ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hande ALSHAMALI

YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN 3D VE 4D FONKSİYONLARININ ÖRNEK BİR İNŞAAT PROJESİ ÜZERİNDE İNCELENMESİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN 3D VE 4D FONKSİYONLARININ ÖRNEK BİR İNŞAAT PROJESİ ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Hande ALSHAMALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 23/12/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……...……	……
Dr.Öğr.Üyesi Gözde ÇELİK	Prof. Dr.Emel Laptalı Oral	Dr.Öğr.Üyesi A.Emre KELEŞ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPI BİLGİ MODELLEMESİNİN 3D VE 4D FONKSİYONLARININ ÖRNEK BİR İNŞAAT PROJESİ ÜZERİNDE İNCELENMESİ

Hande ALSHAMALI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Gözde ÇELİK
Yıl: 2020, Sayfa: 172
Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Gözde ÇELİK
: Prof. Dr. Emel LAPTALI ORAL
: Dr. Öğr. Üyesi A. Emre KELEŞ

Bu çalışmada inşaat sektörünün dijitalleşme simgesi olan BIM sistemi araştırılmış ve örnek bir proje üzerinde uygulama yapılmıştır. Çalışma kapsamında, BIM sisteminin tasarım (3D) ve planlama fonksiyonları (4D) üzerinde durulmuştur. Tasarımı üç boyutlu olarak yapılan proje üzerinde çakışma analizi yapılmıştır. Ayrıca, örnek projenin Cpm veri tabanlı yazılımlar ile iş programı oluşturularak BIM sistemine entegrasyonu yapılmıştır. Çalışma kapsamında, örnek proje üzerinden BIM sisteminin kullanımı açıklanmış ve çalışmanın yeni kullanıcılara yol gösterici olması hedeflenmiştir. BIM sisteminin geleneksel tasarım sürecine getirdiği yeni yaklaşım ve uygulamada sağlayacağı avantajlar örnek proje üzerinden açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: BIM, CPM Veri Tabanlı Yazılımlar, İş Programı, Proje Planlaması.

ABSTRACT

MSc THESIS

EXAMINATION OF 3D AND 4D FUNCTIONS OF BUILDING INFORMATION MODELING ON A SAMPLE CONSTRUCTION PROJECT

Hande ALSHAMALI

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Gözde ÇELİK
Year: 2020, Page: 172
Jury : Asst. Prof. Dr. Gözde ÇELİK
: Prof. Dr. Emel LAPTALI ORAL
: Asst. Prof. Dr. A. Emre KELEŞ

In this study, the BIM system, which is the digitalization symbol of the construction sector, was researched and an application was made on a sample project. In the scope of the study, the design (3D) and planning functions (4D) of the BIM system are emphasized. Collision analysis has been made on the project, whose design was made in three dimensions. In addition, the sample project was integrated into the BIM system by creating a work schedule with CPM data-based software. Within the scope of the study, the use of the BIM system was explained through the sample project and it was aimed to guide the new users. The new approach brought by the BIM system to the traditional design process and the advantages it will provide to the application are explained through the sample Project.

Keywords: BIM, CPM Database Software, Schedule, Project Planning.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

İnşaat projeleri içerisinde pek çok iş kalemini barındıran yönetmesi zor ve dikkat gerektiren bir yapıya sahiptir. İnşaat projeleri büyüdükçe; projelerin içerisinde barındırdığı detay ve yapılması gereken iş kalemi sayıları da artmaktadır. Bu artış ile zaten büyük ölçekli olan bir proje daha da karmaşık bir hale gelmektir. Hata payını en aza indirmek amacıyla yapının tasarım aşamasından başlanarak inşaatın tamamlanmasına kadar geçen süre zarfının iyi bir şekilde planlanması ve takip edilmesi büyük önem taşımaktadır.

Özellikle zamanla yarışılan projelerde üretimin mevcut ilerleme düzeyinin zaman ve kalite açısından kontrolünün sağlanabilmesi adına kıyas unsuru olarak hedef rotası belirlenmiş olmalıdır. Bu rotanın proje başlangıç aşamasından önce oluşturulması gerekmektedir. Tam da bu noktada proje planlama evresi öne çıkmaktadır.

Bu çalışma inşaat projelerinin planlama sürecine yoğunlaşmış ve planlama sürecinde kullanılan yazılımlar incelenmiştir. Çalışma kapsamında planlama teknikleri incelenmiş, kullanılan yazılımlar özetlenmiştir.

Teknolojinin dahil olduğu sektörlerden birisi olan inşaat sektörü de yaşanan gelişmeler ile ilerleme kaydetmektedir. Özellikle tasarım ve inşa aşamaları teknolojinin gelişimi ile hızlanmış ve kolaylaşmıştır. Bu anlamda Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling - BIM) sistemi inşaat alanında en gelişmiş teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Bu sistem sayesinde proje yaşam döngüsünün tasarımdan bitişine kadar ki her seviyesinde birbirinde farklı amaçlar ile üretilmiş farklı yazılımların ve elektronik bilgi verilerinin birbirleri ile uyum içerisinde çalışabilmesi, depolanabilmesi ve gerektiğinde kullanılabilmesi mümkün hale gelmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, planlama programlarının Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling - BIM) sistemine entegrasyonu

incelenmiş, ilgili kavramlar açıklanmıştır. Çalışma kapsamında; BIM sisteminin projelerin planlama aşamasında 3 boyutlu model oluşturularak kullanılmasının getirdiği avantajların incelenmesi, kritik yol metodu ile planlama yapılması ve planlama seviyesinin 3 boyutlu model ile entegrasyonu sonucu elde edilebilecek avantajların incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada seçilen örnek projenin önce mevcut 2 boyutlu tasarımı, 3 boyutlu model haline getirilmiştir. Daha sonra oluşturulan 3 boyutlu model ile BIM sisteminde Navisworks yazılımı yardımı ile çakışma analizi fonksiyonundan yararlanılmıştır. BIM sisteminin proje tasarım evresinde kullanılması sayesinde ortaya çıkan sanal yapı ile örnek projedeki hataların tespiti mümkün hale gelmiştir. Daha sonra iş gücü verimliliği ile ilgili yapılan iki farklı literatür çalışması rehberliğinde kritik yol metoduna dayanan iş programları oluşturularak Primavera ve Power Project yazılımları kullanılmıştır. Her iki yöntemle hesaplanan proje süreleri kıyaslanmıştır. Son olarak 3 boyutlu tasarımların CPM veri tabanlı programa entegre edilmesi ile BIM sisteminin planlama fonksiyonu ile ilgili inceleme yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Mesleki anlamda bana tanıdığım günden beri rehber olan sevgili hocam Prof. Dr. Emel LAPTALI ORAL'a, tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olarak gerektiğinde her bir cümle hatta kelimem üzerinde titizlikle durup uzun uzun fikir veren ve yol gösteren danışman hocam Gözde TANTEKİN ÇELİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doğduğum andan beri aşık olduğum, hayatım boyunca her anımda yanımda olan ve bana her zaman güç veren en yakın arkadaşım sevgili babam Alper DEMİRYAPAR'a, her düştüğümde beni motive ederek kaldıran, sevgisiyle beni sarıp sarmalayan dünyanın en iyi ve temiz kalpli annesi Füsun DEMİRYAPAR'a, dertlerimi saatlerce dinleyip yüzümü güldüren, sahip olduğuma şükrettiğim biricik kardeşim Ali Alp DEMİRYAPAR'a ve ikinci erkek kardeşim olduğu için hep şanslı hissettiğim, çocukluğum İsmet UÇAK'a her zaman verdikleri destek için çok teşekkür ederim.

Son olarak kilometrelerce öteden Ürdün'den gelip beni bulan dünyanın en mükemmel eşi Jehad Alshamali'ye bana verdiği destek, huzur, motivasyon ve sabır için; onu bana veren sevgili Mama Jehad Tijane ve Bassam Alshamali'ye ama en çok da tez yazma sürecimde, son 8 aydır bana karnımda eşlik eden sevgili kızımız Alice'i verdiği için sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR IV
İÇİNDEKİLER V
ÇİZELGELER DİZİNİ…… XII
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR XVIII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Proje Yönetimi 6
2.2. İnşaat Sektöründe Planlama 7
2.2.1. İnşaat Sektöründe Planlamanın Gerekliliği 8
2.2.2. Planlama Stratejisi 8
2.2.3. Planlama Adımları 9
2.2.4. Planlamanın Gelişimi ve Kullanılan Yöntemler 10
2.2.4.1. Çubuk Diyagramlar 10
2.2.4.2. Kritik Yol Metodu 11
2.2.4.2.(1). Ok Diyagramları Yöntemi 12
2.2.4.2.(2). Kutu Diyagram Yöntemi 18
2.2.4.3. Seçenekleri Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Evaluation and Review Technique, PERT) 20
2.2.4.4. Devre Diyagramları 21
2.3. İnşaat Sektöründe Yazılımların Gerekliliği 22
2.3.1. Cad Tabanlı Programlar 23
2.3.2. Cpm Veri Tabanlı Planlama Programları 23

