



T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak KARAKURUMER

**PROJE YÖNETİMİNDE ZAMAN VE
MALİYET ETKİLERİNİN YAPI BİLGİ
MODELLEMESİ (BIM) İLE
İNCELENMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANIYE – 2024

**T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PROJE YÖNETİMİNDE ZAMAN VE MALİYET
ETKİLERİNİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE
İNCELENMESİ**

Burak KARAKURUMER

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
2024**

TEZ ONAYI

PROJE YÖNETİMİNDE ZAMAN VE MALİYET ETKİLERİNİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE İNCELENMESİ

Burak KARAKURUMER tarafından Dr. Öğretim Üyesi Şahin Tolga GÜVEL danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Şahin Tolga GÜVEL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Abdulkadir BUDAK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Doç. Dr. Gözde ÇELİK
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, ÇÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Eyyüp TEL
Enstitü Müdürü, **Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Burak KARAKURUMER



ÖZET

PROJE YÖNETİMİNDE ZAMAN VE MALİYET ETKİLERİNİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) İLE İNCELENMESİ

Burak KARAKURUMER
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Şahin Tolga GÜVEL

Şubat 2024, 76 sayfa

Proje Yönetimi, gerçekçi bir iş programı oluşturarak maddi ve süresel kayıpların önüne geçmeyi hedefler. Doğru metraj verileri bu hususta büyük önem taşır. İnşaat sektörünün gelişmesiyle büyük ölçekli karmaşık yapılar ortaya çıkmaktadır. Bu yapıların metraj miktarının hesaplanması hem zaman alıcıdır hem de hataya açıktır. Hatalı metraj verileri gerçekçi olmayan iş programlarını beraberinde getirir. Ayrıca yapıyı oluşturan faaliyetlerin fazla olması iş programı takibini de zorlaştırır. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yapının metraj, süre, bütçe gibi bilgilerini içeren ve bu bilgilerin ekipler arası paylaşımını sağlayan teknolojik bir gelişme ve süreçtir. BIM ile oluşturulmuş üç boyutlu (3B) model ile zaman (4B) ve maliyet bilgilerinin birleştirilmesiyle oluşan 5B kavramı, bahsedilen problemlerin önüne geçebilmektedir. Bu çalışmada bir kamu binası BIM tabanlı yazılımdan faydalanılarak 3B olarak modellenmiş ve metraj miktarı hesaplanmıştır. Metraj verileri esas alınarak maliyet oluşturulmuş ve iş programı hazırlanmıştır. Hazırlanan iş programı ve üç boyutlu model farklı bir BIM tabanlı yazılımda ilişkilendirilmiştir. Modelin zamana bağlı ilerleyişi sanal ortamda izlenmiş, maliyet analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak BIM'in, Proje Yönetimine planlama aşamasında sağladığı avantaj ve dezavantajlara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Proje Yönetimi, Metraj, Maliyet, Zaman

ABSTRACT

INVESTIGATION OF TIME AND COST EFFECTS IN PROJECT MANAGEMENT WITH BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM)

Burak KARAKURUMER
M.Sc., Department of Civil Engineering
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şahin Tolga GÜVEL

February 2024, 76 pages

Project Management aims to prevent financial and time losses by creating a realistic work schedule. Accurate quantity takeoff data is crucial in this regard. With the advancement of the construction sector, large-scale complex structures are emerging, making the calculation of quantities time-consuming and prone to errors. Incorrect quantity takeoff data leads to unrealistic work schedules. Moreover, having numerous activities involved in the construction process makes it difficult to track the work schedule. Building Information Modeling (BIM) is a technological development and process that includes information such as quantity, time, and budget of the structure, enabling inter-team sharing of this information. The concept of 5D, formed by combining a three-dimensional (3D) model created with BIM with time (4D) and cost information, can address the mentioned problems. In this study, a public building was modeled in 3D using BIM-based software, and the quantity takeoff was calculated. Based on the quantity takeoff data, the cost was determined, and a work schedule was prepared. The prepared work schedule and the three-dimensional model were associated with different BIM-based software. The model's progression over time was monitored in a virtual environment, and cost analysis was conducted. Based on the results obtained, the advantages and disadvantages of BIM in Project Management during the planning phase were discussed.

Key Words: Building Information Modeling (BIM), Project Management, Schedule, Time, Cost



Çok kıymetli aileme...

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca değerlendirmeleri, önerileri ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Dr. Öğretim Üyesi Şahin Tolga GÜVEL'e hem tez çalışmasına hem de hayatıma yaptığı katkılardan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Manevi katkılarından dolayı canım ailem, eşim Emine KARAKURUMER, annem Emine KARAKURUMER, babam Ahmet KARAKURUMER ve kardeşim Meryem KARAKURUMER'e teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	ii
TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İTHAF SAYFASI	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	14
2. PROJE YÖNETİMİ VE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)	15
2.1 Proje Yönetimi	15
2.1.1 Proje Yönetimi Tanımı	15
2.1.2 Proje Yönetimi Süreçleri	15
2.1.3 Proje Yönetimi Bilgi Alanları	16
2.2 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)	19
2.2.1 Yapı Bilgi Modellemesi Tanımı	19
2.2.2 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT)	21
2.2.3 BIM Boyutları	22
2.3 Proje Planlama	24
2.3.1 Planlamanın Tanımı	24
2.3.2 Planlama Teknikleri	25
2.3.3 Çubuk Diyagram	25
2.3.4 Ağ Diyagramları	26
2.3.5 Bilgisayar Destekli Planlama Yazılımları	27
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	29
4. MATERYAL VE METOT	31
4.1 Projenin Seçilmesi	31
4.2 Projenin Revit Ortamına Aktarılması	32
4.2.1 Revit ile Projenin Aks ve Kat Planlarının Oluşturulması	33
4.2.2 Revit ile Projenin Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Modellenmesi	34
4.2.3 Revit ile Projenin Mimari Yapı Elemanlarının Modellenmesi	36
4.3 Metraj Miktarlarının Hesaplanması	38
4.3.1 Revit ile Metraj Miktarının Hesaplanması	38
4.3.2 Geleneksel Yöntemle Metraj Hesabı Yapılması	41
4.3.3 Projedeki Mevcut Metraj Bilgileri	41
4.4 Ms Project Yazılımı ile İş Programının Oluşturulması	42
4.5 Navisworks Manage	45
5. BULGULAR	49
5.1 Elde Edilen Metraj Verileri	49
5.1.1 Metraj Verilerinin Karşılaştırılması	51
5.2 Elde Edilen Metraj Verileri ile Maliyet Hesabının Yapılması	52
5.2.1 Maliyet Verilerinin Karşılaştırılması	54

5.3 İş Programının Oluşturulması	55
5.3.1 İş Programı Verilerinin Karşılaştırılması	63
5.4 Navisworks Manage ile Projenin 4B ve 5B Modellenmesi	66
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	71
KAYNAKLAR	73



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. BDT ve BIM karşılaştırması (Hasözhan, vd., 2021).	21
Çizelge 2.2. BDT ve BIM karşılaştırması (Hasözhan, vd., 2021).	22
Çizelge 5.1. İmalatların Revit ile hesaplanmış metraj miktarları.....	49
Çizelge 5.2. İmalatların geleneksel yöntem ile hesaplanmış metraj miktarları.	50
Çizelge 5.3. Projedeki hazır metraj verileri ile elde edilen metraj miktarı.	50
Çizelge 5.4. Revit metraj miktarı ile diğerleri arasındaki farklar.	51
Çizelge 5.5. Revit metraj miktarı ile diğerleri arasındaki sapma oranları.	51
Çizelge 5.6. Revit ile hesaplanan metraj verilerinin maliyeti.	52
Çizelge 5.7. İmalatların geleneksel yöntemle hesaplanan metraj miktarlarının maliyeti.	53
Çizelge 5.8. Projedeki hazır metraj verileri ile elde edilen metraj miktarının maliyeti.	53
Çizelge 5.9. Yöntemler arasındaki maliyet farkları.	54
Çizelge 5.10. Toplam maliyet farkları ve sapma oranları.	54
Çizelge 5.11. Görev sürelerinin hesaplanması.	55
Çizelge 5.12. Görev sürelerinin hesaplanması (Çizelge 5.11 devamı).	56
Çizelge 5.13. Revit ve diğer yöntemler arasındaki gün farkları ve sapma oranları... ..	63
Çizelge 5.14. Revit verileri ile oluşturulan iş programındaki kritik faaliyetler.	65
Çizelge 5.15. Projedeki hazır verileri ile oluşturulan iş programındaki kritik faaliyetler.	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Proje Yönetimi Bilgi Alanları (Paşalı Tuna, 2011).	16
Şekil 2.2. BIM Süreci (Köse, 2016).....	20
Şekil 2.3. Yapı yaşam döngüsü boyunca BIM boyutlarının önem seviyeleri (Bayar Yılmaz, 2019).....	24
Şekil 2.4. Gantt Diyagramı.	26
Şekil 2.5. Ağ Diyagramı düğüm gösterimi.	27
Şekil 2.6. Kutu Diyagram.	27
Şekil 4.1. Kadın Sığınma Evi +0.30 kotu kalıp planı.	31
Şekil 4.2. Mimari Kesit.	31
Şekil 4.3. Batı cephesi görünüşü.	32
Şekil 4.4. Doğu cephesi görünüşü.....	32
Şekil 4.5. Projenin Akıllarının oluşturulması.	33
Şekil 4.6. Projenin Kat Planlarının (Level) oluşturulması.	33
Şekil 4.7. 50x50 kolon nesnesi (family).	34
Şekil 4.8.Nesnelere (family) tiplerinin değiştirilmesi (Edit Type).	35
Şekil 4.9. Taşıyıcı yapı elemanlarının Revit’te 3B Modellenmesi.	35
Şekil 4.10. Revit’te duvar nesnesine gazbeton materyali tanımlama.....	36
Şekil 4.11. Revit’te döşemeye parke ve tesviye beton materyali tanımlanması.	37
Şekil 4.12. Mimari ve Statik modellemenin 3B görüntüsü (Kuzeydoğu).....	37
Şekil 4.13 Mimari ve Statik modellemenin 3B görüntüsü (Güneybatı).....	37
Şekil 4.14. Revit metraj komutu (Schedules).	38
Şekil 4.15. Revit Schedules/Quantities komutunun açılır penceresi.....	39
Şekil 4.16. Revit’te metraj listesinde görüntülemek istenen bilgilerin seçimi.....	39
Şekil 4.17 Revit materyal metrajı için görüntülemek istenen bilgilerin seçimi.	40
Şekil 4.18. Revit’te betonarme yüzeylere kalıp imalatının modellenmesi.....	40
Şekil 4.19. Yapım işinin AutoCad dosyası içerisindeki hazır metraj çizelgesi.	41
Şekil 4.20. Kadın Sığınma Yapım İşine ait Dikiş-Nakış Atölyesi odası.	42
Şekil 4.21. Ms Project’te Kaba İnşaat görevlerinin tanımlanması.....	43
Şekil 4.22. Ms Project’te İnce İnşaat görevlerinin tanımlanması.	43
Şekil 4.23. Ms Project’te Başlama-Bitiş ilişkisinin kurulması.	44
Şekil 4.24. Ms Project’te Kaynak Tanımlaması.....	45
Şekil 4.25. Ms Project’te görevlere kaynak ataması.	45
Şekil 4.26. Revit dosyasını Navisworks dosyası formatına dönüştürmek.	46
Şekil 4.27. Naviswork uygulamasına “.rvt” uzantılı dosya aktarımı.	47
Şekil 4.28. Ms Project bilgilerini Navisworks ile eşleştirme.	47
Şekil 4.29. İş programının Navisworks’e aktarılması.....	48
Şekil 4.30. Navisworks “Task” sekmesi.	48
Şekil 5.1. Revit’te seramik kaplama metraj cetvelinin oluşturulması.....	49
Şekil 5.2. Revit verileri ile Ms Project’te iş programı (1).....	57
Şekil 5.3. Revit verileri ile Ms Project’te iş programı (2).....	57
Şekil 5.4. Revit verileri ile Ms Project’te iş programı (3).....	58
Şekil 5.5. Revit verileri ile hazırlanan iş programının istatistikleri.	58
Şekil 5.6. Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler ile iş programı (1). 59	
Şekil 5.7. Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler ile iş programı (2). 59	

Şekil 5.8. Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler ile iş programı (3).	60
Şekil 5.9. Geleneksel hesaplama yöntemi iş programı istatistikleri.....	60
Şekil 5.10. Projedeki hazır metraj verileri oluşturulan iş programı (1).	61
Şekil 5.11. Projedeki hazır metraj verileri oluşturulan iş programı (2).	61
Şekil 5.12. Projedeki hazır metraj verileri oluşturulan iş programı (3).	62
Şekil 5.13. Projedeki hazır metrajlarla oluşturulan iş programı istatistikleri.....	62
Şekil 5.14. Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen iş programının Gantt diyagram karşılaştırması (1).....	63
Şekil 5.15. Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen iş programının Gantt diyagram karşılaştırması (2).....	64
Şekil 5.16. Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen iş programının Gantt diyagram karşılaştırması (3).....	64
Şekil 5.17. Set oluşturulması, görev tipinin seçilmesi.	66
Şekil 5.18. Aktivitelere nesnelere bağlanması.....	67
Şekil 5.19. Simülasyon ayarları.	67
Şekil 5.20. Görev tipine göre oluşum sürecini renklendirme ayarları.	68
Şekil 5.21. Navisworks simülasyon özelliği.	68
Şekil 5.22. Kadın Sığınma Evi 5B model simülasyonu.	69
Şekil 5.23. Kadın Sığınma Evi 5B model simülasyonu (Şekil 5.19'un devamı).	70

SİMGELER ve KISALTMALAR

2B	2 Boyutlu	(-)
3B	3 Boyutlu	(-)
4B	4 Boyutlu	(-)
5B	5 Boyutlu	(-)
6B	6 Boyutlu	(-)
7B	7 Boyutlu	(-)
8B	8 Boyutlu	(-)
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım	(-)
BIM	Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling)	(-)
CAD	Computer Aided Design	(-)
CPM	Critical Path Method	(-)
EKAP	Elektronik Kamu Alımları Platformu	(-)
MMİ	Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat	(-)
MS	Microsoft	(-)
PERT	Program Evaluation Review Technique	(-)
PMI	Proje Yönetim Enstitüsü	(-)

1.GİRİŞ

Bir projenin başarılı olabilmesi için planlanan tarihte tamamlanması, hedeflenen kaliteyi karşılaması ve belirlenen bütçe sınırlarını aşmaması gerekmektedir. İnşaat projeleri; inşaat mühendisi, mimar, elektrik mühendisi, makine mühendisi gibi farklı disiplinler tarafından tasarlanır. Bu sebeple kesit, plan ve detaylar içeren çok sayıda iki boyutlu proje dosyası oluşur. Çok sayıdaki proje dosyası, disiplinler arası iletişimi zorlaştırır ve dolayısıyla projelerdeki eksiklikler gözden kaçabilir. Proje eksiklikleri ve hatalarının tespit edilememesi metraj miktarının az veya fazla hesaplanmasına yol açabilir. Öngörülemeyen hatalar yapım işinin ilerleyen aşamalarında zaman ve maliyet kaybına sebebiyet verir.

Doğru metraj hesabı başarılı bir süre ve maliyet planlaması için önemli olsa da tek başına yeterli değildir. Geleneksel planlama teknikleri ile oluşturulan iş programları ve maliyet analizi başarılı sonuçlar vermiş olsa da gelişen inşaat sektörü ve proje büyüklüğünün artması nedeniyle bu teknikler yetersiz kalmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yapının plan, kesit, detaylarını içeren üç boyutlu modelinin görülebilmesi, farklı disiplinler tarafından oluşturulan modelin tek bir dosyada birleştirilebilmesi, yapı elemanları arasındaki çakışmaların tespit edilebilmesi ve metrajın otomatik oluşturabilmesi gibi özellikleriyle projenin tasarım aşamasında oluşabilecek hataları en aza indirmektedir. BIM, üç boyutlu olarak oluşturulan model ile zaman (4B) ve maliyet (5B) ilişkilendirilerek yapının zaman ile birlikte ilerleyişi izlenebilir ve maliyet hesabı yapılabilir.

Bu çalışma BIM boyutlarının (3B, 4B, 5B) proje yönetimine katkısının incelenmesini hedeflemektedir. Bu sebeple bir kamu binasının BIM yazılımı ile 3 boyutlu (3B) modellemesi yapılmıştır. 3B modelden elde edilen metraj verileri, geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen ve projedeki hazır metrajdan elde edilen metraj verileri ile kıyaslanmıştır. Üç yöntemle elde edilen metraj verileri ile maliyet hesaplanmıştır. Bu metraj ve maliyet verileri esas alınarak bilgisayar destekli planlama yazılımı ile her biri için ayrı iş programı oluşturulmuştur. Ayrıca 5B tabanlı BIM yazılımı ile 3B model, iş programı ve maliyet bilgileri bütünleştirilerek BIM'in 4B ve 5B fonksiyonları incelenmiştir.

Çalışma 5 ana başlıktan oluşmaktadır. Giriş bölümünde çalışmanın konusu ve amacı özetlenmiştir. İkinci bölümde Proje Yönetimi, planlama teknikleri, BIM tanımı ve boyutları açıklanmıştır. Üçüncü bölümde BIM ile ilgili literatür taraması yapılmış ve bazı çalışmalara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan yazılımlar ve projenin yazılımlara aktarılması anlatılmıştır. Beşinci bölümde çalışmadan elde edilen verilere ve veriler arasındaki karşılaştırmalara değinilmiştir. Altıncı bölümde çalışmadan elde sonuçlara, BIM'in avantaj ve dezavantajlarına yer verilmiştir.

2. PROJE YÖNETİMİ VE YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)

2.1 Proje Yönetimi

İnşaat yapılarının uygulanmasında en temel unsur projedir. Proje, tasarlanan yapıyı şekil, boyut ve fonksiyon bakımından çizgisel ağırlıklı olarak anlatan belgeler grubudur. İnşaa edilmesi düşünülen yapı ile ilgili istek ve beklentiler, önce projede somutlaştırılmakta sonra hayata geçirilmektedir. (Öcal ve Kaya, 1996).

2.1.1 Proje Yönetimi Tanımı

Proje yönetimi; proje hedeflerine varabilmek için ihtiyaç duyulan farklı organizasyonların projenin hacmine, süresine, bütçesine ve büyüklüğüne göre uygun olacak şekilde bir araya getirilmesi ve bunların yönetilmesine denir (Kömürlü ve Toltar, 2018).

Proje yönetimi, mal veya iş sahibinin istek ve ihtiyaçlarını karşılayacak bir projenin başlangıcından tamamlanmasına kadar, zaman, maliyet ve kalite hedeflerine ulaşmak için planlama, yönetme ve kontrol etme süreci de denilebilir.

İnşaat sektörü karmaşık bir yapıya sahiptir ve inşaat projeleri tek ve tekrarlanamaz olma özelliğine sahiptir. Bu sebeple inşaat sektörünün kendine özgü bir kimliği vardır. (Gökyiğit, 2014). İnşaat projelerinin farklı mevsim durumlarında, ulaşım koşullarında, coğrafi konumda, zemin tiplerinde uygulanacak olması ve farklı ölçekte bir proje olması gibi sebeplerden hem başlangıç aşamasında farklı proje tasarımların oluşması hem de uygulama aşamasında farklı kaynak ve teknoloji kullanımı, süre planlaması ve bütçe yönetimi ihtiyacını doğurur. Bu durum da her bir proje için farklı bir proje yönetimi uygulaması demektir.

2.1.2 Proje Yönetimi Süreçleri

İnşaatta proje yönetiminin sürecinin başlıkları ve süreç ile ilgili örneklemeler şöyle yapılabilir,

Başlangıç Süreci: Proje müelliflerinin belirlenmesi, proje tasarımı, fizibilite çalışmasının yapılması.

Planlama Süreci: Proje yönetim planının oluşturulması, kapsam tanımlanması, aktiviteleri tanımlanması, sıralanması ve süre planlamasının yapılması, kaynak belirleme, risk değerlendirmesi, maliyetin belirlenmesi, malzeme tedarik planının oluşturulması.

Uygulama Süreci: Şantiyenin kurulması, proje uygulama ekibinin oluşturulması ve yönetilmesi.

İzleme ve Kontrol Süreci: Planlanan iş programının gerçekleşen ile uyumunun kontrolü, zaman, maliyet ve kalite kontrolü, proje uyumsuzluklarının incelenmesi ve müdahale etme, riskleri izleme ve kontrolü.

Kapatma Süreci: Geçici kabul, kesin kabul, yapı kullanım izni.

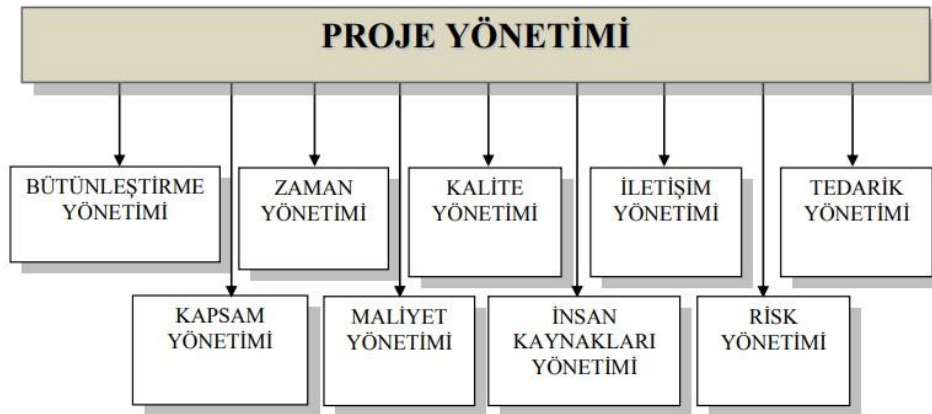
2.1.3 Proje Yönetimi Bilgi Alanları

Proje yönetimi oldukça kapsamlı faaliyetlerin birbiri ile uyumlu bir şekilde yürütülmesinden ibarettir. Ülkemizde zamanında tamamlanamayan, proje bütçe amaçlarından sapan ve nihai fayda anlamında sorunlar yaşayan pek çok proje bulunmaktadır. Bu projelere, Bolu Dağı tüneli, Formula 1 ve Olimpiyat stadı gibi yapım işi örnekleri verilebilir (Çemberci ve Yücel, 2015).

Proje yönetiminde, proje hedeflerine ulaşmak ve başarılı bir proje süreci için yönetim unsurlarından faydalanılır.

Proje Yönetim Enstitüsü (PMI) tarafından proje yönetimi bilgi alanları olarak isimlendirilen, Şekil 2.1'de de görülen bu yönetim unsurları şunlardır (Paşalı Tuna, 2011):

- Bütünleştirme Yönetimi
- Kapsam Yönetimi
- Zaman Yönetimi
- Maliyet Yönetimi
- Kalite Yönetimi
- İnsan Kaynakları Yönetimi
- İletişim Yönetimi
- Risk Yönetimi
- Tedarik Yönetimi



Şekil 2.1: Proje Yönetimi Bilgi Alanları (Paşalı Tuna, 2011).

Bu bilgi alanları olarak adlandırılan yönetim unsurlarını inceleyecek olursak,

Bütünleştirme Yönetimi: Bütünleştirme yönetimi, projenin tüm bileşenlerinin doğru olarak koordine edilmesini sağlar. Üç bölümden oluşur;

- Proje Planının Geliştirilmesi: Projeyi oluşturan faaliyetler belirlenir, diğer faaliyetlerle aralarındaki ilişkileri tespit edilir ve proje planı ile destek planlar geliştirilir.
- Proje Planının Uygulanması: Planın uygulama evresine geçilir. Düzenli aralıklarla durum değerlendirmesi ve kontrolleri yapılır, planda ortaya çıkabilecek sapmalar tespit edilir.
- Genel Değişim Kontrolü: Planlanan ilk amaçlar ile gerçekleşen durumlar karşılaştırılır. Tespit edilen farklılıklar doğrultusunda gerekli önlemler alınır, proje planında değişiklikler ile güncellemeler yapılır. (Paşalı Tuna, 2011).

Kapsam yönetimi: Proje için yapılacak bir işin planlanması, iş hacminin tanımlanması kapsam yönetimiyle sağlanır (Kömürlü ve Toltar, 2018). Kapsam yönetimi, projenin başarı ile bitirilmesi için sadece gerekli işlerin projeye dahil edilmesini sağlamaktadır. Başka bir ifade ile, projenin özelliklerine ve hedeflerine uygun olarak projenin kontrolü sağlanır. Beş kısımdan oluşur (Paşalı Tuna, 2011);

- Proje başlamadan önce iş hacminin uygun bir şekilde saptanması,
- Kapsamın planlanması,
- Kapsamın tanımlanması,
- Kapsamın doğruluğunun kanıtlanması,
- Kapsamda ortaya çıkabilecek değişikliklerin kontrol edilmesi.

Zaman yönetimi: Projenin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesini için faaliyetlerin bitme sürelerinin belirlenmesi ve uygulanabilir, gerçekçi bir iş programının oluşturulmasını içerir. Faaliyetlerin; planlama aşamasında süre tahmininin yapılması, sıralanmasını, takvime bağlanmasını sağlar. Uygulama aşamasında da planlanan ve gerçekleşen faaliyetlerin zaman kontrolünün yapılmasını sağlar. (Kömürlü ve Toltar, 2018).

Maliyet yönetimi: Maliyet yönetimi, projenin hedeflenen bütçe sınırları içerisinde tamamlanabilmesi için gerekli olan işlemleri tanımlamaktadır. Bu işlemler (Paşalı Tuna, 2011);

- Kaynak Planlaması: Faaliyetlerin tamamlanması için gerekli olan kaynaklar ve teknoloji belirlenir ve bu kaynakların koordinasyon içerisinde çalışması sağlanır.
- Maliyet Tahmini: Projenin tamamlanması için gerekli kaynakların parasal miktarını tahmin etme ve geliştirme işlerini içerir.
- Maliyet Bütçeleme: Maliyet tahminleri ve proje takvimi yardımıyla maliyet bütçeleme yapılır.
- Maliyet Kontrolü: Projenin uygulama aşaması boyunca gerçekleşen maliyetler projenin başlangıç aşamasında yapılan maliyet tahmini ile kıyaslanır ve kontrol edilir. Sapmalar tespit edilmesi sonucunda bütçe tekrar düzenlenir ve düzeltici etkinlikler belirlenir.

Maliyet yönetiminde, proje hedeflerine en ekonomik şekilde ulaşmayı amaçlayan gerçekçi bir proje bütçesi oluşturulmalıdır. Bu proje bütçesi oluşturulurken iş veya mal sahibinin mali kısıtları da gözetilmelidir. Projenin uygulama aşamasında da proje bütçesi düzenli olarak kontrol edilmeli, bütçe aşımı gibi durumlarda gerekli önlemler saptanmalı ve uygulanmalıdır.

Kalite yönetimi: Kalite, projenin hedeflerine ulaşabilmesi, maliyet ve iş programları fonksiyonları, uygunluk, tamamlanabilme ve toplum tarafından onaylanma gibi özellikleri bir araya getirebilmesi ile sağlanmaktadır. Kalite Yönetimi, kalite amaçları için düzenlenen prosedürler ve politikalar için planlanan, organize edilen, uygulanan, gözlemlenen, takip edilen ve belgelenen sistemin yönetimidir (Arslan, 2003).

Türkiye’de inşaat projeleri belirli yönetmelik ve standartlara göre tasarlanır ve uygulanır. Kalite yönetimi, bu projelerin bu yönetmelik ve standartların belirlediği şartlara uygun olarak yapılması için kalitenin planlanması, denetlenmesi, raporlanması ve iyileştirilmesi sürecinin yönetilmesidir.

İnsan kaynakları yönetimi: İnşaat projelerinin hayata geçirilmesi, farklı uzmanlıklara sahip kişilerin bir araya gelerek ekip olarak çalışmasını gerektirir. İnsan kaynakları yönetimi bu ekibin verimli bir şekilde çalışmasını amaçlar.

İletişim yönetimi: İletişim yönetimi, proje ile ilgili tüm verilerin zamanında ve uygun bir şekilde oluşturulması, düzenlenmesi, toplanması, paydaşlar ile paylaşılması ve düzeltilmesi için yapılması gereken aşağıda tanımlanan işlemleri kapsar. (Paşalı Tuna, 2011);

- İletişim Planlaması: Kimlere hangi bilginin, ne zaman ulaşacağına dair iletişim ve bilgi ağının planlanması yapılır. İletişim yönetim planı hazırlanır.
- Bilgi Dağıtımı: Proje ile ilgili tüm tasarım paftaları, yazışma, rapor gibi dokümanlara ihtiyaç anında ulaşılmasını sağlayacak dosyalama ve kodlama işlemleridir.
- Başarım Raporlama: İş sahibine, projede gerçekleştirilen bütün işler ile alakalı başarım raporları hazırlanır.
- Yönetimsel Kapatma: Başarım raporları, diğer proje kayıtları ve evraklar oluşturulan proje arşivlerinde toplanır ve yönetim ekibinin olan her durumdan bilgisinin olması sağlanır. Proje kapanışı gerçekleşir

Risk yönetimi: Projenin hedefine ulaşması sürecindeki risk teşkil eden oluşumların saptanması ve önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlar (Kömürlü ve Toltar, 2018).

