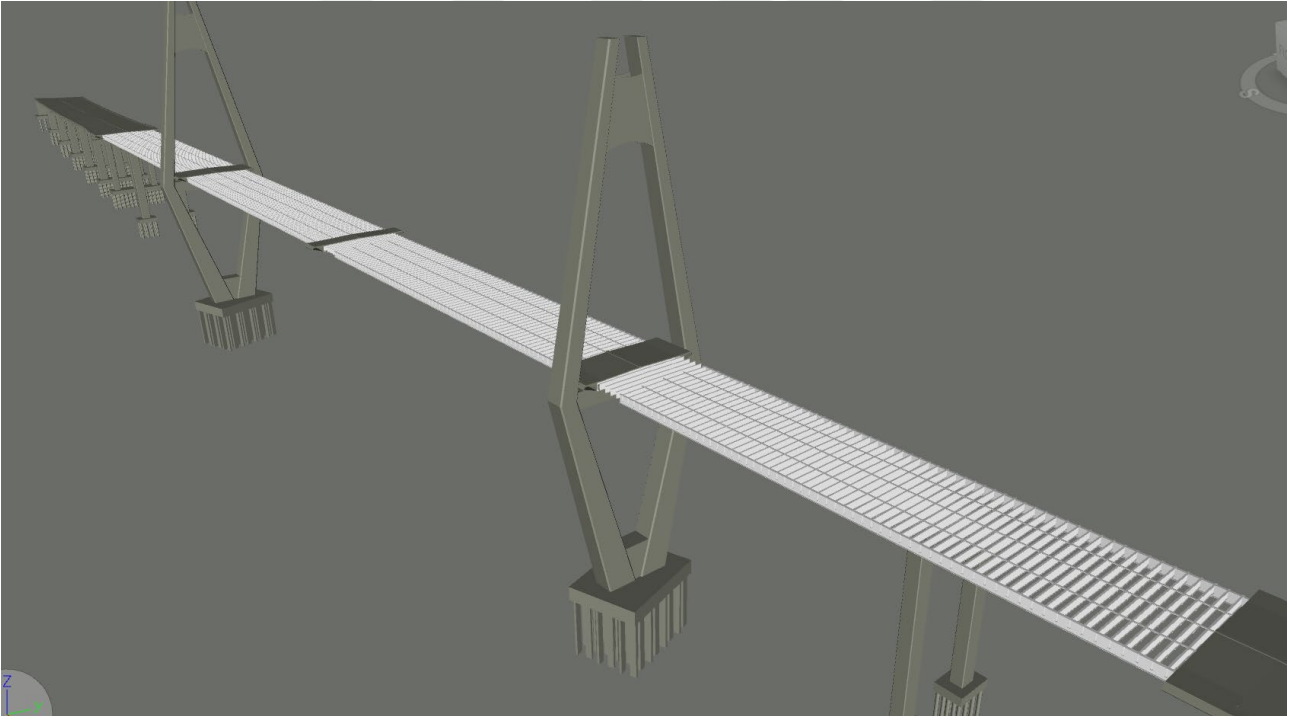


Şekil 4.11: EAK pylon elevasyon modeli- detay gösterim.

Eğik askılı köprü tabliye elemanları parça parça ve katmanlar halinde modellenmiştir. Tabliye unsurlarının diğer köprü elemanları ile ilişkileri ve bağlantı detayları gösterilmiştir (şekil 4.12 ve şekil 4.13).

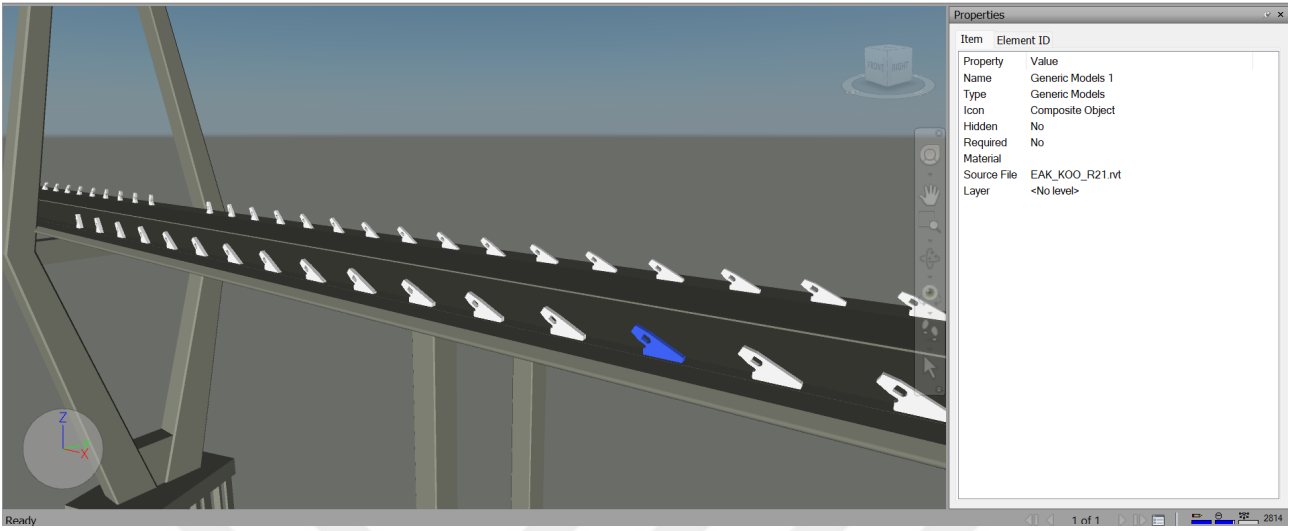


şekil 4.12: EAK tabliye elemanları modeli.



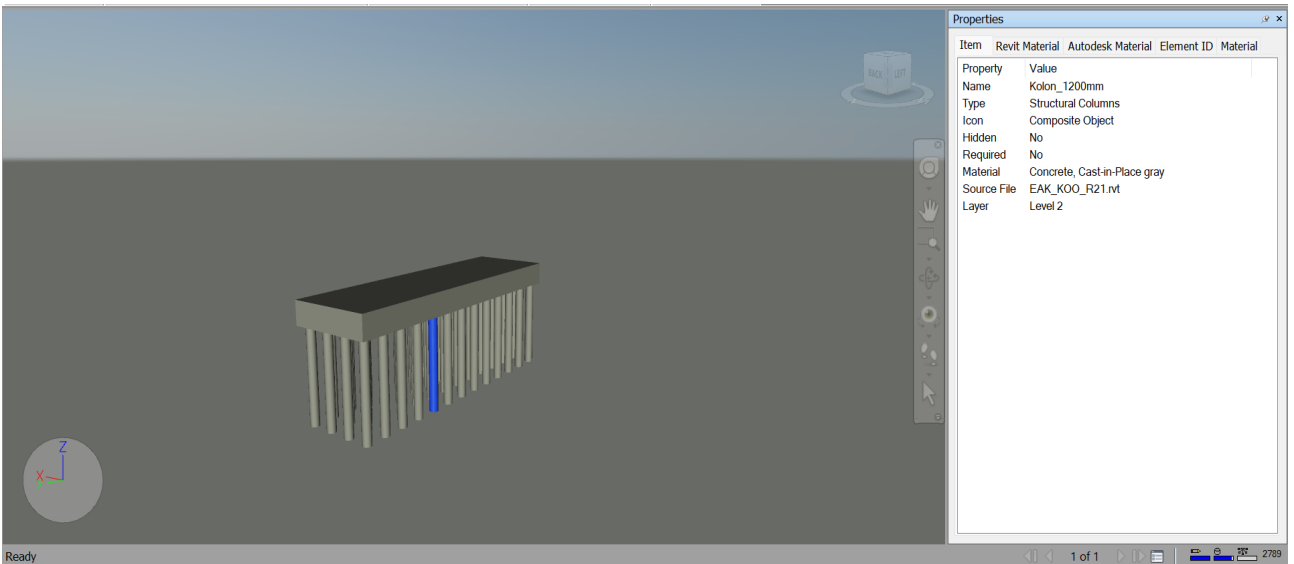
şekil 4.13: EAK tabliye genel yerleşim modeli.

Eğik askılı kpr halatlarına ait ankraj detaylarının tamamı orijinal koordinatlarında ve boyutlarında olacak şekilde gösterilmiştir (şekil 4.14).

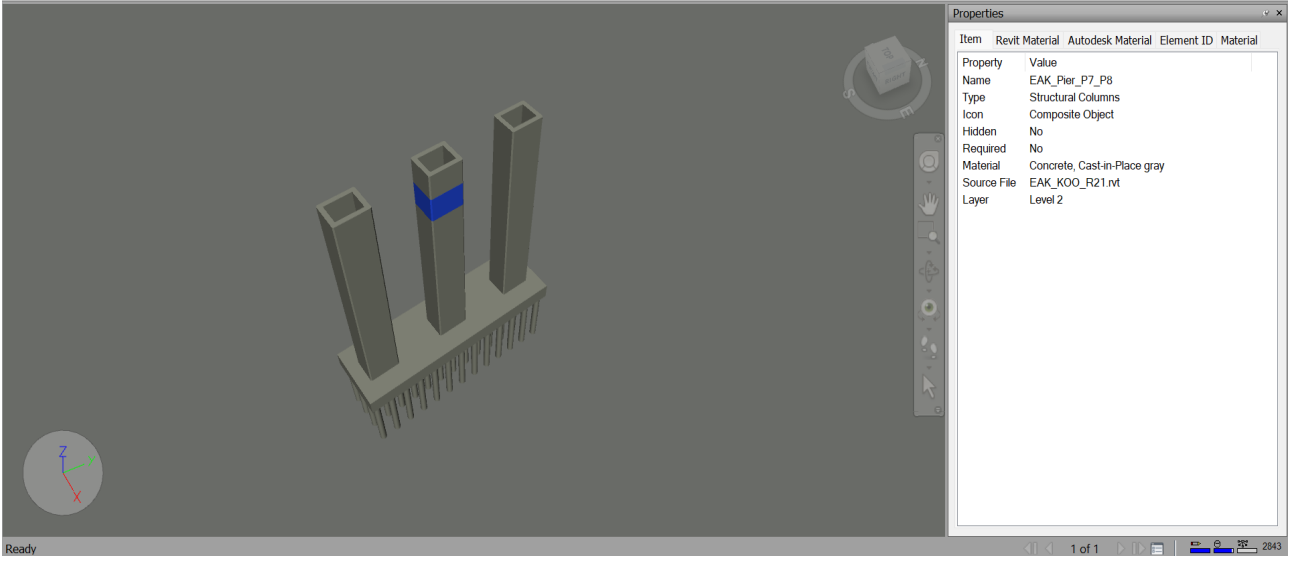


şekil 4.14: EAK kablo ankraj detay gösterimi.

EAK batı ve doğu kanadında yer alan ve kpr ile bağlantılı olarak değerlendirilen yaklaşım viyadklerine ait 1200 mm çaplı fore kazık detayları, radye temel ve kutu kesit elevasyon detayları 3D olarak gösterilmiştir. Tüm unsurlar yapım sırası ve yöntemine göre katmanlar halinde takip edilebilir vaziyette modellenmiştir (şekil 4.15 ve şekil 4.16).



şekil 4.15: EAK yaklaşım viyadüğü temel ve kazık modeli.



Şekil 4.16: EAK yaklaşım viyadüğü elevasyon modeli.

4.1.2.4 Sanat Yapıları Modeli

Altyapı projeleri kapsamında sanat yapıları, büyük ve küçük sanat yapıları olarak sınıflandırılmaktadır. Büyük sanat yapıları; viyadük, alt geçit, üst geçit köprüleri gibi yapılardan oluşurken küçük sanat yapıları menfez, istinat duvarı, hendek ve drenaj sistemleri ve küçük açıklıklı tarımsal altgeçit vb. yapılardan meydana gelmektedir. Sanat yapıları modelleri “LOD Spec 2020, BIM Forum” dökümanında tanımlanan detay seviyeleri ile 3D modeller oluşturulmuştur. Üst geçit, altgeçit ve duvar yapıları LOD 300 seviyelerinde modellenirken menfez yapıları LOD 200 seviyesinde modellenmiştir. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de üst geçit köprüsü modeli paylaşılmıştır.