2.3.2.1. Microsoft Project Programı 24
2.3.2.2. Primavera Programı 25
2.3.2.3. Power Project Programı 27
2.4. Cpm Veri Tabanlı Programların Sağladığı Faydalar 29
2.4.1. Yapı Bilgi Modelleme (Building Information and Modeling) Sistemine Genel Bakış 30
2.4.2. Yapı Bilgi Modelleme Sisteminin Gelişim Süreci 31
2.4.3. BIM'nin Kullanım Amaçları 32
2.4.4. BIM Uygulama Seviyeleri 32
2.4.5. İnşaat Projesinde BIM'nin Fonksiyonları 34
2.4.6. BIM'nin Sağladığı Faydalar 34
2.4.7. BIM Sisteminin Önündeki Engeller 36
2.4.8. BIM Sistemine Ülkelerin Bakış Açısı 38
2.4.8.1. İngiltere 39
2.4.8.2. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 41
2.4.8.3. Fransa 42
2.4.8.4. Hindistan 42
2.4.8.5. Singapur 43
2.4.9. BIM Sisteminin Ülkemizde Uygulama Alanları 43
2.4.10. BIM Sisteminde Kullanılan Yazılımlar 45
2.4.10.1. Revit 48
2.4.10.2. Navisworks 48
2.4.10.3. ArciCAD 49
2.4.10.4. Tekla 49
2.5. BIM ile İlgili Yapılan Çalışmalar 50
2.6. Gelecekte BIM 57
3.MATERYAL VE METOD 61
3.1. Materyal 61

3.2. Metod 62
3.2.1. Çalışmanın Kısıtları 65
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 67
4.1. Örnek Projenin Tanıtımı 67
4.2. Revit Yazılımı Uygulama Adımları 69
4.2.1. Revit Programı ile Mimari Projenin Çizilmesi 69
4.2.1.1. Aks Sisteminin Oluşturulması 69
4.2.1.2. Proje Kat Bilgilerinin Oluşturulması 70
4.2.1.3. Projedeki Yapı Elemanlarının Oluşturulması 70
4.2.1.4. Projenin 3 Boyutlu Görünümü 72
4.2.1.5. Revit Programı ile Statik Projenin Çizilmesi 73
4.2.1.6. Revit ile Metraj Hesabı Yapılması 75
4.2.1.7. Revit Yazılımında Dışa Aktarma (Export) Komutunun Kullanılması 77
4.3. Navisworks Yazılımı Uygulama Adımları 78
4.3.1. Nawisworks Manage Yazılımında Kullanılan Dosya Uzantıları 79
4.3.2. Navisworks Manage Yazılımında İçe Aktarma (Import) Komutunun Kullanılması 80
4.3.3. Navisworks Manage Yazılımı İle Çakışma Analizi 81
4.3.4. Navisworks Manage Yazılımı İle Yapılan Çakışma Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi 82
4.4. İşgücü Verimliliklerinin Hesaplanması 83
4.5. Primavera Yazılımı Uygulama Adımları 96
4.5.1.Proje Bilgilerinin Girilmesi 97
4.5.2.Proje Takviminin Oluşturulması 97
4.5.3.Kurumsal Proje Yapısının Oluşturulması 98
4.5.4.Organizasyon Kırılım Yapısının Oluşturulması (OBS) 100
4.5.5.İş Kırılım Şemasının Oluşturulması (WBS) 101

4.5.6. Proje Aktivitelerinin Oluşturulması 103
4.5.7. Projede Yer Alan Aktivitelerin İlişkilerinin Girilmesi 103
4.5.8. Kaynakların Oluşturulması 105
4.5.9. Kaynakların Atanması 107
4.5.10. Projede Kritik Yolun Belirlenmesi 108
4.5.11. Temel Planın Kaydedilmesi 110
4.5.12. Projenin Takip Edilmesi 111
4.5.13. Primavera Yazılımı Dışa aktarma (Export) Seçenekleri 115
4.6. Power Project Yazılımı Uygulama Adımları 116
4.6.1. Proje Bilgilerinin Girilmesi 117
4.6.2. Proje Takviminin oluşturulması 117
4.6.3. Özet Görev Oluşturulması 118
4.6.4. Proje Aktivitelerinin Oluşturulması 119
4.6.5. Projede Yer Alan Aktivitelerin İlişkilerinin Girilmesi 120
4.6.6.Kaynakların Oluşturulması 121
4.6.7. Kaynakların Atanması 122
4.6.8. Projede Kritik Yolun Belirlenmesi 123
4.6.9. Temel Planının Kaydedilmesi 123
4.6.10. Projenin Takip Edilmesi 123
4.6.11. Power Project Yazılımı Dosya Aktarım Özelliği 124
4.6.12. Primavera Yazılımının Power Project Yazılımına Entegrasyonu 125
4.6.13. Power Project Yazılımında *.IFC* Dosya Uzantısının Kullanımı 126
4.6.14. Bim/IFC Model Panel Özellikleri 128
4.6.15. Power Project Yazılımı BIM Fonksiyonları 131
4.7.Primavera ve Power Project Yazılımlarının Karşılaştırılması 131
4.8.Tartışma 132
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 137
KAYNAKLAR 141

ÖZGEÇMİŞ 149
EKLER 150

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Projede Kullanılan Yazılımlar 62
Çizelge 4.1. Adam Saat Değerleri ÇŞB Verileri ile Piyasa Verileri Ortalamaları ...84
Çizelge 4.2. İşgücü Verimlilikleri 88
Çizelge 4.3. Oluşturulan İş kalemlerine Ait İşgücü Sayıları..... 89
Çizelge 4.4. Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) Çalışması ile Hesaplanan İş Süreleri ... 90
Çizelge 4.5. Dalyan (2010) Verileri ile Aktivite Sürelerinin Hesaplanması..... 92
Çizelge 4.6. Çalışma kapsamında hesaplanan aktivite süreleri ve Firma
Tarafından Belirlenen Aktivite Süreleri 95

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Ok Diyagram Gösterim Prensipleri 1 12
Şekil 2.2. Ok Diyagram Gösterim Prensipleri 2 13
Şekil 2.3. Ok Diyagram Gösterim Prensipleri 3 13
Şekil 2.4. Ok Diyagramı Üzerinde Aktivite Bilgilerinin Yerleştirilmesi... 14
Şekil 2.5. Ok Diyagramı Çözümüne Ait Bir Örnek 14
Şekil 2.6. Ok Diyagramında Erken Başlangıç Sürelerinin Hesaplanması . 15
Şekil 2.7. Ok Diyagramında Geç Bitiş Sürelerinin Hesaplanması..... 16
Şekil 2.8. Ok Diyagramında Sahte Aktivite Gösterimi. 16
Şekil 2.9. Faaliyet Bollukları 17
Şekil 2.10. Ok Diyagramı Örneği 18
Şekil 2.11. Kutu Diyagramında Bilgilerin Gösterimi 19
Şekil 2.12. Kutu Diyagramda Kullanılan Bağlantı Çeşitleri..... 20
Şekil 2.13. Devre Diyagramı Gösterimine Bir Örnek (Kuruoğlu,2002)..... 22
Şekil 2.14. M.S. Project Yazılımında Aktiviteler Arası İlişkilerin Oluşturulması..... 25
Şekil 2.15. Primavera Export Sayfası 26
Şekil 2.16. Power Project BIM Ekran Görünümü (Prime PMO Sunumu) .. 28
Şekil 2.17. BIM'nin sağladığı faydalar (McGraw-Hill, 2012) 36
Şekil 2.18. BIM Seviyeleri *(medium.com)*..... 40
Şekil 2.19. İş Alanlarına Göre BIM kullanıcıları (Özorhon, 2018) 44
Şekil 2.20. BIM Uygulamalarının Proje Tipine Göre Dağılımı 45
Şekil 2.21. BIM Araçları(Yazılımları) (Becerik ve ark., 2010)..... 47
Şekil 2.22. BIM Sisteminde Elektrik ve Mekanik Proje Görünümü 56
Şekil 2.23. BIM Sisteminde Statik ve Senkronize Proje Görünümü 57

Şekil 2.24. VR Sistemi *(https://www.autodesk.com/solutions/virtual-reality)* 58
Şekil 2.25. Santrallerde Dron Uygulaması *(rembeltech.com)*..... 59
Şekil 4.1. Revit Yazılımı ile Aks Düzleminin Oluşturulması..... 70
Şekil 4.2. Revit Yazılımı İle Yapı Elemanı Oluşturma..... 71
Şekil 4.3. Revit kütüphanesi Alt Başlık İçerikleri..... 72
Şekil 4.4. Üç Boyutlu proje görüntüsü..... 73
Şekil 4.5. Revit Donatı Detaylandırması..... 74
Şekil 4.6. Üç Boyutlu Statik Proje Görünümü..... 75
Şekil 4.7. Revit Yazılımı ile Yapı Elemanlarının Metraj Listelerinin Oluşturulması..... 76
Şekil 4.8. Revit Yazılımı ile Kapı Metrajı Görünümü..... 77
Şekil 4.9. Revit Yazılımdan *.nwc* Uzantılı Dosyanın Export Edilmesi 78
Şekil 4.10.Navisworks Yazılımında Kullanılabilen Dosya Uzantıları..... 79
Şekil 4.11. Statik ve Mimari Projenin Üst Üste Açılması 80
Şekil 4.12. Çakışma Analizinin Uygulanması 81
Şekil 4.13. Çakışma Analizi Test Sonucu..... 82
Şekil 4.14. Primavera Yazılımında Proje Başlangıç ve Bitiş Bilgilerinin Girilmesi 97
Şekil 4.15. Primavera Yazılımında Takvim Oluşturma..... 98
Şekil 4.16. Primavera Yazılımında Proje Yapısının (Enterprise) Oluşturulması..... 99
Şekil 4.17. Enterprise Project Structure Şablon Görünümü..... 100
Şekil 4.18. Primavera OBS Şeması..... 101
Şekil 4.19. Primavera Yazılımında WBS Şeması..... 102
Şekil 4.20. Primavera Yazılımında Aktivite Şeması..... 103