Tedarik yönetimi: Yapım işinin tamamlanabilmesi için, uygulayıcı kuruluş dışından, her türlü malzeme ve hizmetlerin sağlanması için gerekli olan işlemleri kapsar. Bu işlemler (Paşalı Tuna, 2011);

- Tedarik Planlaması: Proje ihtiyaçları tespit edilir. Malzeme temini ile ilgili bütün unsurlar (temin süresi, tutarı, alternatif seçeneklerin araştırılması, kalite standartlarına uygun olması, ödeme planı, garanti şartları vb.) planlanır.

- Talep Planlaması: Şartnameler incelenir, kaynakların geçmiş başarımları araştırılır.
- Teklifler: Proje kaynaklarının sağlanması için gerekli teklifler alınır. Reklamlar verilir ve ilanlar açılır.
- Kaynak Seçimi: Teklifleri değerlendirildikten ardından ihtiyaçların temin edileceği yer ve kişiler seçilir. Sözleşmeler imzalanır.
- Sözleşme Yönetimi: Satıcının sözleşmedeki şartları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.
- Sözleşme Kapanışı: Satıcı imzalanan sözleşme şartlarına uygun bir şekilde teslimi gerçekleşmişse sözleşme kapanır.

2.2 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)

Dünyadaki teknolojik ilerlemeler beraberinde yapıları ve yapının oluşmasını sağlayan birçok disiplini de etkilemiştir (Aydar ve Yaylalı, 2022). Yapı sektöründe projelendirme ve tasarım klasik el ile yapılmakta iken bu durum proje oluşturma sürecini uzatmakta, proje ekibinde çalışan sayısını ve iş yükünü artırmakta dolayısı ile maliyet de artmaktaydı. Teknolojinin ilerlemesi ile beraber inşaat sektöründe de bilgisayar destekli programlar kullanılmaya başlanmış, projelendirme süreci için farklı organizasyonlar tarafından özel bilgisayar yazılımları üretilmiştir. Üretilen bu bilgisayar yazılımları sayesinde inşaat sektörü paydaşları (iş sahibi, mimar, mühendisler, yükleniciler ve alt taşeronlar vb.) Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) sistemine geçiş yapmaya başlamıştır. BDT sistemleri, daha hızlı tasarım olanağı sağlamış, kısa zamanda ve ekonomik proje üretme sürecini başlatmıştır (Hasözhan, vd., 2021). Daha sonra giderek karmaşıklaşan ve büyüyen inşaat projeleri için BDT de eksik kalmış ve farklı arayışlara gidilmesine sebebiyet vermiştir. Sürekli gelişen teknolojinin de yardımı ile farklı yazılımsal gelişimler gösterilmiş ve karşımıza Yapı Bilgi Modelleme (BIM) çıkmıştır.

2.2.1 Yapı Bilgi Modellemesi Tanımı

Building Information Modeling (BIM), Türkçe ismi ile “Yapı Bilgi Modellemesi” bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin temsil edildiği proje verilerinin, dijital ortamda 3 boyutlu olarak tasarlanması ve yapım aşamasına geçilmeden önce analizlerinin ve çakışma kontrollerinin yapılarak, ilk evrede sanal ortamda ikinci evrede fiziksel olarak gerçek hayata geçirilmesi ve yönetilmesidir (Alat, 2019). BIM’in içeriğindeki yapı kelimesi; endüstriyel tesis, konut, hava alanı gibi uzanan geniş bir yelpazeyi içerirken, bilgi kelimesi metraj bilgileri, planlama bilgileri ve maliyet bilgileri gibi inşaat sektörü için önem arz eden bilgileri içermektedir. Son olarak modelleme kelimesi mimari model, enerji modeli ve işletme modeli gibi modellerden oluşmaktadır (Topal, 2019).

BIM hakkında çok sayıda araştırma ve çalışmalar yapılmış bunun sonucunda farklı tanımlamalar yapılmıştır,

BIM, bilgi teknolojilerinin yapı sektörüne uyarlanarak 3B parametrik ve nesne tabanlı model oluşturulmasına, modellere zaman bilgisi girilmesine, nesnelere maliyet bilgisi yüklenmesine verilen isimdir (Atabay ve Öztürk, 2019).

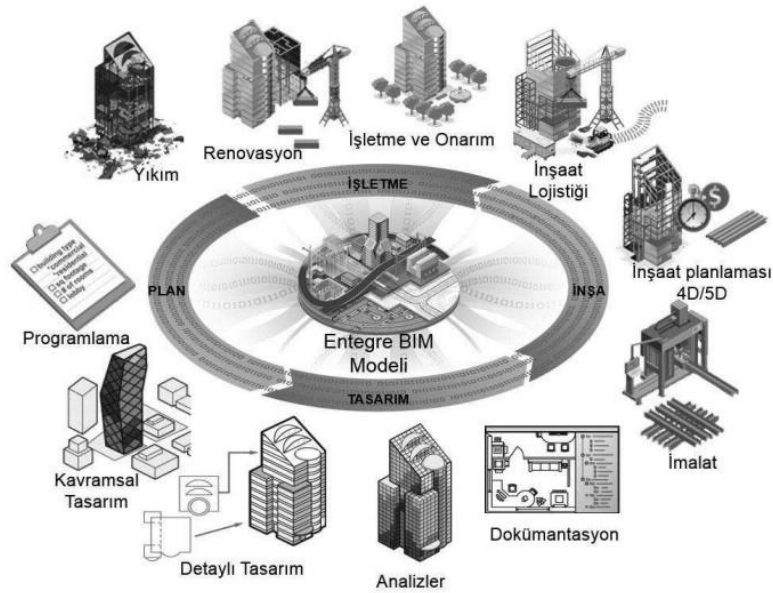
BIM, mimarlar, mühendisler, iş sahipleri ve yükleniciler arasında üç boyutlu sanal bir ortamda iş birliğine dayalı disiplinler arası bilgi paylaşımı sağlayarak yapının ilk tasarım sürecinden başlayan, uygulama aşaması ve yapının kullanım aşamasına kadar uzanan bir bilgi yönetim sistemidir (Erdik ve Türübaş Göküç, 2020).

BIM inşa edilmiş bir varlık için bütüncül bir bilgi oluşturma ve yönetme sürecidir. Akıllı bir modele dayanan ve bir bulut platformuyla sağlanan BIM, bir varlığın planlama ve tasarımdan inşaat ve işletme aşamasına kadar uzanan yaşam döngüsü boyunca dijital gösterimini oluşturmak için yapılandırılmış ve birden fazla disiplinden elde edilmiş verileri bir araya getirir (Autodesk, 2023).

BIM, akıllı 3 boyutlu (3B) tasarım modeli oluşturmakla başlayan ve bu modeli koordinasyonu, simülasyonu ve görselleştirmeyi kolaylaştırmak amacıyla kullanan ve aynı zamanda iş sahipleri ve hizmet sağlayıcılarına bina ve altyapı planlama, tasarlama, inşa etme ve yönetme de yardımcı olan bir süreçtir (Prota Altar, 2023).

Tanımlamalardan yola çıkarak, BIM'in sadece bir yazılım olmadığı aynı zamanda yapının başlangıç ve yapım aşamasında 3 boyutlu (3B) olarak modellenip izlenebildiği, metraj, planlama, bütçe gibi bilgilerini içeren ve bu bilgilerin ekipler arası paylaşımını sağlayan teknolojik bir gelişme ve süreç olduğu görülmektedir.

BIM süreci Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. BIM Süreci (Köse, 2016).

2.2.2 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ve Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT)

BDT ve BIM sistemleri kıyaslandığında, BDT sistemleri geometrik tabanlı çizimler oluşturduğu için temel noktası; çizgiler, yaylar, noktalar gibi 2 boyutlu grafiksel elemanlar ile çizim oluşturmaktır. Yani iki çizgi bir duvarı ifade edebilmektedir (Hasözhan, vd., 2021). BIM ise parametrik özelliğe dayanarak çoğunlukla nesne seviyesinde kullanılır. BIM modeli bu sebeple bağımsız değişkenlerin montajı gibidir. Bir inşaat projesinin 3B modelinin oluşturulması parametrik nesnelere modellenmesi ve ayarlanması ile yapılır. (Topal, 2019) Duvarın genişliği, yüksekliği, yapıya etki edeceği yük miktarı, yangın dayanımı, malzemesi gibi parametreler belirlenerek duvar bir araç olarak oluşturulmaktadır (Hasözhan, vd., 2021).

Hem BDT hem de BIM süreci bir Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (MMİ) projesinin tasarım ve inşaat amacını çizili bir gösterimle yansıtmak ve iletmek için kullanılır ve paydaşların neyin nasıl yapılması gerektiğini anlamasına yardımcı olur. BIM, tasarım ve inşaat ekiplerinin daha fazlasını başarmak için kendi teknoloji yatırımlarından faydalanmasına olanak tanır. BIM süreci, birden fazla disiplinden elde edilen tüm tasarım ve inşaat belgelerini birleştirip ortak bir veri setinde haline getirerek bir MMİ projesinin yaşam döngüsü boyunca bilgilerin oluşturulmasını ve yönetilmesini destekler. Bu verilere 2B ve 3B gösterimlerden tablolara kadar çeşitli gösterimler şeklinde erişilebildiğinden bilgiler, geleneksel BDT yaklaşımlarındaki farklı veri kaynaklarına kıyasla çok daha erişilebilir ve bağlantılı durumdadır (Autodesk 2023).

BDT sistemleri uzun kullanım süreleri olması ve her zaman başarılı olmamasına rağmen proje uyumunu gözlemlemek ve proje verilerini paylaşmak için geleneksel yöntemlere alternatif oluşturmuştur. BIM sistemleri ise proje üzerindeki pek çok görevi basitleştirmesi, para ve zamandan kazanç sağlaması ile BDT sistemlerine alternatif oluşturmaktadır (Hasözhan, vd., 2021).

BIM ve BDT karşılaştırması Çizelge 2.1 ve 2.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. BDT ve BIM karşılaştırması (Hasözhan, vd., 2021).

	BDT	BIM
ESKİZ	Çizgiler ile iki boyutlu oluşturulabilmektedir.	Nesneler ile iki ve üç boyutlu oluşturulabilmektedir.
PLAN	Yapı elemanları çizgiler ile ifade edilir. Katman farklarıyla birbirinden ayrılır.	Yapı elemanları nesnelere ile ifade edilir. Her elemanın kendine parametre özellikleri nesneye tanımlanır.
KESİT	Plan üzerinden taşınarak çizgiler ile gösterilir.	Model oluşturulduğunda 2B ve 3B olarak otomatik oluşur.
GÖRÜNÜŞ	Plan ve kesit üzerinden taşınarak çizgiler ile gösterilir.	Model oluşturulduğunda 2B ve 3B olarak otomatik oluşur.

Çizelge 2.2. BDT ve BIM karşılaştırması (Hasözhan, vd., 2021).

DETAY	Detay çizimleri her yapı elemanı için ayrı ayrı yapılmaktadır.	Nesneler parametreler ile oluşturulduğu için detay bilgileri proje içerisinde mevcuttur.
MODEL	3B Arayüzlü programlar aracılığıyla bağımsız olarak üretilir.	Model tabanlı olduğu için model kendiliğinden çıkmaktadır.
ANALİZ	Analiz yapılamamaktadır.	Çeşitli analiz imkânı sunmaktadır.
İŞ BİRLİĞİ	Projeler birbirinden bağımsızdır.	Tek bir model üzerinden farklı disiplinler katlı sağlamaktadır.
METRAJ	Metraj verileri çizim üzerinden elle hesaplanmaktadır.	Program metraj verilerini otomatik olarak hesaplar.
ZAMAN	Projeler birbirinden bağımsız olduğu için proje süreçleri uzun zaman almaktadır.	Model üzerinden ortak çalışma imkânı sağladığı için zamandan kazanç sağlamaktadır.

2.2.3 BIM Boyutları

BIM hızla ilerleme gösteren ve kullanıcıları tarafından farklı amaçlarla faydalanılan bir teknolojidir (Inusah, 2018). Birçok fonksiyonu olan BIM sistemini oluşturan tablo geniş çerçevede tanımlanırken “rakam” + “B” şeklinde terimler kullanılmış ve her fonksiyonu kendi içinde sınıflandırarak ayrı adımlar haline getirilmiştir. Böylece uygulama konusunda her boyutun (B) farklı bir fonksiyonu olduğu anlaşılmaktadır. 3B’den başlayıp günümüzde 7B’ye kadar devam etmektedir. Henüz yeterli çalışma bulunmasa da 8B olarak iş güvenliği seviyesi hakkında çalışmalar da devam etmektedir (Alshamali, 2020). 8B çalışmasının devam ediyor olması, BIM 7 boyutla sınırlı kalmayacağı ilerlemeler devam ettikçe farklı fonksiyonlar içeren boyutların oluşacağını göstermektedir.

BIM boyutlarından 3B boyutunda parametrik nesnelere 3B modellemeler ve görselleştirme yapılırken 4B boyutlu modellemeler yapının inşa süreçlerini iş akış şeması ve yapı yapım sırasında izlenecek yönergeleri içerir. 5B boyutu ise yapının yine 3B boyutundan faydalanarak projenin metraj ve projedeki fabrikasyon ürünlerin süreçleri hakkında bilgiler veren boyuttur. 6B boyutu projedeki yapının sürdürülebilir bir yapı olması enerji kimliği gibi yaklaşımlar ile yapının işletilmesinde enerji tasarrufu gibi çeşitli durumlara imkan verilmiştir. 7B boyutun da ise projenin yapım sonrası işletilmesi, projedeki mekanik ve elektronik ekipmanların bakımı ve konumları gibi çeşitli bilgi ve imkanlar sunarak havalimanı gibi çok büyük kompleks yapılar için büyük faydalar sağlamaktadır (İnceoğlu ve İnan, 2020). BIM boyutları hakkında açıklamalar aşağıda anlatılmaktadır.

3B BIM: BIM’in temel aşamalarından biri olan 3B en fazla bilinen ve kullanılan boyuttur. 3B BIM, tasarım aşamasına İnşaat Mühendisi, Mimar, Elektrik ve Elektronik Mühendisi, Makine Mühendisi ve diğer disiplinlerdeki paydaşların parametrik ve akıllı yapı elemanlarını dijital ortamda oluşturma aşamasıdır (Uzun, 2019). Mimari model mimarlar tarafından oluşturulurken, statik model ise inşaat mühendisleri,

mekanik tesisat makine mühendisleri tarafından modellenir. Farklı disiplinlerdeki paydaşlar tarafından üretilen modellerin tek bir model etrafında birleştirilmesiyle BIM tabanlı 3B model meydana getirilir. 3B model 2 boyutlu bir çizimin önüne geçerek, yapının canlı olarak görülebilmesini sağlamaktadır (Yeşilyurt, 2017). 3B BIM’de modelin sanal ortamdaki canlı görünümü, iş sahibinin isteklerine uygunluğunu görebilmesini, disiplinler arası olası tasarım hatalarının, çakışmaların gözlenip düzeltilmesini sağlamaktadır. Bu durum disiplinler arası koordinasyona da katkı sağlar. Şekil 2.3’te görüldüğü gibi bakım ve onarım aşamasının sonuna kadar kademeli olarak azalır (Bayar Yılmaz, 2019).

4B BIM: Üç boyutlu olarak modeli oluşturulan yapı ve yapı elemanları beraber iş programı ile zamanın ilişkilendirilmesi sonucunda 4B BIM ortaya çıkmaktadır. 4 boyutlu (4B) model bir yapının tasarlanması, projenin tarihlerini ve işin iş programı ile planlarını barındırmaktadır. Yapı elemanları ve zamanın ilişkilendirilerek bütünleşmesi ile beraber bir simülasyon gerçekleştirilmektedir. Örnek olarak, bir projede binanın ikinci katında bulunan kirişlerin modeli ile birlikte kirişin yapım tarihi bütünleştirilebilmektedir. Simülasyon dahilinde ikinci kat kirişinin yapıldığı tarihe geldiği zaman kirişler simülasyon modeli içerisinde meydana gelmektedir. Bu metot sayesinde yapıya ait imalatların ne zaman, hangi sıraya bağlı olarak yapıldığını gözlemlenebilmektedir. 4B BIM yapının zaman içerisindeki fiziki ilerleyişi hakkında bilgi vererek tüm paydaşların sorumluluklarını görebilmesini ve aynı zamanda paydaşlar arasında iletişimi sağlamaktadır. Bu sayede 2B olarak hazırlanmış olan proje ve iş programı arasında meydana gelen koordinasyon eksikliklerinin de önüne geçilmesinde büyük katkısı olmaktadır. 4B BIM’in uygulanması için oldukça büyük bir bilgi ve tecrübe gerekmektedir fakat tasarımların görselleştirilmesinde, maliyet kazanımı ve zamandan tasarruf edilmesinde de katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Şenol, 2023).

Bu boyutun önemli rolü, tasarım aşamasında başlar, uygulama aşamasında zirve yapar daha sonraki aşamalarda ise kademeli olarak azalır (Şekil 2.3) (Bayar Yılmaz, 2019).

5B BIM: 5B BIM maliyet yönetimi ile ilgilidir. 4B modele maliyet bilgilerinin de eklenmesi ile elde edilmektedir. 4B model içerisindeki her yapı elemanı ile maliyeti ilişkilendirilir ve geleneksel yöntemlere göre daha hızlı maliyet hesabı yapılabilir. Bu modelde iş programına göre yapılan inşaatın istenilen her aşamasında oluşan maliyet hesaplanabilir. 5B BIM tasarım, görselleştirme, zaman ve maliyet gibi dört ana aşamada uygulanabilirlik düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. 5B BIM verilerin entegrasyonunu, sürecin verimliliğini ve paydaşlar için 2B projelerde elde edilemeyen bilgilerin toplanabilmesini ve yorumlanmasını sağlamaktadır (Topal, 2019).

Bu boyut Şekil 2.3’te görüldüğü gibi planlama ve tasarım aşamasında artan bir öneme sahiptir, uygulama aşamasında zirve yapar, sonraki aşamalarda önemi azalmaktadır (Şekil 2.3) (Bayar Yılmaz, 2019).

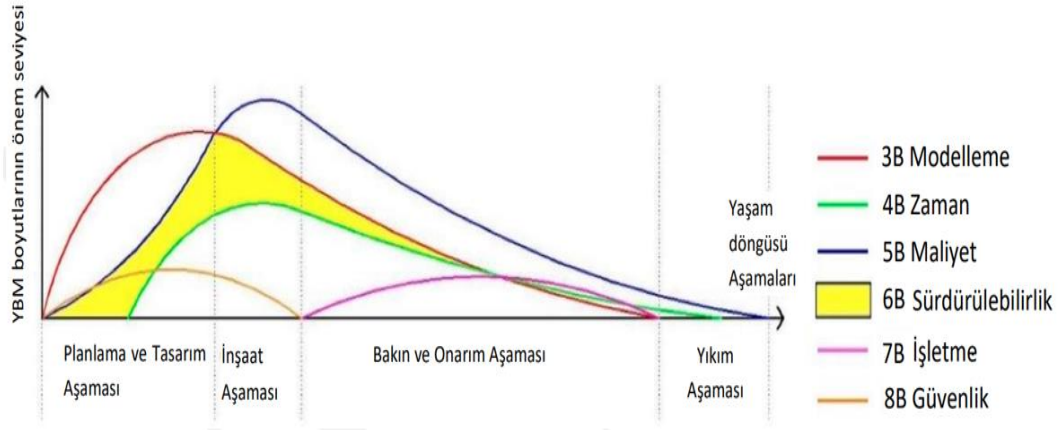
6B BIM: 6B BIM’in ele aldığı konu çevreyi korumaktır. Hayata geçirilmesi planlanan projenin enerji tüketimlerinin analizleri yapıldıktan sonra edinilen veriler ile sürdürülebilir bir yapı meydana getirmek için en uygun model oluşturulur (Uzun,

2019). BIM modeliyle; detaylı enerji analizi, ısı yükü hesaplamaları, yangın ve duman modellemesi ve atık tahmini dahil olmak üzere sürdürülebilirlik için ana analizler kolayca yapılabilir (Tütüncüler, 2020).

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere 6B yapının tamamlanmasıyla başlar ve yapının bakım ve onarım aşaması boyunca devam eder (Bayar Yılmaz, 2019).

7B BIM: Yapının bakım yönetimi ve tesis yönetimidir. Projenin tasarımından bitişine kadarki süreçte gerçekleştirilen ve uygulanan değişikliklerin işlendiği projeler “as-built” proje olarak tanımlanmaktadır. 7B modelle birlikte yapının uygulama aşamasının tamamlanmasından sonra uygulanan yapıyı birebir şekilde yansıtılmasını sağlayan as-built projeler ortaya çıkmaktadır. Meydana gelen bu modele yapının işletilmesi ya da bakımı ile alakalı bilgi ve verilerin girilmesi ile tesis işletilmesi daha hızlı ve etkili bir şekilde sağlanması hedeflenmektedir (Şenol, 2023).

8B BIM: 8D boyutu, tasarım ve uygulama aşamalarında farklı iş güvenliği ilkelerini (kaçış planları gibi) içermektedir (Bayar Yılmaz, 2019).



Şekil 2.3. Yapı yaşam döngüsü boyunca BIM boyutlarının önem seviyeleri (Bayar Yılmaz, 2019).

2.3 Proje Planlama

2.3.1 Planlamanın Tanımı

Planlama; bir projenin aktivitelerinin tanımlanması, kullanılacak malzemenin, teknolojinin, çalışacak ekibin belirlenmesi, aktivite sürelerinin ve bütçe miktarının hesaplanması, aktivitelerin birbiri ile ilişkisinin saptanması süreçlerini kapsayan bir proje yönetimi aşamasıdır. Planlanan aktivite ilişkilerinin başlama ve bitiş zamanlarının takvime bağlanmasına da programlama denir. Planlama ve programlama

aşaması birbiriyle iç içedir. Planlama ve programlama sürecinde sırasıyla aşağıdaki işlemlerin gerçekleştiği söylenebilir (Karadeniz, 2007).

- Yapım işinin kapsamı ve hacminin tanımlanması, amaçların açıkça saptanması ve işi gerçekleştirecek aktivitelerin belirlenmesi.
- Yapım işinin metraj miktarının hesaplanması.
- Aktivitelerin öncelik sırasına konulması ve bağlantılarının kurulması.
- Kullanılacak malzemenin, teknolojinin saptanması ve çalışacak ekibin atanması.
- Aktivite sürelerinin belirlenmesi.
- Aktivitelerin başlangıç ve bitiş zamanlarının belirlenmesi.
- Projenin takvime bağlanarak bitirilme tarihinin tespit edilmesi.

2.3.2 Planlama Teknikleri

İşletmelerin faaliyet alanlarına ve gereksinimlerine göre uygulayacakları planlama teknikleri değişebilir. Proje yönetiminde pek çok planlama tekniği kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan planlama teknikleri ağ diyagramı olarak da bilinen CPM ve PERT'tir. Bunlara ek olarak, bu iki yöntemin ortaya çıkmasında katkıda bulunan ve günümüzde hala yaygın olarak kullanılan çubuk diyagram olarak da bilinen Gantt Diyagramı da basit kullanımıyla çokça faydalanılan bir yöntemdir (Karadeniz, 2007).

2.3.3 Çubuk Diyagram

Gantt Diyagramı: En eski proje planlama ve kontrol tekniklerinden olup dünyaca kabul görmüş standart bir metottur. 1915 yılında Amerikalı Henry Gantt tarafından bulunmuştur (Karadeniz, 2007). Bu yöntem günümüzde de halen kullanılan Gantt Chart veya diğer bir ifadeyle Çubuk Diyagram yöntemidir (Alshamali, 2020).

Gantt Diyagramı oluşturulurken öncelikle yapı ile ilgili iş faaliyetleri (aktiviteleri) listelenir ve başlangıç tarihlerine göre sıraya konur. Faaliyetlerin süre tahmini yapılır. Faaliyetler Gantt diyagramının sol tarafındaki sütuna ilk başlayacak faaliyet ilk sırada olacak şekilde yukarıdan aşağı doğru sıralanır. Diyagramın sağ tarafına ise faaliyetlerin süresini temsil eden yatay çubuklar yerleştirilir. Çubuklar ilgili faaliyetlere karşılık gelmelidir. Çubuğun uzunluğu faaliyetin süresine göre değişir ve faaliyetin başlama, bitiş zamanını gösterir (Şekil 2.4)

Gantt Diyagramı, Genel İş Programı önceliklerini belirlemek, ekip ile değişen durumları paylaşmak, planlanan süreyi takip etmek, proje yapım aşamasındayken durumu değerlendirip raporlamak için uygundur. Projenin ilerleyişini detaylı gözlemlemek için daha gelişmiş teknikler tercih edilir (Kurt, 2006).

Faaliyetin		Tarih				
No'su	Tanımı	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1	Hazırlık	■				
2	Kazı	■				
3	Kalıp		■	■	■	
4	Demir	■	■	■	■	
5	Beton	■	■	■	■	
6	Tuğla Duvar		■	■	■	
7	Seramik			■	■	
8	Parke			■	■	

Şekil 2.4. Gantt Diyagramı.

2.3.4 Ağ Diyagramları

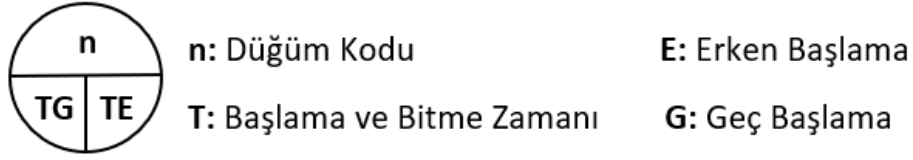
Ağ diyagramları içerisinde en çok bilinen ve tercih edilen iki metot CPM ve PERT tekniğidir. Bu iki teknik ana hatlarıyla birbirine benzese de en belirgin fark aktivite sürelerinin belirlenme esasıdır. CPM’de aktivite sürelerinin kesin olarak belirlenebildiği varsayılır. PERT’de ise aktivite süreleri bir takım olasılık hesaplamaları yardımıyla bulunur (Karadeniz, 2007).

PERT: İngilizce Program Evaluation Review Technique (Program Değerleme ve Gözden Geçirme) kelimelerinin baş harflerinden türetilen bir kavramdır. PERT tekniği olasılık esasına dayalı bir tekniktir ve risk koşulları altındaki, belirsizlik ortamındaki projelere uygulanır. Teknik olasılıklı yaklaşım ile uygulandığından, tekniğin uygulanması sırasında her bir aktivite için tek bir süre tahmini yerine iyimser, kötümser ve en yaklaşık olmak üzere üç farklı süre tahmini yapılır (Kartal, 1991).

CPM: İngilizce Critical Path Method kelimelerinin baş harflerinden türetilmiştir ve Kritik Yol Metodu da denir. PERT tekniğine kıyasla zamanı belirli faaliyetler için kullanılan bir ağ diyagramıdır (Kartal, 1991). CPM faaliyetlerin kendi arasında ilişkilendirilmesini, kaynakların ve bütçenin programlanmasını sağlayan bir yöntemdir. Genellikle mühendislik ve inşaat sektöründe kullanılır. Çubuk diyagrama göre daha gelişmiş bir tekniktir (Gerger, 2006). Kritik yol yöntemi, faaliyetlerin oklar ve düğüm noktaları ile ifade edildiği ok diyagramlar ve faaliyetlerin kutularla gösterildiği kutu diyagramlar olarak iki farklı şekilde ifade edilmektedir (Alshamali, 2020).

Ok Diyagramlar: Bu diyagramda her faaliyet bir ok ile gösterilir. Okun uzunluğunun ve yönünün bir önemi yoktur. Doğrultusu faaliyetin tamamlanma yönünü gösterir. Çoğunlukla faaliyetin başlangıcı (i) harfi ile bitişi ise (j) harfi ile ifade edilmektedir. Faaliyetin süresi de (T) harfi ile gösterilir. Okların birleşme noktalarına düğüm (olay) denir ve daire (Şekil 2.5) şeklinde gösterilir. Diyagramda oklar belirli bir kurala göre birleştirilmelidirler. Oklar düz veya kırık çizgilerle çizilebilir. Her faaliyeti temsil eden yalnız tek ok kullanılabilir. Yani ayrı faaliyetler aynı okla gösterilmez ve aynı faaliyet birden fazla okla gösterilmez. Fakat faaliyetler kısımlara bölünerek birden fazla okla

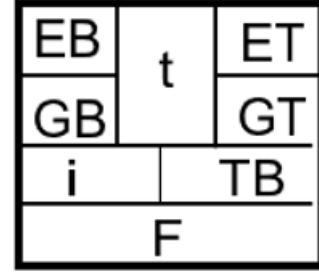
gösterilebilir. Her faaliyetin başlangıcı ve bitimi vardır. Bu sebeple bütün oklar ilişkili düğümler arasında bulunmalı, başlangıcı ve bitimi bağlantısız kalmamalıdır. Faaliyetlerin birleştirilmesinde esas olan mantıklı sıralamayı yapabilmek için zaman almayan ve maliyeti olmayan faaliyetler yani kukla faaliyet kullanılır. (Pancarıcı ve Öcal, 2018).



Şekil 2.5. Ağ Diyagramı düğüm gösterimi.

Kutu Diyagramlar: Ok diyagramda faaliyetler ok ile ifade edilirken, kutu diyagramda faaliyetlerle ilgili bilgiler bir kutuda (Şekil 2.6) ifade edilir. Faaliyetler arası başlama ve bitiş ilişkisi ise oklarla ifade edilir. Kutu diyagramda kukla faaliyet yer almaz.