Şekil 4.17: Sanat yapıları- üst geçit köprüsü modeli.



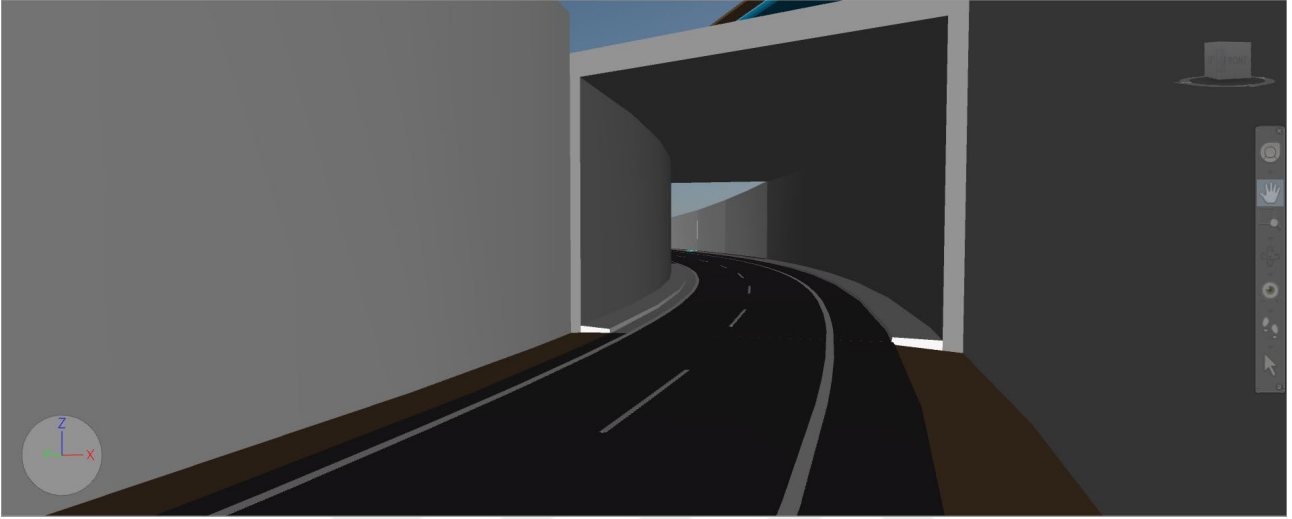
Şekil 4.18: Sanat yapıları- üst geçit köprüsü modeli-2.

Kirişler, başlık ve elevasyon yapıları mesnet/deprem takozu gibi tüm detay ve bağlantı elemanlarıyla birlikte modellenmiştir (Şekil 4.19). Elemanlara ait özellikler ve geometriler sisteme tanımlanmıştır.

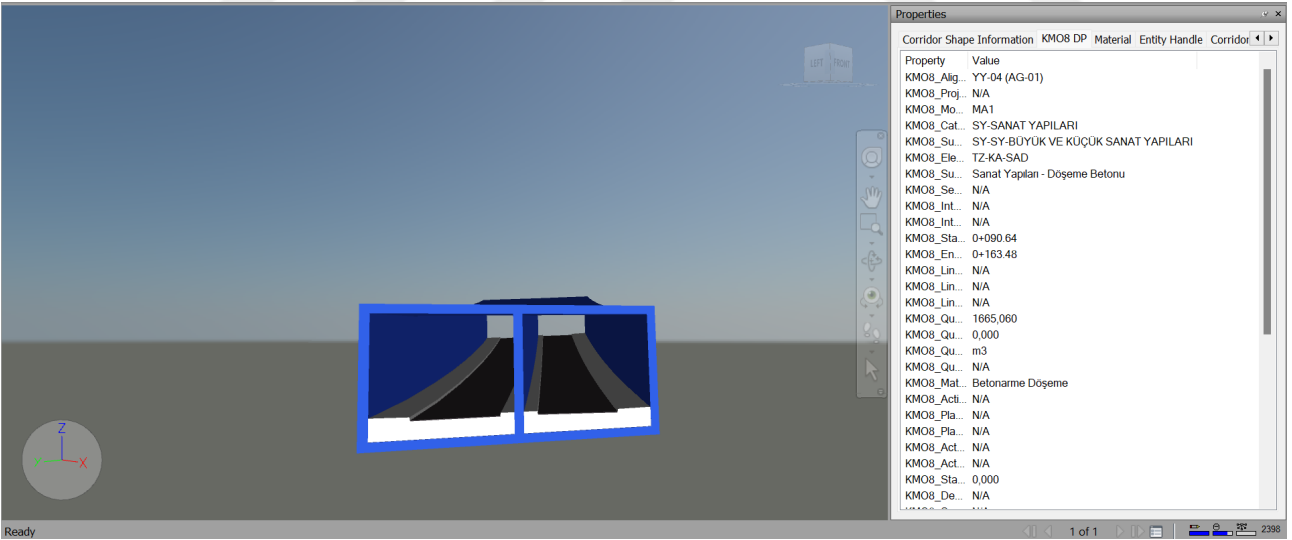


Şekil 4.19: Sanat yapıları- üst geçit köprüsü kiriş modeli.

Sanat yapıları kapsamındaki alt geçit modelleri, ebatlarına, tiplerine ve bağlantı yolu sınıflarına göre değişmekle birlikte tek göz (Şekil 4.20) ve çift göz (Şekil 4.21) olarak ayrılmıştır. Tüm tiplerde, alt geçitlerin statik ve mimari detayları ile yan yol ve bağlantı yollarının birleşim detayları gösterilmiştir. Aynı zamanda kaldırım, bordür ve borulu geçiş yapıları alt geçit içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 4.20: Sanat yapıları- tek gözlü alt geçit modeli.

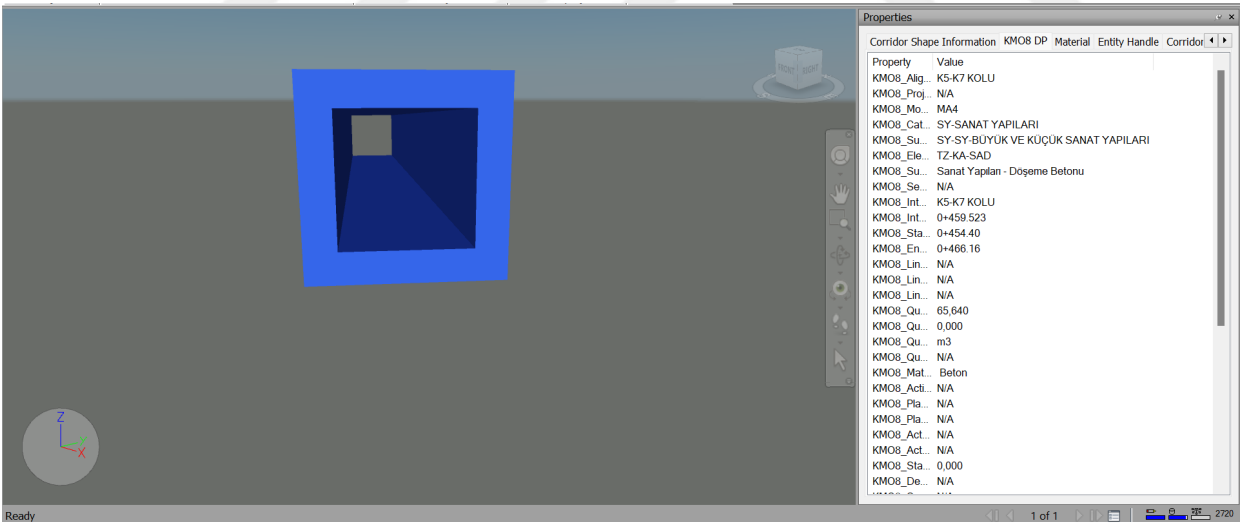


Şekil 4.21: Sanat yapıları- çift gözlü alt geçit modeli.

Menfez detayları; giriş-çıkış yapıları, enerji kırıcı ve taş pere imatları ile şev ve hendek bağlantı yerleriyle birlikte koordinatlı olarak modellenmiştir. Giriş-çıkış bölgelerindeki kanat yapıları orijinal açılı ve ölçüleri ile ayrı katmanlarda tanımlanmıştır (Şekil 4.22 ve Şekil 4.23). Menfez kayma dişleri, genişleme derzleri ve tabliye guse yapılarına kadar uzanan bir detay seviyesinde tanımlama yapılmıştır.

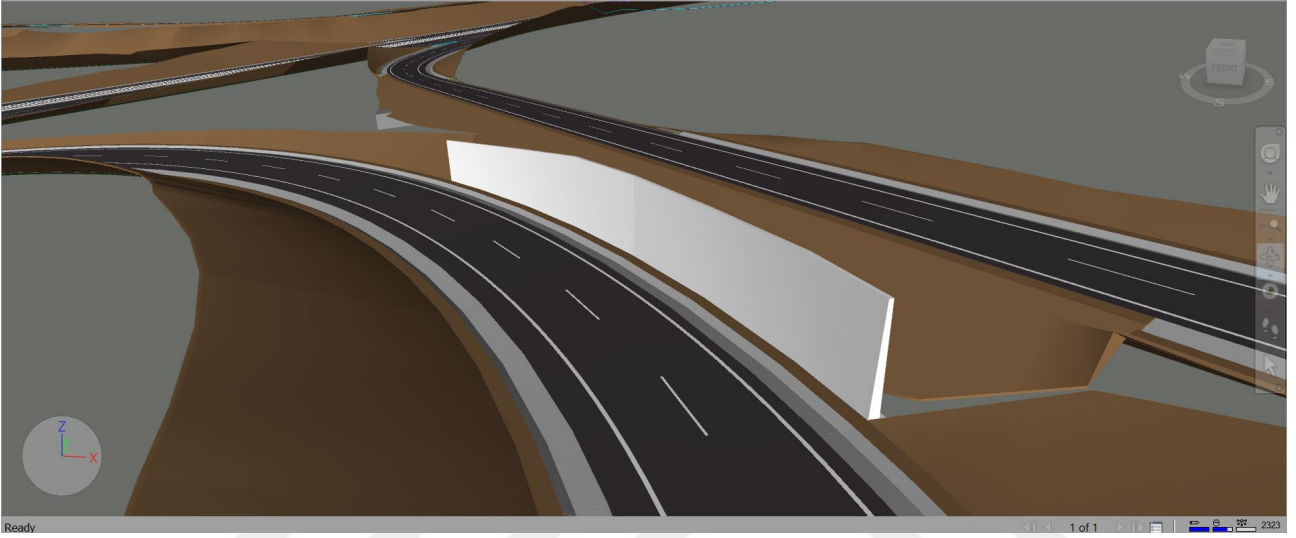


Şekil 4.22: Sanat yapıları- menfez modeli.

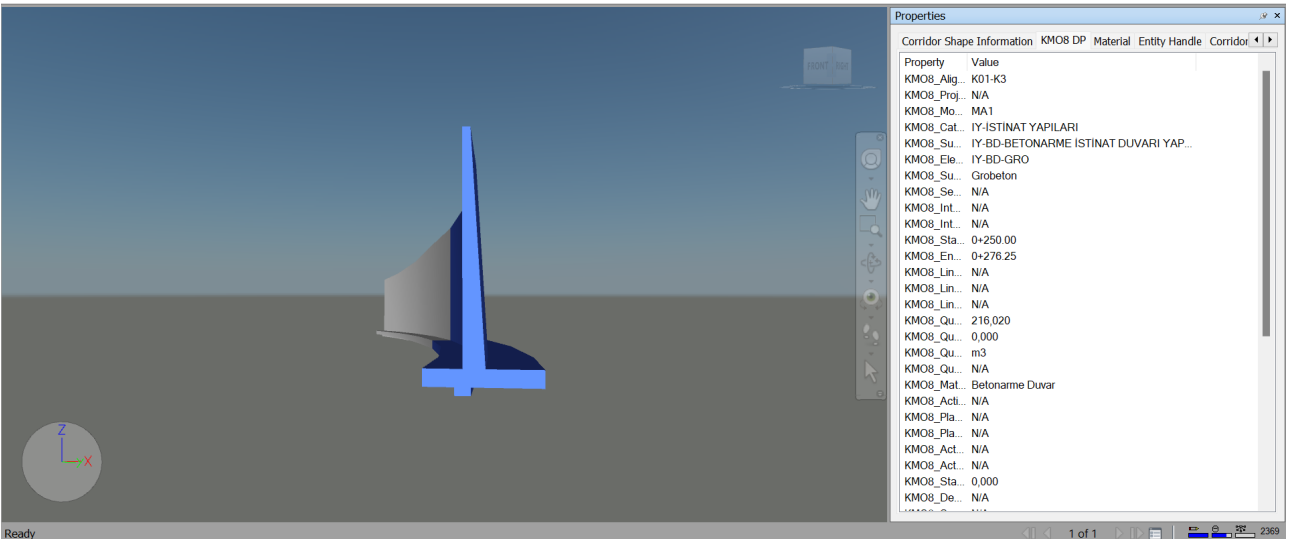


Şekil 4.23: Sanat yapıları- kutu menfez modeli.