Şekil 4.21. Primavera Yazılımında Aktiviteler Arası İlişki Ekranı 104
Şekil 4.22. Primavera Yazılımında Aktiviteler Arası İlişkilerin Tanımlanması..... 105
Şekil 4.23. Primavera Yazılımında Kaynak Oluşturulması 106
Şekil 4.24. Primavera Kaynak Oluşturma Ekranı 107
Şekil 4.25. Primavera ile Aktivitelere Kaynak Atanması 108
Şekil 4.26. Primavera Yazılımında Kritik Aktiviteleri Görüntüleme 109
Şekil 4.27 Primavera Yazılımında Kritik Yol Görünümü 110
Şekil 4.28. Primavera Yazılımında Temel Planın Oluşturulması 111
Şekil 4.29. Primavera Yazılımında Aktivitelerin Tamamlanma Seviyelerinin % Olarak Girilmesi..... 112
Şekil 4.30. Primavera Yazılımda Aktivitelerin Tamamlanma Verilerinin Yüzdesel Olarak İşlenmesi 113
Şekil 4.31. Primavera Yazılımında Aktivite Tamamlanma Yüzdesini Gösteren Tablo..... 115
Şekil 4.32. Primavera Yazılımı Export Sayfası 116
Şekil 4.33. Power Project Yazılımında Properties Ekranı 117
Şekil 4.34. Power Project Yazlımı ile Takvim Oluşturma..... 118
Şekil 4.35. Power Project Yazılımı ile Aktivite Oluşturma 120
Şekil 4.36. Power Project Yazılımında Aktivite İlişkilerinin Tanımlanması..... 121
Şekil 4.37. Power Project Yazılımında Kaynak Oluşturulması 122
Şekil 4.38. Power Project Yazılımında Kaynakların Görünüm Ekranı 122
Şekil 4.39. Power Project Yazılımında Görev Tablosuna İlerleme Kolonunun Eklenmesi..... 124

Şekil 4.40. Power Project Yazılımında İçe Aktarım (Import) Komutunun Kullanımı 125
Şekil 4.41. Primavera yazılımının Power Project Yazılımına Entegrasyonu..... 126
Şekil 4.42. Power Project Yazılımının BIM Sisteminde Kullanımı 127
Şekil 4.43. Revit Yazılımında Oluşturulan Üç Boyutlu Modelin Power Project Yazılımına Entegrasyonu 128
Şekil 4.44. Power Project Yazılımında Eleman ve Malzeme Bilgisi Görünümü 129
Şekil 4.45. Power Project Yazılımında Üç Boyutlu Yapı Elemanlarının Aktivitelerle Eşleştirilmesi..... 130

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AEC: Architectural Engineers Collaborative

BCA: Building and Construction Authority

BEIS: Business, Energy & Industrial Strategy **(**İşletme, Enerji ve Sanayi stratejisi)

BIM: Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modellemesi)

BIMES: Building Information Modeling Expert System (Bina Bilgi Modelleme Uzman Sistemi)

BIS: British Standarts Institution (İngiliz Standartlar Enstitüsü)

CAD: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)

CDE: Common Data Environment (Ortak Veri Ortamı)

CPM: Critical Path Method (Kritik Yol Yöntemi)

ÇŞB: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

GSA: General Services Administration (Genel Hizmetler İdaresi)

IFC: Industry Foundation Classes (Endüstri Temelli Sınıflandırma)

OBS: Organization Breakdown Structure (Organizasyon Görev Şeması)

PAS: Publicly Available Specifications (Herkese Açık Teknik Özellikler)

PBS: Public Buildings Service (Kamu Binaları Hizmeti)

PERT: Program Evaluation and Review Technique (Seçenekli Değerlendirme Yöntemi)

VR: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

WBS: Work Breakdown Structure (İş Kırılım Yapısı)

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yerleşik hayata geçmesi ile başlayan inşa süreci günümüzde nüfusun artması ile gerek altyapı gerek üst yapı faaliyetlerine olan ihtiyacı arttırmıştır. Dolayısıyla inşaat sektörü her geçen yüzyıl gelişim göstermiş ve bu gelişimde teknolojinin rolü büyük olmuştur.

Bir inşaat sürecinde tasarımdan üretime her adım büyük önem taşımaktadır. Geleneksel proje yönetim sistemi ile yönetilen inşaatlar, rekabetin en üst seviyeye ulaştığı günümüzde artık yavaş yavaş terk edilmeye başlanmıştır. Bir işin başarı ile tamamlanmasında en önemli kriterler olan zaman ve maliyet unsurları olabildiğince öngörülmeye çalışılmakta, hatta hatasız işler çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda ilk yapılacak olan, işin baştan sona planlanarak ne yapılmak istendiğinin belirlenmesi ve bunların hangi görev dağılımı ile yürütüleceğinin saptanmasıdır. İş planlamasının bilgisayar yazılımları kullanılarak ayrı ayrı yapılması işlerin hedeflenen maliyet, kalite ve sürede yapılmasına büyük bir katkı sağlamakla beraber, işlerin sayılarının artması ve hacimlerinin büyümesi yeni yazılımlara olan ihtiyacı arttırmıştır. Bu noktada kullanılan tüm yazılımların eş zamanlı olarak yönetilebildiği ve erişilebildiği Yapı Bilgi Modelleme (Building Information and Modeling - BIM) Sistemi geliştirilmiştir. Yapı Bilgi Modelleme Sistemi (BIM) baştan sona tüm inşaat evrelerini kapsamakta ve tüm akışı tek bir sistem içerisinde yürütmeye imkân sağlayan bir arayüz önermektedir. RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors; İngiltere' de emlak ve inşaat sektöründe uluslararası standartlaşmayı sağlayan bir kuruluş) (2014) tarafından dünyada BIM kullanımını araştıran bir raporda; BIM sisteminin ülkelere göre adaptasyon oranları incelendiğinde sırasıyla; ABD (%71), İngiltere (%54) ve diğer Avrupa ülkeleri başta olmak üzere tüm dünyada BIM'e hızlı bir geçiş süreci yaşandığı vurgulanmaktadır. Araştırmada, BIM kullanımının, başta ABD olmak üzere birçok ülkede hızla

yaygınlaşmış olduğu ve hatta bazı ülkelerde (İngiltere ve batı Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilen pek çok kamu projesinde) zorunlu hale geldiği belirtilmiştir.

İnşaat Mühendisleri Odası tarafından yapılan bir açıklamaya göre BIM sistemi kullanılmadan yapılmış veya yapılacak olan projelere bu ülkelerde ruhsat verilmemektedir. Türkiye'de de bir kamu kurumu olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi raylı sistem projelerinin BIM sistemi ile yürütülmesini zorunlu hale getirmiştir. Aynı zamanda, özellikle uluslararası büyük projelerde, BIM sisteminin kullanımı yaygınlaştırılarak zorunlu hale getirilmiş, bu nedenle artık BIM kullanımı bir seçim olmak yerine gereklilik halini almıştır. Bu sistemin getirdiği en önemli yenilik; tasarım sürecinde her bir paydaş tarafından bağımsız olarak kullanılan yazılımların birbirine entegre edilerek kullanılabilmesi ve gerek uygulama projelerinde gerekse iş programında meydana gelen çakışma ve eksikliklerin tasarım sürecinde saptanabilmesine imkan vermesidir. Önceden ayrı bir bölüm olarak çalışan planlama grubu bu sistemin tüm inşaat ekiplerini içerisine alması ile aradaki bilgi akışına olanak sağlamaktadır. Bu bilgi akışının getirdiği senkronizasyon tüm evrelerin bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır. Özellikle zamanla yarışılan yapım süreçlerinde bu iki sistemin entegrasyonu çok büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı BIM sistemini araştırmak ve CPM veri tabanlı yazılımların entegrasyonunu incelemektir. Bu amaçla; bir inşaat firmasının 4 katlı merkez ofis binasının 2016 yılında yapımına başlanan inşaat projesi örnek proje olarak seçilmiş ve uygulama yapılmıştır. Seçilen projenin yürütme sürecinde BIM kullanılmaması sebebiyle örnek proje üzerinde uygulama yapılarak BIM'in tasarım ve özellikle planlama konusundaki fonksiyonlarının yararları araştırılmıştır.