EB: Erken başlama
GB: Geç başlama
ET: Erken tamamlanma
GT: Geç tamamlanma
TB: Toplam bolluk
F: Faaliyetin tanımı
i: Faaliyet kodu
t: Faaliyet süresi



Şekil 2.6. Kutu Diyagramı.

2.3.5 Bilgisayar Destekli Planlama Yazılımları

Küçük ölçekteki projeler basit yöntemlerle yürütülebilse de proje ölçeği büyüdükçe artan karmaşıklık seviyesinin üstesinden gelebilmek için farklı yöntemler gerekmektedir. Bu durumda geliştirilen bilgisayar yazılımları ile birlikte emek ve yoğunluk azalmaktadır. Özellikle projelerin planlama ve kontrol aşamasında kullanılan ve iş programı oluşturmaya yarayan yazılımlar proje yönetiminde etkin rol oynar. Fazladan zaman harcanmasını önler ve hata payını azaltır. Ülkemizde özellikle inşaat projelerinde tercih edilen bilgisayar yazılımları Microsoft Project ve Oracle Primavera uygulamasıdır. İki uygulama da kritik yol yöntemini kullanır (Karadeniz, 2007).

Oracle Primavera, 1983 yılından beri geliştirilen 2008 yılında Oracle firması tarafından satın alınan bir programdır. Birden fazla projenin aynı anda yönetilebildiği planlama ve kontrol yazılımıdır (İnsaport, 2018).

Ms Project, proje yönetimi alanında yaygın olarak tercih edilen bir bilgisayar programıdır. Microsoft tarafından geliştirilen bu program; projelerin planlanması, takip edilmesi ve kontrolü gibi özellikler sağlamaktadır.

MS Project ve Primavera yazılımlarının temel özellikleri şu şekildedir (Ekin ve Eker, 2023):

Proje Planlaması: Planlama yazılımları; yapının faaliyetlerini, kaynaklarını ve süresini planlamak için kullanılır. Proje yönetim ekibi, faaliyetlerin yapısını ve ilgili bağılıklarını görsel olarak temsil eden bir faaliyetler ağı (Gantt diyagramı) oluşturabilir.

Takip ve İlerleme: Planlama yazılımları kullanılarak yapıdaki faaliyetlerin ilerlemesi paydaşlar tarafından takip edilebilir. Uygulama aşamasında imalat durumuna göre gerçekleşen ve tamamlanan durumu güncellenebilir yapının ilerlemesi izlenebilir.

Kaynak Yönetimi: Planlama yazılımları, inşaatta temin edilecek kaynakların (ekip, ekipman, malzeme) tahsisini ve yönetimini kolaylaştırır. Kaynakların atamasını, kapasiteyi ve kullanımı izleyebilir ve kaynakları optimize edebilir.

Zaman Yönetimi: Planlama yazılımları, projenin zaman çizelgesi oluşturarak zaman yönetimine katkı sağlar. Faaliyetler arasında zaman ilişkisi kurabilir, başlama ve tamamlanma tarihlerini belirleyebilir ve kritik yolu belirleme özellikler ile iş programı oluşturularak zaman yönetimi yapılabilir.

Ms Project ve Primavera uygulaması ile faaliyetler arasında ilişki yapılırken 4 adet seçenek bulunmaktadır. Bunlar,

Start to Start (SS): Bir faaliyetin başlamasıyla birlikte başka bir faaliyetin başlayacağı anlamına gelir.

Start to Finish (SF): Bir faaliyet başladığında ona bağlantılı olan faaliyetin tamamlanması anlamına gelir.

Finish to Start (FS): Bir faaliyetin tamamlanmasıyla başka bir faaliyetin başlaması anlamına gelir.

Finish to Finish (FF): Birbiri arasında bağlantı olan iki faaliyetinde beraber bitmesi anlamına gelir.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gerçek vd. (2016) yaptığı çalışmada, inşaat sektöründe yapım aşaması ve bu aşamanın planlanması süreçlerinde kullanılabileceği BIM ile metraj ve maliyet hesabı metodu tanımlamış ve açıklamıştır. Bu metodların uygulanmasında Türkiye'ye has zorlukları anlatmış ve sonuçlar sunmuştur. Çalışmada kalıp yapımı iş kalemi için BIM tabanlı yazılım ile metraj hesaplaması yapmış, kat başına 0,4 m² sapmalar tespit etmiştir. Projede acele ile yapıma başlandığı için BIM faydalarından yararlanılamadığı dolayısıyla da bütçe sorunlarının yaşandığını tespit edilmiştir. Sorunun çözümü için yapı sahiplerinin proje teslim tarihleri konusunda yüklenicilere uyguladıkları baskıyı azaltması olarak önerilmiştir. Metraj ve maliyet hesaplamalarında kullanılan geleneksel yöntemlerin BIM kullanımına uyarlanması sonucuna varılmıştır.

Gülerses (2018), 5B BIM'in net sınırlarını çizerek tanımlama boşluğunu doldurmayı, 5B modellemenin süreç aşamalarını belirlemeyi ve firmaların 5B'ye geçişinin avantaj ve dezavantajlarını belirlemeyi hedeflemiştir. 5B literatür çalışmaları yaparak kapsamlı bir tanım oluşturmuş, 2 farklı proje modelleyerek 5B'nin sağladığı kolaylıkları tespit etmiştir. Sonuç olarak 5B BIM'e geçişin firmalar ve inşaat sektörü için katma değerli bir geçiş süreci olacağı kanaatine varılmıştır. Firmaların daha doğru ve hızlı zaman ve maliyet yönetimi yapacağı, müşteri beklentilerini karşılayacağı projeler ortaya çıkaracağı düşünülmektedir.

Alat (2019); BIM sürecinin yaygınlaşmasını, kamu binaları ve konut yapılarında uygulanabilirliğini örnek bir proje ile incelemeyi hedeflemiştir. BIM tabanlı Revit yazılımı ile bir TOKİ 3B binası modellemiş, Navisworks ile projedeki çakışmaları tespit etmiştir. Çakışma analizi imalat aşaması ile değerlendirilerek sunulmuştur. Çakışma analizinin daha çok kompleks yapılarda daha faydalı sonuçlar vereceğini özellikle tesisat projeleri ile diğer projeler arasındaki çakışmaların daha büyük sorunlara yol açabileceği sonucuna varılmıştır.

Karaoğlu (2020), proje yönetim süreçlerinde BIM kullanımını incelemeyi, en etkili olduğu süreci belirlemeyi ve mimari tasarım sürecindeki avantajlarını tespit etmeyi amaçlamıştır. Dünyada BIM sistemini kullanılan farklı ölçekteki 12 örnek proje BIM boyutlarına (3B, 4B, 5B, 6B, 7B) ve projenin yapım öncesi (tasarım) aşaması, uygulama aşaması ve yapım sonrası (işletme) aşamalarına göre incelemiştir. İncelemeden edinilen bilgilere göre BIM'in proje yönetiminin her sürecinde ayrı ayrı kullanılabileceği gibi projenin başından sonuna kadar kullanılabileceği de anlaşılmıştır. Ayrı süreçlerde BIM kullanımının geleneksel BIM'in ana avantajlarını tamamen sağlamasa da BDT yöntemlerine göre daha kolay olduğu görülmüştür. BIM tabanlı programların tasarım aşamasında iş yükünü hafiflettiği, proje revizyonlarında zaman tasarrufu sağladığı görülmüştür. Proje yönetim sürecinde BIM'in en etkin olduğu sürecin uygulama aşaması olduğu tespit edilmiştir. Tüm süreçlerde BIM kullanımının disiplinler arası verimliliği arttırdığı, maliyet ve süre tasarrufu sağladığı anlaşılmıştır.

Bayram (2020) yaptığı çalışmada, BIM tabanlı yazılımlardan elde edilen metraj verileri ile geleneksel yöntemle hesaplanan metraj verilerini kıyaslamıştır. Yazılımların avantaj ve dezavantajlarını belirlemeye çalışmıştır. Bu nedenler B+Z+3N

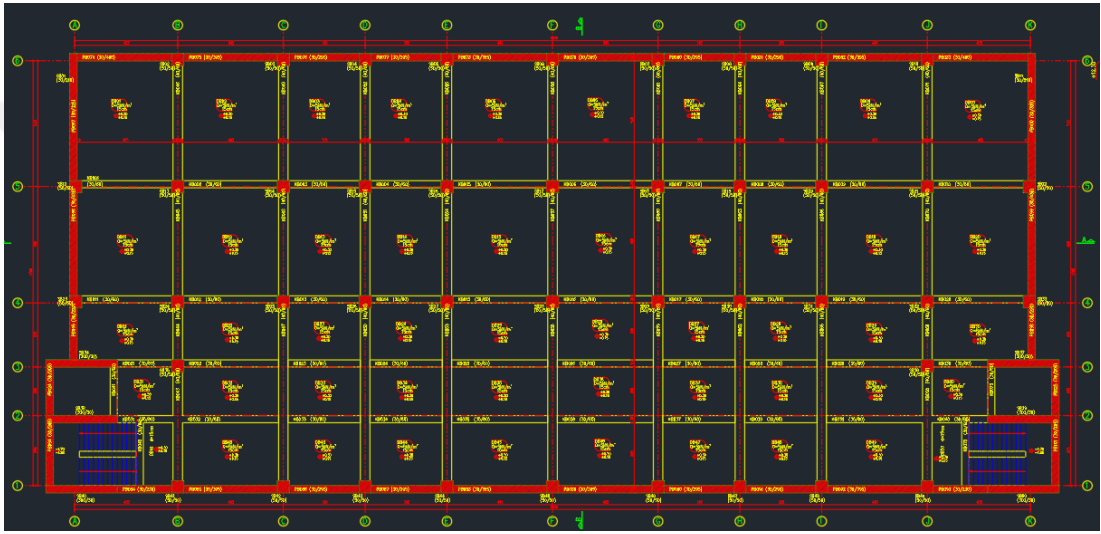
katlı bir konut projesi BIM yazılımları olan Allplan ve Revit ile 3B modellenmiştir. Modelleme sürecine değinerek yazılımları karşılaştırmıştır. Metraj verileri arasında farklılıklar bulmuştur. BIM ile elde edilen metrajların, geleneksel yöntemlere göre daha hızlı ve pratik olduğu ve doğruluk oranlarının oldukça yüksek olduğu sonucuna varmıştır.

Hasözhan vd. (2021) yaptığı çalışmada, BIM sistemini tasarım, metraj çıkarma, maliyet hesaplaması özelliklerini mevcut (geleneksel) yöntemler ile karşılaştırmayı ve BIM sisteminin sağlayacağı katkıları, hesaplamalardaki fayda ve zarar durumunu incelemeyi amaçlamıştır. Bu sebeple BIM yazılımı kullanarak bir binanın modelini oluşturmuş ve metraj hesabını yapmıştır. Metraj verileri ile binayı oluşturan imalatların maliyetlerini hesaplamıştır. Metraj verilerini idare tarafından BDT sistemleri ile hazırlanmış olduğu metraj verileri ile kıyasladığında %10'u aşan farkların olduğu imalatlar tespit edilmiştir. Maliyet verilerini kıyasladığında ise iki yöntem arasındaki maliyet farkının %14 olarak BIM yönteminde daha fazla olduğu görülmüştür. Bulgular sonucunda, BIM sisteminin 3B modellemesinin BDT'ye göre daha uzun sürmesine rağmen plan, kesit ve görünüşlerin model oluşturulurken otomatik oluşmasının BDT'ye göre zamandan kazanç sağladığı görülmüştür. Maliyet ve metraj hesaplama konusunda da BIM'in BDT'ye göre daha kolay olduğu fakat BIM ile 3B tasarım sırasında gözden kaçan veya modellenmeyen yapı elemanlarının metraj hesabında eksik ve hatalı sonuçlar vereceği görülmüştür.

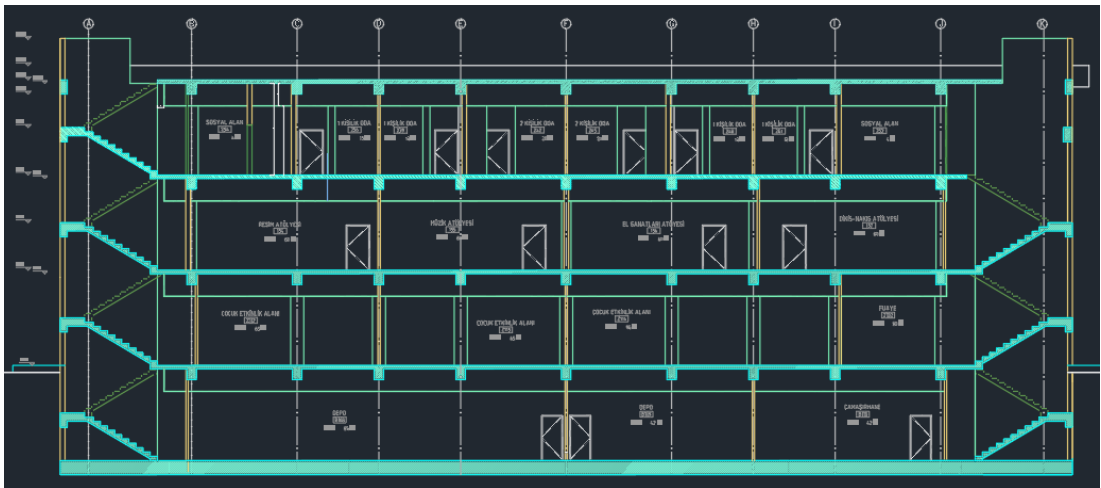
4. MATERYAL VE METOT

4.1 Projenin Seçilmesi

Bu çalışmada, idareler ile kamu alımları sürecine taraf olanların bu sürece ilişkin işlemleri internet üzerinden gerçekleştirebilecekleri Kamu İhale Kurumu tarafından yönetilen elektronik ortam olarak tanımlanan yani Elektronik Kamu Alımları Platformunun (EKAP) yapım işleri ihale türü taranmış ve dokümanları incelenmiştir (Ekap Akademi, 2023). Yapılan taramanın sonucunda 2022/754225 İhale Kayıt Numaralı proje seçilmiştir. İhalenin adı “Adana Büyükşehir Belediyesi Bina Tesis Yapım İşİ”dir, işin tanımı ise “Kadın Sığınma Evi” yapım işidir.



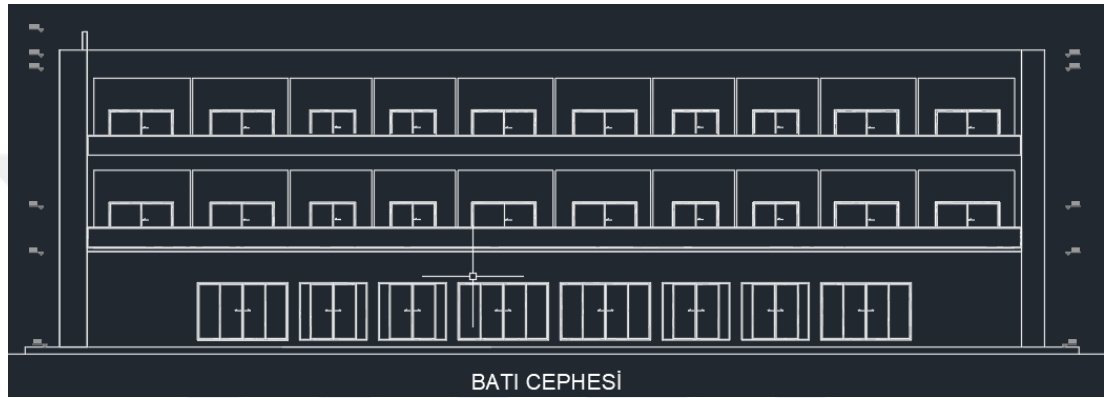
Şekil 4.1. Kadın Sığınma Evi +0.30 kotu kalıp planı.



Şekil 4.2. Mimari Kesit.

Bina 770 m² oturuma 3080 m² inşaat alanına sahiptir. Bina, Bodrum + Zemin + 2 Kat olmak üzere 4 katlı betonarme bir yapıdır. Binanın her katı 4 metre yüksekliğindedir. Ayrıca merdiven ve asansör kovalarının da bulunduğu çatı katı bulunmaktadır.

EKAP'tan indirilen ihale dokümanında mimari ve statik projelerinin yer aldığı (.dwg formatında olan) AutoCad dosyaları bulunmaktadır. AutoCad dosyalarındaki bilgilere göre, normal katlarının toplam üst kotu +12,30 metredir ve 2 adet asansör 1 adet merdiven kovasının bulunduğu çatı katının kotu da +16,30 metredir. Giriş kotu 0,3 metre, bodrum katının alt kotu -3,70 metredir. Ayrıca radye temelin altında alt kotu -5,80 metre olan 2 adet asansör kuyusu vardır.



Şekil 4.3. Batı cephesi görünüşü.



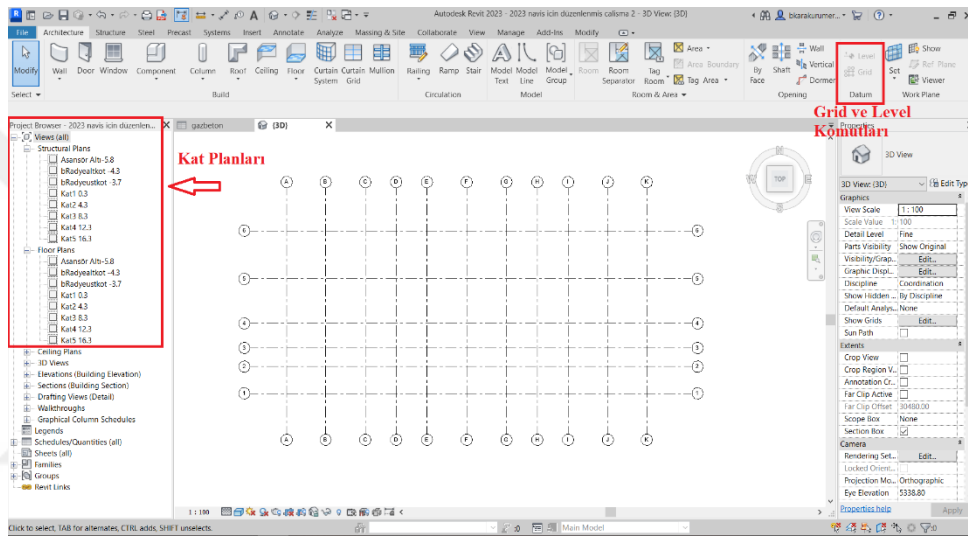
Şekil 4.4. Doğu cephesi görünüşü.

4.2 Projenin Revit Ortamına Aktarılması

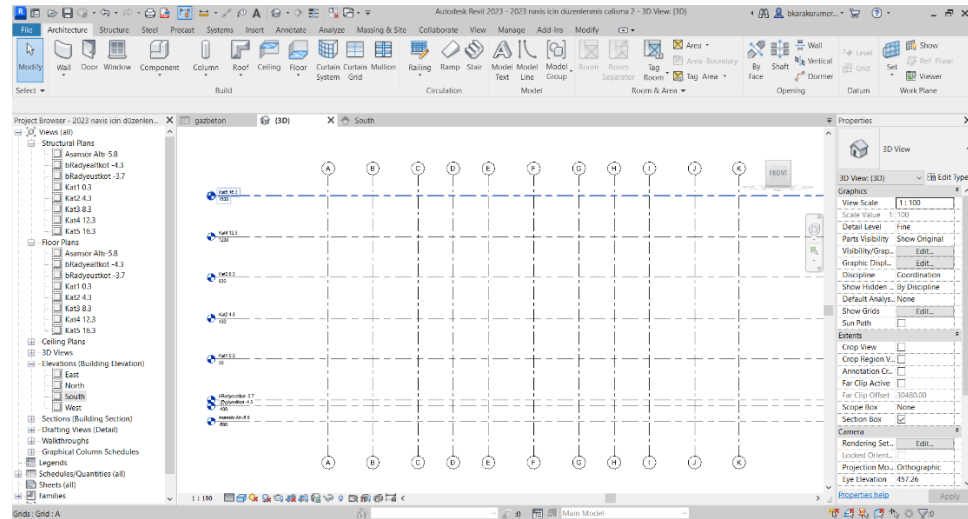
BIM'de tasarım ve projelendirme doğrudan 3 boyutlu olarak modellenerek yapılabilmektedir. Diğer bir alternatif de 2 boyutlu olarak çizilen bir proje üzerinden 3 boyutlu olarak modellenmesidir. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen EKAP ortamı üzerinden edinilen proje 2 boyutlu AutoCad ortamından Revit ortamına aktarılarak 3 boyutlu modellenmesi yapılmıştır.

4.2.1 Revit ile Projenin Aks ve Kat Planlarının Oluşturulması

Revit uygulamasında “Models - New Project – Metric Structural Template” seçilerek yeni bir model sayfası açılmıştır. Binanın aksları, “Structure” sekmesi altındaki “Grid” komutu seçilerek Revit’te çizilmiştir (Şekil 4.5). Ölçüler binanın AutoCad projesinden alınmıştır. Revit’te binanın kat planlarını modellemek ve görüntüleyebilmek için her kat için ayrı bir plana ihtiyaç olmaktadır. Revit ilk açıldığı durumda kullanıcı arayüzü (User Interface) kısmında “Project Browser” menüsü bulunmaktadır. Bu menüdeki “Elevations” alt sekmesinden herhangi bir görünüş seçilerek “Level” komutu ile kat planlarının görüntülenebileceği plan aksları çizilmiş ve kat yükseklikleri girilmiştir (Şekil 4.6). Oluşturulan bu kat planları “Project Browser” menüsünün “Structural Plans” alt sekmesinde görüntülenebilmekte ve isimlendirilebilmektedir.



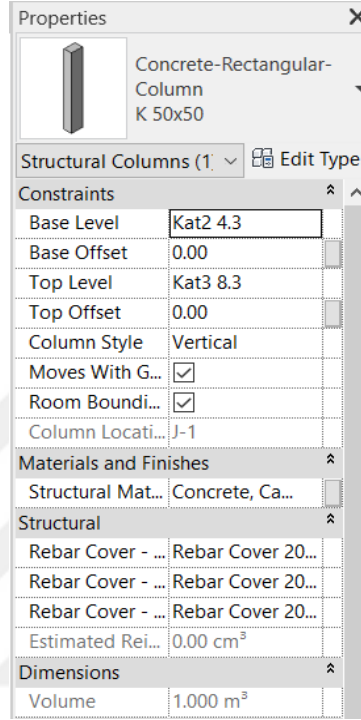
Şekil 4.5. Projenin Akslarının oluşturulması.



Şekil 4.6. Projenin Kat Planlarının (Level) oluşturulması.

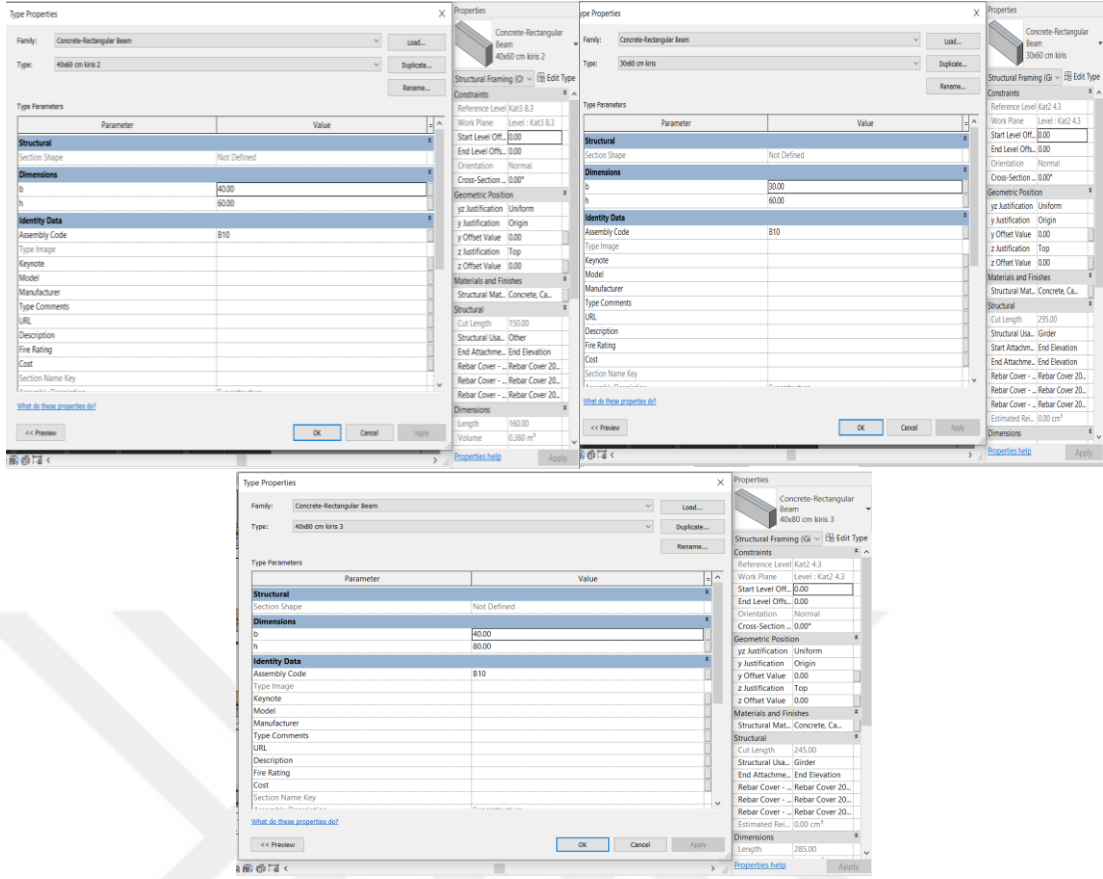
4.2.2 Revit ile Projenin Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Modellenmesi

2B projede yapı elemanları çizgiler ile ifade edilirken Revit'te hazır ve akıllı nesnelere (family) ile modelleme yapılmaktadır. Nesnelere en, boy, yükseklik gibi parametreleri değiştirilerek yapı elemanları oluşturulabilmektedir. Ayrıca nesnelere parametrelere bağlı olarak alan, hacim bilgilerini ve malzeme bilgilerini içermektedir (Şekil 4.7).



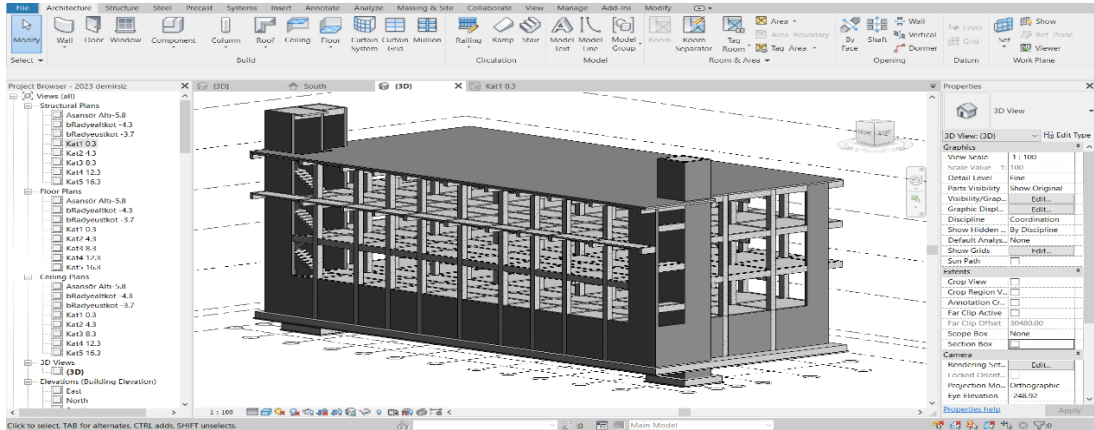
Şekil 4.7. 50x50 kolon nesnesi (family).

Revit'te statik taşıyıcı elemanların modellenmesinde "Structure" sekmesi altındaki komutlar kullanılmaktadır. Statik projede 60 santimetre kalınlığında radye temel olduğu görülmektedir. Revit'te "Structure-Structural Foundation Slab" komutu seçilip sağ tarafta açılan "Properties" menüsünde "Edit Type" seçilerek radye temel kalınlığı düzenlenmiş ve radye temelin modelleneceği kat planına (Level) gelinip radye temel proje ölçülerine göre modellenmiştir. Modellemenin devamında kolon modellemesi için "Structure-Column", perde duvar ve subasman perdesi için "Structure-Wall-Wall:Structure" kiriş modellemesi için "Structure-Beam", döşeme modellemesi için "Structure-Floor-Floor:Structure" komutu seçilip, proje ölçülerine göre "Properties" menüsünden "Edit Type" seçilerek ölçüleri düzenlenmiştir. Ölçülerine göre isimlendirilip tekrar kullanmak üzere kaydedilmiştir.



Şekil 4.8. Nesnelerin (family) tiplerinin değiştirilmesi (Edit Type).