İstinat duvarları tüm tipleriyle birlikte modellemeye dahil edilmiştir (Şekil 4.24 ve Şekil 4.25). Arazi modeliyle birlikte incelenirse duvar arkası dolgular ve drenaj detayları da görülebilmektedir. İlave olarak betonarme istinat duvarı dışındaki taş duvarlar, şevlerin duvarı kesim noktaları ve eğer dahil edilmek istenirse katran badana, barbakan boruları, su tutucu bantları ve duvar üstü tip-U kanalları vb. diğer işler de pozlandırma ve bütçe kodu sistemine uygun olarak modele eklenebilmektedir. Şekil 4.25'teki tip kesitten görüleceği üzere duvarın kalınlık değişimi, temel kayma dişleri gibi bütün geometrik detay özelliklere dikkat edilmiştir.

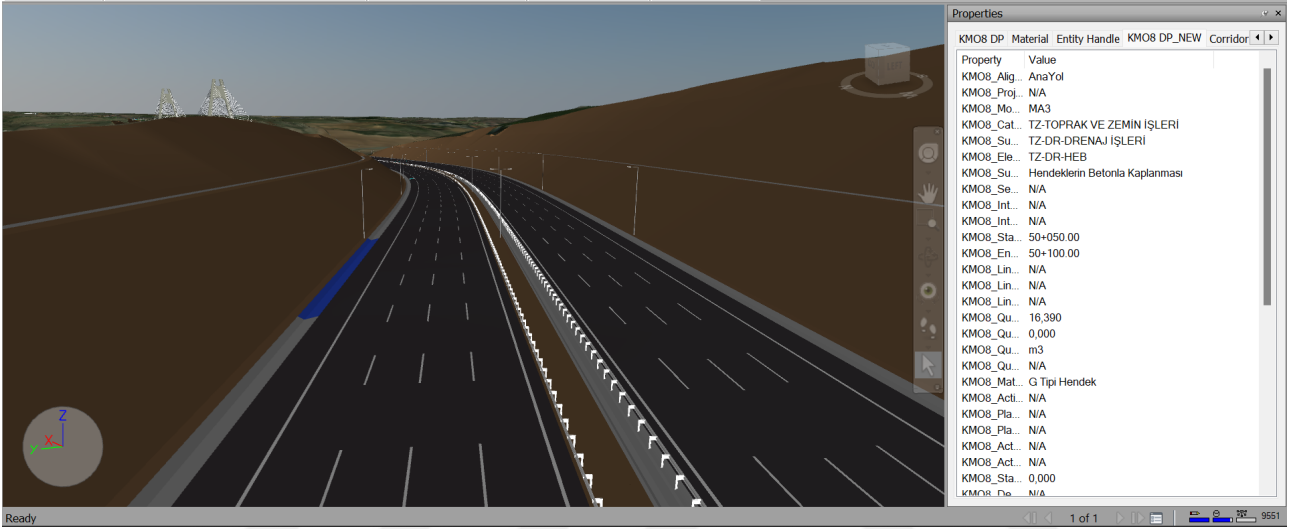


Şekil 4.24: Sanat yapıları- istinat duvarı modeli.

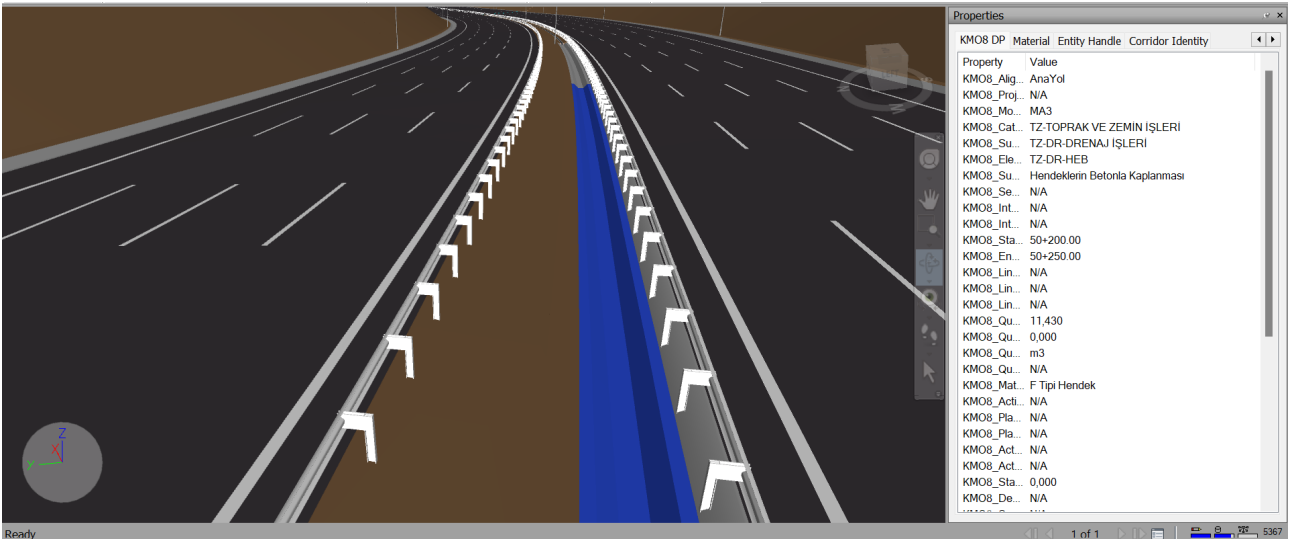


Şekil 4.25: Sanat yapıları- istinat duvarı kesit gösterimi.

Hendek detayları; yarma kenarı, palye, dolgu topuk, yarma üstü kafa ve refüj hendekleri olarak sınıflandırılmaktadır. Hendek tipleri ayrı katmanlar halinde nitelendirilmiştir. Poz olarak “Hendeklerin Betonla Kaplanması” tanımında takip edilmektedir. Hendekler, 50 metre uzunluğunda tanımlanmıştır. Kesitlerine uygun olarak modellenmesi sebebiyle özellikler sayfasındaki metrajlar rahatlıkla kullanılabilir (Şekil 4.26 ve Şekil 4.27). Bu aşamada, hendek altı drenaj sistemleri modele işlenmemiş olup ilerleyen aşamalarda ayrıca modellenmesi düşünülmüştür.

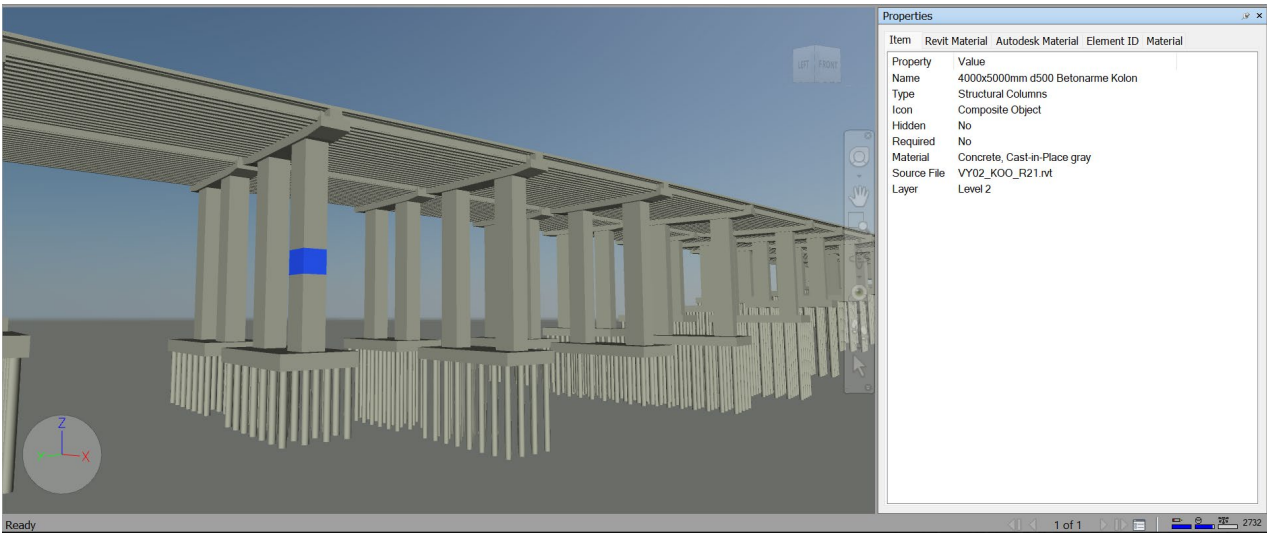


Şekil 4.26: Sanat yapıları- hendek genel gösterimi.

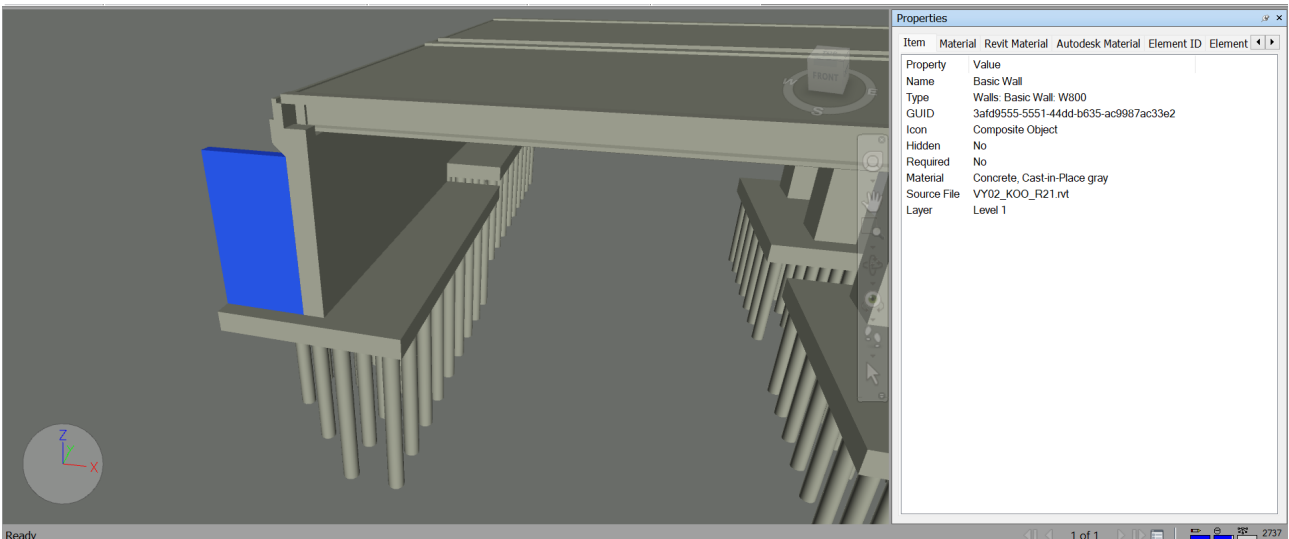


Şekil 4.27: Sanat yapıları- refüj hendeği modeli.

Viyadük detayları; kazık, temel, elevasyon, başlık kirişi, enleme kirişi, mesnet ve deprem takozları, ana kirişler, döşeme ve bordür detayları ve tüm ikincil işleriyle birlikte uyumlu olacak şekilde modellenmiştir (Şekil 4.28). Elevasyonlar, döküm kademelerine uygun olarak anolar halinde katmanlandırılmıştır. Orta elevasyonlara ilave olarak kenar ayak elevasyonları da başlık ve perde kısımları ayrı olacak şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.29). Genel arazi modeliyle birlikte incelendiğinde yaklaşım plakları ve kenar ayak dolguları model üzerinde görülebilmektedir. Böylelikle, yapım aşamasındaki imalat zorluklarının kolaylıkla aşılabilmesine katkı sağlanmaktadır.