Tez çalışması 5 ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan "Giriş'' kısmında çalışmanın amacı ve konusu özetlenmiştir. İkinci bölüm olan "Önceki Çalışmalar'' kısmında ise proje yönetimi ve proje planlama ile ilgili kavramlar açıklanmış, ayrıca inşaat sektöründe planlama alanında kullanılan yazılımlar ve yapı bilgi modelleme sistemi (BIM) hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra, Türkiye'de

ve yurtdışında BIM sisteminin kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünü "Materyal ve Metod'' kısmı oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan örnek proje tanıtılmış ve projenin planlama ve proje yönetim süreci hakkında bilgi almak amacıyla oluşturulan görüşme formu ve uygulanması hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca bu bölümde, planlama aşamasında kullanılan yazılımlar özetlenmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünü "Bulgular ve Tartışma'' oluşturmaktadır. Bu bölümde BIM sisteminin proje yönetimi kısmını oluşturan seviyesi üzerinde durulmuş, ilk olarak BIM sisteminin tasarım fonksiyonunu da kullanabilmek için örnek projenin 2 boyutlu hazırlanan çizimi Revit yazılımı ile 3 boyutlu olarak yeniden oluşturulmuştur. Daha sonra Kritik Yol Metodu tabanlı olarak kullanılan Primavera ve Power Project yazılımları ile örnek projenin iş programı yapılmıştır. Örnek proje üzerinde proje tasarımından iş planının oluşturulup BIM sistemine entegrasyonuna kadar olan tüm uygulama adımları detaylı bir şekilde sunulmuştur. İki yazılımın uygulama sonrasında farklı ve benzer yönleri araştırılmıştır. Her iki yazılım da Kritik Yol Metodu tabanlı olarak çalışmaktadır, bu nedenle Primavera yazılımı ile hazırlanan iş programı Power Project yazılımında baştan hazırlanmak yerine entegrasyon yöntemi ile Primavera yazılımında hazırlanan iş programı Power Project programına aktarılarak çalıştırılmıştır. Ayrıca 3 boyutlu tasarımında Power Project yazılımı içerisine entegrasyonu detaylı olarak tüm adımları ile açıklanmıştır. Son ve beşinci bölüm olan "Sonuç ve Öneriler'' kısmında bütün entegrasyon işlemlerinden sonra projenin planlanmasında BIM sistemi kullanılması ile elde edilen avantajlar ve genel olarak yapılan çalışma özetlenmiştir. Edinilen tüm çıkarımlar doğrultusunda firmalara öneriler sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnşaat sektörü içinde barındırdığı pek çok alt iş kolu ile geniş bir iş hacmine sahiptir. Her türlü altyapı ve üst yapıya ait yapım işleri, yıkım, yalıtım ve güçlendirme faaliyetleri gibi pek çok iş kolu bu sektöre dahildir. Yelpazenin bu denli geniş ve kritik iş kollarının çok olduğu bir sektörde, işlerin plansız bir zemin üzerinde yürütülmesi mümkün değildir. Bu nedenle iş planı yapma gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Tasarımlar karmaşık bir hal aldığında hatasız bir iş çıkarmak neredeyse imkansızdır. Çünkü aynı anda düşünülmesi gereken pek çok iş ve işlem vardır. İlk adım olan tasarım evresinde dahi koordineli çalışması gereken çok sayıda insan ve onların ortaya koyduğu mimariden statiğe, mekanikten elektriğe birçok yapı ön tasarım ve projelendirme evresi vardır. Bunların geleneksel yöntemlerle bir arada kusursuz işleyişi özellikle gelişmiş yapılarda mümkün değildir.

Günümüzde planlamanın manuel hazırlandığı dönemlerin geride kaldığı ve onun yerine CPM yöntemi ile elektronik ortamda iş akışı ve görev dağılımı şemalarının oluşturularak, yapılan her kalemin tek tek ele alınıp işlendiği programlar kullanılmaktadır. Bu programlar sayesinde başlanan işin istenilen tarihe göre ne aşamada olacağının öngörülebilmesi, işin ilerleyen aşamaları ile ilgili öngörüde bulunulabilmesi, kaynak dengeleme ve maliyet optimizasyonunun pratik bir şekilde yapılabilmesi, grafik ve şemalar ile alternatif planların karşılaştırılabilmesi planlamacıya esnek bir ortam sağlamaktadır.

Yapıların büyüklüğü arttıkça, hata payının azaltılabilmesi için eş zamanlı mühendislik uygulamaları ön plana çıkmaya başlamıştır. Firmalar arasında rekabetin artması, inşaat projelerinin büyümesi ve projelerin sayısının artması firmaların proje başarısını etkileyen riskleri tasarım aşamasında tespit etmesi gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. İşte tüm bu ihtiyaçlar; BIM sisteminin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Dışarıdan sadece bir tasarım veya planlama programı olarak görülen bu sistem aslında bir programı değil bir süreci ifade etmektedir. Karmaşık yapılarda iş planı yapılması önemli olduğu kadar tüm kollar arası veri akışı oluşturularak bu planların koordineli olarak geliştirilmesi ve yürütülmesi de büyük önem taşımaktadır. BIM sistemi sayesinde henüz tasarım aşamasında olan birçok proje aynı anda ve entegre olarak değerlendirilebilmektedir. Çakışma analizi fonksiyonu hataların noktasal koordinatlarının belirlendiği çok gelişmiş bir uyarı sistemi olarak kullanılmaktadır.

Henüz ülkemizde BIM sistemi basit haliyle oturtulmaya çalışılırken bu sisteme çok daha önceki yıllarda entegre olan Avrupa ülkeleri BIM sistemini geliştirerek aktif olarak kullanmakta ve geliştirmeye de devam etmektedirler.

Bu çalışmada tüm alt iş kollarında kullanılan ve inşaat projelerinin başarısını direkt etkileyen, yapım yönetimi konusu üzerinde durulmuş, proje planlama tekniklerinin yanı sıra bilgisayar tabanlı proje planlama ve yönetimi destek sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde, proje yönetimi, proje planlaması ve iş programlama yöntemleri ile ilgili kavramlar açıklanmıştır. Daha sonra, şantiyede yaşanabilecek problemlerin yapım evresi öncesinde sanal ortamda tespit edilebilmesine imkan veren Yapı Bilgi Modellemesi Sistemi – BIM (BIM - Building Information Modeling) incelenmiş, ilgili kavramlar açıklanmış ve konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalar özetlenmiştir.

2.1. Proje Yönetimi

Proje yönetimi; proje gerekliliklerini karşılamak için bilgi, beceri, araç ve tekniklerin proje faaliyetlerine uygulanmasıdır. Proje yönetimi 5 ana süreç grubunu içerir.

- Projeye başlangıç evresi (proje tasarımı, ihale süreci vs.)
- Proje planlaması

- Projenin uygulanması
- Proje uygulamasının kontrol ve gözlemi
- Proje kapanışı (iskân izni, geçici kabul, kesin kabul vs.).

Proje yönetiminde;

- proje ihtiyaçları (kaynaklar) belirlenmeli,
- iş programı oluşturulurken paydaşların beklenti, ihtiyaç ve endişeleri ele alınmalı,
- proje bileşenleri (kalite, yapılması gereken işler, iş programı, bütçe, kaynaklar ve riskler) dengede tutulmalıdır (Project Management Institute, 2008).

2.2. İnşaat Sektöründe Planlama

Başarılı bir şekilde proje yürütmenin anahtarı etkin proje planlaması ve bunun ışığında yönetimidir.

Bir projenin verimini arttırmak için yapılması istenen iş kalemlerinin uygulamadan önce planlaması yapılmalı, aralarındaki ilişkiler tanımlanmalı, kaynakları belirlenmeli ve atamaları yapılmalıdır. Uygulama sürecinde ise faaliyetler; yapılan plana uygun olarak, zamanında, sözleşme ve eklerinde belirtildiği şekilde gerçekleştirilmelidir.

Proje yaşam döngüsünde sürekli denetim büyük öneme sahiptir ve denetim faaliyetlerinin amacı hataları tespit etmekten ziyade hatasız olarak ya da en az hata ile projenin sözleşme ve eklerine uygun olarak gerçekleştirilebilmesidir. Hatasız üretim hedefinin gerçekleştirilebilmesindeki en önemli etkenlerden biri detaylı yapılan bir planlamadır. Planın uygulamaya geçirilmesinde ise planlama mühendislerini destekleyen ve asiste eden bilgisayar yazılımlarının önemi her geçen

gün artmaktadır. İnşaat projelerindeki en önemli aşamalardan biri olan planlama aşaması ile ilgili kavramlar ve kullanılan yöntemler aşağıda özetlenmiştir.

2.2.1. İnşaat Sektöründe Planlamanın Gerekliliği

İnşaat işlerinde iş güvenliği ile birlikte yüklenici için maliyet, zaman ve işin kalitesi çok önemlidir. Özellikle karı maksimize edebilmek için yapılan işten en üst düzeyde verim almak esastır. Verimin veya israfın maliyet üzerinde doğrudan etkisi vardır. Ortaya çıkan zaman, malzeme ve işgücü israfının doğurduğu fazla maliyetin önüne geçilebilmek adına planlama yapılması inşaatın verimli bir şekilde yürütülmesi adına şarttır.

Planlama faaliyetleri projelerde rasyonel kural ve yöntemlerin kullanılmasına olanak sağlar. Bu da tahminin ötesinde daha net bir öngörü oluşmasına olanak verir. Öngörüler ile pek çok ihtimal ve çözüm göz önünde bulundurularak süre ve mali israfın engellenmesi özellikle büyük çaplı projelerde başarının yolunu açmaktadır.