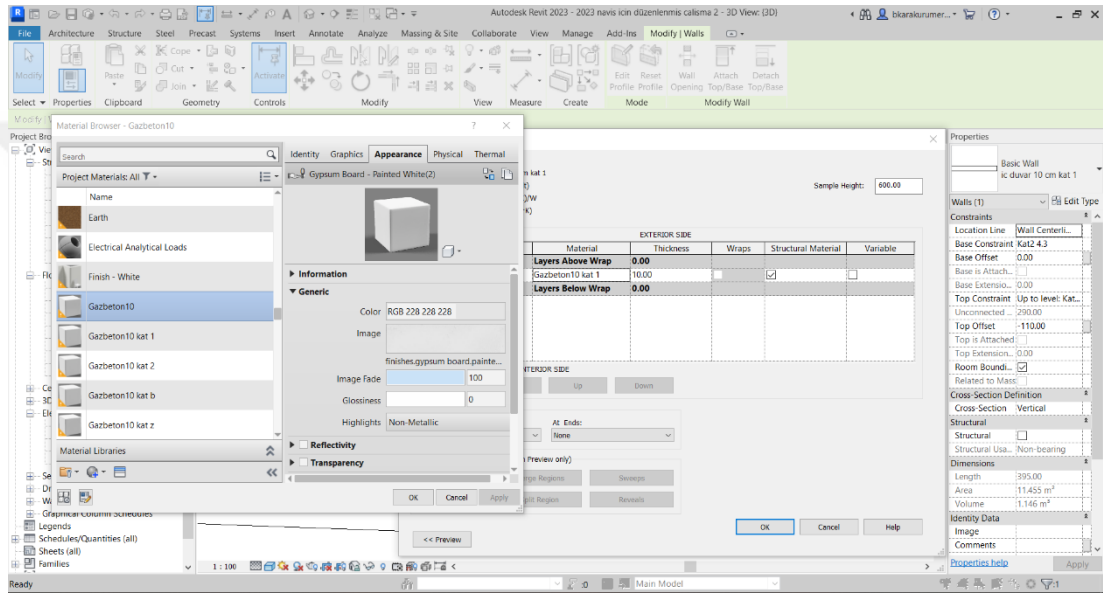
Şekil 4.8’de görüldüğü gibi her yapı elemanı için ölçüler değişikçe yeni nesne (family) düzenlenmesine dikkat edilmiştir. Örneğin bu projede 30x60 cm kalınlığında, 40x60 cm kalınlığında, 40x80 cm kalınlığında 3 farklı kiriş tipi bulunduğu görülmüştür. Bu yüzden Revit’te de 3 farklı kiriş için “family” oluşturulmuş ve isimlendirilmiştir. Kolon, perde duvar, subasman perdesi, kiriş ve döşeme ilgili kat planlarında, “3D View” görünüşünden 3 boyutlu görseli yardımıyla modellenerek taşıyıcı yapı elemanlarının modellenmesi tamamlanmıştır.



Şekil 4.9. Taşıyıcı yapı elemanlarının Revit’te 3B Modellenmesi.

4.2.3 Revit ile Projenin Mimari Yapı Elemanlarının Modellenmesi

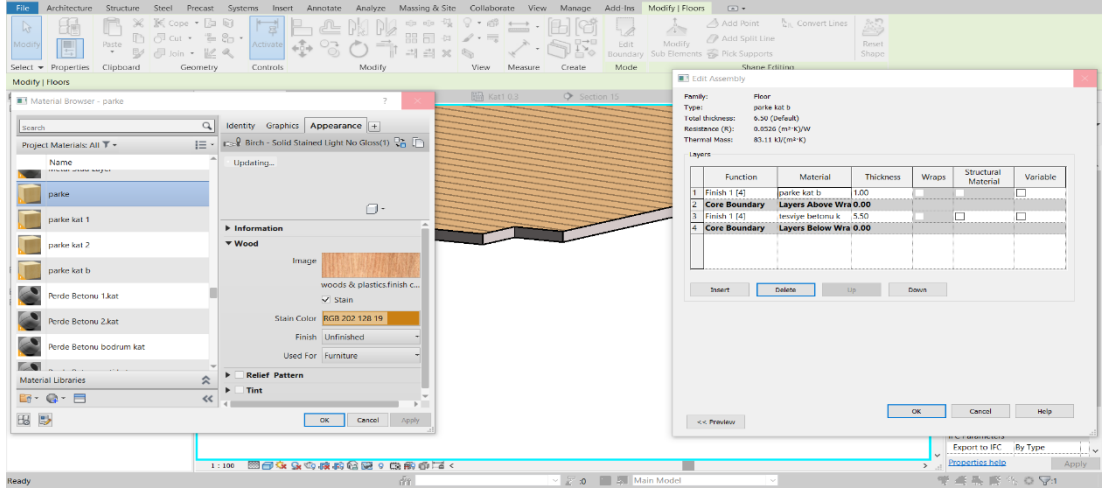
Revit'te mimari yapı elemanları "Architecture" sekmesi altındaki komutları yardımıyla modellenmektedir. Projede 10 cm'lik ve 20 cm'lik gazbeton bulunmaktadır. Revit'te "Architecture-Wall-Wall:Architectural" komutu seçilerek Revit'in duvar kütüphanesine erişilir. Burada hazırda gazbeton duvar olmadığı için bu kütüphanedeki duvar "Properties" menüsünden "Edit Type-Edit" seçilmiş, "Thickness" kısmı 10 cm olarak değiştirilip, "Material" kısmından da bir gazbeton materyali atanıp, isimlendirilip kaydedilmiştir (Şekil 4.10). Böylece duvar elemanı modelde gazbeton gibi görünmektedir. Aynı işlem 20 cm'lik gazbeton için de yapıldıktan sonra AutoCad mimari proje ölçüleri esas alınarak ilgili kat planlarında modellenmiştir.



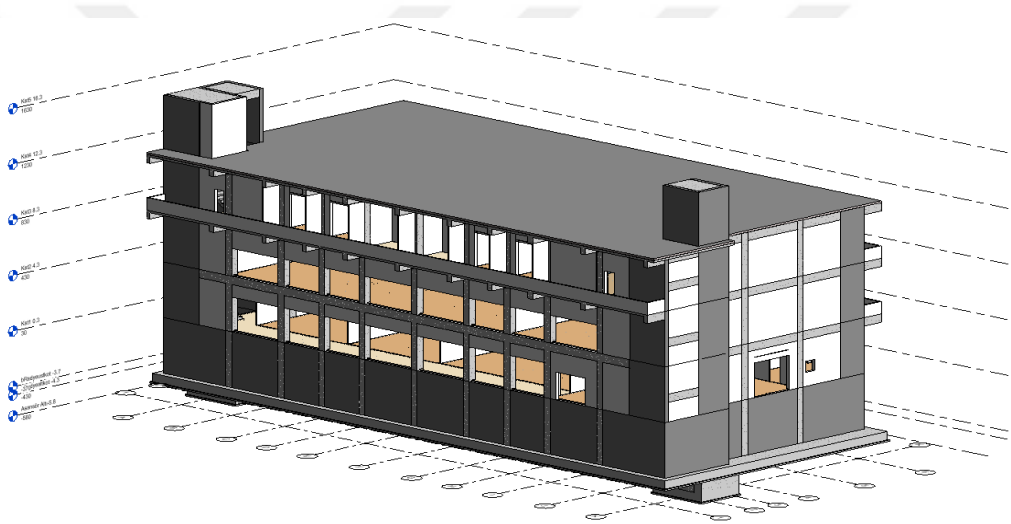
Şekil 4.10. Revit'te duvar nesnesine gazbeton materyali tanımlama.

Seramik, parke ve çatı katındaki tesviye betonu için ise "Architecture-Floor-Floor:Architectural" seçilip duvar modellemesine benzer şekilde ayrı ayrı seramik ve parke materyali atanmış böylece seramik ve parke döşemesi ve tesviye betonu modellenmiştir (Şekil 4.11). Asma tavan için ise Revit'in kütüphanesinde hazır asma tavan yoktur. Bu yüzden asma tavan bir materyal atanarak döşeme gibi modellenmiş ve "Properties-Constraints" kısmından "Height Offset From Level" kısmına kot ölçüsü girilerek asma tavan da modellenmiştir.

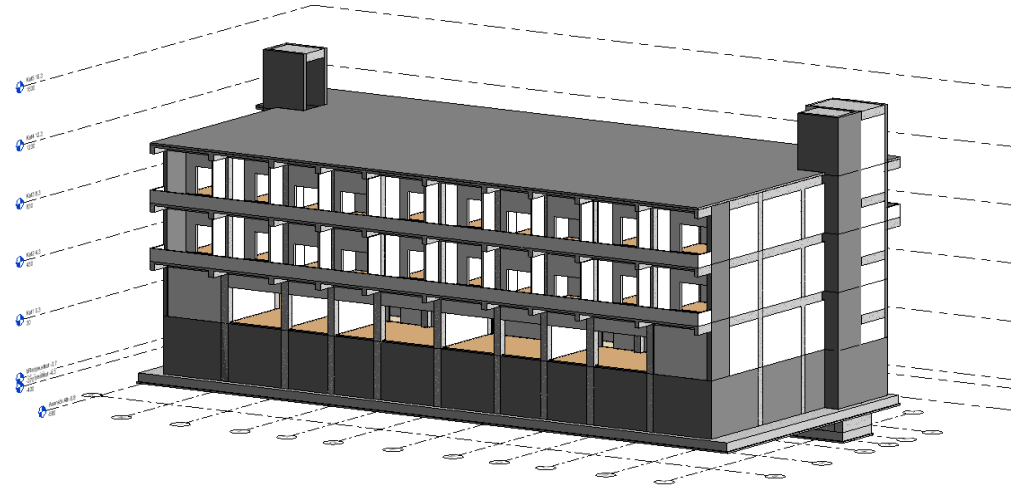
Revit'te statik ve mimari projeler farklı dosyalarda modellenip birleştirilebilir. Bu çalışmada iki proje tek bir dosyada modellenmiştir. Duvar ve kirişin çakışması gibi uyumsuzluklar modelleme esnasında görülüp düzeltilerek projenin Revit ortamına aktarılması işlemi tamamlanmıştır (Şekil 4.12, Şekil 4.13).



Şekil 4.11. Revit'te döşemeye parke ve tesviye beton materyali tanımlanması.



Şekil 4.12. Mimari ve Statik modellemenin 3B görüntüsü (Kuzeydoğu).



Şekil 4.13 Mimari ve Statik modellemenin 3B görüntüsü (Güneybatı).

4.3 Metraj Miktarlarının Hesaplanması

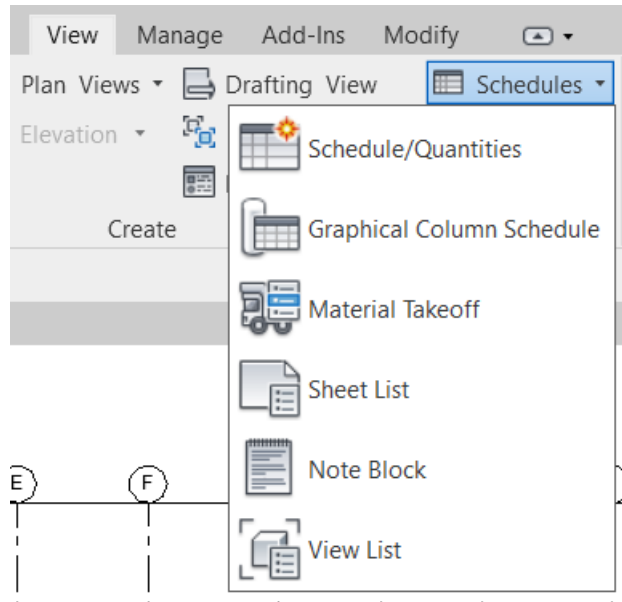
Geleneksel yöntemlerde metraj miktarı proje üzerindeki ölçülerden faydalanarak el ile hesaplanmaktadır. Bu oldukça zaman alan bir işlem olmakla birlikte özellikle proje ebatı büyüdükçe daha uğraştırıcı olmaktadır ve hatalı hesaplama olasılığı yükselmektedir. Projenin Revit ortamında 3B modellenmesi ile birlikte metraj hesaplamak oldukça pratikleştirmekte ve zamandan tasarruf edilmektedir.

Çalışmanın başlangıcında Revit ile hesaplanan metrajlardan ve el ile proje üzerinden hesaplanan metrajlardan faydalanılması hedeflenmişti. Fakat tez konusu yapım işinin statik ve mimari AutoCad projesindeki hazır metrajlar incelendiğinde Revit ve el ile hesaplanan metrajlar arasında da farklar olduğu tespit edildiği için statik ve mimari proje üzerinden hazır metraj hesapları da çalışmaya dahil edilip üç farklı metraj karşılaştırılmış ve farklar incelenmiştir.

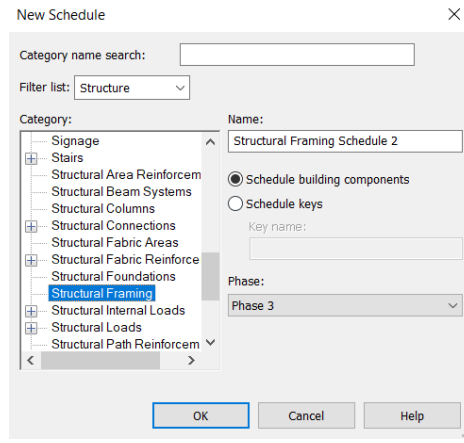
Metraj konusu iş kalemleri; grobeton, beton, kalıp, 10 cm ve 20 cm kalınlığındaki gazbeton duvar, seramik, parke kaplamaları, tesviye betonu, eğim betonu ve asma tavan olarak belirlenmiştir.

4.3.1 Revit ile Metraj Miktarının Hesaplanması

Mimari ve statik projenin Revit ortamında modelleme aşaması “Projenin Revit Ortamına Aktarılması” başlığında anlatılmıştı. Modelleme süreci görece uzun olsa da metraj hesabı yapmak oldukça pratik olmaktadır. Revit ekranındaki “View” sekmesi altındaki “Schedules” komutu metraj almaya yaramaktadır (Şekil 4.14).

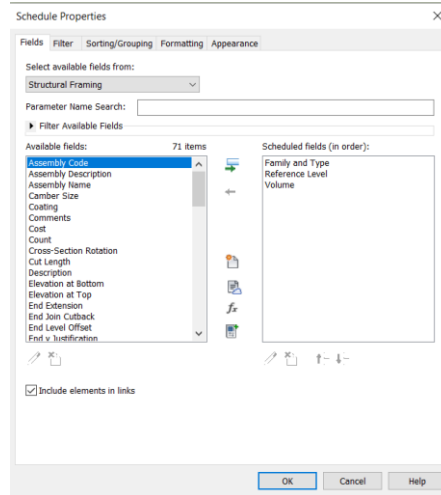


Şekil 4.14. Revit metraj komutu (Schedules).



Şekil 4.15. Revit Schedules/Quantities komutunun açılır penceresi.

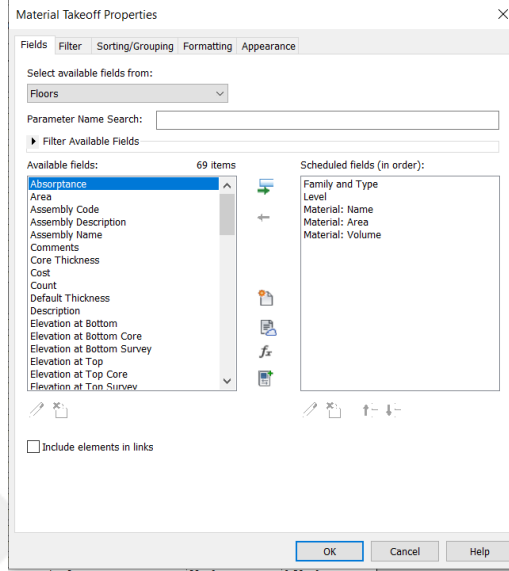
Revit ile betonarme metrajında “View-Schedules-Schedules/Quantities” komutu seçilmiş, Şekil 4.15’te de görüldüğü gibi ekrana çıkan “New Schedule” açılır penceresindeki “Category” kısmından kiriş betonarme metrajı için “Structural Framing” seçilmiştir. Seçimden sonra Şekil 4.16’da görüldüğü gibi “Schedule Properties” penceresindeki “Fields” alt sekmesinde yapı elemanı için oluşturulmuş nesne ismi ve tipini görüntüleyebilmek için “Family and Type”, hangi kat planında olduğu (Level), elemanın hacmi (Volume) seçenekleri seçilip “Schedule” ekranında metraj cetveli oluşturulmuştur. Bu tüm projedeki kirişlerin toplam betonarme hacmini hesaplar. Radye temel, kolon, döşeme, perde duvar ve subasman perdesi için aynı işlem uygulanıp toplam beton hacmi elde edilmiştir.



Şekil 4.16. Revit’te metraj listesinde görüntülemek istenen bilgilerin seçimi.

Şekil 4.11’deki gibi materyal tanımlanmış yapı elemanlarında toplam materyal miktarını hesaplamak için “Material Takeoff” komutundan (Şekil 4.14) yararlanmak metraj hesabını kolaylaştıracaktır. Seramik, parke, tesviye betonu ve asma tavan metraj hesabı için “View-Schedules-Material Takeoff” komutu seçilmiş “New Material Takeoff” penceresinde “Category” kısmından bu yapı elemanları döşeme

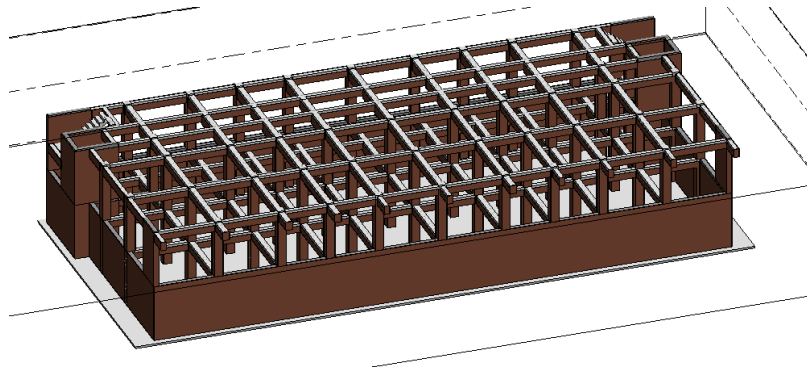
olarak tanımlandığı için “Floor” seçilmiştir. Açılan “Material Takeoff Properties” penceresinde “Fields” sekmesinde döşemeye materyal atandığı için materyal ismi (Material Name) ve materyalin alanı (Material Area) seçenekleri seçilip “Material Takeoff” ekranında görüntülenip, toplam alanları hesaplanmıştır.



Şekil 4.17 Revit materyal metrajı için görüntülemek istenen bilgilerin seçimi.

Şekil 4.17’deki seçimler yapıldığında malzeme tanımlanan tüm döşeme elemanları metraj listesinde görüntülenmiştir. Bunlar parke, seramik, tesviye betonu ve asma tavadır. Her biri için ayrı metraj hesaplanmak istenildiğinden “Filter” alt sekmesinden materyal ismine (Material: Name) göre filtreleyip her bir yapı elemanı için ayrı metraj miktarı hesaplanabilmiştir.

Revit’te betonarme taşıyıcı elemanlarını modellenebilmekte böylece beton miktarı otomatik olarak hesaplanabilmektedir. Fakat betonarme yapı elemanları için gerekli olan kalıp miktarı otomatik olarak hesaplanamamaktadır. Bu sebeple betonarme imalatların kalıp gören yüzeylerine kalıp modellenmiş ve kalıp metrajı hesaplanmıştır. Şekil 4.18’de betonarmeyi saran kahverengi nesnelere kalıp imalatının temsil etmektedir.



Şekil 4.18. Revit’te betonarme yüzeylere kalıp imalatının modellenmesi.

4.3.2 Geleneksel Yöntemle Metraj Hesabı Yapılması

Kadın Sığınma Evi yapım işinin statik ve mimari projelerini içeren AutoCad dosyası içerisindeki 2 boyutlu kat planları, kesitler, görünüşler yardımıyla grobeton, beton, kalıp, 10 cm'lik ve 20 cm'lik gazbeton duvar, seramik, parke, tesviye betonu, eğim betonu, asma tavan imalatlarının miktarları hesaplanmıştır. Projedeki en, boy, yükseklik ölçülerine göre hacim ve alan miktarları hesaplanırken kolon, kiriş, döşeme birleşim yerindeki beton çakışmaları, duvarlar üzerinde kapı, pencere boşluklarının metraj miktarından minha edilmesine dikkat edilmiştir. Minha da ilgili imalatın metraj miktarından düşülerek geleneksel hesaplama yöntemiyle yani elle hesaplama yapılarak metraj bilgilerinin son hali elde edilmiştir.

4.3.3 Projedeki Mevcut Metraj Bilgileri

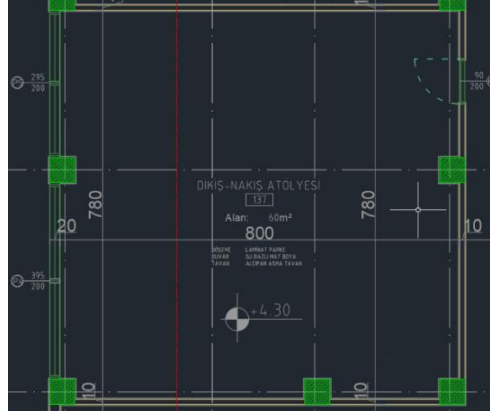
Bazı statik projelerde hazır metraj çizelgeleri bulunmaktadır. İhale dokümanında yer alan statik projeyi içeren AutoCad dosyasında da grobeton, beton, kalıp, demir donatı metrajlarının hazır olarak çizelgede verildiği görülmüştür. Şekil 4.19'da temel imalatında kullanılan malzemelerin hazır metraj cetveli görülmektedir. Bunun yapının statik hesaplamasını yapan bazı yazılımların oluşturduğu metraj çizelgelerinin AutoCad ortamına aktarılmasıyla elde edildiği düşünülmektedir. Fakat projenin modellenmesi sürecinde ve Revit metrajı ile geleneksel yöntemle hesaplanan metraj bilgilerine göre farkların olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple projedeki hazır metraj verileri de çalışmaya dahil edilmiştir.

METRAJ			
KALIP	(m ²)	:	130.13
BETON	(m ³)	:	527.57
? 6-12	(kg)	:	3370.28
? 14-50	(kg)	:	57103.11

Şekil 4.19. Yapım işinin AutoCad dosyası içerisindeki hazır metraj çizelgesi.

Mimari projeyi içeren AutoCad dosyasındaki seramik, parke, kaplama altındaki tesviye betonu, asma tavan imalatlarını içeren odaların alanları projede hazır olarak verilmiştir. Bu imalatların metrajı da imalatı içeren odaların alanları toplanarak elde edilmiştir. Örneğin Şekil 4.20'de Kadın Sığınma Yapım İşine ait Dikiş-Nakış Atölyesi odasının 60 m² olduğu görülmektedir. Yani bu odada 60 m² seramik, parke, tesviye betonu, asma tavan imalatı olduğu hesaplanmıştır.

Projede 10 cm ve 20 cm kalınlığındaki gazbeton duvar ve eğim betonu imalatının hazır metrajı olmadığı yani elle hesaplama gerektireceği için bu imalatların metrajı hesaba dahil edilmemiştir.



Şekil 4.20. Kadın Sığınma Yapım İşine ait Dikiş-Nakiş Atölyesi odası.

4.4 Ms Project Yazılımı ile İş Programının Oluşturulması

Uygulanabilir ve gerçekçi bir iş programı oluşturabilmenin en önemli unsurlarından biri doğru ve eksiksiz hesaplanmış metraj verileridir. İmalatların eksik hesaplanan metraj miktarı gerçek olmayan iş programına sebebiyet verdiği gibi fazla hesaplanan metraj zaman ve para kaybına neden olabilmektedir.

Metraj miktarlarındaki farklılıkların iş programına etkisinin görülebilmesi ve kıyaslama yapılabilmesi için,

- Revit ile hesaplanan metraj miktarları
- El ile hesaplanan metraj miktarları
- Projede bulunan hazır metraj miktarları

faydalanılarak üç farklı iş programı hazırlanmıştır.

İş programında grobeton, beton, kalıp, 10 cm ve 20 cm kalınlığındaki gazbeton duvar, seramik, parke kaplamaları, tesviye betonu, eğim betonu ve asma tavan imatları görev olarak tanımlanmıştır. Ayrıca iş programının gerçeklik seviyesini artırmak için Revit'te modellenmemiş olsa da demir donatı imalatının da eklenmiştir. Demir donatı metrajı üç yöntem için de projedeki hazır metraj verileri kullanılmıştır. Projedeki hazır metraj verilerinde bulunmayan gazbeton duvar ve eğim betonu imatları için de Revit ile kıyaslanmanın yapılabilmesi için el ile hesaplanan metraj verileri kullanılmıştır.

Projede Z+B+2 olmak üzere 4 normal kat, temel ve çatı katı bulunmaktadır (Şekil 4.2). Beton, kalıp, demir donatı miktarı projenin normal katlarında birbirine yaklaşık olduğu için normal katlardaki metraj miktarları 4 eşit parçaya bölünerek hesaplanmıştır. Temel ve çatı katındaki metrajları ise ayrı olarak hesaplanmıştır. Betonarme imatları iş programında “kaba işler” olarak isimlendirilmiş, “Temel, Bodrum Kat, Zemin Kat, 1. Kat, 2. Kat ve Çatı Katı” olarak ayrılmış ve her kat için görevler tanımlanmıştır (Şekil 4.21).

Görev Adı	
▾ YBM-Kadın Sığınma Evi	
▾ Kaba İnşaat	
Hazırlık	
▾ Temel	
Grobeton Kalıbı	
Grobeton	
Radye Kalıbı	
Radye Demiri	
Radye Betonu	
Radye Kalıp Sökümü	
▾ Bodrum Kat	
Bodrum Kalıbı	
Bodrum Demiri	
Bodrum Betonu	
Bodrum Kalıp Sökümü	
▾ Zemin Kat	
Zemin Kalıbı	
Zemin Demiri	
Zemin Betonu	
Zemin Kalıp Sökümü	
▾ 1. Kat	
1.Kat Kalıbı	
1.Kat Demiri	
1.Kat Betonu	
1.Kat Kalıp Sökümü	
▾ 2. Kat	
2.Kat Kalıbı	
2.Kat Demiri	
2.Kat Betonu	
2.Kat Kalıp Sökümü	
▾ Çatı Katı	
Çatı Katı Kalıbı	
Çatı Katı Demiri	
Çatı Katı Betonu	
Çatı Katı Eğim Betonu	
Çatı Katı Kalıp Sökümü	

Şekil 4.21. Ms Project'te Kaba İnşaat görevlerinin tanımlanması.

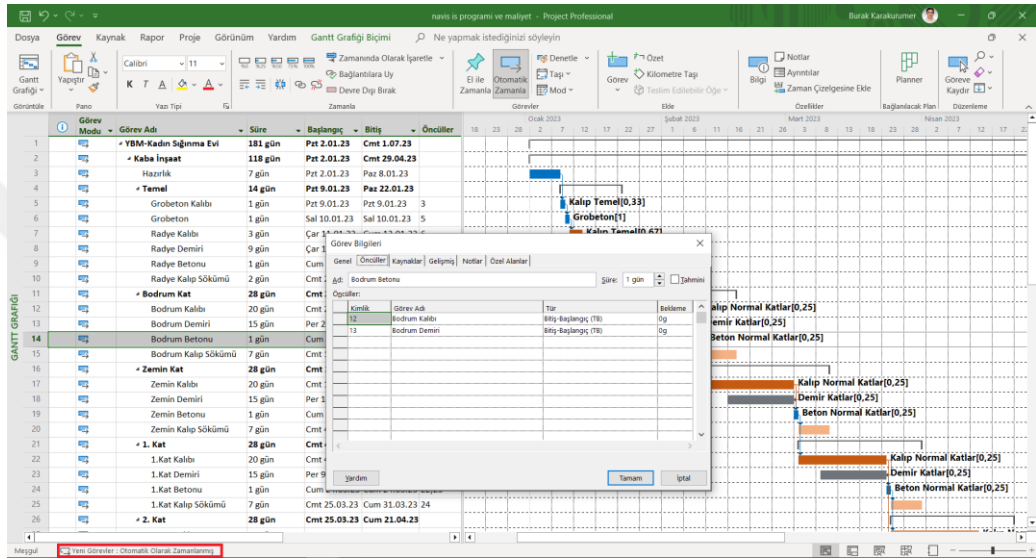
İş programında şantiye kurulumu ve hazırlık işleri için “Hazırlık” görevi, betonarme imalatlarının kalıp demontaj süresi de olduğu için “Kalıp Sökümü” görevi tanımlanmıştır.

Mimari yapım imalatları ise “İnce İşler” olarak isimlendirilmiş betonarme imalatlarda yapıldığı gibi katlara ayrılıp her kat için görev tanımlanmıştır (Şekil 4.22). Bodrum Katta 20’lik gazbeton duvar ve parke imalatları bulunmamaktadır.

▾ İnce İnşaat
▾ Bodrum Kat
10luk Gazbeton Duvar
Asma Tavan
Tesviye Betonu
Seramik
▾ Zemin Kat
10luk Gazbeton Duvar
20lik Gazbeton Duvar
Asma Tavan
Tesviye Betonu
Parke
Seramik
▾ 1.Kat
10luk Gazbeton Duvar
20lik Gazbeton Duvar
Asma Tavan
Tesviye Betonu
Seramik
Parke
▾ 2.Kat
10luk Gazbeton Duvar
20lik Gazbeton Duvar
Asma Tavan
Tesviye Betonu
Seramik
Parke

Şekil 4.22. Ms Project'te İnce İnşaat görevlerinin tanımlanması.