Şekil 4.28: Sanat yapıları- viyadük genel modeli.



Şekil 4.29: Sanat yapıları- viyadük kenar ayak modeli.

4.1.2.5 Kavşak Bölgeleri Modeli

Kavşak noktalarının modellemeleri, arazi kotlarına uyumlu olacak şekilde gösterilmiştir. Ana yol ve tali yol enine ve boyuna eğimleri, hızlanma (katılım) ve yavaşlama (ayrılma) alanları ile tüm hendek ve drenaj detayları, sanat yapıları ve üstyapı katmanları tanımlanmıştır. İlave olarak ikincil işler kapsamındaki aydınlatma ve işaretlemeler de gösterilmiştir (Şekil 4.30 ve Şekil 4.31). İlk etapta düşüm oluğu yapıları gösterilmemiş olup hendek bağlantılarıyla uyumlu olacak şekilde daha sonra eklenmesi düşünülmüştür.



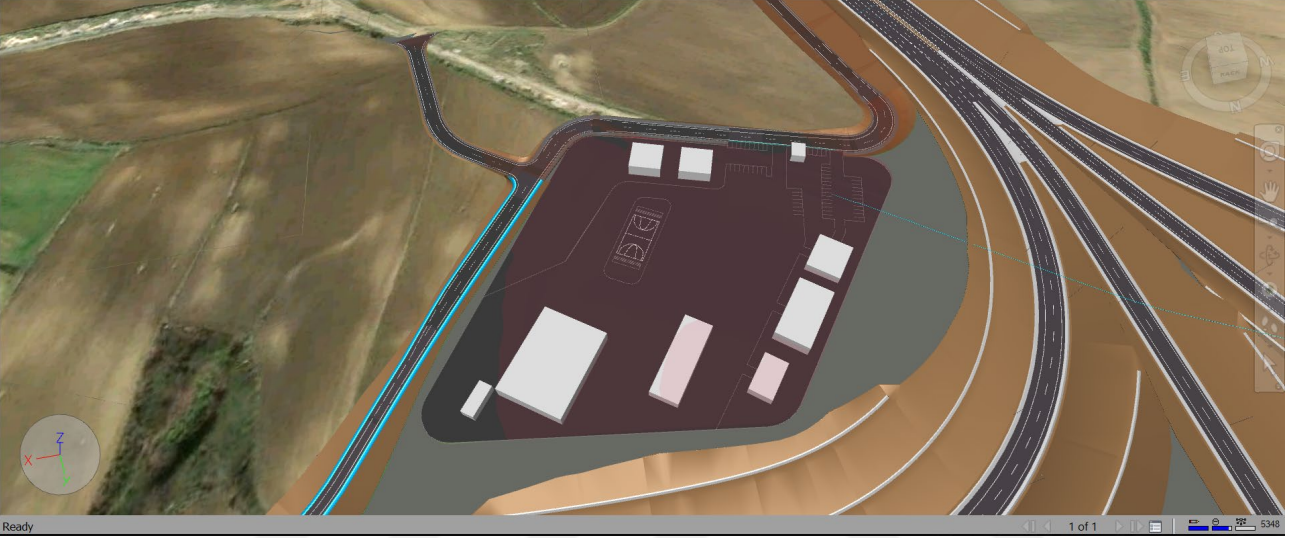
Şekil 4.30: Yonca kavşak modeli- plan.



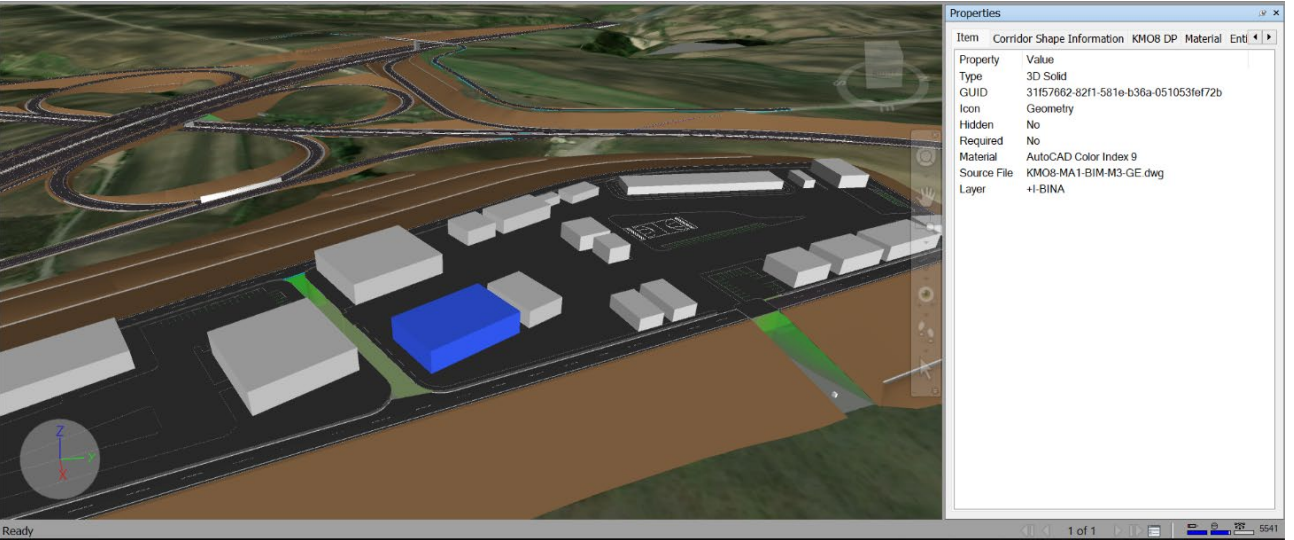
Şekil 4.31: Yonca kavşak modeli- genel gösterim.

4.1.2.6 Üstyapı İşleri Modeli

Altyapı işleri kapsamında mevcut olan bakım işletme merkezleri, otoyol hizmet tesisleri ve geniş alanları gibi üstyapı işlerini kapsayan modeller LOD 100 detay seviyesinde gösterilmiştir (Şekil 4.32 ve Şekil 4.33). Bina işleri ilk aşamada kapsamlı olarak gösterilmemiştir. Sonraki aşamalarda detay gösterimlere ihtiyaç duyulması halinde modellenmesi düşünülmüştür.



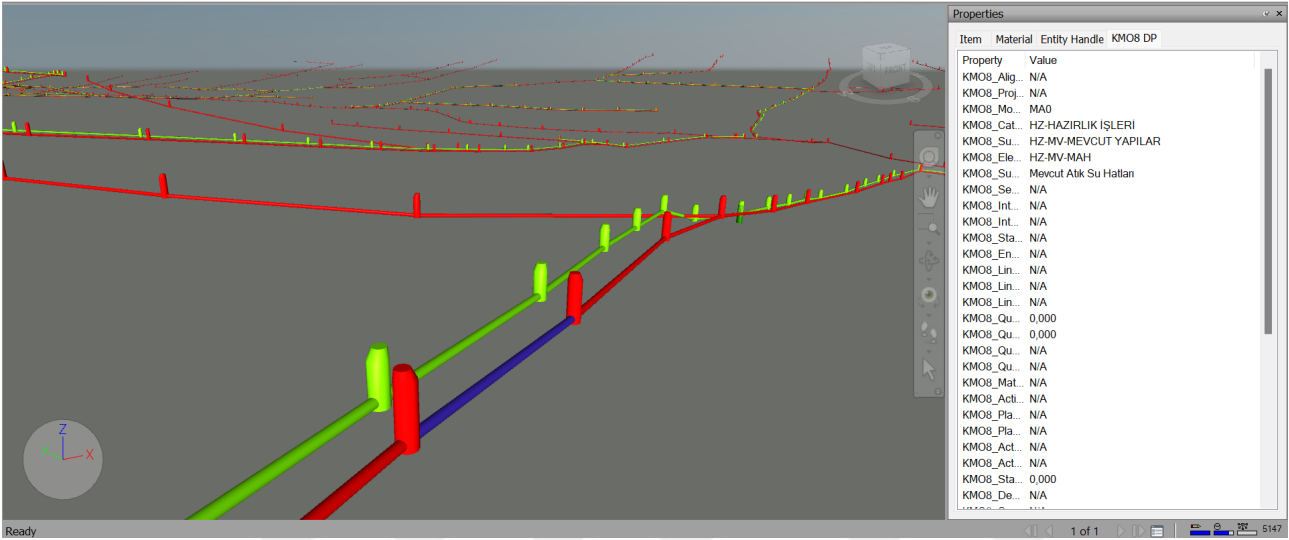
Şekil 4.32: Bakım işletme merkezi genel modeli.



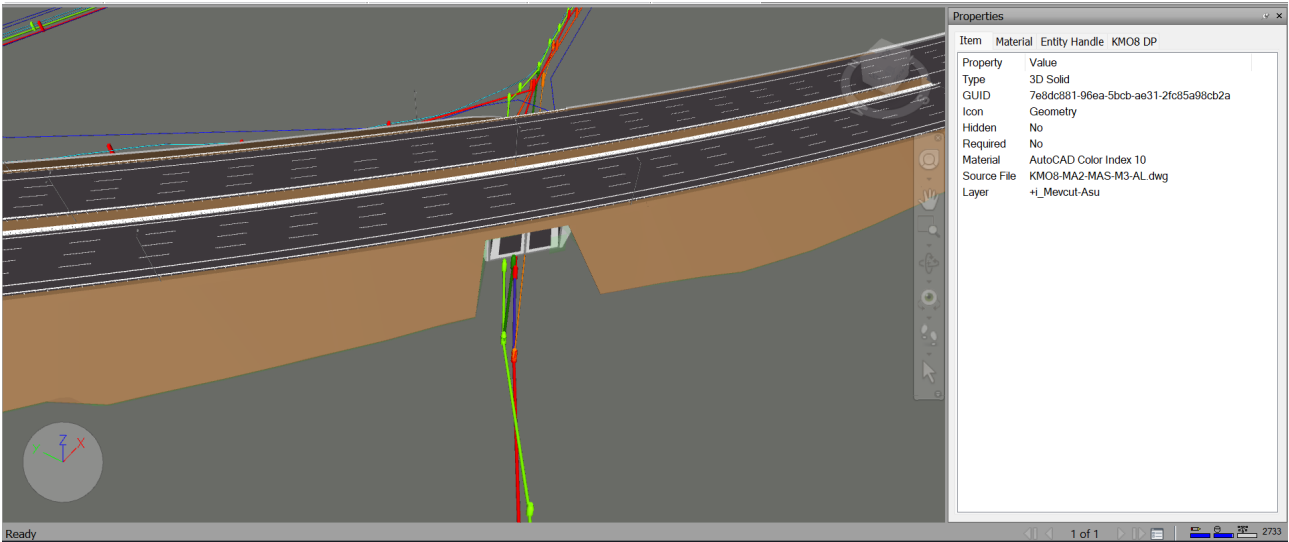
Şekil 4.33: Bakım işletme merkezi detay gösterimi.

4.1.2.7 Altyapı işleri Modeli

Altyapı işleri kapsamında tanımlanan, atık su, yağmur suyu, içme suyu hatları ve deplaseleri, büyük çaplı isale hatları, alçak, orta ve yüksek gerilim hatları, enerji nakil hatları ve deplasmanları model üzerinde gösterilebilmektedir. Mevcut (Şekil 4.34 ve Şekil 4.35) ve planlanan hatlar modele ayrı ayrı işlenebildiği için arazideki nihai durumları proje aşamasındayken rahatlıkla anlaşılabilen ve buna göre çözümler üretilebilmektedir.



Şekil 4.34: Mevcut atık su hattı gösterimi.



Şekil 4.35: Mevcut atık su hattı alt geçit geçişi.