2.2.2. Planlama Stratejisi

Planlama sürecini yöneten yönetici; sistemin kilit elemanıdır. Projede yer alan her bir aktivitenin belirlenmesi, aktivitelerin ilişkilerinin kurulması, kaynakların belirlenmesi ve atamalarının yapılması ve diğer bütün adımlar yöneticinin ortaya koyduğu strateji doğrultusunda oluşturulur. Bu nedenle yapılan planlamalarda aşağıda genel maddeler halinde oluşturulmuş stratejik noktalara odaklanılmalıdır.

- Amaçlar net bir şekilde belirlenmelidir.
- Tüm olası fırsatlar ve olumsuzluklar genel çerçeveden bakılarak tespit edilmelidir.
- Tespit edilen noktalar üzerinde realist ve objektif bir bakış açısıyla değerlendirmeler yapılmalıdır.

- Fırsatlar en iyi şekilde değerlendirilirken olası sorunların çözümleri üzerinde durulmalıdır.
- Öncelikli aktiviteler belirlenmelidir.
- Kullanılacak kaynaklar ve verimlilikleri üzerinde çalışma yapılmalıdır.
- Hedefe başarıyla ulaşabilmek için gereken öncelikler ve geri planda kalan ögeler ortaya konulmalıdır.
- Plan dahilinde paydaşlara ait sorumluluk ve görev tanımları yapılmalıdır.
- Riskli konularda çeşitli alternatifler belirlenmelidir. Örneğin farklı bir ülkede yapılacak projenin lojistik faaliyetlerinin deniz yolu veya kara yolu ihtimalleri üzerinde durulup süre ve maliyet analizleri yapıldıktan sonra seçim yapılması daha uygun bir yaklaşım olacaktır. Ancak, tehlike arz eden lokasyonlarda savaş, ülke giriş çıkış aksaklıkları vs. göz önünde bulundurularak, bu durumlarda ne gibi alternatif çözümlerle işe devam edileceği belirlenmelidir.

2.2.3. Planlama Adımları

İş planı oluşturulurken, her projeye ait özel durumlar olmakla beraber, planlama mühendislerinin izlediği bir genel iş akışı bulunmaktadır. Planlama aşamasında izlenmesi gereken genel adımlar aşağıda verilmiştir.

- Projede yer alan tüm faaliyetler listelenir. Aktivitelerin birbirleri ile olan ilişkileri belirlenir.
- Metraj çıkartılır.
- Kaynak analizi yapılır ya da hazır istatistikler kullanılır.
- Kaynak metrajı hazırlanır.
- Ekip verimlilikleri hesaplanır.
- Süre analizi yapılır.

- Süre analizi pratiğe (işin koşullarına) uyarlanır.
- Parasal planlama yapılır.
- İş programı yapılır.
- Kaynak dağıtımı yapılır.
- Kaynak dengelemesi yapılır.
- Maliyet optimizasyonu yapılır.

2.2.4. Planlamanın Gelişimi ve Kullanılan Yöntemler

Hazırlanan projede paydaşların taleplerini karşılamak amacıyla üzerinde durulması gereken en önemli konular; zaman, maliyet, kalite ve iş güvenliğidir. Tamamlanmak istenen projede öncelikli tutulan konu, tüm faktörlerin optimal seviyede beklentiyi sağlamasıdır. Bunun sağlanması da detaylı bir planlamadan geçer. Oluşturulan hedef tahmin yaklaşımıyla başlar ve muhakkak ki hata ihtimali bulunmaktadır. Fakat iyi planlama zeminine oturtulan bir projede yanılma oranı en alt seviyeye indirilebilir.

Yaygın kullanılan planlama teknikleri aşağıda verilmiştir (Kuruoğlu, 2002).

- Çubuk Diyagramlar (Gantt Chart)
- Kritik Yol Metodu (CPM, Critical Path Method - Ok Diyagram ve Kutu Diyagram)
- Seçenekli Değerlendirme Yöntemi (PERT, Program Evaluation and Review Technique)
- Devre diyagramları.

2.2.4.1. Çubuk Diyagramlar

Bilinen en eski iş programlama yöntemi Polonya'da Karol Adamiecki tarafından 1986 yılında kullanılan Harmonogram yöntemidir. Makine atölyelerinde, kimyasal tesislerde, tarımda ve madencilikte kullanılan Harmonogram yöntemi

üretimde % 100'den % 400'e varan artışa sebep olmuş ve büyük yankı oluşturmuştur. Kullanılan Harmonogram grafik yöntemi, 1900 yılında Amerikalı mühendis Henry GANTT tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem günümüzde de halen kullanılan Gantt Chart veya diğer bir ifadeyle Çubuk Diyagram yöntemidir (Marsh, 1976).

Çubuk diyagram yöntemi; iş kalemlerinin bir takvim üzerinde yatayda çizilen çubuklar ile ifade edilip, aktivitelerin birbirleriyle ilişkilendirildiği bir yöntemdir (Ek 1.). Her çubuk işe ait süreyi gösterirken en son bitiş noktasında yer alan çubuk ise işin bittiği zaman aralığını ifade eder.

Çubuk diyagram yöntemi verimliliği arttırmakta ve yıllardır yaygın olarak kullanılmasına rağmen bazı dezavantajlara sahiptir. Bu dezavantajlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- İşler arasındaki ilişkiler net olarak gösterilememektedir.
- Hangi işlerin projenin toplam süresini doğrudan etkilediği belirtilememektedir. Gecikme yaşanması durumunda, söz konusu iş kaleminin toplam süreyi etkileyip etkilemediği belirsiz kalmaktadır.
- Toplam süreyi etkilemeyen, bolluk yaratan işler belirlenemediği için gereksiz kaynak israfının önlenmesi mümkün değildir.
- Toplam süreyi kısaltmak için gereken müdahalelerin maliyetle ilişkilendirilerek ortaya net rakamlar konulması mümkün değildir (Kuruoğlu, 2019).

2.2.4.2. Kritik Yol Metodu

Kritik Yol Yöntemi (Critical Path Method – CPM) 1950'lerde Dupont ve Sperry Rand'deki araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Ward, 1992). Kritik yol yöntemi, birbiri ile bağlantılı bir dizi iş kaleminin ilişkilendirilerek, sürelerinin

kesine yakın tayin edildiği ve en son aşamada da projenin bittiği son noktaya ulaşmayı sağlayan yöntemdir.

Kritik yol yöntemi aktivitelerin gösterim şekline göre iki şekilde ifade edilmektedir. Kritik yol yöntemi; aktivitelerin oklar ve düğüm noktaları ile ifade edildiği ok diyagramlar ve aktivitelerin kutularla gösterildiği kutu diyagramlar olarak iki farklı şekilde ifade edilmektedir (Çelik, 2016).

2.2.4.2.(1). Ok Diyagramları Yöntemi

Kritik yol yönteminde; faaliyetlerin birbirleriyle mantıksal (fiziksel) olarak ilişkilendirilerek oluşturulduğu, öncelik sırasına göre projenin başlangıcından bitişine kadar devam eden gösterim şekline "şebeke" ya da "ok diyagramı" denir (Karadeniz, 2007).

Projede yer alan faaliyetleri göstermek için oklar kullanılır. Her bir faaliyet iki düğüm noktası ve bunlar arasına çizilen bir ok ile ifade edilmektedir. Bu temel üzerine oluşturulan şebeke sisteminin kurulması aşağıdaki kurallara dayanır (Çelik, 2016).

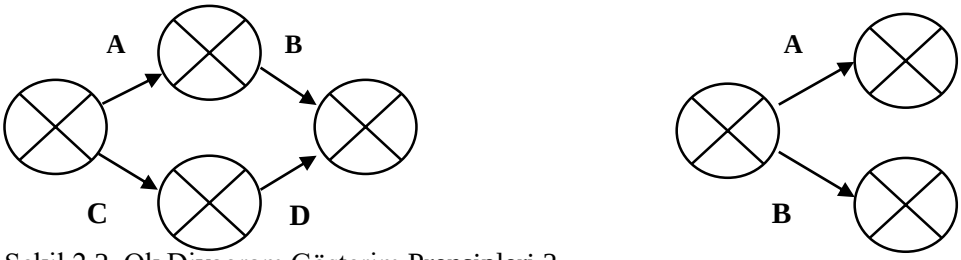
1. İki düğüm noktası arasında bir faaliyet tanımlanır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Ok Diyagram Gösterim Prensipleri 1

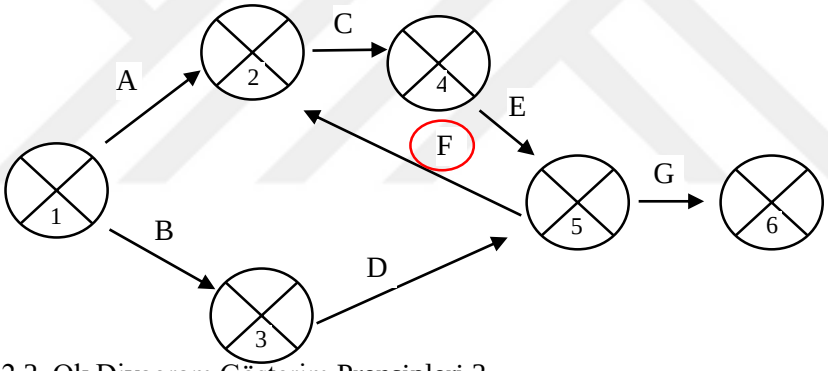
2. Her projenin bir başlangıç ve bir bitiş noktası bulunur (Şekil 2.2.).