Görev süreleri ve maliyetini hesaplamak için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayınladığı birim fiyat poz tarifi ve analizinden faydalanılmıştır. Görev süreleri belirlendikten sonra görevler arasında başlama-bitiş ilişkisi tanımlamak için ilgili görev seçilip “Görev-Bilgi” komutu ile “Öncüller” sekmesi altında diğer görevler ile ilişkilendirilmiştir. Görev süre ve ilişkilerine göre başlangıç ve bitiş tarihlerinin otomatik olarak belirlenmesi için sol alt sekmeden “Otomatik Olarak Zamanlanmış” seçilmiştir. Örneğin Bodrum Katın beton dökümü yapılabilmesi için kalıp ve demir işlerinin tamamlanması gerekmektedir. Bu yüzden beton dökümü ile kalıp ve demir işleri arasında “Bitiş-Başlangıç” ilişkisi kurulmuştur (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Ms Project'te Başlama-Bitiş ilişkisinin kurulması.

Proje başlangıç tarihi 02.01.2023'tür. Üç farklı iş programı kıyaslanacağı için tatil günlerinden dolayı sürenin azalma, artma ihtimali yanıtıcı bir etken olacağı düşünüldüğünden tatil günleri ihmal edilmiştir ve her gün çalışma günü olarak belirlenmiştir. Başlangıç-Bitiş ilişkisinde imalatlar arasındaki çakışmalara dikkat edilmiştir. Örneğin, bir katta kalıp sökümü yapılırken duvar imalatı yapılamamaktadır. Bu yüzden duvar imalatının süresine dikkat edilerek son katın kalıp sökümü tamamlandığında son katın duvarı başlayacak şekilde ilişkilendirilip geriye doğru takvime bağlanmıştır.

Görevlere kaynak atayabilmek için Ms Project'te “Kaynak Sayfası” kısmına malzeme, maliyet, çalışma türlerinde kaynaklar tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada imalatlar için birim fiyat ile metraj verisinin çarpımı ile maliyet hesaplanmış ve kaynak sayfasına girilmiştir (Şekil 4.24).

Kaynak Adı	Tür	Malzeme	Bir	Grup	Stk. Fiyat	FİM Fiyatı	Malzeme/Kullanım	Tahmini Zamanı	Temel	Kod	Yeni Sütun Zile
1 Grobeton	Malzeme	G			6123.592,10		40,00 Eşit Dağılım				
2 Beton Temel	Malzeme	B			8827.842,75		40,00 Eşit Dağılım				
3 Beton Normal Katlar	Malzeme	B			61.847.357,99		40,00 Eşit Dağılım				
4 Beton Çatı	Malzeme	B			845.632,77		40,00 Eşit Dağılım				
5 Kalıp Temel	Malzeme	K			822.635,37		40,00 Eşit Dağılım				
6 Kalıp Normal Katlar	Malzeme	K			41.954.780,38		40,00 Eşit Dağılım				
7 Kalıp Çatı Kati	Malzeme	K			620.886,00		40,00 Eşit Dağılım				
8 Gazbeton Döşük	Malzeme	G			4630.500,40		40,00 Eşit Dağılım				
9 Gazbeton Döşük	Malzeme	G			4333.137,64		40,00 Eşit Dağılım				
10 Seramik	Malzeme	S			4777.566,88		40,00 Eşit Dağılım				
11 Parke	Malzeme	P			4853.126,72		40,00 Eşit Dağılım				
12 Eğim Betonu	Malzeme	E			876.572,84		40,00 Eşit Dağılım				
13 Tesviye Beton	Malzeme	T			4248.486,49		40,00 Eşit Dağılım				
14 Asma Tavan	Malzeme	A			4853.061,58		40,00 Eşit Dağılım				
15 Demir Temel	Malzeme	D			41.176.869,73		40,00 Eşit Dağılım				
16 Demir Katlar	Malzeme	D			42.948.563,23		40,00 Eşit Dağılım				
17 Demir Çatı Kati	Malzeme	D			438.352,27		40,00 Eşit Dağılım				

Şekil 4.24. Ms Project’te Kaynak Tanımlaması.

Tanımlanan kaynaklar “Görev Bilgileri” açılır penceresindeki “Kaynaklar” sekmesi kullanılarak görevlere atanmıştır. Örneğin “Beton Temel” kaynağı “Radye Temel” görevine atanmıştır. “Beton Normal Katlar” kaynağı her kattaki “Beton Dökümü” görevine birimler kısmından “0,25” seçilerek dört parçaya bölünecek şekilde atanmıştır. Böylece proje maliyeti iş programına aktarılmıştır (Şekil 4.25).

Görev Adı	Süre	Başlangıç	Bitiş	Öncüller
1 İBM-Kadın Sağınma Evi	181 gün	Pzt 2.01.23	Cmt 1.07.23	
2 Kaba İnşaat	118 gün	Pzt 2	Görev Bilgileri	
3 Hazırlık	7 gün	Pzt 9		
4 Temel	14 gün	Pzt 9		
5 Grobeton Kalıbı	1 gün	Sal 10		
6 Grobeton	1 gün	Sal 10		
7 Radye Kalıbı	3 gün	Çar 11		
8 Radye Demiri	9 gün	Çar 11		
9 Radye Beton	1 gün	Cum 2		
10 Radye Kalıp Sökümü	2 gün	Cmt 2		
11 Bodrum Kat	28 gün	Cmt 2		
12 Bodrum Kalıbı	20 gün	Cmt 2		
13 Bodrum Demiri	15 gün	Per 24		
14 Bodrum Beton	1 gün	Cum 3		
15 Bodrum Kalıp Sökümü	7 gün	Cmt 3		
16 Zemin Kat	28 gün	Cmt 3		
17 Zemin Kalıbı	20 gün	Cmt 3		
18 Zemin Demiri	15 gün	Per 14		
19 Zemin Beton	1 gün	Cum 3.03.23	Cum 3.03.23 17:18	
20 Zemin Kalıp Sökümü	7 gün	Cmt 4.03.23	Cum 10.03.23 19	
21 1. Kat	28 gün	Cmt 4.03.23	Cum 31.03.23	
22 1.Kat Kalıbı	20 gün	Cmt 4.03.23	Per 23.03.23 19	
23 1.Kat Demiri	15 gün	Per 9.03.23	Per 23.03.23 22T	
24 1.Kat Beton	1 gün	Cum 24.03.23	Cum 24.03.23 22:23	
25 1.Kat Kalıp Sökümü	7 gün	Cmt 25.03.23	Cum 31.03.23 24	
26 2. Kat	28 gün	Cmt 25.03.23	Cum 21.04.23	

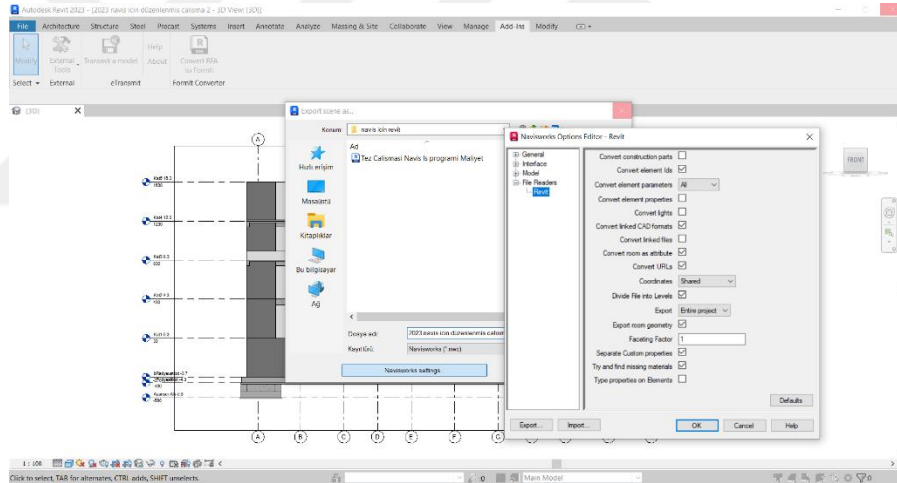
Şekil 4.25. Ms Project’te görevlere kaynak ataması.

4.5 Navisworks Manage

Çalışmada Revit ve Navisworks Manage uygulamaları seçilmiştir. İki uygulama da Autodesk firmasına ait olduğu için birbiri ile daha uyumlu çalışmaktadır. Aynı zamanda öğrenci sürümlerinin de olması etmenlerden biridir. 2023 versiyonları ile çalışılmıştır.

Navisworks 3B modelin zaman ve maliyet ile ilişkilendirilebildiği BIM tabanlı bir programdır. Navisworks ile yapının zamanla oluşumu 3B izlenebilir ve maliyet değişimi takip edilebilir. “Realizm (Third Person)” komutu ile model içerisinde gezinti yapılabilir, “Enable Sectioning” komutu ile kesitler alınabilmektedir. Animasyon oluşturulabilmektedir. Navisworks’ün en önemli özelliklerinden biri de çakışma analizidir. Bu özellik ile farklı disiplinler tarafından oluşturulan modeller Navisworks’te birleştirilip çakışan yapı elemanları tespit edilebilir.

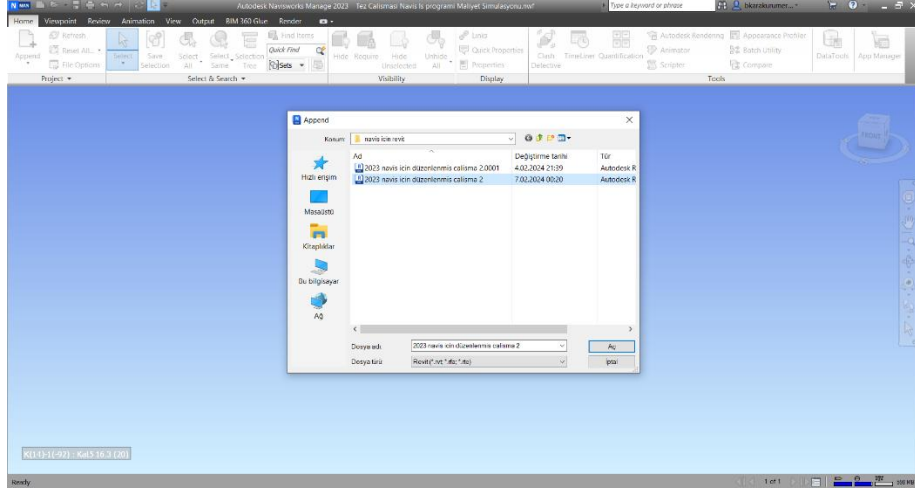
Revit ile oluşturulan 3B model Navisworks’e aktarılabilir. Bunun iki yöntemi vardır. Birincisi modeli içeren Revit uygulamasından Navisworks’e aktarmaktır. Revit’te “Add-Ins” sekmesi altındaki “External Tools” komutu seçilerek dosya “.nwc” formatında kaydedilir. Böylece dosya Navisworks’te görüntülenebilecektir. Revit dosyası Navisworks formatına dönüştürülürken bazı ayarlara dikkat edilmelidir (Şekil 4.26). Bu ayarlara dikkat edilmemesi modelin Navisworks’te düzgün görüntülenmemesine, Revit’te tanımlanan nesnelerin eksik aktarılmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bazı Revit versiyonlarında “External Tools” komutu bulunmayabilir. Bu durum Autodesk firmasının internet sitesinden eklenti indirilip kurularak çözülmektedir.



Şekil 4.26. Revit dosyasını Navisworks dosyası formatına dönüştürmek.

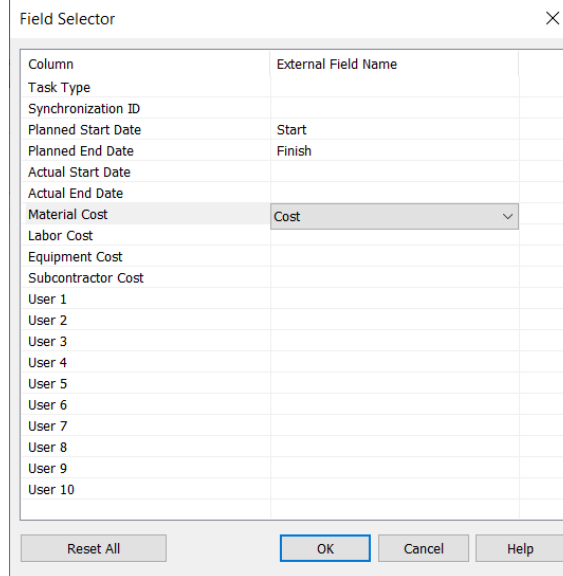
Revit ve Navisworks birbiri ile uyum içerisinde çalışabilmektedir. Yani Revit’teki modelde yapılan bir değişiklik Navisworks’te de değişebilmektedir. Bu durum kullanıcıya oldukça kolaylık sağlamaktadır. Fakat birinci yöntem ile dosya aktarımı yapılırsa Revit’te yapılan değişiklik Navisworks’te gerçekleşmeyecektir.

İkinci yöntem ise Navisworks uygulamasına Revit’teki modeli eklemektir. Navisworks uygulamasında “Home” sekmesi altındaki “Appent” komutu ile modeli içeren Revit formatındaki (.rvt) dosya Navisworks uygulamasına eklenebilmektedir. Bu yöntem ile Revit’teki modelde yapılan değişiklik Navisworks’te de “Refresh” komutunun ardından anında değişmektedir (Şekil 4.27).

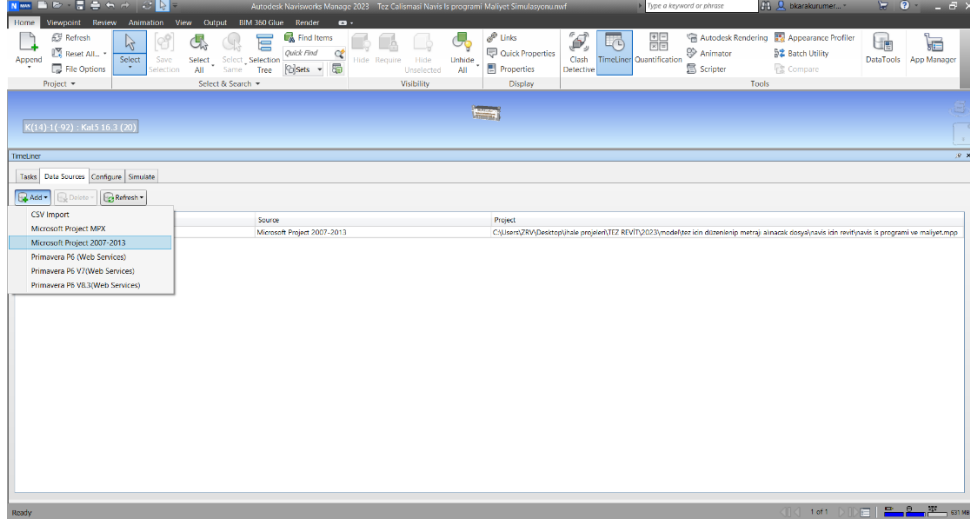


Şekil 4.27. Naviswork uygulamasına “.rvt” uzantılı dosya aktarımı.

Model aktarımı tamamlandıktan sonraki adım ise Navisworks’e iş programını aktarmaktır. Navisworks’ Primavera, Ms Project uygulamalarında hazırlanan iş programları “.csv” formatında kaydedilerek aktarılabilir. Bu yöntemle aktarılan iş programında yapılan değişiklikler Navisworks ortamında otomatik olarak değişmemektedir. Bu sebeple Şekil 4.29’da görüldüğü gibi “TimeLiner-Data Source-Add” komutundan Ms Project 2007-2013 seçilmiştir. “Field Selector” açılır penceresinden Ms Project’teki tarih ve maliyet bilgilerinin aktarılması için Şekil 4.28’deki seçimler yapılmalıdır. Bu seçimlerden sonra görev isimlerini Navisworks otomatik olarak tanımaktadır.

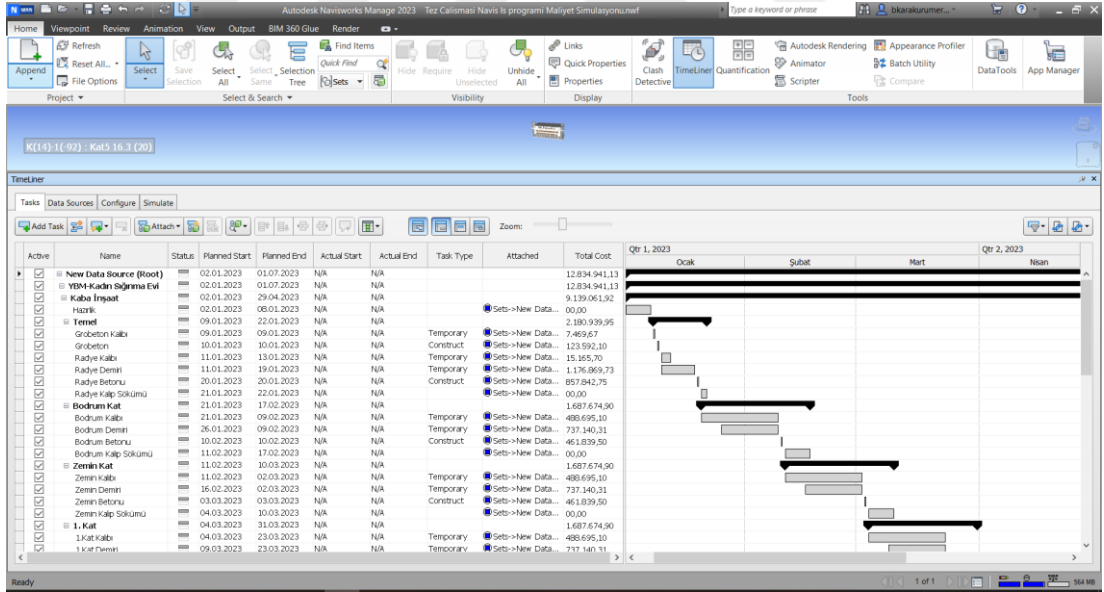


Şekil 4.28. Ms Project bilgilerini Navisworks ile eşleştirme.



Şekil 4.29. İş programının Navisworks'e aktarılması.

Aktarılan iş programı "Task" sekmesi altında görünmelidir. Bunun için aktarılan iş programı dosyasına "Rebuild Task Hierarchy" komutu verilmelidir. Böylece iş programı Ms Project'teki aynı hali ile "Task" sekmesi altında görüntülenecektir.



Şekil 4.30. Navisworks "Task" sekmesi.

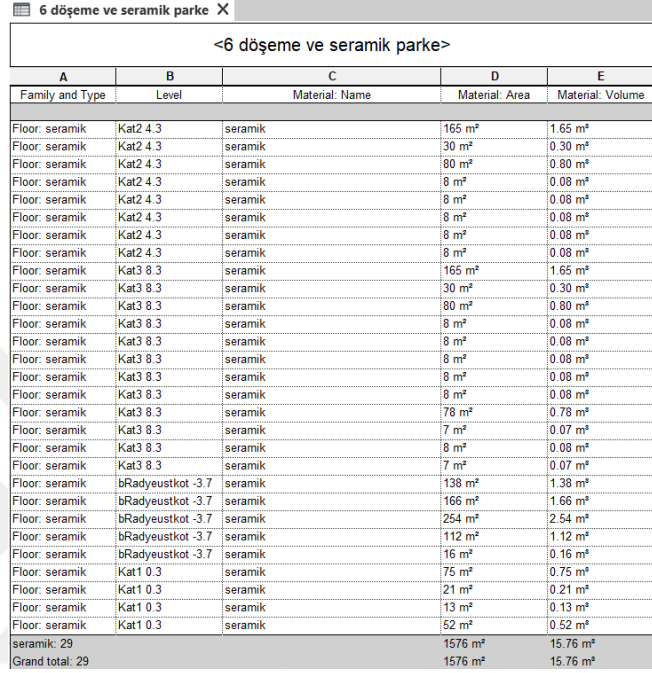
"Task" sekmesi altında sol taraftaki pencerede, iş programının görev isimleri, planlama tarihleri, gerçekte başlama tarihleri, görev tipi ve maliyet bilgilerinin yer aldığı sütunlar bulunmaktadır. Sağ taraftaki pencerede ise iş programının Gantt diyagramı yer almaktadır (Şekil 4.30).

3B modelin ve Revit'ten elde edilen metraj verileri ile hazırlanan iş programının da Navisworks'e aktarılması ile BIM ile 4B ve 5B modelleme tamamlanmıştır.

5. BULGULAR

5.1 Elde Edilen Metraj Verileri

“4.3 Metraj Verilerinin Hesaplanması” başlığında anlatıldığı gibi Revit, geleneksel yöntemler ve projedeki hazır metraj verileri ile metraj miktarları hesaplanmıştır.



6 döşeme ve seramik parke X				
<6 döşeme ve seramik parke>				
A	B	C	D	E
Family and Type	Level	Material: Name	Material: Area	Material: Volume
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	165 m ²	1.65 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	30 m ²	0.30 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	80 m ²	0.80 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat2 4.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	165 m ²	1.65 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	30 m ²	0.30 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	80 m ²	0.80 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	78 m ²	0.78 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	7 m ²	0.07 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	8 m ²	0.08 m ³
Floor: seramik	Kat3 8.3	seramik	7 m ²	0.07 m ³
Floor: seramik	bRadyeustkot -3.7	seramik	138 m ²	1.38 m ³
Floor: seramik	bRadyeustkot -3.7	seramik	166 m ²	1.66 m ³
Floor: seramik	bRadyeustkot -3.7	seramik	254 m ²	2.54 m ³
Floor: seramik	bRadyeustkot -3.7	seramik	112 m ²	1.12 m ³
Floor: seramik	bRadyeustkot -3.7	seramik	16 m ²	0.16 m ³
Floor: seramik	Kat1 0.3	seramik	75 m ²	0.75 m ³
Floor: seramik	Kat1 0.3	seramik	21 m ²	0.21 m ³
Floor: seramik	Kat1 0.3	seramik	13 m ²	0.13 m ³
Floor: seramik	Kat1 0.3	seramik	52 m ²	0.52 m ³
seramik: 29			1576 m ²	15.76 m ³
Grand total: 29			1576 m ²	15.76 m ³

Şekil 5.1. Revit'te seramik kaplama metraj cetvelinin oluşturulması.

Revit'te “Schedule” komutu ile ilgili imalatlar için Şekil 5.1'deki gibi metraj cetveli oluşturulmuş toplam metraj değerleri Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. İmalatların Revit ile hesaplanmış metraj miktarları.

İmalatın		
İsmi	Metraj Miktarı	Birimi
GROBETON	87,70	m ³
BETON	1.701,00	m ³
KALIP	7.975,00	m ²
GAZBETON 10 cm	2.580,00	m ²
GAZBETON 20 cm	814,00	m ²
SERAMİK	1.576,00	m ²
PARKE	1.303,00	m ²
TESVİYE BETONU	2.879,00	m ²
EĞİM BETONU	864,00	m ²
ASMA TAVAN	2.583,00	m ²

Kat döşemelerinde seramik ve parke kaplamalarından önce tesviye betonu olduğu projede görülmektedir ve Revit yazılımında da modellenmiştir. Çatı katında da bulunan tesviye betonunun üzerinde kaplama bulunmadığı ve su gideri için eğimli olması sebebiyle aynı poz kullanılmış olsa da daha anlaşılır olması sebebiyle eğim betonu olarak isimlendirilmiştir.

İkinci yöntem olarak, geleneksel yöntemlerle yani 2B proje üzerinden el ile metraj miktarı hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. İmalatların geleneksel yöntem ile hesaplanmış metraj miktarları.

İmalatın		
İsmi	Metraj Miktarı	Birimi
GROBETON	86,63	m ³
BETON	1.685,03	m ³
KALIP	7.564,28	m ²
GAZBETON 10 cm	2.653,77	m ²
GAZBETON 20 cm	874,89	m ²
SERAMİK	1.589,34	m ²
PARKE	1.293,56	m ²
TESVİYE BETONU	2882,90	m ²
EĞİM BETONU	892,80	m ²
ASMA TAVAN	2.571,90	m ²

Üçüncü yöntemdeki metraj verileri “Kadın Sığınma Evi” yapım işi ihale dokümanındaki AutoCad dosyası içerisindeki hazır metraj cetvellerinden elde edilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3. Projedeki hazır metraj verileri ile elde edilen metraj miktarı.

İmalatın		
İsmi	Metraj Miktarı	Birimi
GROBETON	86,72	m ³
BETON	1.694,08	m ³
KALIP	7.737,22	m ²
GAZBETON 10 cm	-	m ²
GAZBETON 20 cm	-	m ²
SERAMİK	1.609,40	m ²
PARKE	1.149,00	m ²
TESVİYE BETONU	-	m ²
EĞİM BETONU	2758,40	m ²
ASMA TAVAN	2.460,40	m ²

5.1.1 Metraj Verilerinin Karşılaştırılması

Revit ve diğer yöntemlerle elde edilen metraj verileri karşılaştırıldığında farkların olduğu görülmektedir (Çizelge 5.4). Revit'ten elde edilen metraj verilerinin diğer yöntemlerle kıyaslanması sonucunda 10 cm'lik gazbeton duvar imalatı geleneksel yöntemle hesaplanana göre 73,77 m², 20 cm'lik gazbeton duvar imalatı 60,89 m², eğim betonu ise 28,80 m² az olduğu görülmüştür. Seramik imalatı geleneksel yöntemle hesaplanana göre 13,34 m², proje verilerine göre 33,40 m² azdır. Tesviye betonu imalatı geleneksel yöntemle hesaplanana göre 3,90 m² az, proje verilerine göre 120,60 m² yüksek olduğu tespit edilmektedir. Diğer imalatlarda Revit'ten elde edilen metraj miktarları diğer yöntemlerden fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.4. Revit metraj miktarı ile diğerleri arasındaki farklar.

İMALATIN						
İsmi	Birimi	Miktarı			Farkı	
		Revit(R)	Geleneksel (G)	Proje(P)	R-G	R-P
GROBETON	m ³	87,70	86,63	86,63	1,07	1,07
BETON	m ³	1.701,00	1.685,03	1.694,08	15,97	6,92
KALIP	m ²	7.975,00	7.564,28	7.737,22	410,72	237,78
GAZBETON 10 cm	m ²	2.580,00	2.653,77	-	-73,77	-
GAZBETON 20 cm	m ²	814,00	874,89	-	-60,89	-
SERAMİK	m ²	1.576,00	1.589,34	1.609,40	-13,34	-33,40
PARKE	m ²	1.303,00	1.293,56	1.149,00	9,44	154,00
TESVİYE BETON	m ²	2.879,00	2.882,90	2.758,40	-3,90	120,60
EĞİM BETONU	m ²	864,00	892,80	-	-28,80	-
ASMA TAVAN	m ²	2.583,00	2.571,90	2.460,40	11,10	122,60

Çizelge 5.5. Revit metraj miktarı ile diğerleri arasındaki sapma oranları.

İMALATIN						
İsmi	Birimi	Miktarı			Sapma Oranı(%)	
		Revit(R)	Geleneksel (G)	Proje(P)	(R-G)/G	(R-P)/P
GROBETON	m ³	87,70	86,63	86,63	1,23	1,24
BETON	m ³	1.701,00	1.685,03	1.694,08	0,95	0,41
KALIP	m ²	7.975,00	7.564,28	7.737,22	5,43	3,07
GAZBETON 10 cm	m ²	2.580,00	2.653,77	-	-2,78	-
GAZBETON 20 cm	m ²	814,00	874,89	-	-6,96	-
SERAMİK	m ²	1.576,00	1.589,34	1.609,40	-0,84	-2,08
PARKE	m ²	1.303,00	1.293,56	1.149,00	0,73	13,40
TESVİYE BETON	m ²	2.879,00	2.882,90	2.758,40	-0,14	4,37
EĞİM BETONU	m ²	864,00	892,80	-	-3,23	-
ASMA TAVAN	m ²	2.583,00	2.571,90	2.460,40	0,43	4,98

Malzeme tedariki açısından şantiyelerde $\pm\%2$ zayıf aralığı sınır değeri olarak kabul edilebilir (Bayram, 2020). Çizelge 5.5'e bakıldığında da sınır değeri aşan imalatlar olduğu görülmektedir. Revit ve diğer yöntemler arasındaki en yüksek negatif sapma oranı 6,96 ile 20 cm'lik gazbeton imalatında, en yüksek pozitif sapma oranı ise 5,43 ile kalıp imalatındadır. Ayrıca 10 cm'lik gazbeton ve eğim betonu imatları da sınır değerinin üzerindedir. Bu veriler doğal olarak maliyete ve planlama sürelerine etki edecektir.

5.2 Elde Edilen Metraj Verileri ile Maliyet Hesabının Yapılması

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayınladığı poz tariflerinden faydalanarak imatların poz numaraları belirlenmiştir. Poz numaralarının karşılığı olan 2023 yılı inşaat ve tesisat birim fiyatları ile üç yöntemle elde edilen metraj verilerinin çarpılmasıyla maliyet hesaplanmıştır.