4.1.2.8 İş Programı ve Metrajlandırma

KMO8 projesi YBM uygulamasına iş programı (Şekil 4.36 ve Şekil 4.37) entegrasyonu ile 4D boyut kazandırılmıştır. Hazırlanmış olan iş programı Navisworks üzerine aktarılarak “TimeLiner” menüsü sayesinde, tüm proje için, anlık olarak imalatların hangi aşamada olacağı izlenebilmektedir. Bu sayede, sahada imalata göre gerçekleştirmelerin gecikme durumları takip edilebilmektedir (Şekil 4.38 ve Şekil 4.39).

İş Adı	22	22	29-Jan-22	19-Feb-22	
Batı Pilon Alt Ayak Ano 1					Batı Pilon Alt Ayak Ano 1
Batı Pilon Alt Ayak Ano 2	10	10	20-Feb-22	01-Mar-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 2
Batı Pilon Alt Ayak Ano 3	10	10	02-Mar-22	11-Mar-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 3
Batı Pilon Alt Ayak Ano 4	9	9	12-Mar-22	20-Mar-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 4
Batı Pilon Alt Ayak Ano 5	7	7	21-Mar-22	27-Mar-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 5
Batı Pilon Alt Ayak Ano 6	6	6	28-Mar-22	02-Apr-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 6
Batı Pilon Alt Ayak Ano 7	6	6	03-Apr-22	08-Apr-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 7
Batı Pilon Alt Ayak Ano 8	6	6	09-Apr-22	14-Apr-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 8
Batı Pilon Alt Ayak Ano 9	6	6	15-Apr-22	20-Apr-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 9
Batı Pilon Alt Ayak Ano 10	6	6	21-Apr-22	26-Apr-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 10
Batı Pilon Alt Ayak Ano 11	6	6	27-Apr-22	10-May-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 11
Batı Pilon Alt Ayak Ano 12	6	6	11-May-22	16-May-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 12
Batı Pilon Alt Ayak Ano 13	6	6	17-May-22	22-May-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 13
Batı Pilon Alt Ayak Ano 14	6	6	23-May-22	28-May-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 14
Batı Pilon Alt Ayak Ano 15	6	6	29-May-22	03-Jun-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 15
Batı Pilon Alt Ayak Ano 16	6	6	04-Jun-22	09-Jun-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 16
Batı Pilon Alt Ayak Ano 17	6	6	10-Jun-22	15-Jun-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 17
Batı Pilon Alt Ayak Ano 18	6	6	16-Jun-22	21-Jun-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 18
Batı Pilon Alt Ayak Ano 19	6	6	22-Jun-22	27-Jun-22	Batı Pilon Alt Ayak Ano 19
Batı Pilon Dönüş Bölgesi Alt	11	11	28-Jun-22	08-Jul-22	Batı Pilon Dönüş Bölgesi Alt
Batı Pilon Timanır Kalıp Yer Değişikliği	15	15	18-Jul-22	01-Aug-22	Batı Pilon Timanır Kalıp Yer Değişikliği
Batı Pilon Dönüş Bölgesi Üst	11	11	02-Aug-22	12-Aug-22	Batı Pilon Dönüş Bölgesi Üst
Batı Pilon Üst Ayak Ano 1	10	10	13-Aug-22	22-Aug-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 1
Batı Pilon Üst Ayak Ano 2	9	9	23-Aug-22	31-Aug-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 2
Batı Pilon Üst Ayak Ano 3	8	8	01-Sep-22	09-Sep-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 3
Batı Pilon Üst Ayak Ano 4	8	8	09-Sep-22	16-Sep-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 4
Batı Pilon Üst Ayak Ano 5	8	8	17-Sep-22	24-Sep-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 5
Batı Pilon Üst Ayak Ano 6	6	6	25-Sep-22	30-Sep-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 6
Batı Pilon Üst Ayak Ano 7	6	6	01-Oct-22	09-Oct-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 7
Batı Pilon Üst Ayak Ano 8	6	6	07-Oct-22	12-Oct-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 8
Batı Pilon Üst Ayak Ano 9	6	6	13-Oct-22	18-Oct-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 9
Batı Pilon Üst Ayak Ano 10	6	6	19-Oct-22	24-Oct-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 10
Batı Pilon Üst Ayak Ano 11	6	6	25-Oct-22	30-Oct-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 11
Batı Pilon Üst Ayak Ano 12	6	6	31-Oct-22	06-Nov-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 12
Batı Pilon Üst Ayak Ano 13	6	6	06-Nov-22	11-Nov-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 13
Batı Pilon Geçici Strut Montajı	10	10	12-Nov-22	21-Nov-22	Batı Pilon Geçici Strut Montajı
Batı Pilon Üst Ayak Ano 14	6	6	12-Nov-22	17-Nov-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 14
Batı Pilon Üst Ayak Ano 15	6	6	18-Nov-22	23-Nov-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 15
Batı Pilon Üst Ayak Ano 16	8	8	24-Nov-22	01-Dec-22	Batı Pilon Üst Ayak Ano 16
Batı Pilon Ankırı Rölöresi Ana 1	10	10	02-Jan-22	11-Jan-22	Batı Pilon Ankırı Rölöresi Ana 1

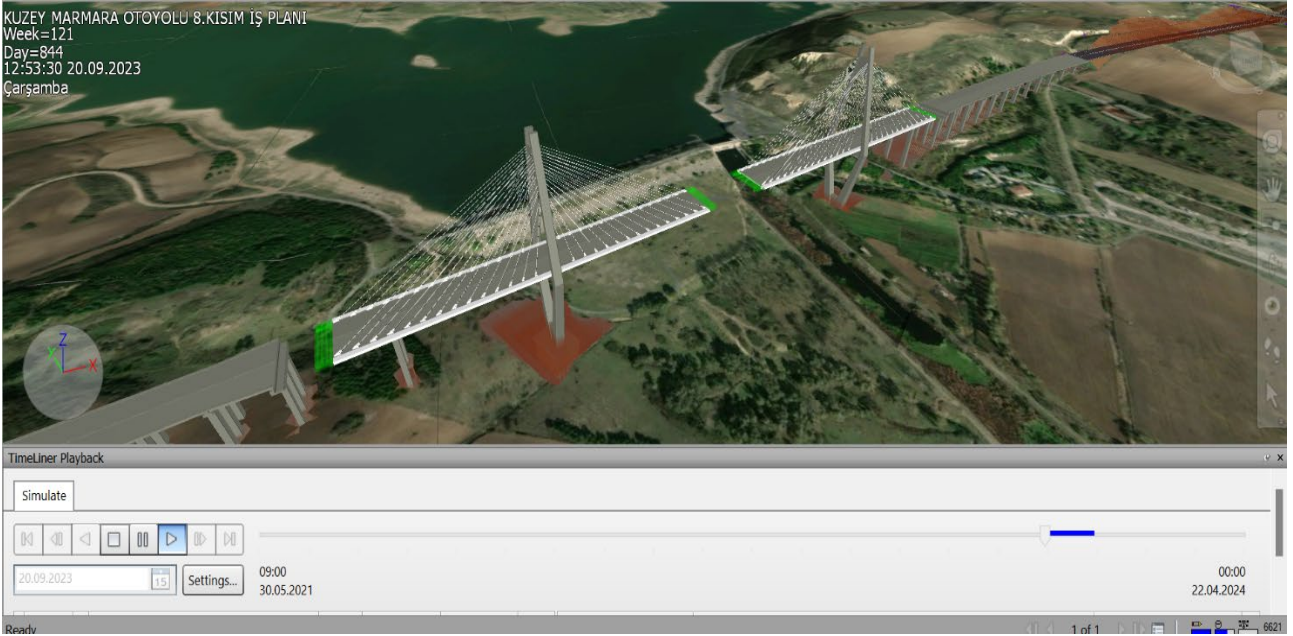
Şekil 4.36: EAK batı pilon ano-12 iş programı gösterimi.



Şekil 4.37: Navisworks, EAK batı pilon ano-12 timeliner gösterimi.

İş Adı	Personel	Yer	Başlangıç	Sonuç	İş Adı	Personel	Yer	Başlangıç	Sonuç
Batı Pilon Geçici Strut Montajı	10	10	04-Mar-23	13-Mar-23	Batı Pilon Geçici Strut Montajı	10	10	04-Mar-23	13-Mar-23
Batı Pilon Ankrāj Bölgesi Ano 11	10	10	04-Mar-23	13-Mar-23	Batı Pilon Ankrāj Bölgesi Ano 11	10	10	04-Mar-23	13-Mar-23
Batı Pilon Ankrāj Bölgesi Ano 12	8	8	14-Mar-23	21-Mar-23	Batı Pilon Ankrāj Bölgesi Ano 12	8	8	14-Mar-23	21-Mar-23
Batı Pilon Üst Enleme Kirşi Betoname İşleri	30	30	14-Mar-23	12-Apr-23	Batı Pilon Üst Enleme Kirşi Betoname İşleri	30	30	14-Mar-23	12-Apr-23
Batı Pilon İçİ Asansör ve Kalıcı Merdiven İmalatı	90	90	22-Mar-23	05-Jul-23	Batı Pilon İçİ Asansör ve Kalıcı Merdiven İmalatı	90	90	22-Mar-23	05-Jul-23
Batı Pilon Enleme Kirşi Geçici Strut Montajı	15	15	23-Aug-22	08-Sep-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Geçici Strut Montajı	15	15	23-Aug-22	08-Sep-22
Batı Pilon Enleme Kirşi Strut Üstü İskele	5	5	07-Sep-22	11-Sep-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Strut Üstü İskele	5	5	07-Sep-22	11-Sep-22
Batı Pilon Enleme Kirşi Alt Döşeme Dökümü	15	15	12-Sep-22	26-Sep-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Alt Döşeme Dökümü	15	15	12-Sep-22	26-Sep-22
Batı Pilon Enleme Kirşi Perde Dökümleri	10	10	27-Sep-22	08-Oct-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Perde Dökümleri	10	10	27-Sep-22	08-Oct-22
Batı Pilon Enleme Kirşi Ard Germe İşleri	3	3	07-Oct-22	09-Oct-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Ard Germe İşleri	3	3	07-Oct-22	09-Oct-22
Batı Pilon Enleme Kirşi Üst Döşeme	15	15	07-Oct-22	21-Oct-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Üst Döşeme	15	15	07-Oct-22	21-Oct-22
Batı Pilon Enleme Kirşi Ard Germe İşleri	3	3	22-Oct-22	24-Oct-22	Batı Pilon Enleme Kirşi Ard Germe İşleri	3	3	22-Oct-22	24-Oct-22
Batı Pilon Alt Enleme Kirşi Mesnet Montajı	5	5	22-Oct-22	26-Oct-22	Batı Pilon Alt Enleme Kirşi Mesnet Montajı	5	5	22-Oct-22	26-Oct-22
Batı Pilon Alt Enleme Kirşi Mesnet Montajı	560	560	12-Mar-22	25-Oct-23	Batı Pilon Alt Enleme Kirşi Mesnet Montajı	560	560	12-Mar-22	25-Oct-23
Batı Yakası Çelik Tabliye Montaj Platformu Zemin İşleri	10	10	12-Mar-22	21-Mar-22	Batı Yakası Çelik Tabliye Montaj Platformu Zemin İşleri	10	10	12-Mar-22	21-Mar-22
Batı Yakası Çelik Tabliye Montaj Platformu Temeli	10	10	22-Mar-22	31-Mar-22	Batı Yakası Çelik Tabliye Montaj Platformu Temeli	10	10	22-Mar-22	31-Mar-22
Batı Yakası Ana Kule Temel Betoname İşleri	10	10	01-Apr-22	10-Apr-22	Batı Yakası Ana Kule Temel Betoname İşleri	10	10	01-Apr-22	10-Apr-22
Batı Yakası Çelik Tabliye Montaj Platformu Kurulumu	60	60	17-May-22	24-Jul-22	Batı Yakası Çelik Tabliye Montaj Platformu Kurulumu	60	60	17-May-22	24-Jul-22
Batı Yakası Ana Kule Çelik Kurulumu	60	60	25-Jul-22	22-Sep-22	Batı Yakası Ana Kule Çelik Kurulumu	60	60	25-Jul-22	22-Sep-22
Batı Yakası Ana Kule, Pilon ve Pier Bağlantısı	5	5	23-Sep-22	27-Sep-22	Batı Yakası Ana Kule, Pilon ve Pier Bağlantısı	5	5	23-Sep-22	27-Sep-22
Batı Yakası Geçici Eğik Askı Platform Kurulumu	35	35	08-Jan-23	11-Feb-23	Batı Yakası Geçici Eğik Askı Platform Kurulumu	35	35	08-Jan-23	11-Feb-23
Batı Yakası Demirk Crane Montajı	30	30	25-Feb-23	26-Mar-23	Batı Yakası Demirk Crane Montajı	30	30	25-Feb-23	26-Mar-23
Batı Yakası Demirk Crane Sökümü	10	10	16-Oct-23	25-Oct-23	Batı Yakası Demirk Crane Sökümü	10	10	16-Oct-23	25-Oct-23
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 1 Montajı	38	38	04-Sep-22	11-Oct-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 1 Montajı	38	38	04-Sep-22	11-Oct-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 2 Montajı	8	8	12-Oct-22	19-Oct-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 2 Montajı	8	8	12-Oct-22	19-Oct-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 3 Montajı	8	8	20-Oct-22	27-Oct-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 3 Montajı	8	8	20-Oct-22	27-Oct-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 4 Montajı	8	8	28-Oct-22	04-Nov-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 4 Montajı	8	8	28-Oct-22	04-Nov-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 5 Montajı	8	8	05-Nov-22	12-Nov-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 5 Montajı	8	8	05-Nov-22	12-Nov-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 6 Montajı	8	8	13-Nov-22	20-Nov-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 6 Montajı	8	8	13-Nov-22	20-Nov-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 7 Montajı	8	8	21-Nov-22	28-Nov-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 7 Montajı	8	8	21-Nov-22	28-Nov-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 8 Montajı	8	8	29-Nov-22	06-Dec-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 8 Montajı	8	8	29-Nov-22	06-Dec-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 9 Montajı	8	8	07-Dec-22	14-Dec-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 9 Montajı	8	8	07-Dec-22	14-Dec-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 10 Montajı	8	8	15-Dec-22	22-Dec-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 10 Montajı	8	8	15-Dec-22	22-Dec-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 11 Montajı	8	8	23-Dec-22	30-Dec-22	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 11 Montajı	8	8	23-Dec-22	30-Dec-22
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 12 Montajı	8	8	31-Dec-22	07-Jan-23	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 12 Montajı	8	8	31-Dec-22	07-Jan-23
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 13 Montajı	8	8	08-Jan-23	15-Jan-23	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 13 Montajı	8	8	08-Jan-23	15-Jan-23
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 14 Montajı	8	8	16-Jan-23	23-Jan-23	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 14 Montajı	8	8	16-Jan-23	23-Jan-23
Batı Yakası Arka Açıklık Segment 15 Montajı	8	8	24-Jan-23	31-Jan-23	Batı Yakası Arka Açıklık Segment 15 Montajı	8	8	24-Jan-23	31-Jan-23