DOĞRU **YANLIŞ**



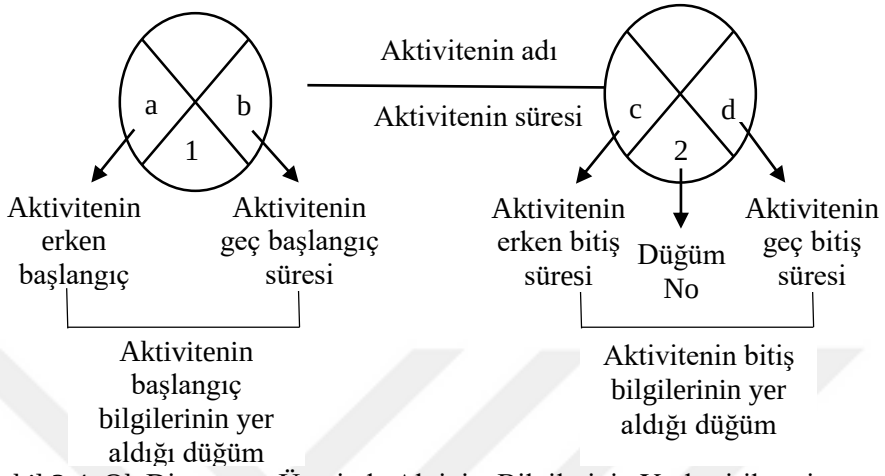
Şekil 2.2. Ok Diyagram Gösterim Prensipleri 2

3. Faaliyetler mantık sıralaması ile oluşturulur ve bir faaliyet (F faaliyeti) kendinden önce biten bir faaliyetin başlangıç noktasına bağlanamaz (Şekil 2.3.).



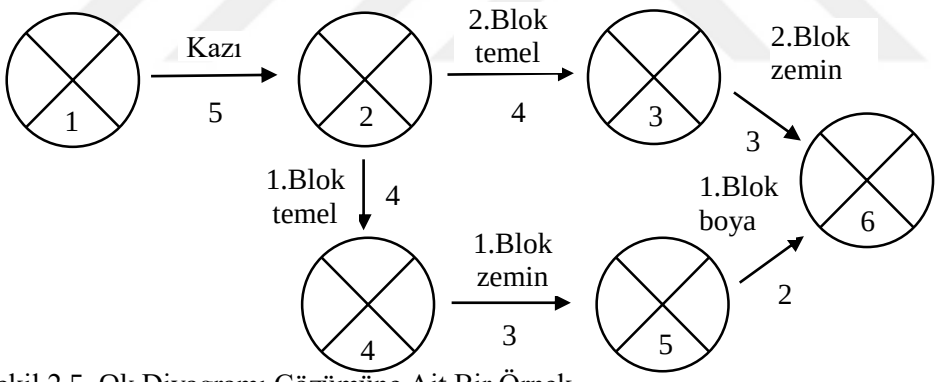
Şekil 2.3. Ok Diyagram Gösterim Prensipleri 3

4. Aktiviteler düğüm noktaları ile Şekil 2.4.'deki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 2.4. Ok Diyagramı Üzerinde Aktivite Bilgilerinin Yerleştirilmesi

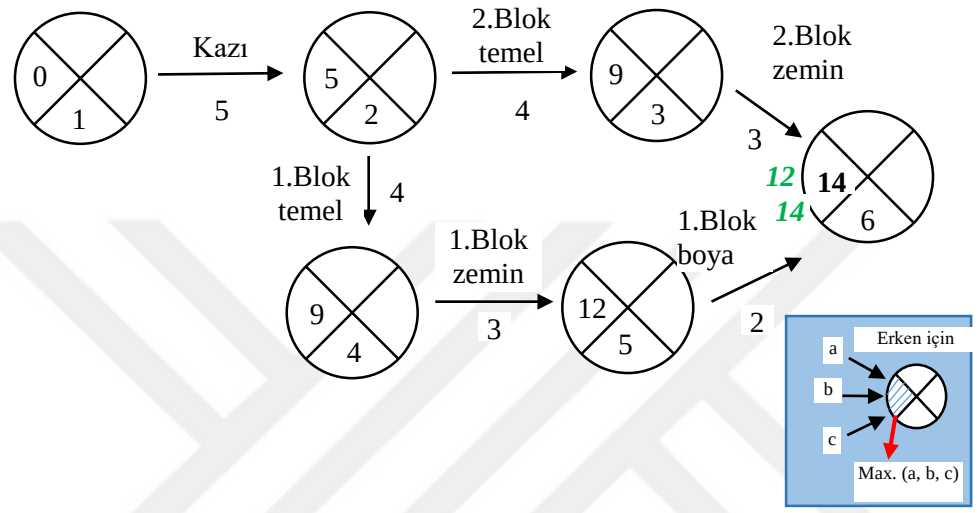
5. Aktiviteler bölünerek de ifade edilebilmektedir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Ok Diyagramı Çözümüne Ait Bir Örnek

6. Faaliyetlerin mevcut koşullar içinde başlayabileceği en erken zamana "erken başlama'' zamanı denir. Düğümlerin erken başlama zamanı hesaplanırken bir önceki düğümün erken başlama zamanına faaliyet süresi eklenmek sureti ile bir sonraki düğümün erken başlama zamanı

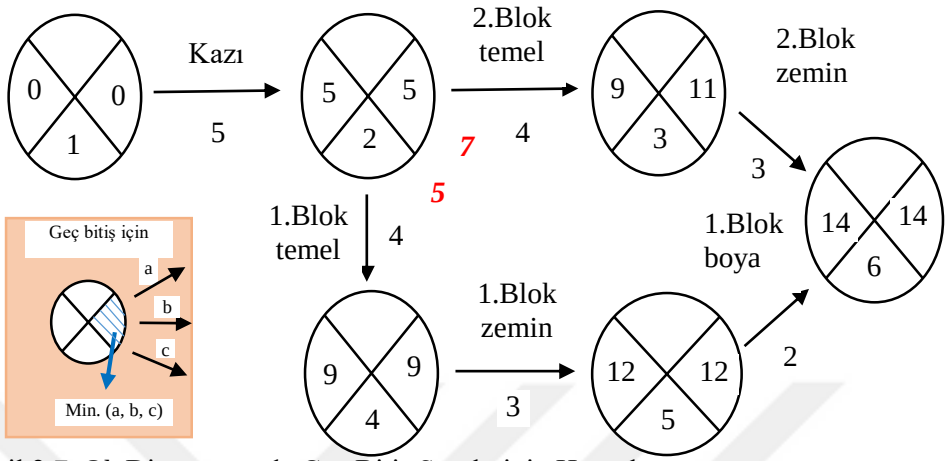
bulunur. Bir düğüme birden fazla yoldan gelinebiliyorsa büyük sonuç veren değer dikkate alınır (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Ok Diyagramında Erken Başlangıç Sürelerinin Hesaplanması

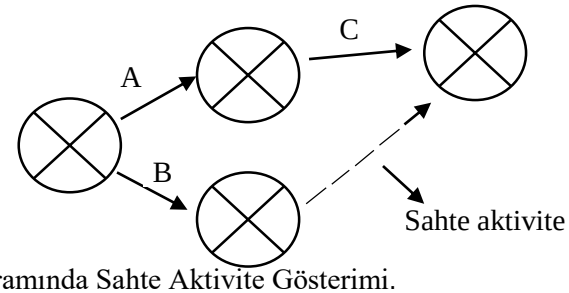
7. Projenin geç bitim süresi, erken tamamlanma süresi ile aynı olacağından son düğümün erken ve geç bitiş süreleri eşit alınıp geriye doğru faaliyet süreleri çıkarılarak bir önceki düğümün geç başlama zamanı bulunur. Bir düğüme birden çok yoldan dönülüyorsa küçük olan değer esas alınır (Şekil 2.7.).

8. Şekil 2.6. ve Şekil 2.7.'de ok diyagramın çözümüne ait bir örnek bulunmaktadır. Verilen örnekte, aktivite isimleri, süreleri ve düğüm noktaları görülmektedir. Diyagram üzerinde çözüme ilk aktiviteden başlanmaktadır (Şekil 2.5.).