Revit'ten elde edilen metraj verilerinin (Çizelge 5.1) birim fiyatlar ile çarpılmasıyla Çizelge 5.6'daki sonuç elde edilmiştir. İnce demir ve kalın demir imatları metraj karşılaştırılması kısmında işleme katılmamıştı. Fakat toplam maliyet karşılaştırılmasının daha gerçekçi olması açısından proje içerisindeki hazır metraj verileri Revit ve geleneksel yöntemle hesaplanmış metraj verilerinin maliyeti kısmına eklenmiştir.

Çizelge 5.6. Revit ile hesaplanan metraj verilerinin maliyeti.

İmalatın					
Poz No'su	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
15.150.1002	GROBETON	87,70	m ³	1.409,26	123.592,10
15.150.1006	BETON	1.701,00	m ³	1.616,01	2.748.833,01
15.180.1003	KALIP	7.975,00	m ²	254,33	2.028.281,75
15.160.1003	İNCE DEMİR	114,64	t	19.696,93	2.258.056,06
15.160.1004	KALIN DEMİR	97,99	t	19.448,18	1.905.727,16
15.225.1004	GAZBETON 10 cm	2.580,00	m ²	244,38	630.500,40
15.225.1010	GAZBETON 20 cm	814,00	m ²	409,26	333.137,64
15.390.1028	SERAMİK	1.576,00	m ²	493,38	777.566,88
15.485.1001	PARKE	1.303,00	m ²	654,74	853.126,22
15.250.1001	EĞİM BETONU	864,00	m ²	86,31	74.571,84
15.250.1001	TESVİYE BETON	2.879,00	m ²	86,31	248.486,49
15.530.1901	ASMA TAVAN	2.583,00	m ²	330,26	853.061,58
Toplam Tutar (TL)					12.834.941,13

Proje üzerinden elle (geleneksel yöntem) hesaplanarak elde edilen metraj verileri (Çizelge 5.2) ile birim fiyatların çarpılmasıyla Çizelge 5.7'deki sonuç elde edilmiştir.

Çizelge 5.7. İmalatların geleneksel yöntemle hesaplanan metraj miktarlarının maliyeti.

İmalatın					
Poz No'su	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
15.150.1002	GROBETON	86,63	m ³	1.409,26	122.089,83
15.150.1006	BETON	1.685,03	m ³	1.616,01	2.723.025,33
15.180.1003	KALIP	7.564,28	m ²	254,33	1.923.823,33
15.160.1003	İNCE DEMİR	114,64	t	19.696,93	2.258.056,06
15.160.1004	KALIN DEMİR	97,99	t	19.448,18	1.905.727,16
15.225.1004	GAZBETON 10 cm	2.653,77	m ²	244,38	648.528,31
15.225.1010	GAZBETON 20 cm	874,89	m ²	409,26	358.057,48
15.390.1028	SERAMİK	1.589,34	m ²	493,38	784.148,57
15.485.1001	PARKE	1.293,56	m ²	654,74	846.945,47
15.250.1001	EĞİM BETONU	892,80	m ²	86,31	77.057,57
15.250.1001	TESVİYE BETON	2.882,90	m ²	86,31	248.823,10
15.530.1901	ASMA TAVAN	2.571,90	m ²	330,26	849.395,69
Toplam Tutar (TL)					12.745.677,91

Çizelge 5.8. Projedeki hazır metraj verileri ile elde edilen metraj miktarının maliyeti.

İmalatın					
Poz No'su	Tanımı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL)
15.150.1002	GROBETON	86,63	m ³	1.409,26	122.084,19
15.150.1006	BETON	1.694,08	m ³	1.616,01	2.737.650,22
15.180.1003	KALIP	7.737,22	m ²	254,33	1.967.807,16
15.160.1003	İNCE DEMİR	114,64	t	19.696,93	2.258.056,06
15.160.1004	KALIN DEMİR	97,99	t	19.448,18	1.905.727,16
15.225.1004	GAZBETON 10 cm	2.653,77	m ²	244,38	648.528,31
15.225.1010	GAZBETON 20 cm	874,89	m ²	409,26	358.057,48
15.390.1028	SERAMİK	1.609,40	m ²	493,38	794.045,77
15.485.1001	PARKE	1.149,00	m ²	654,74	752.296,26
15.250.1001	EĞİM BETONU	892,80	m ²	86,31	77.057,57
15.250.1001	TESVİYE BETON	2.758,40	m ²	86,31	238.077,50
15.530.1901	ASMA TAVAN	2.460,40	m ²	330,26	812.571,70
Toplam Tutar (TL)					12.671.959,39

Yapım işi ihalesindeki proje dosyası içerisindeki hazır metraj verileri ile (Çizelge 5.3) birim fiyatların çarpılmasıyla da Çizelge 5.8'deki sonuç elde edilmiştir. Gazbeton ve

eğim betonu imalatlarının proje içerisinde hazır metrajı olmadığından metraj verileri karşılaştırılmamıştır. Fakat yöntemin Revit ile daha gerçekçi bir şekilde karşılaştırılabilmesi için geleneksel yöntemle hesaplanan metraj miktarı bu kısımda imalatlara eklenmiştir.

5.2.1 Maliyet Verilerinin Karşılaştırılması

Revit'ten elde edilen metraj miktarı ile hesaplanan maliyet verilerinin diğer yöntemler ile arasındaki farklar Çizelge 5.9'da görülmektedir. Çizelge incelendiğinde Revit ve geleneksel hesap yöntemi karşılaştırıldığında en yüksek pozitif değer 104.458,42 TL ile kalıp imalatının, en yüksek negatif değer 24.919,84 TL ile 20 cm'lik gazbeton duvar imalatı olduğu görülmektedir. Revit ve proje yöntemi karşılaştırıldığında en yüksek farkın 100.829,96 TL fazla ile parke imalatı olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.9. Yöntemler arasındaki maliyet farkları.

İMALAT ADI	Maliyet (TL)			Fark (TL)	
	Revit (R)	Geleneksel (G)	Proje (P)	R-G	R-P
GROBETON	123.592,10	122.089,83	122.084,19	1.502,27	1.507,91
BETON	2.748.833,01	2.723.025,33	2.737.650,22	25.807,68	11.182,79
KALIP	2.028.281,75	1.923.823,33	1.967.807,16	104.458,42	60.474,59
İNCE DEMİR	2.258.056,06	2.258.056,06	2.258.056,06	0,00	0,00
KALIN DEMİR	1.905.727,16	1.905.727,16	1.905.727,16	0,00	0,00
GAZBETON 10 cm	630.500,40	648.528,31	648.528,31	-18.027,91	-18.027,91
GAZBETON 20 cm	333.137,64	358.057,48	358.057,48	-24.919,84	-24.919,84
SERAMİK	777.566,88	784.148,57	794.045,77	-6.581,69	-16.478,89
PARKE	853.126,22	846.945,47	752.296,26	6.180,75	100.829,96
EĞİM BETONU	74.571,84	77.057,57	77.057,57	-2.485,73	-2.485,73
TESVİYE BETON	248.486,49	248.823,10	238.077,50	-336,61	10.408,99
ASMA TAVAN	853.061,58	849.395,69	812.571,70	3.665,89	40.489,88

Çizelge 5.10. Toplam maliyet farkları ve sapma oranları.

Revit (R)	Maliyet (TL)		Fark (TL)		Sapma Oranı	
	Geleneksel (G)	Proje (P)	R-G	R-P	Yüzde (%)	
12.834.941,13	12.745.677,91	12.671.959,39	89.263,22	162.981,73	0,700%	0,704%

Toplam maliyete bakıldığında (Çizelge 5.10) Revit'in diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğu, sapma oranlarının benzer olduğu görülmektedir.

5.3 İş Programının Oluşturulması

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayınladığı poz tariflerinin analizi sonucunda her imalat için gerekli iş gücü miktarı belirlenmiştir. İş gücü miktarı ile üç yöntemden elde edilen metraj sonuçları çarpılarak imalatlar için ihtiyaç duyulan kaynak süresi saat olarak hesaplanmıştır. Bir günlük çalışma saati 8 saat kabul edilmiştir. Saat süreleri 8 saate bölünerek çalışma günü bulunmuştur. Virgülden sonraki kısım "0,25"ten fazla ise bir yukarı, az ise aşağı yuvarlanmıştır. Böylece her imalat için gerekli olan ekip verimliliği bulunmuştur.

Çizelge 5.11. Görev sürelerinin hesaplanması.

İmalat	Kaynağın			İmalatın													
	Cinsi	İhtiyaç Duyulan Süre(saaf)(a)			Gerçekleşme Süresi (Gün) (b=a:8)			Ekip Verimliliği (Tam güne yuvarlanmış) (c)			Benzer alan (d)	Süre (Gün) (e=c:d:f)			Ekip Sayısı (adet) (f)		
		Revit	Geleneksel	Proje	Revit	Geleneksel	Proje	Revit	Geleneksel	Proje		Revit	Geleneksel	Proje	Revit	Geleneksel	Proje
Grobeton	Mobil Beton Pompası 1sa	0,88	0,87	0,87	0,11	0,11	0,11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Betoncu ustası	13,16	12,99	12,99	1,64	1,62	1,62	2	2	2		1	1	1	2	2	2
	Düz işçi (inşaat işçisi)	26,31	25,99	25,99	3,29	3,25	3,25	4	4	4		1	1	1	4	4	4
Temel Beton	Mobil Beton Pompası 1sa	5,31	5,26	5,28	0,66	0,66	0,66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Betoncu ustası	79,63	78,91	79,14	9,95	9,86	9,89	10	10	10		1	1	1	10	10	10
	Düz işçi (inşaat işçisi)	159,25	157,82	158,27	19,91	19,73	19,78	20	20	20		1	1	1	20	20	20
	Beton Vibratörü 1 sa	26,54	26,30	26,38	3,32	3,29	3,30	4	4	4		1	1	1	4	4	4
Normal Katlar Beton	Mobil Beton Pompası 1sa	11,43	11,43	11,53	1,43	1,43	1,44	2	2	2	4	4	4	4	1	1	1
	Betoncu ustası	171,47	171,41	172,99	21,43	21,43	21,62	22	22	22		4	4	4	6	6	6
	Düz işçi (inşaat işçisi)	342,95	342,81	345,98	42,87	42,85	43,25	43	43	44		4	4	4	11	11	11
	Beton Vibratörü 1 sa	57,16	57,14	57,66	7,14	7,14	7,21	7	7	7		4	4	4	2	2	2
Çatı Katı Beton	Mobil Beton Pompası 1sa	0,27	0,16	0,13	0,03	0,02	0,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Betoncu ustası	4,05	2,44	1,99	0,51	0,31	0,25	1	1	1		1	1	1	1	1	1
	Düz işçi (inşaat işçisi)	8,10	4,88	3,98	1,01	0,61	0,50	1	1	1		1	1	1	1	1	1
	Beton Vibratörü 1 sa	1,35	0,81	0,66	0,17	0,10	0,08	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Temel Kalıp İmalatı	Marangoz Ustası	97,90	97,90	143,14	12,24	12,24	17,89	13	13	18	1	4	4	4	5	5	6
	Kalp İşleri Usta Yardımcısı	97,90	97,90	143,14	12,24	12,24	17,89	13	13	18		4	4	4	5	5	6
	Düz işçi (inşaat işçisi)	66,75	66,75	97,60	8,34	8,34	12,20	9	9	13		4	4	4	3	3	5
Normal Katlar Kalıp İmalatı	Marangoz Ustası	8.454,60	8.027,01	8.241,66	1.056,83	1.003,38	1.030,21	1.057	1.004	1.031	4	21	20	20	13	13	13
	Kalp İşleri Usta Yardımcısı	8.454,60	8.027,01	8.241,66	1.056,83	1.003,38	1.030,21	1.057	1.004	1.031		21	20	20	13	13	13
	Düz işçi (inşaat işçisi)	5.764,50	5.472,96	5.619,32	720,56	684,12	702,41	721	685	703		20	19	20	9	9	9
Çatı Katı Kalıp İmalatı	Marangoz Ustası	220,00	195,80	126,14	27,50	24,48	15,77	28	25	16	1	4	4	4	7	7	4
	Kalp İşleri Usta Yardımcısı	220,00	195,80	126,14	27,50	24,48	15,77	28	25	16		4	4	4	7	7	4
	Düz işçi (inşaat işçisi)	150,00	133,50	86,00	18,75	16,69	10,75	19	17	11		4	4	4	5	5	3
Temel Kalın + İnce Demir Montajı	Demir kesme mak. 1 sa.	120,95	120,95	120,95	15,12	15,12	15,12	15	15	15	1	8	8	8	2	2	2
	Soğuk demirci ustası	490,53	490,53	490,53	61,32	61,32	61,32	62	62	62		9	9	9	7	7	7
	Soğuk demirci usta yardımcı	1.788,55	1.788,55	1.788,55	223,57	223,57	223,57	224	224	224		9	9	9	25	25	25
	Düz işçi (inşaat işçisi)	694,63	694,63	694,63	86,83	86,83	86,83	87	87	87		9	9	9	10	10	10
Normal Katlar Kalın + İnce Demir Mont.	Demir kesme mak. 1 sa.	300,41	300,41	300,41	37,55	37,55	37,55	38	38	38	4	10	10	10	1	1	1
	Soğuk demirci ustası	1.422,30	1.422,30	1.422,30	177,79	177,79	177,79	178	178	178		13	13	13	3	3	3
	Soğuk demirci usta yardımcı	1.663,15	1.663,15	1.663,15	207,89	207,89	207,89	208	208	208		13	13	13	4	4	4
	Düz işçi (inşaat işçisi)	1.654,96	1.654,96	1.654,96	206,87	206,87	206,87	207	207	207		13	13	13	4	4	4
	Düz işçi (inşaat işçisi)	1.502,05	1.502,05	1.502,05	187,76	187,76	187,76	188	188	188	16	16	16	3	3	3	

Çizelge 5.12. Görev sürelerinin hesaplanması (Çizelge 5.11 devamı).

Çatı Katı Kalın + İnce Demir Mont.	Demir kesme mak. 1 sa.	3,92	3,92	3,92	0,49	0,49	0,49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Soğuk demirci ustası	17,57	17,57	17,57	2,20	2,20	2,20	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3
	Soğuk demirci usta yardımcısı	12,28	12,28	12,28	1,53	1,53	1,53	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
	Düz işçi (inşaat işçisi)	12,28	12,28	12,28	1,53	1,53	1,53	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2
	Düz işçi (inşaat işçisi)	19,62	19,62	19,62	2,45	2,45	2,45	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3
Gazbeton 10	Duvarcı Ustası	1.625,40	1.671,88	1.671,88	203,18	208,98	208,98	203	209	209	4	10	11	11	5	5	5
	Düz işçi (inşaat işçisi)	1.625,40	1.671,88	1.671,88	203,18	208,98	208,98	204	209	209	4	10	11	11	5	5	5
Gazbeton 20	Duvarcı Ustası	594,22	638,67	638,67	74,28	79,83	79,83	75	80	80	3	13	14	14	2	2	2
	Düz işçi (inşaat işçisi)	594,22	638,67	638,67	74,28	79,83	79,83	75	80	80	3	13	14	14	2	2	2
Tesviye Betonu	Sıvacı Ustası	863,70	864,87	719,75	107,96	108,11	89,97	108	109	90	4	7	7	6	4	4	4
	Düz işçi (inşaat işçisi)	863,70	864,87	827,52	107,96	108,11	103,44	108	109	104	4	7	7	7	4	4	4
	Düz işçi (inşaat işçisi)	719,75	720,73	689,60	89,97	90,09	86,20	90	91	87	4	8	8	7	3	3	3
Seramik	Seramik kaplama ustası	945,60	953,60	965,64	118,20	119,20	120,71	118	120	121	4	6	6	6	5	5	5
	Düz işçi (inşaat işçisi)	788,00	794,67	804,70	98,50	99,33	100,59	99	100	101	4	6	6	7	4	4	4
Parke	Marangoz ustası	521,20	517,42	459,60	65,15	64,68	57,45	66	65	58	3	7	7	6	3	3	3
	Düz işçi (inşaat işçisi)	260,60	258,71	229,80	32,58	32,34	28,73	33	33	29	3	6	6	5	2	2	2
Eğim Betonu	Sıvacı Ustası	259,20	267,84	267,84	32,40	33,48	33,48	33	34	34	1	7	7	7	5	5	5
	Düz işçi (inşaat işçisi)	259,20	267,84	267,84	32,40	33,48	33,48	33	34	34	1	8	9	9	4	4	4
	Düz işçi (inşaat işçisi)	216,00	223,20	223,20	27,00	27,90	27,90	27	28	28	1	7	7	7	4	4	4
Asma Tavan	Alçı levha ustası	3.616,20	3.600,66	3.444,56	452,03	450,08	430,57	453	451	431	4	19	19	18	6	6	6
	Alçı levha usta yardımcısı	3.616,20	3.600,66	3.444,56	452,03	450,08	430,57	453	451	431	4	19	19	18	6	6	6
	Düz işçi (inşaat işçisi)	516,60	514,38	492,08	64,58	64,30	61,51	65	65	62	4	16	16	16	1	1	1

Metraj yoğunluğunun farklı olması sebebiyle beton, kalıp ve demir donatı imalatları temel, normal katlar, çatı katı olarak bölünmüştür. “Benzer Alan” imalatın kaç tane katta yapıldığını temsil etmektedir. Örneğin “Kalıp Normal Katlar” imalatı 4 adet normal katta yapılacağı için “Benzer Alan” miktarı 4’tür. Parke, 20 cm’lik gazbeton imalatları bodrum katta olmadığı ama diğer normal katlarda olduğu için “Benzer Alan” sayısı 3’tür.

Görev süresinin hesaplayabilmek için öncelikle ekip sayısı belirlenmiştir. Ekip sayısının mantıklı olmasına dikkat edilmiştir. İmalatları yapım işini üstlenecek ekibin imalat ustaları kritik kaynak olarak belirlenmiştir. Çizelge 5.11 ve 5.12’de koyu renkle ifade edilen kaynaklar kritik kaynaklardır. İmalat süreleri kritik kaynağa göre şekillenmiştir.

Görev süresi

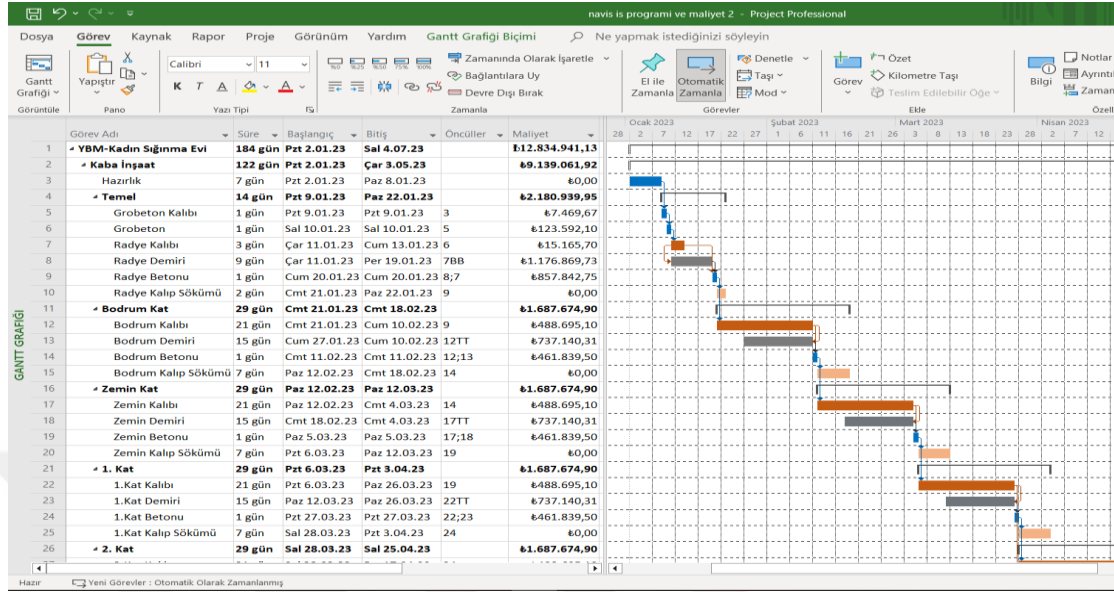
- Ekip Verimliliği/ Ekip Sayısı/ Benzer Alan = Görev Süresi

Formülü ile bulunmuştur (Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12). Bulunan değerler “0.25”ten fazla ise yukarı, az ise aşağı yuvarlanmıştır. Bir istisna beton dökümü imalatlarında yapılmıştır. Soğuk derz durumunun oluşmaması için her beton dökümünün 1 günde yapılması planlanmıştır.

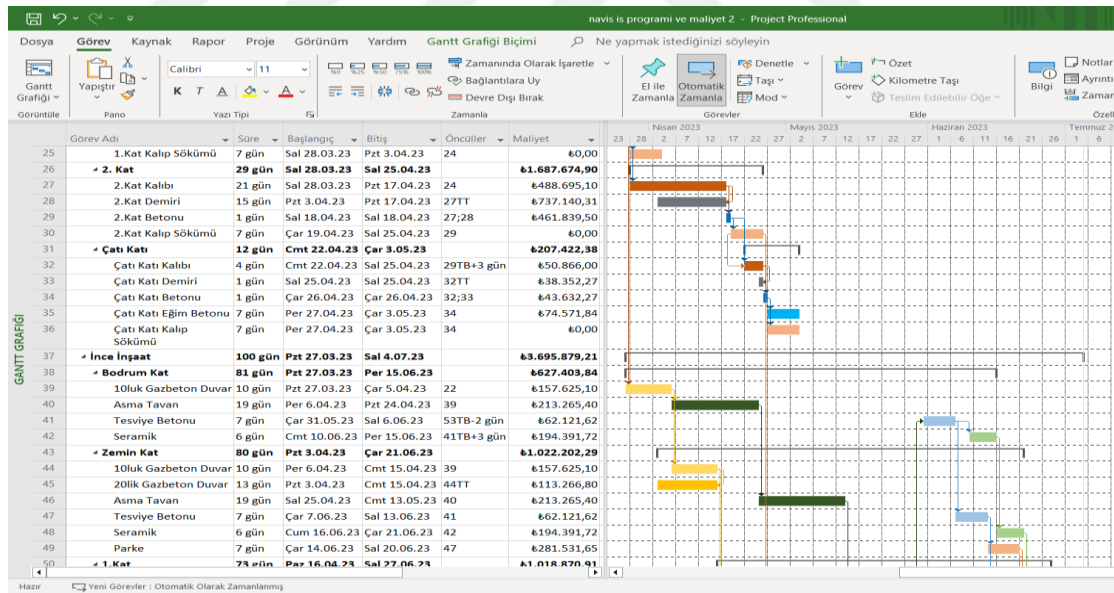
Revit ile diğer yöntemler arasındaki görev süresi farkının daha anlaşılır olabilmesi için Revit’te belirlenen ekip sayısı diğer yöntemlerde sabit tutulmuştur. Böylece görev süresi yevmiyeye göre değişken olmuştur.

Görev süresi belirlendikten sonra görev ilişkisini ve toplam proje süresini hesaplayabilmek için Ms Project programında üç yöntem ile iş programı oluşturulmuştur.

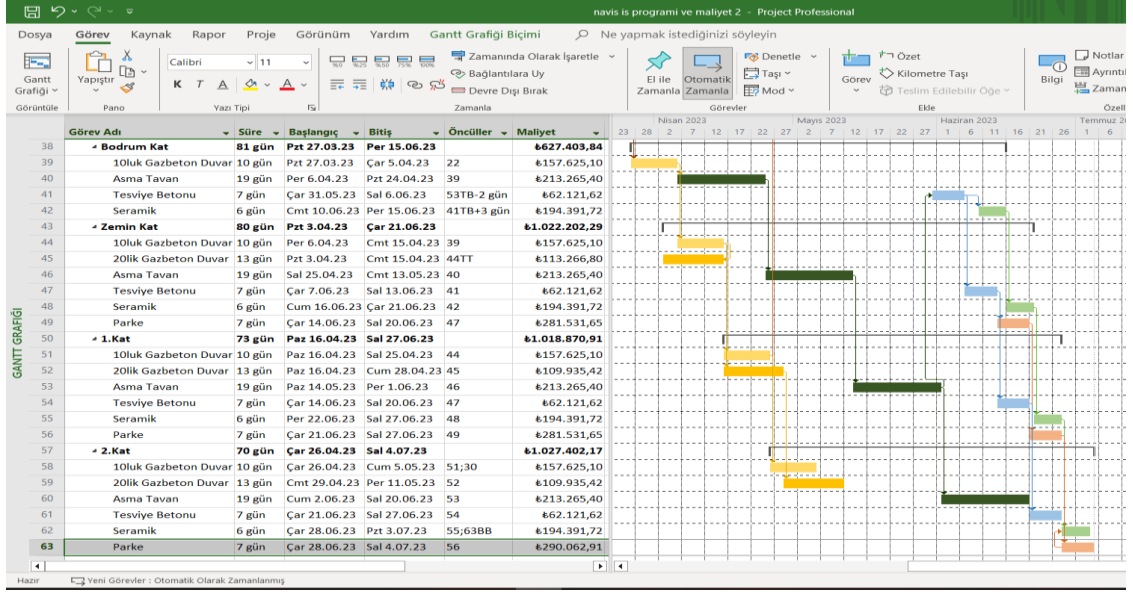
Revit'ten elde edilen görev süresi ve maliyet verileri ile oluşturulan iş programı Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'teki gibi olmaktadır.



Şekil 5.2. Revit verileri ile Ms Project'te iş programı (1).



Şekil 5.3. Revit verileri ile Ms Project'te iş programı (2).



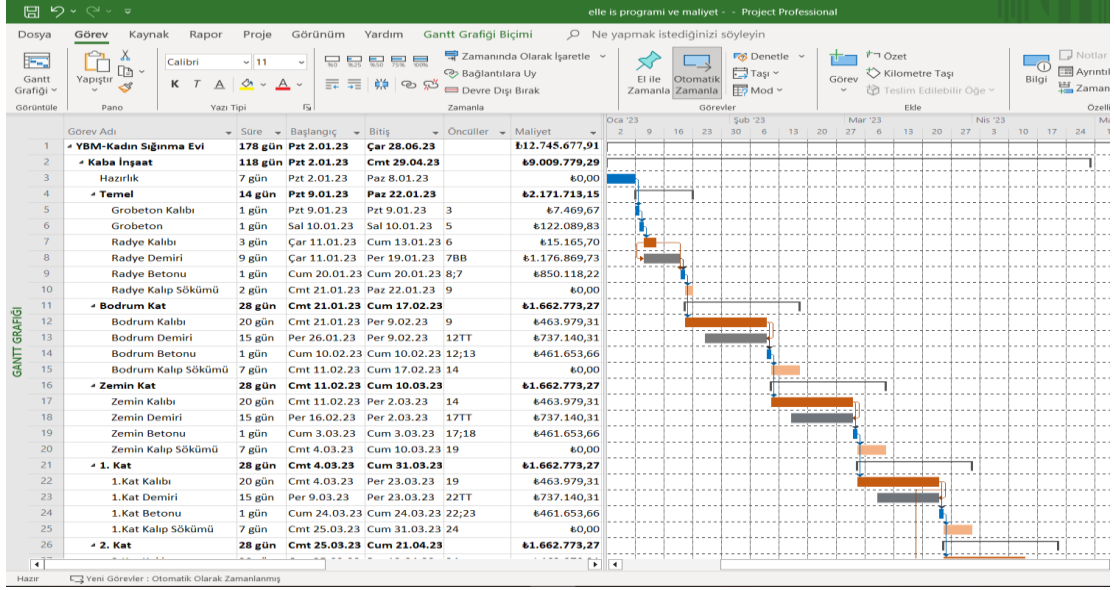
Şekil 5.4. Revit verileri ile Ms Project'te iş programı (3).

Ms Project istatistiklerine göre görev süreleri, ilişkileri ve takvime bağlanmasının ardından Revit verileri ile projenin 02.01.2023 tarihinde başladığı 04.07.2023 tarihinde tamamlandığı, işin 184 gün sürdüğü ve maliyetin 12.834.941,13 TL olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.5).