Şekil 4.38: EAK tabliye iş programı gösterimi.



Şekil 4.39: Navisworks- EAK tabliye timeliner gösterimi.

Proje YBM uygulaması sayesinde, ihtiyaca göre katmanlandırılmış olan tüm elemanların anlık olarak metrajlarına/kübajlarına erişim mümkün olmaktadır. KMO8 projesi kapsamında modellenmiş olan bütün elemanların sahadaki uygulamalarına ve bütçe kodu ve poz kırılımlarına (Şekil 4.40) denk veya yakın olarak sınıflandırılmasına özen gösterilmiştir. Anlık olarak her bir parçanın metrajı “properties” ekranından görülebileceği gibi toplu bir şekilde bölge bölge veya tüm projeye ait metraj ve toprak işleri kübajları alınabilmektedir (Şekil 4.41).

ALIGNMENT NAME	MODEL AREA	START STATION	END STATION	QUANTITY1	QUANTITY1 UNIT
HK04-DK1	MA2	0+011.51	0+072.68	2.158,81	m3
HK04-DK3	MA2	0+000.00	0+162.94	477,49	m3
HK04-GY	MA2	0+000.15	0+204.14	34.928,29	m3
HK04-IY1	MA2	0+000.00	0+134.99	35.773,75	m3
HK04-IY1	MA2	0+188.07	0+232.70	2.263,68	m3
HK04-IY2	MA2	0+000.00	0+146.81	1.189,38	m3
K03-K1	MA2	0+000.01	0+444.99	222.004,81	m3
K03-K1	MA2	0+515.15	1+050.10	55.219,72	m3
K03-K2	MA2	0+000.00	0+206.81	31.886,82	m3
K03-K2	MA2	0+660.91	1+131.37	11.634,76	m3
K03-K3	MA2	0+000.01	0+872.79	32.524,54	m3
K03-K4	MA2	0+000.00	0+708.70	162.375,92	m3
K04-K6	MA2	0+621.98	1+249.65	12.100,02	m3
K04-K7	MA2	0+123.73	0+161.55	6,57	m3
K04-K7	MA2	0+587.11	0+833.24	45.451,66	m3
K04-TY	MA2	0+000.01	0+325.95	34.989,18	m3
AnaYol	MA2	44+182.32	44+936.59	616.047,85	m3
AnaYol	MA2	44+936.60	45+796.05	147.902,05	m3
AnaYol	MA2	45+833.93	47+625.42	400.779,00	m3
AnaYol	MA2	47+625.43	47+942.14	64.049,95	m3
HK04-DY	MA2	0+072.11	0+173.65	1.359,61	m3
HK04-DK2	MA2	0+000.00	0+214.14	19.827,27	m3

Şekil 4.40: Metraj çıktı gösterimi.

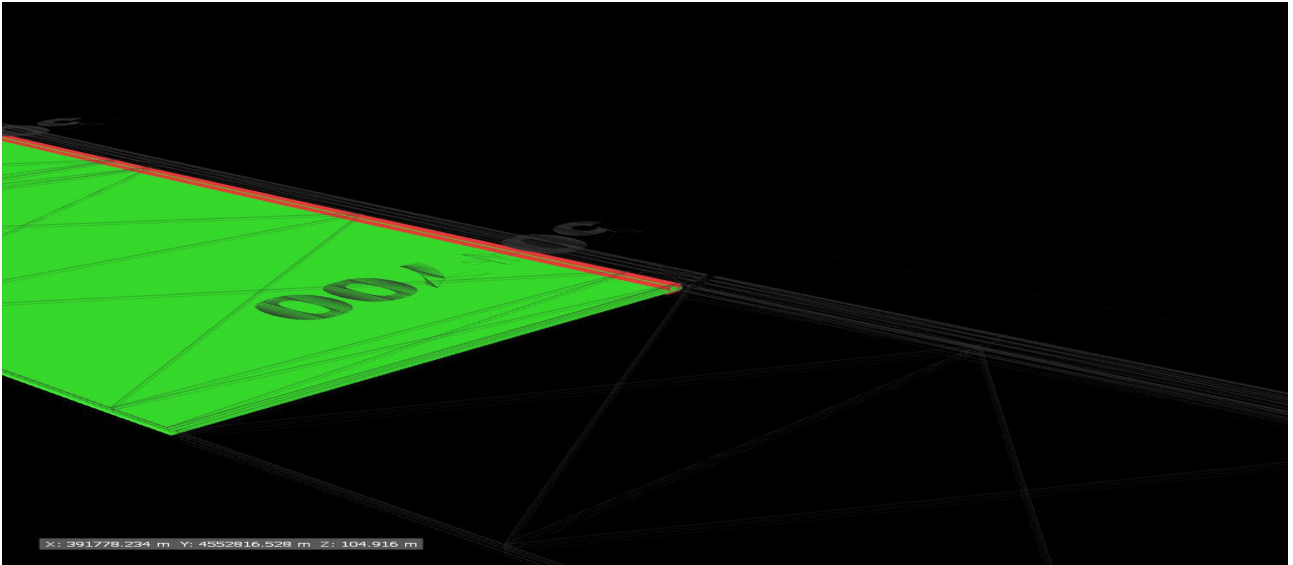
ALIGNMENT NAME	SUBELEMENT NAME	START STATION	END STATION	QUANTITY1	ANTITY1 U
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	56+300.00	56+322.20	20,28	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	54+950.00	54+990.00	50,99	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	58+550.00	58+557.50	52,24	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	59+450.00	59+465.74	79,22	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	58+800.00	58+820.70	49,52	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+668.94	55+700.00	17,27	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+700.00	55+747.42	47,5	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+760.00	55+800.00	40,65	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+800.00	55+850.00	163,57	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+850.00	55+900.00	209,74	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+900.00	55+928.58	110,89	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	55+971.23	56+000.00	42,56	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	56+000.00	56+009.23	9,52	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	56+124.96	56+150.00	17,61	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	56+150.00	56+200.00	129,32	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	56+200.00	56+250.00	75,26	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	56+250.00	56+300.00	33,92	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	54+000.00	54+050.00	64,14	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	54+050.00	54+081.63	16,88	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	54+303.53	54+350.00	35,73	m3
AnaYol	Bitkisel Toprak Serilmesi	54+350.00	54+400.00	114,4	m3

Şekil 4.41: Metraj çıktı gösterimi- 2.

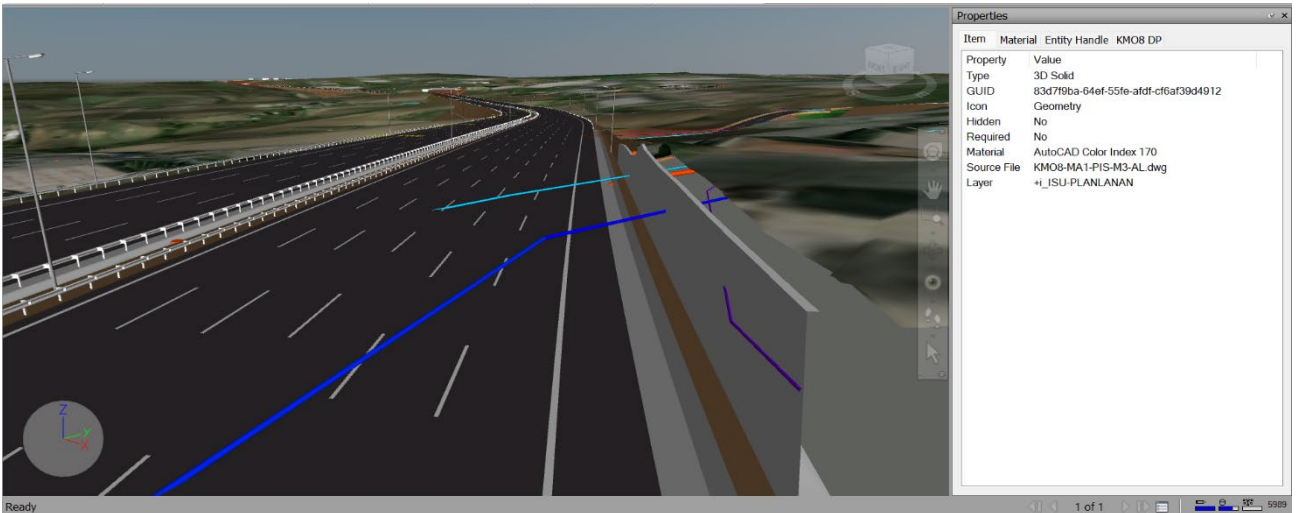
4.1.2.9 Çakışma Analizi

YBM uygulamalarında, 2D projeler 3D olarak oluşturulmasına rağmen gerçek yapı elemanları arasındaki ilişki ve iş birliğini anlamak zor olabilmektedir. Bu elemanlar ve disiplinler arası koordinasyon eksikliği ve çakışma problemi ancak projenin tek bir düzlem ve entegre bir program üzerinde yönetilmesiyle giderilebilmektedir. YBM süreçlerinde var olan bu çakışma analizi niteliği aracılığıyla maliyet ve süre kayıplarının minimuma indirilmesi sağlanabilmektedir (Kiviniemi ve diğerleri, 2008).

KMO8 projesinde Şekil 4.42’de örnek olarak gösterilen, ana platform kenarında bulunan U kanalın üstyapı tabakası ile kesişim tespiti gösterilmiştir. Benzer şekilde Şekil 4.43’te projelendirilmiş olan içme suyu hattı ile istinat duvarının çakışma noktası gösterilmiştir.