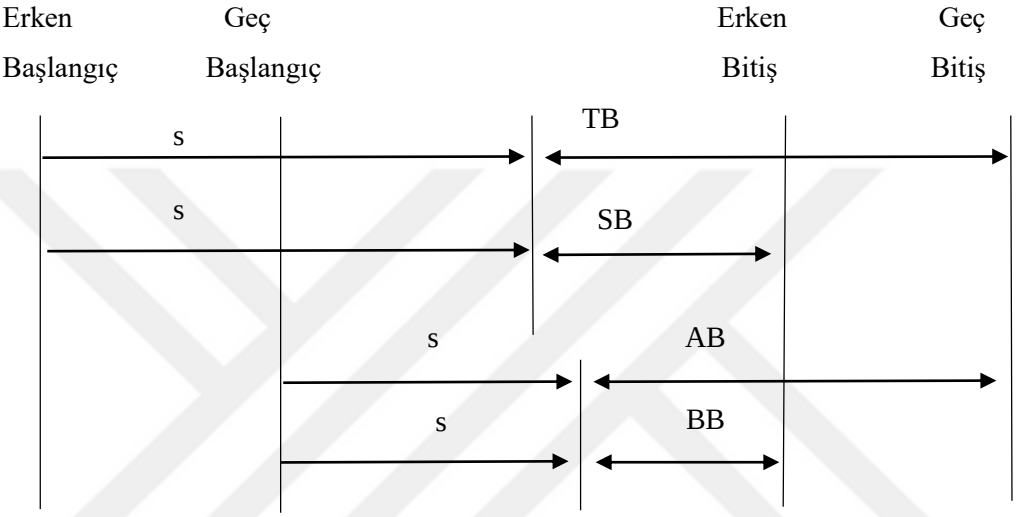
Şekil 2.7. Ok Diyagramında Geç Bitiş Sürelerinin Hesaplanması.

9. Sahte aktivite/faaliyet (kukla aktivite); faaliyetler arasında mantıki ilişkinin oluşturulabilmesi ya da aktiviteler arasındaki bekleme süreleri için kullanılır. Sahte aktivite süreli de olabilir süresiz de olabilir. Sahte aktiviteler kesikli çizgi ile gösterilir (Şekil 2.8.). Aşağıdaki örnekte kukla faaliyet B ve C aktivitelerinin aynı anda bitmesi gerektiğini belirtmektedir.



Şekil 2.8. Ok Diyagramında Sahte Aktivite Gösterimi.

10. Faaliyetlerin erken ve geç başlama zamanları arasındaki farka bolluk denir. Kritik yol yönteminde 4 çeşit bolluk vardır (Şekil 2.9.). Bunlar; toplam bolluk (TB), serbest bolluk (SB), ara bolluk (AB) ve bağımsız bolluktur (BB).

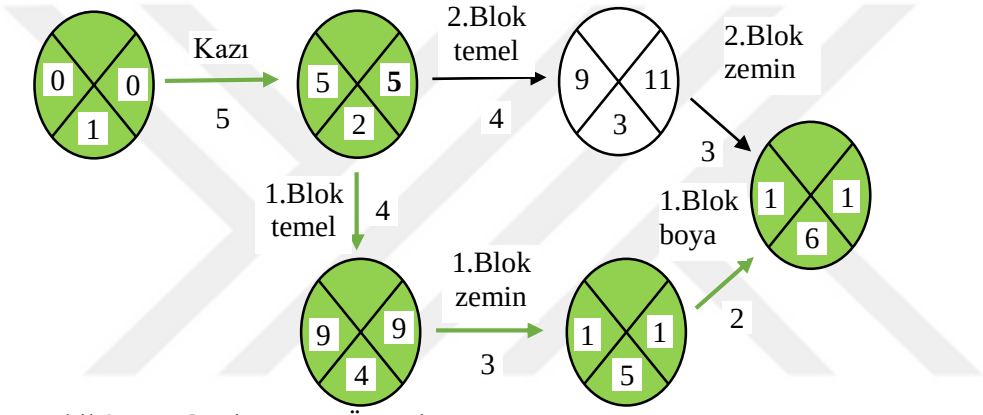


Şekil 2.9. Faaliyet Bollukları
S: Faaliyet Süresi
TB: Toplam Bolluk = Geç Bitiş - (Erken Başlangıç + Faaliyet Süresi)
SB: Serbest Bolluk = Erken Bitiş - (Erken Başlangıç + Faaliyet Süresi)
BB: Bağımsız Bolluk = Erken Bitiş – (Geç Başlangıç + Faaliyet Süresi)
AB: Ara Bolluk = Geç Bitiş – (Geç Başlangıç + Faaliyet Süresi)

13. Kritik yol yönteminde bolluğu bulunmayan faaliyetlere “kritik faaliyet” denilmektedir. Kritik faaliyetlerin oluşturduğu zincire de “kritik yol” denir. Bir projede en uzun yol kritik yoldur. Bir projede birden fazla kritik yol olabilir. Projenin kritik yolunun bilinmesi proje yönetimi için oldukça önemlidir. Çünkü bu yol üzerinde bulunan faaliyetlerin sürelerindeki değişiklikler direkt proje süresine yansımaktadır.

Bir faaliyetin kritik olabilmesi için aynı anda iki koşulu da sağlaması gerekmektedir. Birinci koşul, faaliyetin toplam bolluğu sıfır olmalıdır. İkinci koşul ise faaliyetin erken başlangıç ve geç başlangıç sürelerinin birbirine eşit olması, buna ek olarak faaliyetin erken bitiş ve geç bitiş sürelerinin de birbirine eşit olması gerekliliğidir (Çelik, 2016).

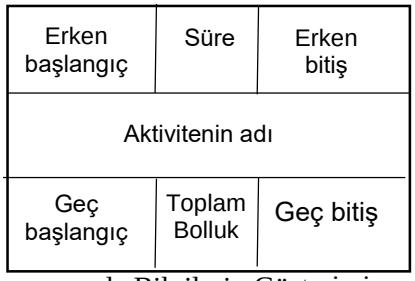
Şekil 2.10.'da örneklenen projede, kritik yolu oluşturan faaliyetler; Kazı – 1. Blok Temel – 1. Blok Zemin – 1. Blok Boya faaliyetlerinden oluşmaktadır.



Şekil 2.10. Ok Diyagramı Örneği

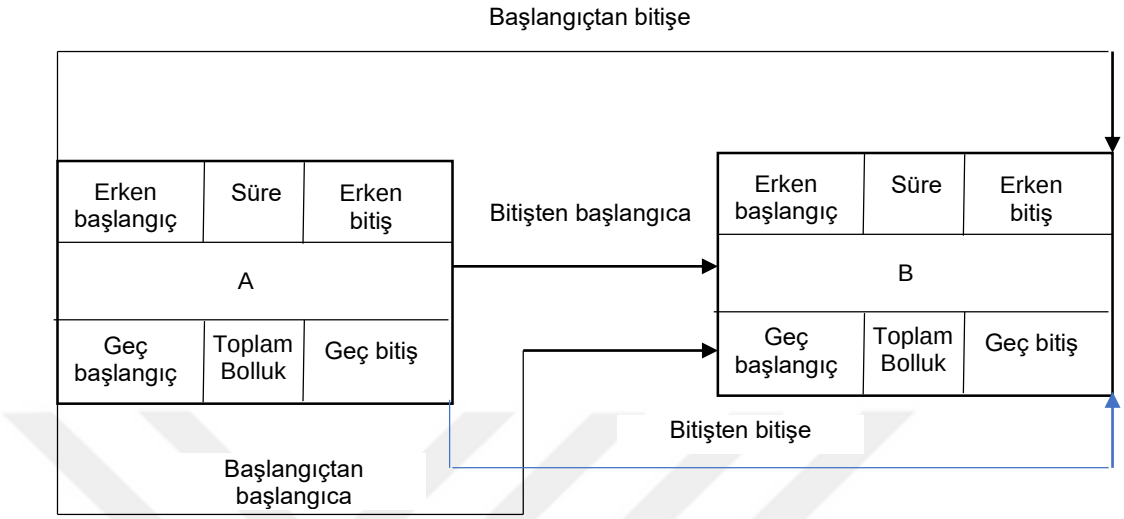
2.2.4.2.(2). Kutu Diyagram Yöntemi

Kritik Yol Yönteminde aktiviteler oklar yerine kutular ile de ifade edilebilir. Faaliyetler kutular ile aşağıdaki şeklinde ifade edilir (Şekil 2.11.). Kutu diyagramlarda sahte (kukla) aktivite bulunmamaktadır. Ayrıca kritik yol projenin başlangıcından sonuna kadar kesintisiz devam etmeyebilir.



Şekil 2.11. Kutu Diyagramında Bilgilerin Gösterimi

Kutu diyagramlarda faaliyetlerin toplam bollukları da ifade edilmektedir. Kutu diyagramlar arasında kullanılan okların kutunun hangi yüzünden başlayarak nereye bağlandığı mantıksal ilişkiyi ifade ettiği için dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur (Şekil 2.12.). Şekil 2.12.'de görüldüğü üzere, kutu diyagramda faaliyetler 4 farklı şekilde bağlanabilmektedir. Bunlar; başlangıçtan başlangıca (SS, Start to Start), başlangıçtan bitişe (SF, Start to Finish), bitişten başlangıca (FS, Finish to Start) ve bitişten bitişe (FF, Finish to Finish) şeklindedir. Kutu diyagramlarının oluşturulmasındaki kurallar ok diyagramlarında kullanılan kurallar ile benzer özellikler taşımaktadır.



Şekil 2.12. Kutu Diyagramda Kullanılan Bağlantı Çeşitleri

Bu tez çalışması kapsamında; iş programı yapılırken kullanılan yazılımlar kritik yol yöntemi tabanlı olarak çalışmaktadır. Bu sebeple kritik yol yöntemi dışındaki iş programlama teknikleri kısaca özetlenmiştir.