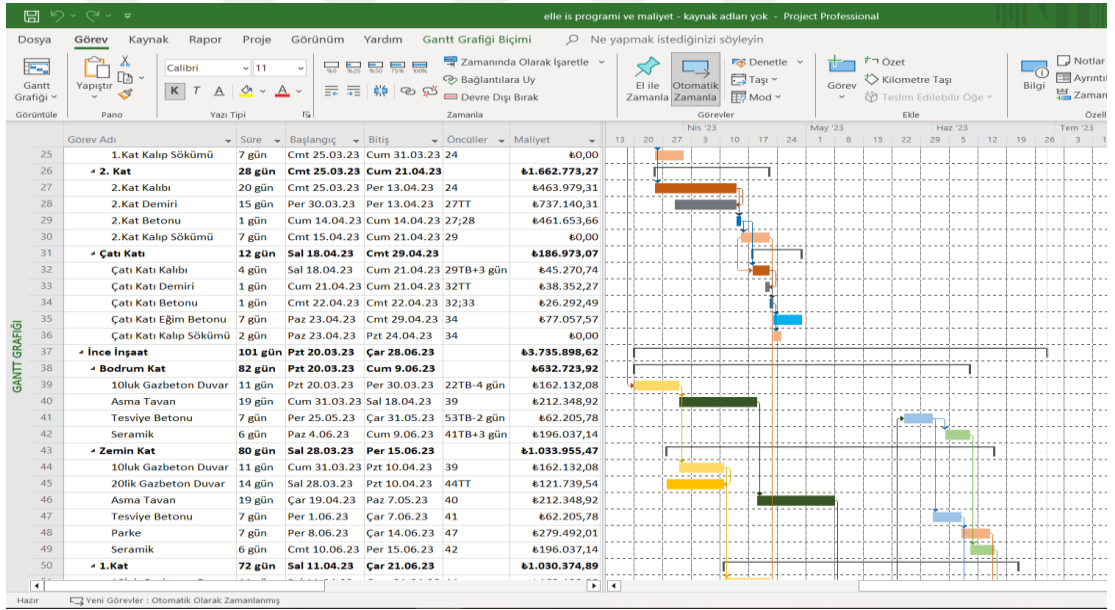
'Revit Verileri ile İş Programı' için Proje İstatistikleri			
	Başlangıç	Bitiş	
Geçerli	Pzt 2.01.23	Sal 4.07.23	
Temel	Yok	Yok	
Fiili	Yok	Yok	
Varyans	0g	0g	
	Süre	Çalışma	Maliyet
Geçerli	184g	0s	₺12.834.941,13
Temel	0g	0s	₺0,00
Fiili	0g	0s	₺0,00
Kalan	184g	0s	₺12.834.941,13
Tamamlanma yüzdesi:			
Süre: 0%		Çalışma: 0%	
			Kapat

Şekil 5.5. Revit verileri ile hazırlanan iş programının istatistikleri.

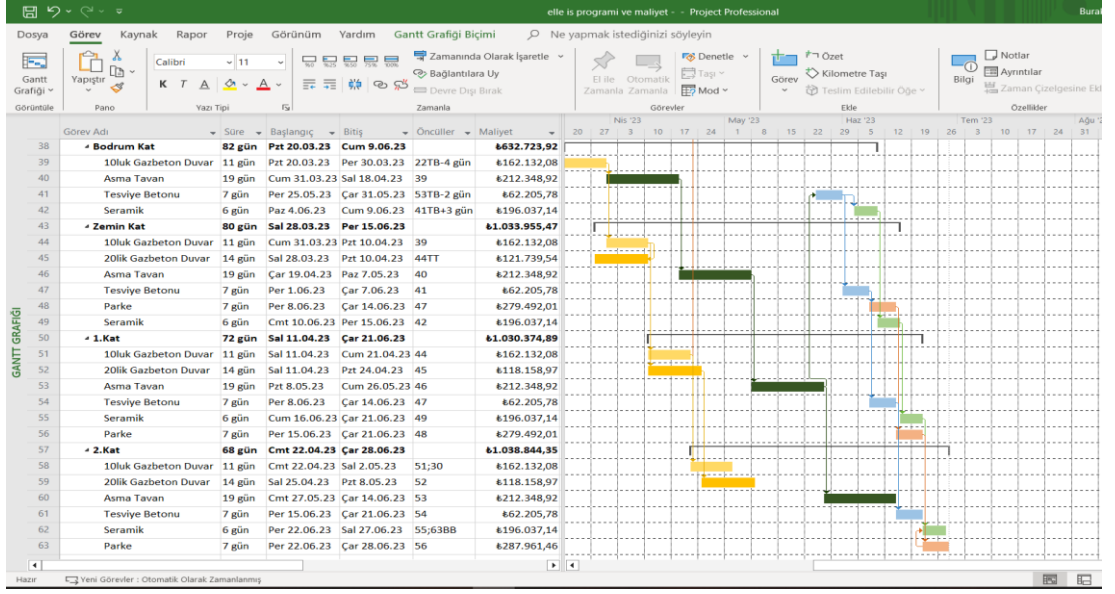
Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen görev süresi ve maliyet verileri ile oluşturulan iş programı Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'teki gibi olmaktadır.



Şekil 5.6. Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler ile iş programı (1).



Şekil 5.7. Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler ile iş programı (2).



Şekil 5.8. Geleneksel hesaplama yöntemi ile elde edilen veriler ile iş programı (3).

Ms Project istatistiklerine göre görev süreleri, ilişkileri ve takvime bağlanmasının ardından projenin 02.01.2023 tarihinde başladığı 28.06.2023 tarihinde tamamlandığı, işin 178 gün sürdüğü ve maliyetin 12.745.677,91 TL olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.9).

'elle is programı ve maliyet -' için Proje İstatistikleri

	Başlangıç	Bitiş
Geçerli	Pzt 2.01.23	Çar 28.06.23
Temel	Yok	Yok
Fiili	Yok	Yok
Varyans	0g	0g

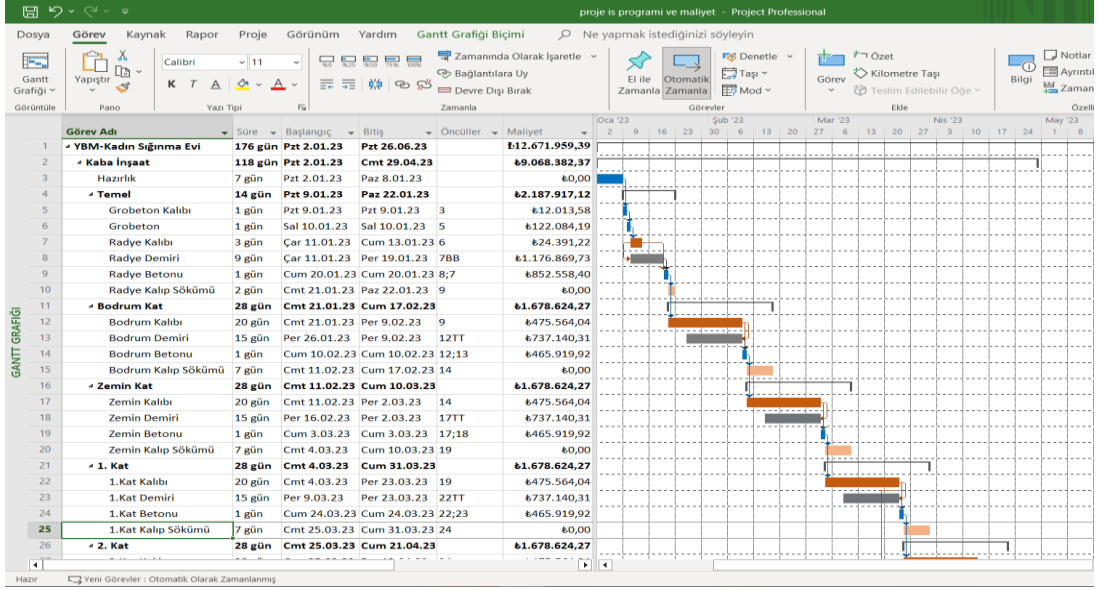
	Süre	Çalışma	Maliyet
Geçerli	178g	0s	₺12.745.677,91
Temel	0g	0s	₺0,00
Fiili	0g	0s	₺0,00
Kalan	178g	0s	₺12.745.677,91

Tamamlanma yüzdesi:
Süre: 0% Çalışma: 0%

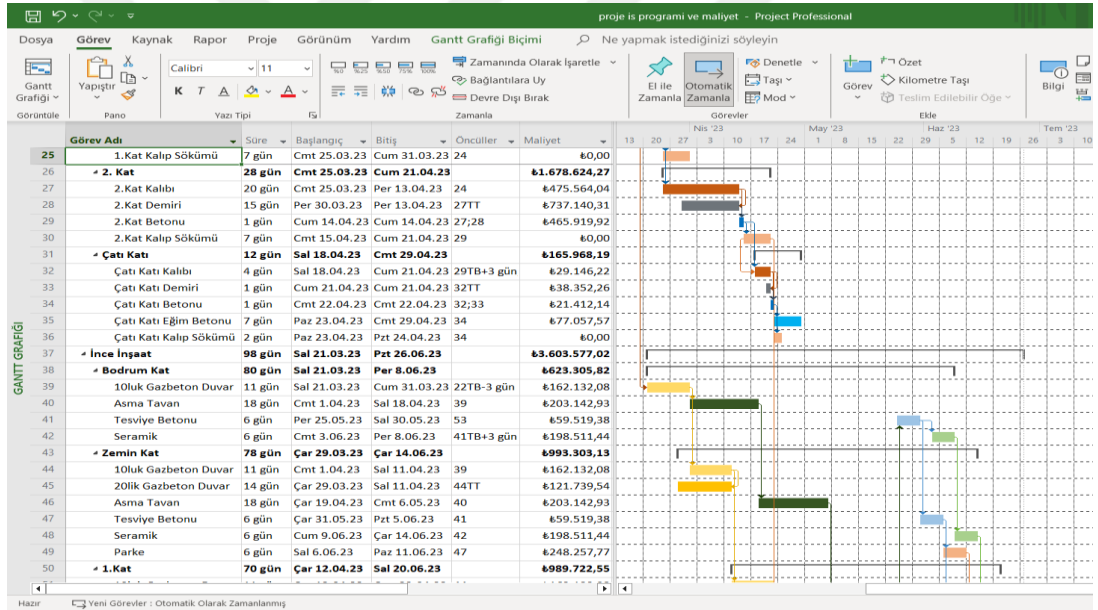
Kapat

Şekil 5.9. Geleneksel hesaplama yöntemi iş programı istatistikleri.

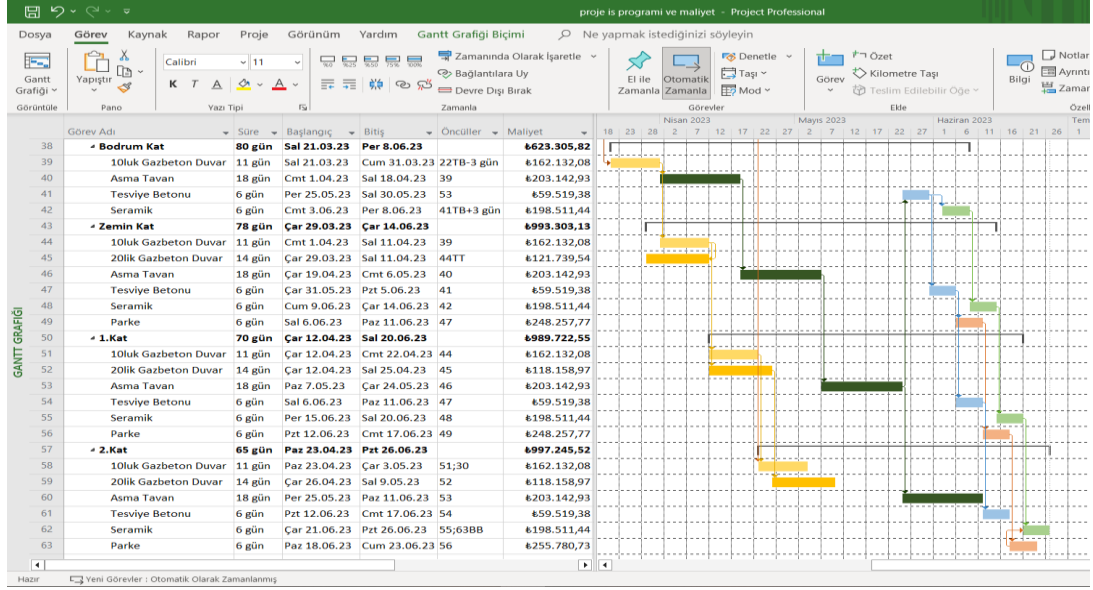
Projedeki hazır metrajlar ile elde edilen görev süresi ve maliyet verileri ile oluşturulan iş programı Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'teki gibi olmaktadır.



Şekil 5.10. Projedeki hazır metraj verileri oluşturulan iş programı (1).



Şekil 5.11. Projedeki hazır metraj verileri oluşturulan iş programı (2).



Şekil 5.12. Projedeki hazır metraj verileri oluşturulan iş programı (3).

Ms Project istatistiklerine göre görev süreleri, ilişkileri ve takvime bağlanmasının ardından projenin 02.01.2023 tarihinde başladığı 26.06.2023 tarihinde tamamlandı, işin 176 gün sürdüğü ve maliyetin 12.671.959,39 TL olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.13).

'proje verileri ile is programi ve maliyet' için Proje İstatistikleri

	Başlangıç	Bitiş
Geçerli	Pzt 2.01.23	Pzt 26.06.23
Temel	Yok	Yok
Fiili	Yok	Yok
Varyans	0g	0g

	Süre	Çalışma	Maliyet
Geçerli	176g	0s	₺12.671.959,39
Temel	0g	0s	₺0,00
Fiili	0g	0s	₺0,00
Kalan	176g	0s	₺12.671.959,39

Tamamlanma yüzdesi:

Süre: 0% Çalışma: 0%

Kapat

Şekil 5.13. Projedeki hazır metrajlarla oluşturulan iş programı istatistikleri.

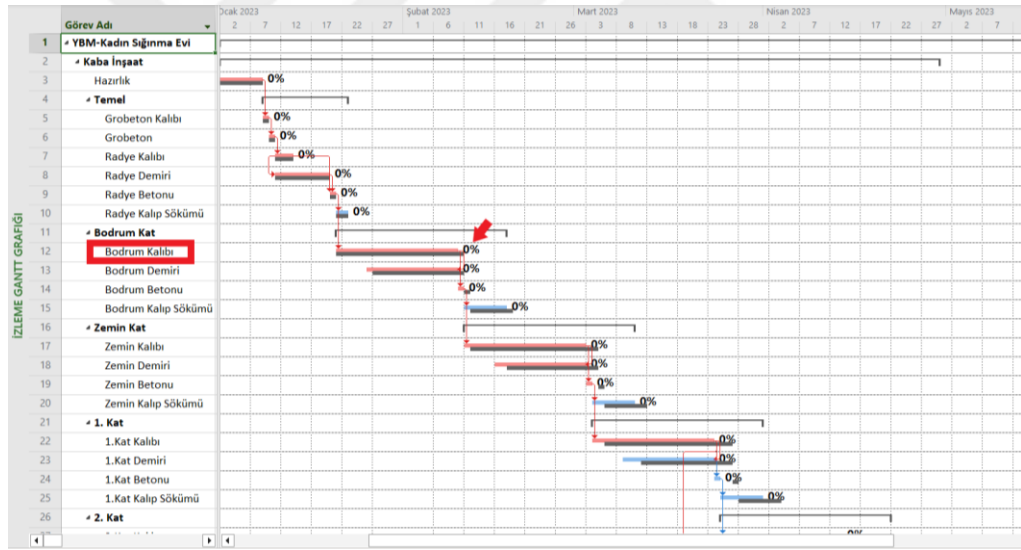
5.3.1 İş Programı Verilerinin Karşılaştırılması

Üç yöntem ile oluşturulan iş programı karşılaştırıldığında proje tamamlanma sürelerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu durum metraj miktarları arasındaki farklılıkların sonucudur. Revit verileri ile öngörülen tamamlanma süresi diğer iki yöntemden de fazladır. Farkları ve sapma oranları Çizelge 5.13'te görüldüğü gibidir.

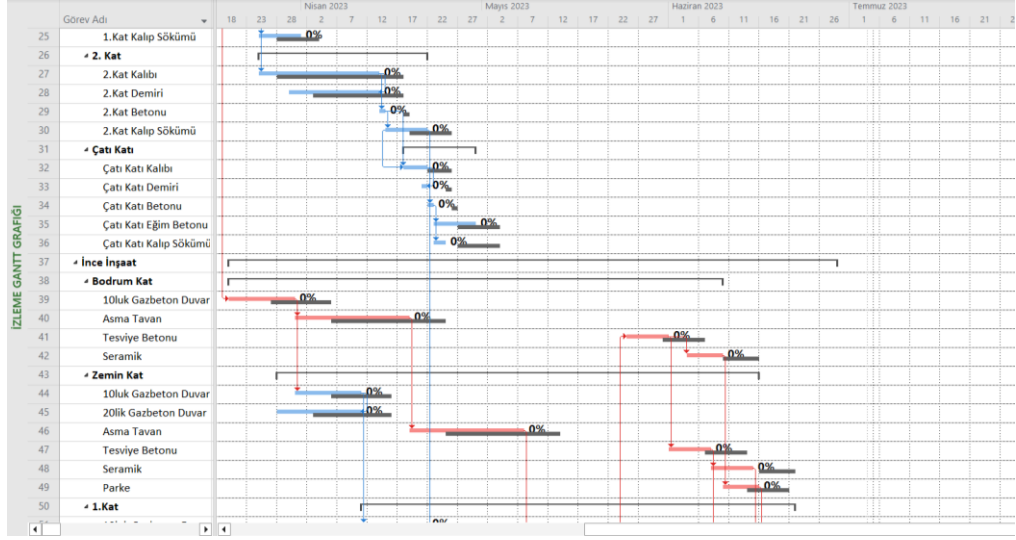
Çizelge 5.13. Revit ve diğer yöntemler arasındaki gün farkları ve sapma oranları.

Tamamlanma Süresi (gün)			Fark (gün)		Sapma Oranı(%)	
Revit (R)	Geleneksel (G)	Proje (P)	R-E	R-P	(R-G)/G	(R-P)/P
184	178	176	6	2	3,37%	1,14%

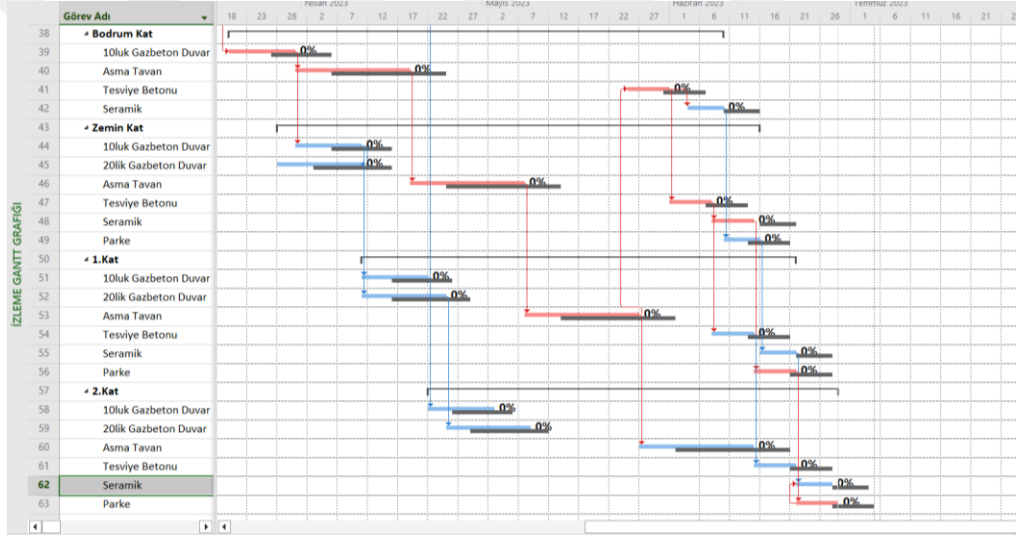
Revit ve geleneksel yöntemlerle elde edilen veriler ile hazırlanan iş programında aktiviteler arasındaki gün farklarının daha net görülebilmesi için Ms Project yazılımında karşılaştırmalı Gantt diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 5.14. Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen iş programının Gantt diyagram karşılaştırması (1).



Şekil 5.15. Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen iş programının Gantt diyagram karşılaştırması (2).



Şekil 5.16. Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen iş programının Gantt diyagram karşılaştırması (3).

Şekil 5.14, 5.15 ve 5.16’da görülen Gantt diyagramındaki renkli çubuklar geleneksel yöntem verileri ile hazırlanan iş programı aktivite sürelerini, siyah çubuklar ise Revit yazılımından elde edilen verilerle hazırlanan iş programı aktivite sürelerini ifade etmektedir. Gantt diyagramı karşılaştırmasına bakıldığında Şekil 5.14’te görüldüğü gibi “Bodrum Kat Kalıbı” görevinde farklılığın başladığı görülmektedir. Şekil 5.15 ve 5.16’da da görüldüğü gibi tüm görevlerde farklılıklar gözlemlenmektedir.

Revit ve geleneksel yöntemle elde edilen veriler ile hazırlanan iş programındaki aktivitelerin öncül ve ardıllar aynıdır dolayısıyla tamamlanma süreleri farklı da olsa kritik faaliyetleri aynı bulunmaktadır (Çizelge 5.14). Revit ile proje verileri hazırlanan iş programında 39 ve 41 no’lu görevlerin öncülleri farklıdır. Bu sebeple kritik yol da farklı bulunmaktadır (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.14. Revit verileri ile oluşturulan iş programındaki kritik faaliyetler.

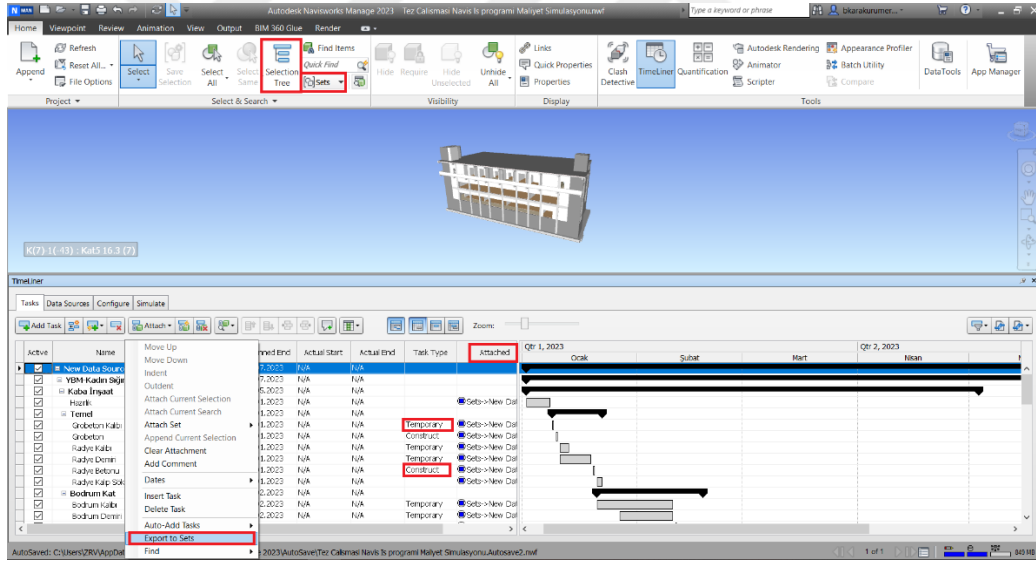
Kimlik	Ad	Başlangıç	Bitiş
3	Hazırlık	Pzt 2.01.23	Paz 8.01.23
5	Grobeton Kalıbı	Pzt 9.01.23	Pzt 9.01.23
6	Grobeton	Sal 10.01.23	Sal 10.01.23
7	Radye Kalıbı	Çar 11.01.23	Cum 13.01.23
8	Radye Demiri	Çar 11.01.23	Per 19.01.23
9	Radye Betonu	Cum 20.01.23	Cum 20.01.23
12	Bodrum Kalıbı	Cmt 21.01.23	Cum 10.02.23
13	Bodrum Demiri	Cum 27.01.23	Cum 10.02.23
14	Bodrum Betonu	Cmt 11.02.23	Cmt 11.02.23
17	Zemin Kalıbı	Paz 12.02.23	Cmt 4.03.23
18	Zemin Demiri	Cmt 18.02.23	Cmt 4.03.23
19	Zemin Betonu	Paz 5.03.23	Paz 5.03.23
22	1.Kat Kalıbı	Pzt 6.03.23	Paz 26.03.23
39	10'luk Gazbeton Duvar	Pzt 27.03.23	Çar 5.04.23
40	Asma Tavan	Per 6.04.23	Pzt 24.04.23
41	Tesviye Betonu	Çar 31.05.23	Sal 6.06.23
46	Asma Tavan	Sal 25.04.23	Cmt 13.05.23
47	Tesviye Betonu	Çar 7.06.23	Sal 13.06.23
49	Parke	Çar 14.06.23	Sal 20.06.23
53	Asma Tavan	Paz 14.05.23	Per 1.06.23
56	Parke	Çar 21.06.23	Sal 27.06.23
63	Parke	Çar 28.06.23	Sal 4.07.23

Çizelge 5.15. Projedeki hazır verileri ile oluşturulan iş programındaki kritik faaliyetler.

Kimlik	Ad	Başlangıç	Bitiş
3	Hazırlık	Pzt 2.01.23	Paz 8.01.23
5	Grobeton Kalıbı	Pzt 9.01.23	Pzt 9.01.23
6	Grobeton	Sal 10.01.23	Sal 10.01.23
7	Radye Kalıbı	Çar 11.01.23	Cum 13.01.23
8	Radye Demiri	Çar 11.01.23	Per 19.01.23
9	Radye Betonu	Cum 20.01.23	Cum 20.01.23
12	Bodrum Kalıbı	Cmt 21.01.23	Per 9.02.23
13	Bodrum Demiri	Per 26.01.23	Per 9.02.23
14	Bodrum Betonu	Cum 10.02.23	Cum 10.02.23
17	Zemin Kalıbı	Cmt 11.02.23	Per 2.03.23
18	Zemin Demiri	Per 16.02.23	Per 2.03.23
19	Zemin Betonu	Cum 3.03.23	Cum 3.03.23
22	1.Kat Kalıbı	Cmt 4.03.23	Per 23.03.23
39	10'luk Gazbeton Duvar	Sal 21.03.23	Cum 31.03.23
40	Asma Tavan	Cmt 1.04.23	Sal 18.04.23
41	Tesviye Betonu	Per 25.05.23	Sal 30.05.23
42	Seramik	Cmt 3.06.23	Per 8.06.23
46	Asma Tavan	Çar 19.04.23	Cmt 6.05.23
48	Seramik	Cum 9.06.23	Çar 14.06.23
53	Asma Tavan	Paz 7.05.23	Çar 24.05.23
55	Seramik	Per 15.06.23	Sal 20.06.23
62	Seramik	Çar 21.06.23	Pzt 26.06.23

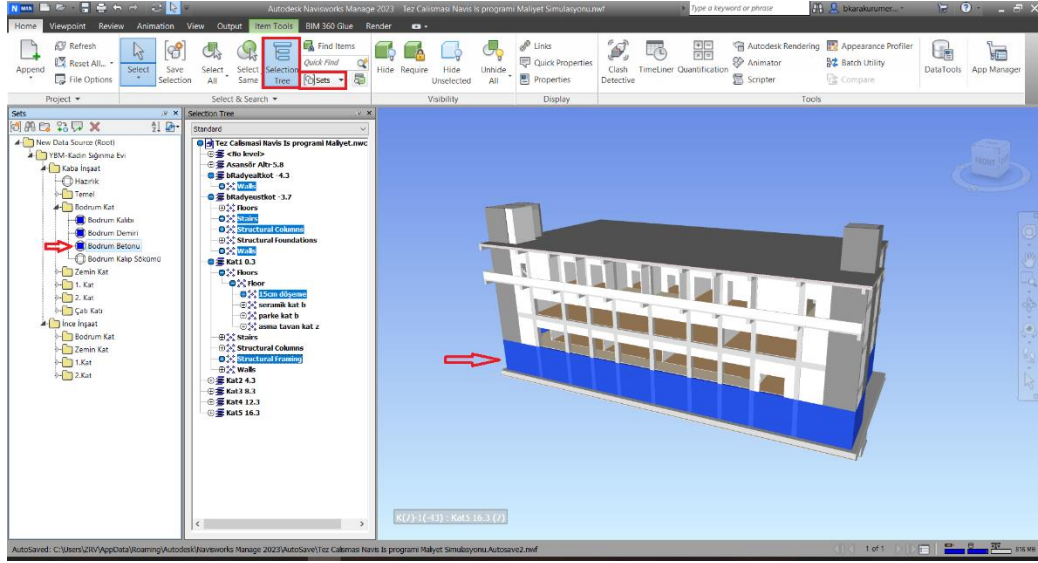
5.4 Navisworks Manage ile Projenin 4B ve 5B Modellenmesi

Navisworks programında Revit uzantılı (.rvt) dosyasını açılmasını ve Ms Project ile hazırlanan iş programının Navisworks'e aktarılması yöntemini "4.5 Navisworks Manage" başlığında anlatılmıştı. 5B modelin tamamlanabilmesi için Revit'te oluşturulan ve yapı elemanlarını ifade eden nesnelerin (family) iş programındaki aktiviteyle bağlanması gerekmektedir. Navisworks'te aktiviteler ile nesnelere tek tek de bağlanabilir fakat bu oldukça zaman almaktadır. Bu çalışmada setler oluşturularak bağlama işlemi anlatılacaktır. İş programı aktivitelerinin görüldüğü "Task" sekmesi altındaki herhangi bir aktiviteye sağ tıklayıp "Export to Sets" komutu verilir (Şekil 5.17). "Home-Sets-Manage Sets" kısmından oluşturulan bu set görülebilmektedir. "Home-Selection Tree" komutu ile modelin içerdiği nesnelere isimleri ile görüntülenir. "Selection Tree" açılır penceresindeki nesnelere "Sets" açılır penceresindeki aktiviteler ile bağlanır (Şekil 5.18). Bir aktiviteye birden çok nesne bağlanabilmektedir. Örneğin "Bodrum Beton" aktivitesine perde duvar, merdiven, kolon, kiriş ve döşeme nesnelere seçilerek tanımlanmıştır. Seçilen nesne Şekil 5.18'deki gibi 3B olarak da görünmektedir. "Bodrum Beton" aktivitesinin tamamlandığı tarihte, ekranda da bu nesnelere tamamlandığı görünecektir.