Şekil 4.42: Platform kenarı u kanal çakışma tespiti.



Şekil 4.43: Planlanan içme suyu hattı ile istinat duvarı çakışması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

YBM süreçleri bir yaşam döngüsüdür. Bir projenin veya varlığın tasarımından nihai aşamalarına gelene kadar geçirdiği süreçlerdir. Proje henüz tasarım aşamasındayken bu süreçlerin ERP programları ile entegrasyonu ve takibi tüm verilerin sistematik bir şekilde işlenmesinin önünü açabilecektir. Yeni dönemde, inşaat projelerinde tüm disiplinlerin kendi içerisindeki ortak dili ERP yazılımları üzerinden yürümektedir. Bütün YBM süreçlerinin ERP yazılımları ile entegrasyonu, daha sistematik adımların atılması, kontrolün ve takibin kolaylaşmasını sağlayabilir. Projelerin tüm ana verileri bu sistemler üzerinden takip edilmesiyle birlikte YBM girdilerinin de sisteme akması sağlanabilirse kontrat ve proje yönetimi, süreç takipleri, ilerlemeler, maliyet ve zaman yönetimi, metraj ve hak ediş süreçleri, bütçe kontrolü gibi konularda büyük adımlar atılabilir.

Yapılan tez çalışması, YBM kullanımının, altyapı sektörünün kendine özgü dinamiklerinden kaynaklı kaotik yapısını daha anlaşılabilir ve takip edilebilir hale getirdiğini belirtmektedir. Tasarım ve planlama aşamasından inşaat ve işletme aşamasına kadar olan tüm süreçlerin tek bir yerden düzenli şekilde kontrol altında tutulabilmesi, YBM süreçlerinin geleneksel yöntemlere göre orta ve uzun vadede iş gücü, efor ve maliyet avantajlarını ortaya çıkarttığını göstermiştir. Çalışmada, örnek üzerinde gösterilen bir uygulama ile YBM süreçlerinin altyapı projelerindeki entegrasyonu anlatılmıştır. Projenin inşaat öncesi aşamalarında sarfedilen zaman ve iş gücünün inşaat ve sonraki aşamalarına katkısı ortaya koyulmuştur.

Ülkemizde özellikle altyapı alanında henüz raylı sistemler projeleri ile başlamış olan YBM süreçlerinin, yasal düzenlemeler ve şartnamelerle birlikte diğer altyapı ve üstyapı projelerinin tamamında kullanımının yaygınlaştırılması sağlanabilecektir. Dünyadaki örnekler incelendiğinde YBM kullanımının aktif rol oynaması için yasal mevzuatların vazgeçilmez bir seçenek olduğu gözükmektedir. Ülkemizde ise tez çalışmamızda bahsedilen adımların atılmasıyla beraber belirli bir noktaya taşınan YBM süreçlerinin, bu konudaki yasalar, protokoller, yönetmelikler ve şartnamelerin yayımlanması ve kullanıcı rehberleri, eğitimler, seminerler gibi son kullanıcıya hitap eden girişimlerin yaygınlaştırılması ile farkındalık yaratılması önem arz etmektedir. Öncelikle kamu kurumlarının ilgili tüm süreçlerinde YBM'nin zorunlu kılınması ve devamında özel sektör teşvikleriyle süreçlere geçişin hızlandırılması önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akbay, R. B. (2021). *Türk inşaat sektöründe yapı bilgi modellemesinin şantiyede kullanımına yönelik bir inceleme* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 664500).
- Akkoyunlu, T. (2015). *Kentsel dönüşüm projeleri için BIM uygulama planı önerisi* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 419064).
- Araç, E. (2018). *Türkiye'de raylı sistem sektöründe yapı bilgi modellemesine geçiş süreçleri üzerine bir örnek olay incelemesi ve yönetsel öneriler* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 512182).
- Aslan H. ve Çınar M. (2023). Derin Kazı Uygulamalarında Yapı Bilgi Modelleme (YBM). 9. Geoteknik Sempozyumu, doi.org/10.5505/2023geoteknik.SS-57.
- Azhar, S., Khalfan, M., and Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and beyond. *The Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12 (4), [15]-28, doi.org/10.3316/informit.013120167780649
- Balcı, B., Kaplan G. ve Bayraktar O. (2019). Raylı sistemlerin Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ile entegrasyonu (Ataköy-İkitelli projesi inşaatı örneği), *5.Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, 410-419. <https://www.researchgate.net/publication/345903099>
- Baarimah, A. O., Alaloul W.S., Liew M.S., Aidrous M.H., Alawag A.M. ve Musarat M.A. (2021). Integration of Building Information Modeling (BIM) and Value Engineering in Construction Projects: A Bibliometric Analysis. *Third International Sustainability And Resilience Conference: Climate Change*, 362-367. <https://www.researchgate.net/publication/357812798>
- Bayram, S. (2020). Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Kapsamında Geleneksel Metraj ile Yazılımın Karşılaştırılması. *Yapı Bilgi Modelleme*, 2 (2), 58-65. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ybm/issue/60802/679736>

- BIMCorner, Majcher J. (2019). Everything worth knowing about the IFC format. <https://bimcorner.com/everything-worth-knowing-about-the-ifc-format/>. Erişim tarihi: 25.02.2024
- BIMPRO (12 Mayıs 2023). BIMLOD (Level of development). <https://bimpro.us.medium.com/bim-lod-level-of-development-lod100-200-300-350-400-500-d1ab72711cd4>. Erişim tarihi: 08.02.2024
- Bimteknoloji (t.y). BIM mi Revit mi?. <https://www.bimteknoloji.com/fikir/bim-mi-revit-mi/>. Erişim tarihi: 25.02.2024
- BuildingSMART (t.y). BuildingSMART Nedir?. <https://www.buildingsmartturkiye.org/>. Erişim tarihi: 25.02.2024
- BUP (2021). *BIM Uygulama Planı*, İstanbul.
- Canpolat B. (2021). IFC Nedir?. Yazılım3D. <https://yazilim3d.com.tr/ifc-nedir/>. Erişim tarihi: 25.02.2024
- Canpolat B. (2021). BIM Standartları ve ISO 19650 Webinarı. <https://yazilim3d.com.tr/21q2-iso19650-webinar/>. Erişim tarihi: 25.02.2024
- Çelik, U. (2020). *Kentsel Raylı Sistem Projeleri Özelinde BIM ve Akıllı Sözleşme Entegrasyonu* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 629354).
- Erdik, M. (2018). *Yapı sektöründe yapı bilgi modellemesinin adaptasyonu* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 541399).
- Ershadi, M., Jefferies, M., Davis, P. and Mojtahedi, M. (2021). Implementation of building information modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies. *International Journal of Unformation Systems and Project Management*, 9, 43-59, doi.org/10.12821/ijispm090403.
- Halim, E., Mohamed, A. ve Fathi, M. S. (2022). Building information modelling (BIM) implementation for highway project from consultant's perspectives in malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 971, 012003, doi.org/10.1088/1755-1315/971/1/012003.

- Herr, C., Fischer, T. (2018). BIM adoption across the Chinese AEC industries: An extended BIM adoption model. *Journal Of Computational Design And Engineering*, 6 (2), 173-178, doi.org/10.1016/j.jcde.2018.06.001.
- Hitech (t.y). Level Of Development (LOD).
<https://www.hitechcaddservices.com/bim/support/level-of-development-lod/>. Erişim tarihi: 08.02.2024
- ISO 19650-1. (2018). Bölüm 1: Kavramlar Ve İlkeler. Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Cenevre.
- ISO 19650-2. (2018). Bölüm 2: Varlıkların Teslim Aşaması. Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Cenevre.
- ISO 19650-3. (2020). Bölüm 3: Varlıkların Operasyonel Aşaması. Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Cenevre.
- ISO 19650-4. (2022). Bölüm 4: Bilgi Alışverişi. Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Cenevre.
- ISO 19650-5. (2020). Bölüm 5: Bilgi Yönetimine Güvenlik Odaklı Yaklaşım. Uluslararası standardizasyon örgütü, Cenevre.
- ISO 19650-6. (2023). Bölüm 6: Sağlık ve Güvenlik Bilgileri. Uluslararası Standardizasyon Örgütü, Cenevre.
- Kiviniemi, A., Karlshøj, J., Tarandi, V., Bell, H. and Karud, O. J. (2008). Review of the development and implementation of IFC compatible BIM. *DTU Library*.
- Kocakaya, M. N., Namlı, E. and Işıkdag, Ü. (2019). Building information management (BIM), a new approach to project management. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 4 (1), 323-332.
- Koçoğlu, A. K. (2021). *Altyapı projesinde BIM uygulaması: Gaziantep metro projesi örneği* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 662046).
- Kumar, J. & Mahua, Mukherjee. (2009). Scope of building information modeling (BIM) in India. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2 (1), 165-169, doi.org/10.25103/jestr.021.30.

- Olanrewaju, O. I., Chileshe, N., Babarinde, S. A. and Sandanayake, M. (2020). Investigating the barriers to building information modeling (BIM) implementation within the Nigerian construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27 (10), 2931–2958, doi.org/10.1108/ecam-01-2020-0042.
- Omoregie, A., Turnbull, D. E. (2016). Highway infrastructure and building information modelling in UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers- municipal Engineer*, 169 (4), 220–232, doi.org/10.1680/jmuen.15.00020
- Öğütçü, R. (2023). *Bütünleşik bina tasarımı yaklaşımı çerçevesinde BIM tabanlı araçların sürdürülebilir bina tasarımına etkisi: Bir toplu konut projesinde gün ışığı analizi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 790461).
- Öner, F., 2019. *İBB Raylı Sistem Projelerinde BIM Uygulamaları sunumu*. <https://docplayer.biz.tr/160718684-Ibb-rayli-sistem-projelerinde-bim-uygulamaları-b-u-i-l-d-i-n-g-i-n-f-o-r-m-at-i-o-n-m-o-d-e-l-l-i-n-g-ya-p-i-b-i-l-g-i-m-o-d-e-l-l-e-m-e-s-i.html>. Erişim Tarihi: 25.02.2024
- Özlu, E. E. (2019). *Karayolu projelerinde yeni teknolojilerin kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 559117).
- Zontul, K. (2021). *Yapım maliyetlerinin hesaplanmasında yapı bilgi modelleme (YBM) sisteminin örnek uygulama üzerinden irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 539811).
- Pasetto, M., Giordano, A., Borin, P. and Giacomello, G. (2020). Integrated railway design using Infrastructure- building information modeling. The case study of the port of Venice. *Transportation research procedia*, 45, 850–857, doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.084
- Pehlevan, E. E., & Kazado, D. (2018). *YBM Uzmanı Sertifika Programı 1. Modül: YBM Süreçleri Eğitimi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Penta (t.y). AutoCAD Civil 3D Nedir?.

<https://www.penta.com.tr/markalar/autodesk/urunler/autocad-civil-3d/autocad-civil-3d-nedir/en/>. Erişim tarihi: 25.02.2024

Politi, R. R. (2018). *Project planning and management using building information modeling (BIM)*, Unpublished master's thesis, İzmir Institute of Technology, İzmir.

Protaaltar (t.y). Autodesk InfraWorks?. <https://www.protaaltar.com/urunler/autodesk-infraworks>. Erişim tarihi: 25.02.2024

Samimpay, R. ve Saghatforoush, E. (2020). Benefits of implementing building information modeling (BIM) in infrastructure projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 10 (2), 123–140, doi.org/10.2478/jeppm-2020-0015

Sarıççek, T. (2019). *Türkiye'de mimarlık şirketleri için BIM uygulama yol haritası* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 543652).

Shin, M.-H., Jung, J.-H. and Kim, H.-Y., (2022). Quantitative and qualitative analysis of applying building information modeling (BIM) for infrastructure design process. *Buildings*, 12, 1476, doi.org/10.3390/buildings12091476.

Shou, W., Wang, J., Wang, X., & Chong, H. Y. (2014). A comparative review of building information modelling implementation in building and infrastructure industries. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 22 (2), 291–308, doi.org/10.1007/s11831-014-9125-9.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18 (3), 357–375, doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003.

Sürücü, N. (2020). *BIM For Infrastructure: A Spatial Perspective To Utility Network Management Using BIM Applications* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 634989).

Şahinkaya, G., Sesli, F. A., Koç, V. ve Uzun, Ö. F. (2022). Yapı bilgi modellemesi'nin türkiye için uygulanabilirliğinin araştırılması. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 555-563, doi.org/10.35193/bseufbd.1099947

- Taher, A. H. (2021). *Integration of Building Information Modeling with Value Engineering Analysis to Develop Sustainable Construction Projects in Egypt* (doctoral dissertation). Ain Shams University, Egypt.
- Tekla (t.y.). *Constructible Models Lead to More Efficient Building*. Trimble. <https://www.tekla.com/us/resources/blog/constructible-models-lead-to-more-efficient-building-2>. Erişim tarihi: 08.02.2024
- Tütüncüler, T. (2020). *Kamu yapılarında yapı bilgi modellemesi ile tesis yönetimi* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 632951).
- UAB, (2022). *BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dokümanları*. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ankara. <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/stratejik-yonetim/bim-teknik-sartnamesi-rev-no-03-02-09-2022.pdf>. Erişim Tarihi: 25.02.2024
- Vignali, V., Acerra, E. M., Lantieri, C., Di Vincenzo, F., Piacentini, G., & Pancaldi, S. (2021). Building information modelling (BIM) application for an existing road infrastructure. *Automation in Construction*, 128, 103752, doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103752
- Vilutienė, T., Šarkienė, E., Šarka, V., & Kiaulakis, A. (2020). BIM application in infrastructure projects. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 15 (3), 74-92, doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.485
- Yaylalı, G. & Aydar, U. (2022). Yapı bilgi modellemesinin alt yapı projelerinde kullanımını üzerine bir uygulama çalışması. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 3 (6), 34-43. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ljar/issue/74915/1205165>
- Yazılım3d (t.y). Civil 3D Nedir?. <https://yazilim3d.com.tr/urun/civil-3d/>. Erişim tarihi: 25.02.2024
- Yiğiter, F. (2020). *An assessment of building information modeling implementation for the turkish transportation infrastructure industry* (Doktora tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 633458).

Yurdakul, F. (2019). *Metro projelerinde yapı bilgi modellemesi tabanlı paydaşlar arası entegrasyon* (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez No. 577156).

Zhang, D., & Gao, Z. (2013). Project time and cost control using building information modeling. *ICCREM 2013*, 545-554, doi.org/10.1061/9780784413135.052



7. EKLER

EK A: BIM Teknik Şartnameleri ve İzin Yazısı



Şekil A.1: BIM teknik şartnamesi ve ihale dökümanları - kapak.

 T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI	BIM Teknik Şartnamesi	Tarih: 02.09.2022
--	------------------------------	-------------------

1. Giriş

BIM Teknik Şartnamesi T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına bağlı Kurum ve Kuruluşlar tarafından yürütülecek projelerde BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) süreçlerinin yönetimi için gerekli uygulama esaslarını içermektedir. BIM, bir projenin çeşitli unsurlarını kapsayan üç boyutlu bir dijital modelin ve tüm iş akışlarındaki bilgi yönetim sisteminin oluşturulmasını içermektedir. Bir yazılım aracı olarak tek başına ele alınmamalı, yapı geliştirme süreçleri boyunca proje paydaşlarının entegrasyonunu koordine eden sayısal bir proje yönetim sistemi olarak düşünülmelidir. BIM, projenin ayrılmaz bir parçası olarak uygulanacaktır. Bu şartname sözleşme dahilindeki iş kapsamında kullanılmak üzere Madde 1.2'de belirlenen kapsam ve hedefler doğrultusunda düzenlenmiştir. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığına bağlı Kurum ve Kuruluşlar belgenin devamında **İdare**, İşi alan taraf **Yüklenici**, Danışman firma ise **Danışman** olarak adlandırılacaktır.

1.1. Amaç

BIM sürecinin ana amacı olan **disiplinler arasındaki iletişim ve işbirliğinin artırılması** için, farklı disiplinler tarafından üretilecek 3B modellerin tek bir birimde toplanması ve modelleme aşamasında aynı standartların kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bilgi teknolojileri yapı sektörüne uyarlanarak yalnızca yapı inşa etmekle kalmayıp aynı zamanda proje yaşam döngüsü boyunca süreçlerin etkin bir şekilde yürütülmesine imkan tanıyan bilgi üretilmesine ve yönetim sisteminin kullanımı ön plana çıkmaktadır.

BIM modellerin oluşturulması ve sayısal süreçlerin tesis edilmesiyle projenin çeşitli aşamalarında madde 1.2'de belirlenen kapsamaların yerine getirilmesi amaçlanmaktadır. Buna göre, BIM modellerinin bu çalışmalara olanak tanıyacak ölçüde veri anlamında düzenli ve yeterli parametrelere sahip, modelleme anlamında hatasız olması mümkün olan en erken aşamalarda doğru alt yapının oluşturulması ve sürekli kalite kontrollerin yapılması ile mümkün olacaktır.

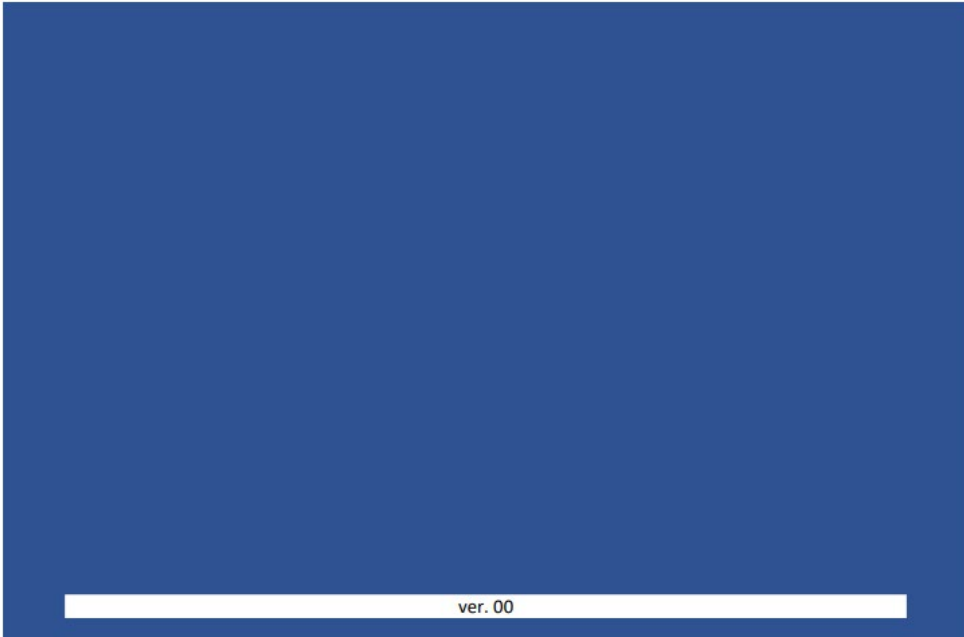
BIM sistemi kullanımı sadece üç boyutlu modelleme ile sınırlı kalmayarak aynı zamanda **bilginin doğru olarak kullanılmasını** da hedeflemektedir. Bu nedenle projelerin farklı aşamalarında aşağıda tarif edilmiş başlıklar dâhilinde BIM sürecinin kullanılması talep edilmektedir.

Şekil A.2: BIM teknik şartnamesi ve ihale dökümanları - giriş ve amaç.



RAYLI
SİSTEM
DAİRESİ
BAŞKANLIĞI

RAYLI SİSTEMLER BIM TEKNİK ŞARTNAMESİ



Şekil A.3: İBB raylı sistemler BIM teknik şartnamesi - kapak.

2.2. BIM HEDEFLERİ

BIM kullanımı ile proje özelinde hedeflenen başlıca kazanımlar aşağıda listelenmiştir:

- Kurumlar ve disiplinler arası iletişim ve iş birliğinin artırılması,
- Tasarıma yönelik bilgi modellerinin oluşturulması ile uygulama kalitesinin artırılması,
- BIM Uygulama Planı'nda tarif edilen 2 Boyutlu tasarım dokümanlarının farklı proje aşamalarında bilgi modellerinden elde edilmesi ile olası maddi hataların en aza indirilmesi ve doküman üretim süresinden tasarruf edilmesi,
- Tüm disiplin modellerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan koordinasyon modeli kullanılarak disiplinler arası koordinasyonun sağlanması,
- Disiplinler arası koordinasyonun sağlanmasıyla gelecekte oluşabilecek revizyon ihtiyaçlarının minimize edilmesi ile zaman ve maliyet tasarrufu sağlanması,
- Yapının çevre yapılar (mevcut raylı sistem/ulaşım yapıları, mevcut binalar, mevcut altyapı hatları vb.) ile etkileşiminin incelenerek, gerekli tasarım ve önlemlerin erken projelendirilmesi,
- Proje döngüsü boyunca bilgi modellerinden gerekli kırımlarda elde edilebilen adet / maliyet metraj verileri ile tasarım alternatiflerinin veya değişikliklerin maliyete etkisinin doğru ve hızlı bir şekilde tayin edilebilmesi,
- İhale eki dokümanlar içerisinde teslim edilecek bilgi modellerinin sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek kullanımlara uygun olması.

Yukarıda tarif edilen BIM kullanım hedefleri ile proje özelinde oluşabilecek ilave hedefler Yüklenici tarafından hazırlanacak BIM Uygulama Planı'nda detaylı olarak belirtilecektir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için gerçekleştirilebilecek potansiyel BIM kullanımları ile ilgili BIM hedefleri Tablo 4'de ilişkilendirilmiştir.

Tablo 3 BIM Hedefleri ve Potansiyel BIM Kullanımları

BIM HEDEFLERİ	POTANSİYEL BIM KULLANIMLARI
Kurumlar ve disiplinler arası iletişim ve iş birliğinin artırılması	Tasarımın Oluşturulması 3 Boyutlu Koordinasyon Mevcut Durum Modellemesi Tasarım Dokümanlarının Oluşturulması Metraj Listelerinin Oluşturulması / Maliyet Tahmini
Tasarıma yönelik bilgi modellerinin oluşturulması ile uygulama kalitesinin artırılması,	Tasarımın Oluşturulması
BIM Uygulama Planı'nda tarif edilen 2 Boyutlu tasarım dokümanlarının farklı proje aşamalarında bilgi modellerinden elde edilmesi ile olası maddi hataların en aza indirilmesi ve doküman üretim süresinden tasarruf edilmesi,	Tasarım Dokümanlarının Oluşturulması
Tüm disiplin modellerinin bir araya getirilmesi ile oluşturulan koordinasyon modeli kullanılarak disiplinler arası koordinasyonun sağlanması, Disiplinler arası koordinasyonun sağlanmasıyla gelecekte oluşabilecek revizyon ihtiyaçlarının minimize edilmesi ile zaman ve maliyet tasarrufu sağlanması,	3 Boyutlu Koordinasyon

Şekil A.4: İBB raylı sistemler BIM teknik şartnamesi - BIM hedefleri.

Tarih : 08.02.2024
Sayı : REC/REF-2024-001

Sayın Denizhan Pehlivan,

REC Uluslararası İnşaat Yatırım Sanayi ve Ticaret A.Ş. uhdesinde yapımı gerçekleştirilen Kuzey Marmara Otoyolu Nakkaş Başakşehir Kesim-8 Projesi ve Mersin-Adana-Osmaniye-Gaziantep Yüksek Standartlı Demiryolu Hattı İnşaatı ile Elektromekanik Sistemlerin Temini Projesi kapsamında hazırlanan proje ve modellemelerin (BIM), T.C. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Programı kapsamında yürüttüğünüz, “*Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Süreçlerinin Altyapı Projelerinde İncelenmesi*” konulu Yüksek Lisans Tez çalışmalarınızda kullanılması, proje kapsamında özel olarak incelenmek istenen alanların tez onayı alınmadan önce tarafımıza onaylatılması, şirket içi gizlilik politikaları ve güvenlik standartlarına uyulması ve tez çalışmalarının tamamlandığı tarih ile veri kullanımının sonlandırılması kaydıyla uygundur.

Şekil A.5: REC Uluslararası BIM modelleri kullanımı izin yazısı.