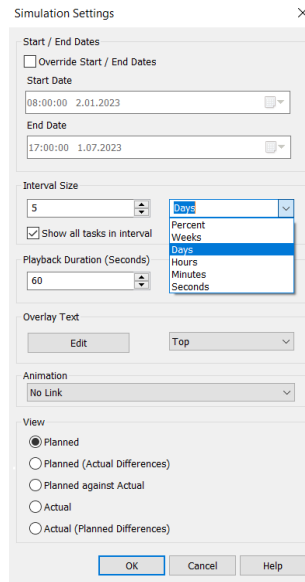
Şekil 5.17. Set oluşturulması, görev tipinin seçilmesi.

Simülasyon ortamında oluşumu görülmek istenen aktivitenin, görev tipini (Task Type) seçmek gerekmektedir. Örneğin, kalıp işleri geçici olduğu için "Temporary" seçilmiştir. Beton dökümü, asma tavan gibi işler kalıcı olduğu için "Construct" seçilmiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.18. Aktivitelere nesnelere bağlanması.

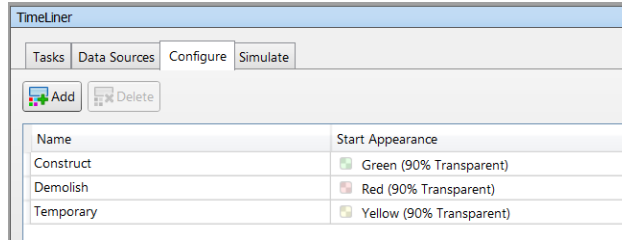
Bu işlemlerin yapılmasının ardından modelin simülasyon aşamasına geçilmiştir. “TimeLiner-Simulate” kısmından simülasyon ayarlarına girerek arzu edilen şekilde simülasyon ayarları yapılabilmektedir (Şekil 5.19). Simülasyon istenilen tarih aralığında başlatılabilir ve bitirilebilir. Günlük, haftalık, yüzdeler ilerlemeler görülebilir. Simülasyonun oynatma süresi (Playback Duration) belirlenebilir.



Şekil 5.19. Simülasyon ayarları.

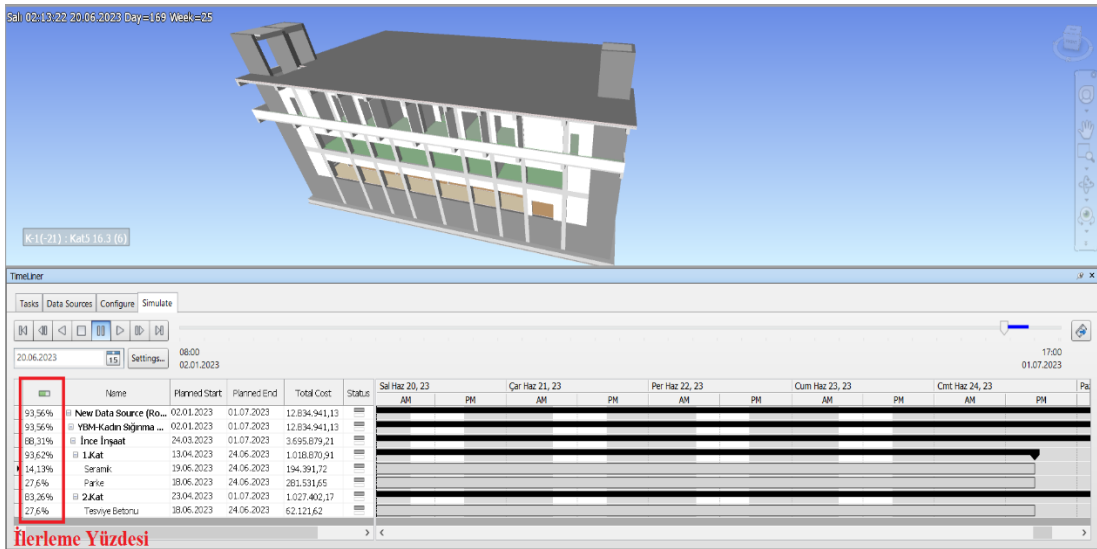
Simülasyonda oluşum sürecindeki yapı elemanları “Configure” sekmesi altında renklendirilmektedir. Görev tipine (Task Type) göre renk düzenlemeleri yapılabilmektedir (Şekil 5.20). Örneğin kalıp işleri “Temporary” tipi bir görev olduğu

için simülasyondaki oluşum süreci sarı renkle görünecektir. Seramik imalatı “Construct” tipi bir görev olduğu için oluşum süreci yeşil renk ile ifade edilecektir.



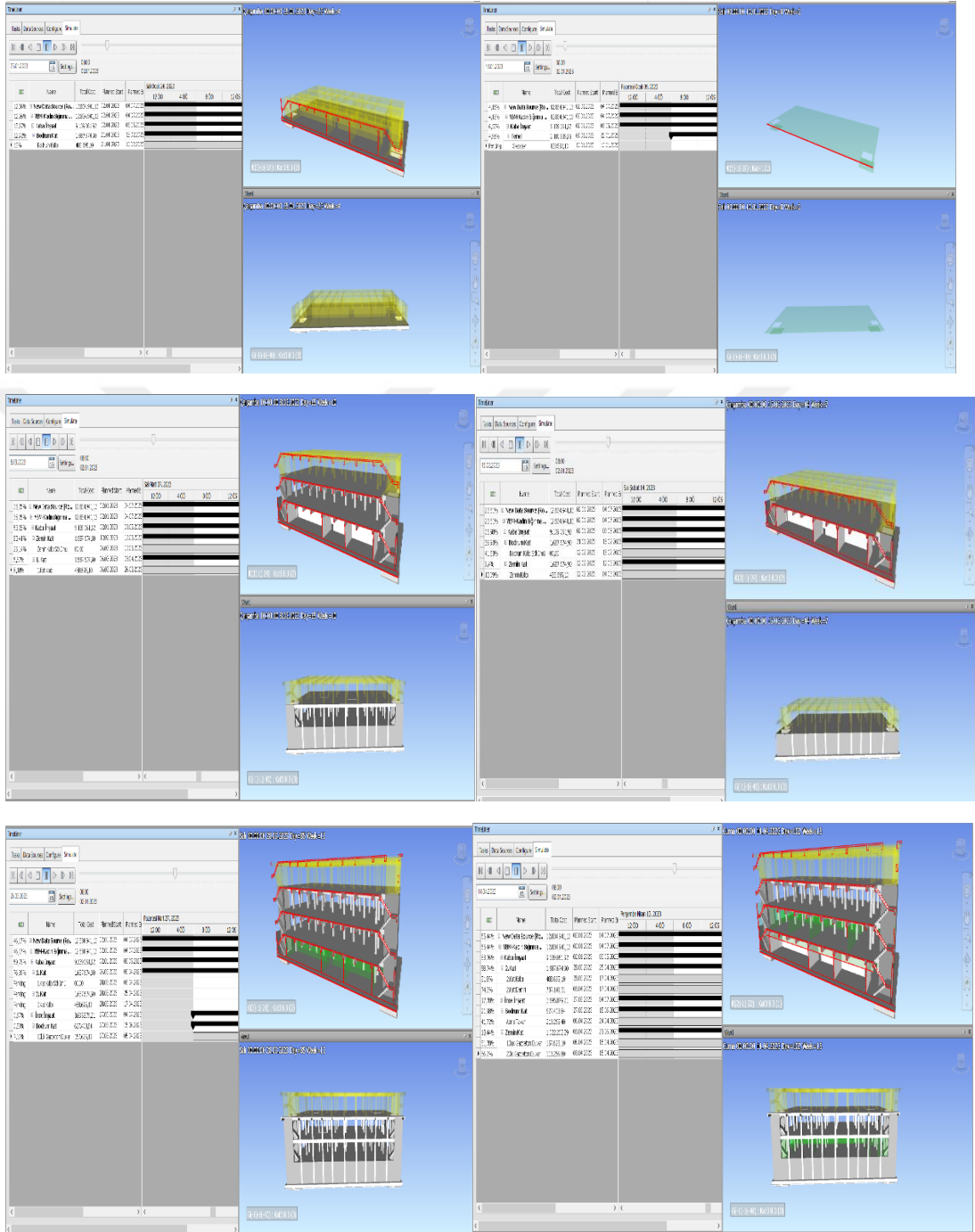
Şekil 5.20. Görev tipine göre oluşum sürecini renklendirme ayarları.

Simülasyon ayarları tamamlandıktan sonra “Simulate” sekmesinden yapının sanal ortamdaki inşaatı izlenebilmektedir. Tarih ilerledikçe başlayan ve devam eden işler “Task Name” sütununda görülür. İşin tamamlanan kısmı ve harcanan bütçe “Simulation Progress” sütununda yüzdesel olarak ifade edilmektedir. “TimeLiner” sekmesinde Gantt diyagramı takip edilebilmekte ve tüm bunlar 3B görsel ile desteklenmektedir. Örneğin Şekil 5.21’de 20.06.2023 tarihi görüntülenmektedir. Bu tarih için 169. günü olmuştur. Yapım işinin %93,56’sı tamamlanmıştır. Bütçenin 12.008.370,92 TL’lik kısmı harcanmıştır. Biraz daha detaya inildiğinde kaba inşaat işlerinin tamamlandığı, ince işlerin devam ettiği anlaşılmaktadır. 1. Katın seramik ve parke işleri, 2. Katın tesviye betonu işlerinin eş zamanlı devam ettiği hem iş programında hem de 3B görselde görülmektedir (yeşil renk ile).

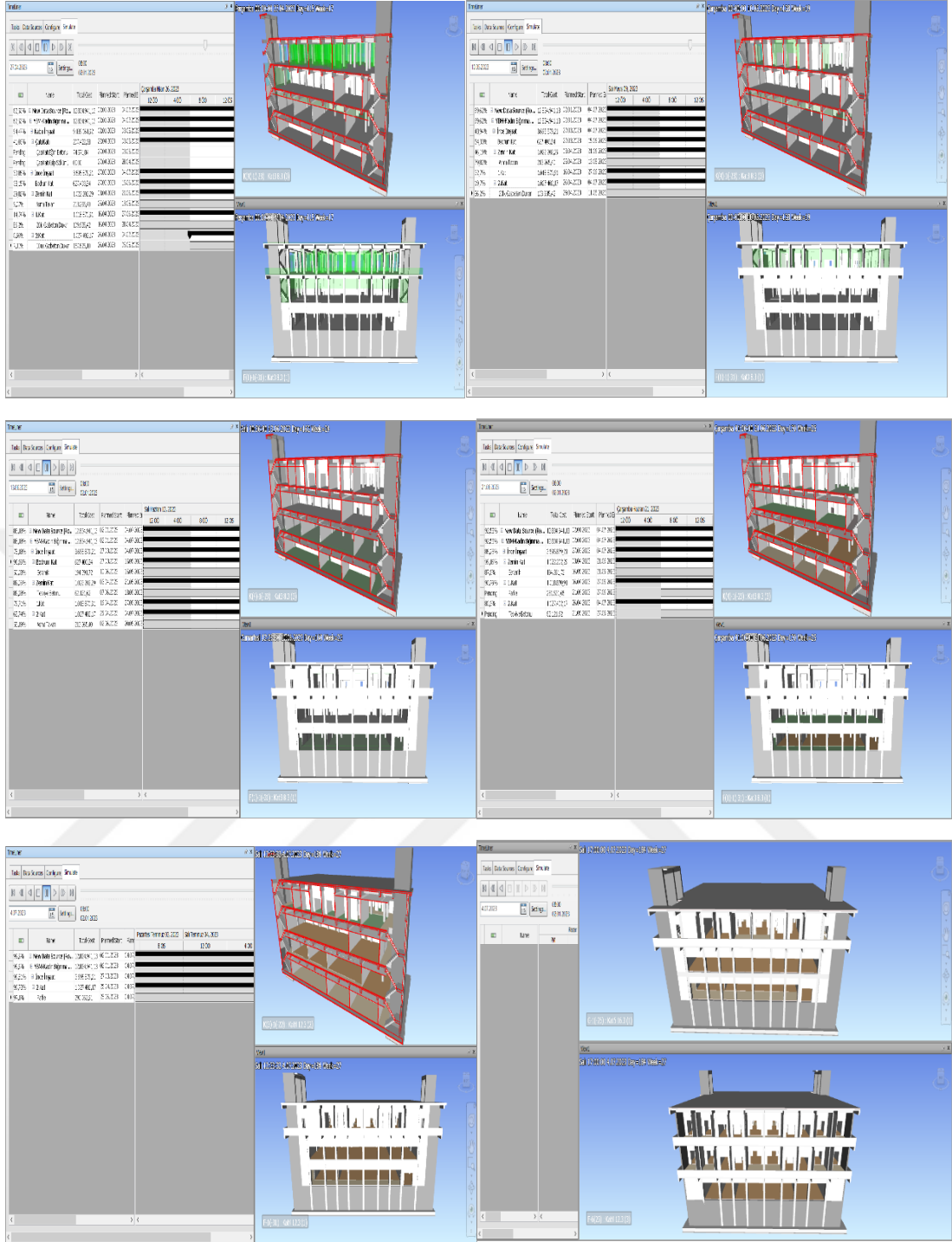


Şekil 5.21. Navisworks simülasyon özelliği.

Tez konusu Kadın Sığınma Evi yapım işinin yüzdesel olarak ilerlemeli 5B model simülasyon görselleri Şekil 5.22 ve 5.23'te gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Kadın Sığınma Evi 5B model simülasyonu.



Şekil 5.23. Kadın Sığınma Evi 5B model simülasyonu (Şekil 5.19'un devamı).

Yapılan simülasyon sonucunda yapım işinin iş programındaki 184 gün sürdüğü, proje tamamlanma tarihinin 04.07.2023 olduğu görülmüştür. Harcanan bütçe de hesaplandığı gibi 12.834.941,13 TL olmuştur.

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Proje Yönetimi, planlama aşamasında gerçekçi bir iş programı ve maliyet hesaplamasını hedeflemektedir. Bunun için tasarım aşamasında üretilen projenin hata miktarının en aza indirgenmesi dolayısıyla da doğru bir metraj hesaplaması yapılması gerekmektedir. Tasarım ve planlama aşamasında kullanılan geleneksel ve bilgisayar destekli teknikler geçmişte başarılı olsa da proje kapsamı genişlediği için yenilik ihtiyacı doğmuştur.

BIM dünyada ve ülkemizde kullanım alanı genişleyen yenilikçi bir teknolojidir. BIM sadece 3B tasarım olarak değil diğer boyutlarıyla da inşaat sektörüne fayda sağlamaktadır. Bu çalışmada BIM'in 4B ve 5B yani zaman ve maliyet boyutlarının proje yönetimine etkisi incelenmiştir.

Çalışmada Kadın Sığınma Evi Yapım İşinin 2B çizimi BIM tabanlı Revit programında modellenmiş, modelleme süreci aktarılmıştır. Revit programı ile modelin metraj hesaplaması yapılmıştır. Ayrıca proje üzerinden geleneksel hesaplama yöntemi ve projedeki hazır metraj verileri ile metraj miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen metraj verileri, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayımladığı birim fiyatlar ile çarpılarak imalatların maliyeti hesaplanmıştır. Üç yöntemle hesaplanan metraj ve maliyet verileri esas alınarak Ms Project ile üç farklı iş programı oluşturulmuş ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Geleneksel planlama yöntemleri ile karşılaştırmak için Revit programından elde edilen metraj verileri ile hazırlanan iş programı Ms Project'ten BIM tabanlı Navisworks Manage programına aktarılmıştır. Navisworks ortamında, 3B yapı elemanları ile zaman ve maliyet verileri ilişkilendirilerek 5B model oluşturulmuştur. Böylece yapının ilerleyen zaman içerisinde oluşumu 3B olarak izlenmiş ve harcanan bütçe miktarı analiz edilebilmiştir. Bu bilgiler sonucunda BIM'in geleneksel proje yönetimi süreçlerine sağladığı avantaj ve dezavantajları aşağıda paylaşılmıştır.

BIM ile 3B modelde yapılan herhangi bir değişiklik; kesit, görünüş ve detayda aynı anda gerçekleşmektedir. Bu sebeple modelleme süreci uzun sürdüğü düşünülse de proje revizyonu kolay ve hızlı olmaktadır. Farklı disiplinler tarafından oluşturulan 3B modeller tek bir dosyada birleştirilerek, yapı elemanları arasındaki çakışmalar tespit edilip düzeltilmektedir. Böylelikle yanlış tasarımların fark edilmemesinden veya geç fark edilmesinden dolayı oluşabilecek aksaklıkların önüne geçilebilmektedir. BIM ile yapının 3B olarak gerçeğe yakın bir şekilde sanal ortamda görüntülenmesi iş sahibinin istek ve arzularını daha net bir şekilde görebilmesini sağlamaktadır.

Geleneksel hesaplama yöntemi olan elle metraj yöntemi karmaşık ve zorlu bir süreçtir. BIM tabanlı program olan Revit bu süreci oldukça kolaylaştırmaktadır. Projede revizyon olsa dahi bu değişiklik otomatik olarak metraja yansiyacak ve tekrar tekrar metraj hesaplamak gerekmeyecektir. Revit her kat, her yapı elemanı için ayrı metraj listesi hazırlayabilmesi özelliğiyle kullanıcıya detaylı metraj listelerini hızlı bir şekilde oluşturma imkanı sağlamaktadır. Bu durumlar metraj hesaplamadaki hata ihtimalini en aza indirmektedir. Fakat modellemede yapılacak hatalar da doğru olmayan metraj sonuçlara yol açacağından modelleme esnasında bu hatalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda Revit yazılımı ile beton modellemesi yapılabilmesine

rağmen kalıp metrajını otomatik olarak vermemektedir. Bu çalışmada beton yüzeylere kalıp modellemesi yapıldığı için kalıp metrajı hesaplanabilmiştir fakat bu yöntem süreci uzatmıştır. Bir diğer süreci uzatan husus ise Revit yazılımında duvar modellemesi yapılırken karşılaşılan durumdur. Revit, giriş ile kesişen duvarları otomatik olarak minha etmediği için metrajda yanlışlıklara yol açabilmektedir. Giriş ile kesişen duvarlar el ile düzeltilerek bu sorun çözülmüştür. Revit programı, tasarım sürecini her ne kadar kısaltıyor olsa da bu problemlerin ilerleyen dönemlerde düzeltilmesi gereken önemli konulardan olduğu düşünülmektedir.

Navisworks ile oluşturulan 5B model, yapının gerçek hayattaki oluşumunun simülasyonu niteliğindedir. İş programında zaman ve maliyet akışı takip edilirken bir yandan da yapının oluşumu görülebilmektedir. Bu da iş programının takibini kolaylaştırmaktadır. İş oluşturulan görevler arasındaki ilişkinin 3B model ile desteklenmesi ile uyumsuzluklar giderilebilmektedir. Bunlar da 5B modellemenin proje verimliliğini artırdığını göstermektedir.

Geleneksel yöntemlere göre BIM, tasarım ve planlama süreçlerini kısalttığı, zaman ve maliyet hesaplamalarında kolaylık ve gerçeklik sağladığı için Proje Yönetimi disiplinine katkıda bulunmaktadır. Proje Yönetim ekibi, BIM sayesinde oluşturulan iş programını 3B olarak görüntüleyebilmekte, istenilen tarihte yapının mevcut durumunu izleyebilmekte, harcanan bütçeyi görebilmektedir. BIM ile projenin kontrolü daha rahat gerçekleşebilmekte ve 3B olarak iş sahibine sunumu gerçekleştirilebilmektedir. Bu özellikleriyle BIM zaman ve maliyet yönetimine katkıda bulunarak başarılı proje uygulamalarını desteklemektedir.

BIM'in planlama ve maliyet analizindeki verimliliğinin farkında olan bazı büyük firmalar bu avantajlardan faydalanmaktadır. BIM'in bu avantajları sadece büyük ölçekteki firmalar için değildir. Özellikle ülkemizde artan maliyetler sebebiyle BIM, küçük ölçekteki firmalara da süre ve bütçe konusunda oldukça fayda sağlayabilir. BIM için ayrılan kaynağın karşılığının sürece yayılmış bir şekilde olsa da verimlilik ve etkin çalışma çıktıları ile alınacağı düşünülmektedir.

Çalışmada projeyi oluşturan sınırlı sayıda imalat incelenebilmiştir. Örneğin inşaat işlerinden demir donatı ve bazı mimari işler modellenmemiştir. Mekanik ve elektrik tesisat da yer almamaktadır. Bu da çalışmanın kısıtlarından olmuştur. Modele dahil edilen imalat sayısı arttıkça BIM kullanımının verimi artacak ve daha doğru sonuçlar elde edilecektir. Bundan sonraki çalışmalarda tüm disiplinlere ait projelerin sürece dahil edilmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada BIM kullanımının inşaat sektörü için avantajları vurgulansa da firmaların BIM konusunda nitelikli iş gücüne erişim sıkıntısı, BIM sürecine geçişi zorlaştıran en önemli sorunlardan biridir. Bu yüzden BIM'in yüksek öğretim kurumlarında da ders müfredatına eklenmesi tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Alat, H., Konut Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı: Örnek Vaka Çalışması, Eskişehir Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik, 119, 2019.
- Alshamali, H., Yapı Bilgi Modellemesinin 3D ve 4D Fonksiyonlarının Örnek Bir İnşaat Projesi Üzerinde İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 193, 2020.
- Arslan, M., Türkiye’de İnşaat Proje Yönetiminin Yeri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 176, 2003.
- Aydar, U., Yaylalı, G., Yapı Bilgi Modellemesinin Alt Yapı Projelerinde Kullanımı Üzerine Bir Uygulama Çalışması, ÇOMÜ LJAR, 3(6), 34-43, 2022.
- Atabay, Ş., Öztürk, M.B., Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Uygulama Planı Üzerine İnceleme, Mühendis Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 418-430, 2019.
- Autodesk, “BIM’in Avantajları”, <https://www.autodesk.com.tr/solutions/bim/benefits-of-bim>, Erişim Tarihi: 2023.
- Bayar Yılmaz, M.P., Bina Yapım Süreçlerinde Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımının Değerlendirilmesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa, 44, 2019.
- Bayram, S., Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Kapsamında Geleneksel Metraj ile Yazılımın Karşılaştırılması, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Bilgi Modelleme Uluslararası Hakemli Akademik Dergi, 2(2), 58-65, 2020.
- Çemberci, M., Yücel, M.G., Proje Yönetimi ve Profesyonel Proje Yöneticileri Kavramı, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimleri Dergisi, 14(27), 77-88, 2015.
- EKAP, “Elektronik Kamu Alımları Platformu”, <http://ekapakademi.kik.gov.tr/sozluk/>, Erişim Tarihi: 2024.
- Ekin, E., Eker, Z., Yol Yapım İnşaatı Projesinin CPM Tekniği ile İncelenmesi: Microsoft Project Örneği, Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar, 8(1), 115-132, 2023.
- Erdik, M., Tülübaş Gökuç, Y., Türk Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu, BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(1), 159-171, 2020.
- Gerçek B., İlal M.E., Tokdemir O.B., Günaydın H.M., Yapı Bilgi Modellemesi Yardımıyla Metraj ve Maliyet Hesabı, 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 786-796, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Eskişehir-Türkiye, 3-5 Kasım 2016.
- Gerger, Y., İnşaat Sektöründe Proje Planlama ve Yöntem, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 127, 2006.

Gökyiğit, E., Türk İnşaat Sektöründe 4 Boyutlu (4D) Modellemenin Uygulanabilirliği, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 147, 2014.

Gülerses, F., Yapı Bilgi Modellemesi (5D) ile Maliyet Yönetiminin Avantaj ve Dezavantajlarının Tespiti, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 99, 2018.

Hasözhan, M., Zontul K., Parlak Biçer Ö., Yapım Maliyetlerinin Hesaplanmasında Yapı Bilgi Modelleme (BIM) Sisteminin Örnek Uygulama Üzerinden İrdelenmesi, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1), 1-21, 2021.

Inusah, Y., Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Uygulamalarının Yaygınlığı ve Uygulamalardaki Başarı Düzeyleri Üzerine Bir İnceleme, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 76, 2018.

İnsaport, “Primavera Ne İşe Yarar”, <https://www.insaport.com/haberler/primavera-ne-ise-yarar/>, Erişim Tarihi: 2023.

İnceoğlu, M., İnan, B., Bilgisayar Destekli Tasarımın Gelişimi: Yeni Bir Mimari Metodoloji Olarak BIM, GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies, 3(1), 47-65, 2020.

Karadeniz, Ö.C., PERT-CPM ile Proje Planlama, Değerlendirme ve Bir İşletme Uygulaması, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksel Lisans Tezi, İstanbul, 97, 2007.

Karaoğlu, G., Mimari Tasarımda BIM, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 141, 2020.

Kartal, A., Proje Planlama ve Kontrol Tekniklerinin İnşaat Maliyet Muhasebesi ile Uyumlaştırılması, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Kütahya, 212, 1991.

Kömürlü, R., Toltar, L., İnşaat Proje Yönetimi; Projenin Başarısına Etkisi, Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 3(2), 249-258, 2018.

Köse, G., Türk İnşaat Sektörü İçin Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 59, 2016.

Kurt Ö., Proje Planlama ve Programlama Teknikleri ve İnşaat Sektörüne Ait Bir Uygulaması, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 132, 2006.

Öcal, M.E., Kaya, N., Şekil ve İçerik Bakımından Uygun Düzenlenmiş Proje, Teknik Şartname ve Sözleşmenin Yapı Üretimindeki Yeri ve Önemi, Yapı İşletmesi Kongresi, 137-148, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir-Türkiye, 18-19 Ekim 1996.

Pancarlı, A., Öcal, M.E., Yapı İşletmesi ve Maloluş Hesapları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2018.

Paşalı Tuna, T., Yapı Üretiminde Zaman Yönetiminin Ürün Kalitesine Etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 133, 2011.

Prota Altar, “Autodesk Revit”, <https://www.protaaltar.com/urunler/autodesk-revit>, Erişim Tarihi: 2023.

Şenol, B., Yapı Bilgi Modellemesinin Proje Yönetim Süreçlerine Etkisi, Bahçeşehir Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 118, 2023.

Topal, N., İnşaat Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları: 5D Modelleme İle Örnek Vaka Çalışması, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145, 2019.

Tütüncüler, T., Kamu Yapılarında Yapı Bilgi Modellemesi ile Tesis Yönetimi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep, 125, 2020.

Uzun, F., BIM-Yapı Bilgi Modellemesi'ne Geçiş ve Uygulama Süreçlerinin İncelenmesi: 3 Vaka Analizi, Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 143, 2019.

Yeşilyurt, M., 4D/5D Modelleme Araçlarının Performanslarının Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 137, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : BURAK KARAKURUMER
2. Doğum Tarihi :
3. Ünvanı : İNŞAAT MÜHENDİSİ
4. Öğrenim Durumu : LİSANS

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Osmaniye Korkut Ata Ü.	02.06.2018
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisli A.B.D.	Osmaniye Korkut Ata Ü.	

İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
İnşaat Mühendisi	Aksoy İnşaat ve Turizm Tic. Ltd.Şti.	2018/2018
İnşaat Mühendisi	Meriç İnşaat ve Müh. Hiz. Ltd. Şti.	2020/2021
İnşaat Mühendisi	Piramit Teknik Endüstriyel Yapı ve İnş. San. Tic. A.Ş.	2021/2022
İnşaat Mühendisi	Erzin K.Sanayi Kooperatifi	2022



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TEZ ÇALIŞMASI BENZERLİK RAPORU FORMU
(SAVUNMA SONRASI)

FORM
TEZLİ YL-24

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

Adı ve Soyadı	Burak Karakurumer
Öğrenci Numarası	2011707104
Ana Bilim/ Ana Sanat Dalı	İnşaat Mühendisliği
Programı (Varsa)	
Danışman Unvanı, Adı-Soyadı	Dr. Şahin Tolga GÜVEL
Tez Başlığı (Türkçe)	Proje Yönetiminde Zaman ve Maliyet Etkilerinin Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) İle İncelenmesi

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Özet ve Abstract c) Giriş, d) Ana bölümler, e) Sonuç ve f) Kaynakça kısımlarından oluşan toplam 76 sayfalık kısmına ilişkin, 27 /02 /2024 tarihinde Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13 'tür.

Filtreleme Tip 1 (maksimum %30)

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar dâhil.

Filtreleme Tip 2 (maksimum %10)

- 1- Kabul/Onay ve Bildirim sayfaları hariç,
- 2- Kaynakça hariç,
- 3- Alıntılar hariç,
- 4- 5 Kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Tarih ve İmza

Öğrenci

Danışman Onayı
UYGUNDUR

Unvanı, Adı Soyadı
(İmzası)

Enstitü Onayı
UYGUNDUR

Adı Soyadı
(İmzası)

AÇIKLAMALAR

1. Lisansüstü tezler, savunma öncesinde intihal program raporu ile birlikte Enstitüye teslim edilir.
2. İntihal raporu ile ilgili olarak etik kurallar dâhilindeki benzerlik oranları ilgili Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenir. (Enstitü Yönetim Kurulu tarafından tezin, intihal kapsamı dışında değerlendirilmesi için TURNITIN'den alınan raporda "benzerlik oranı"nın, "alıntılar dahil" en fazla %10, "alıntılar dahil" % 30'u geçmemesi şeklinde kabul edilmiştir).