2.2.4.3. Seçenekleri Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği (Evaluation and Review Technique, PERT)

Seçenekleri Değerlendirme ve Gözden Geçirme Tekniği belirsizliğin fazla olduğu işlerde tercih edilen bir iş programlama tekniğidir. CPM yönteminde olduğu gibi PERT yönteminde de hedef projenin tamamlanabileceği en kısa süreyi tahmin etmektir. Her iki yöntemin (CPM-PERT) benzer özelliklerinin olmasının yanı sıra ayrıldıkları noktalar mevcuttur. CPM ve PERT yöntemlerinin her ikisinde de iş süreleri açısında varsayımlar yapılarak tahminlerde bulunulur. Ancak PERT yöntemi belirsizliğin daha fazla olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Bu yöntemde faaliyetlerin en iyi, ortalama ve en kötü ihtimal ile tamamlanma süreleri hesaplanarak üç farklı senaryo üstünden tahmin yapılır.

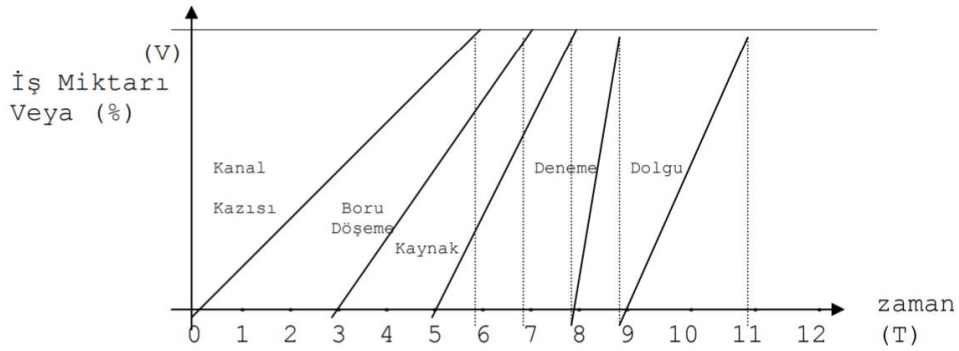
PERT Yönteminde işin en iyi sürede tamamlanması ihtimalinden, en kötü sürede tamamlanması ihtimaline kadar yapılan 3 tahminde tamamen planlama yapan kişinin inisiyatifindedir. Bu yöntem, doğru tahmin yapıldığında ne kadar avantajlı ise yanlış tahmin yapıldığında da büyük sapmalar meydana gelme ihtimali taşımaktadır. Bu da PERT yönteminin en büyük dezavantajlarından birisidir (Karadeniz, 2007).

Yukarıda da belirtildiği gibi PERT yönteminin eksik ya da dezavantaj sayılabilecek yanları bulunsa da hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Olası aksaklıklardan çıkabilecek süre sapmalarına karşı çoklu süre tahmini yapılabilmesi, sağladığı önemli faydalardan birisidir (Kutlu, 2001).

Genellikle PERT tekniği olarak kullanılan yöntem Klasik Pert tekniğidir öte yandan bu tekniğe alternatif olarak Bulanık-Pert (FPert, Fuzzy Pert) ve Gerçek-Pert (RPert, Real Pert) yöntemleri mevcuttur. Gencer ve Türkbey (2001) tarafından yapılan çalışmada her 3 yöntem karşılaştırılarak yöntemlere ait formülizasyonlar kullanılmış, eksik noktaları ve kullanışlı olup olmadığı belirtilmiştir. Gerçek PERT yönteminin hesaplamalarda üssel artış sebebiyle çözümünün zor olduğu belirtilmiştir. Fakat Bulanık PERT ve Klasik PERT yöntemleri birbirine çok yakın analiz sonuçları vermişlerdir.

2.2.4.4. Devre Diyagramları

Devre diyagramları ile iş planı; iş kalemlerinin diyagram üzerinde peş peşe sıralanması ile oluşturulur. Yatay eksende iş süreleri bilgisi bulunurken düşey eksende iş miktarları yazılır (Şekil 2.13.). Farklı türdeki iş birimlerinin de bir eksen üzerinde gösterilebilmesi için işler yüzde ile ifade edilerek ortak noktada buluşturulurlar. Her iş kendi miktarının zaman içerisinde ilerleme eğrisi ile ifade edilir.



Şekil 2.13. Devre Diyagramı Gösterimine Bir Örnek (Kuruoğlu,2002)

2.3. İnşaat Sektöründe Yazılımların Gerekliliği

Teknoloji günümüzde her alanda kendini göstermekte ve gelişmeye devam etmektedir. Özellikle bilgisayar ve yazılım alanında yaşanan gelişmeler tasarım konusunda dijitalleşmeyi ve dolayısıyla bilgisayar destekli programlar yardımıyla projeler hazırlanması fırsatını doğurmuştur (Altın ve Allahverdi, 2004).

Yapılan analizlerin hata oranlarının düşük oluşu, daha etkin inşaat yönetim sürecine sahip olunmak istenmesi ve istenilen bilgiye daha hızlı ulaşabilme ve paylaşabilme gibi gereksinimler bilgisayar yazılımlarını projeler için vazgeçilmez birer araç haline getirmiştir (Baloğolu, 2017).

İnşaat sektöründe bilgisayar yazılımlarından pek çok alanda faydalanılmaktadır. Bunlar; tasarım, analiz, raporlama, maliyet hesabı, proje yönetimi vb. olarak sıralanabilir. Günümüzde teknolojinin kullanımı o kadar yaygınlaşmış ve sektöre adapte edilmiştir ki kamu projelerinde dahi dosya ekleri elektronik ortamda tasarımı yapılarak depolayıcılar içerisinde veri paylaşımı talep edilmektedir. Bu nedenle artık bilgisayar destekli yazılım kullanımı tercihten çok gereklilik halini almıştır.

2.3.1. Cad Tabanlı Programlar

2000'li yılların sonundan itibaren 'Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD, Computer Aided Design) yani CAD yazılım firmaları, mühendislik ve mimari proje gereksinimlerinin artmasıyla yatay yazılımların (iki boyutlu – 2D) yanında, Autocad Civil 3D, Autodesk, Revit, Autocad, Map 3D, BIM 360 gibi düşey yazılımlar (üç boyutlu – 3D) geliştirmeye başlamıştır (Akgül ve Topatan, 2014).

Her türlü tasarımın (mimarlık ve mühendislik) kağıt kalem yerine bilgisayar ortamında hazırlanıp üzerinde kolayca değişikliklerin yapılabildiği ve sanal ortamdan veri paylaşımının gerçekleştirilebildiği CAD tabanlı programların kullanımı sadece inşaat sektöründe değil pek çok sektörde (otomotiv, sanayi, endüstri, mobilya, vb.) hızlıca yaygınlaşmıştır.

Özellikle inşaat sektöründe; eski yöntemlere göre daha pratik olması sebebiyle zaman ve maliyet açısından firmalara ciddi anlamda avantaj sağlayan bu yazılımlar artan taleple birlikte geliştirilerek çeşitli versiyonları çıkartılmış ve hala geliştirilmeye devam etmektedirler. İlk çalışmalara başlandığında sadece çizgilerden ibaret olan CAD yazılımları artan ihtiyaç ve talep doğrultusunda gelişerek statik ve metraj hesapları ile 3 boyutlu model tasarımlarının yapılabildiği donanımlara sahip olmuştur.

2.3.2. Cpm Veri Tabanlı Planlama Programları

Günümüzde kurumsallaşma yolunda ilerleyen ve büyük çaplı projeler yürüten firmalar proje yönetimi departmanına önem vermekte, nitelikli personeller çalıştırmakta ve gelişim adına çeşitli yatırımlar yapmaktadırlar. Çünkü iyi organize edilmemiş ve kuvvetli öngörülerle ilerlenmeyen projeler firmalara ciddi zararlar vermektedir. Bu zararlardan korunmanın yolu ise yetişmiş ve konusunda uzman işgücü kullanmak ve teknolojik gelişmeleri takip etmektir. Bu teknolojik gelişmeler şantiyeyi olduğu gibi aynı zamanda firma yönetim sistemini de kapsamaktadır.

Önceleri proje yönetim teknikleri sadece bazı planlama tekniklerini içerirken, artık kapsamını gittikçe genişleterek ekip çalışmasından iletişime, veri analizinden sorun çözmeye, raporlama tekniklerinden izlemeye, denetlemeden değerlendirmeye geniş bir alana yayılmış bütünleşik bir disiplin halini almıştır. Bu gelişim ve değişim sürecinde talepleri karşılamak üzere bilgisayar paket yazılımları geliştirilmiştir (Turan, 2002). Aşağıda günümüzde planlama alanında yaygın kullanılan paket programlar özetlenmiştir.

2.3.2.1. Microsoft Project Programı

Microsoft tarafından geliştirilen; Kritik Yol Yöntemi tabanlı olarak iş programı yapılmasını sağlayan bir yazılımdır.

İş ile ilgili genel bir plan oluşturmak, oluşturulan planda; kaynakları atamak, gelişmeleri izlemek, ödemelerin yapılıp yapılmadığını veya hangi oranda tamamlandığını göstermek, zamana göre kullanılan iş gücünü genel hatlarıyla incelemek hususlarında raporlarla desteklenen bir yazılımdır (Chowdeswari ve ark., 2017).

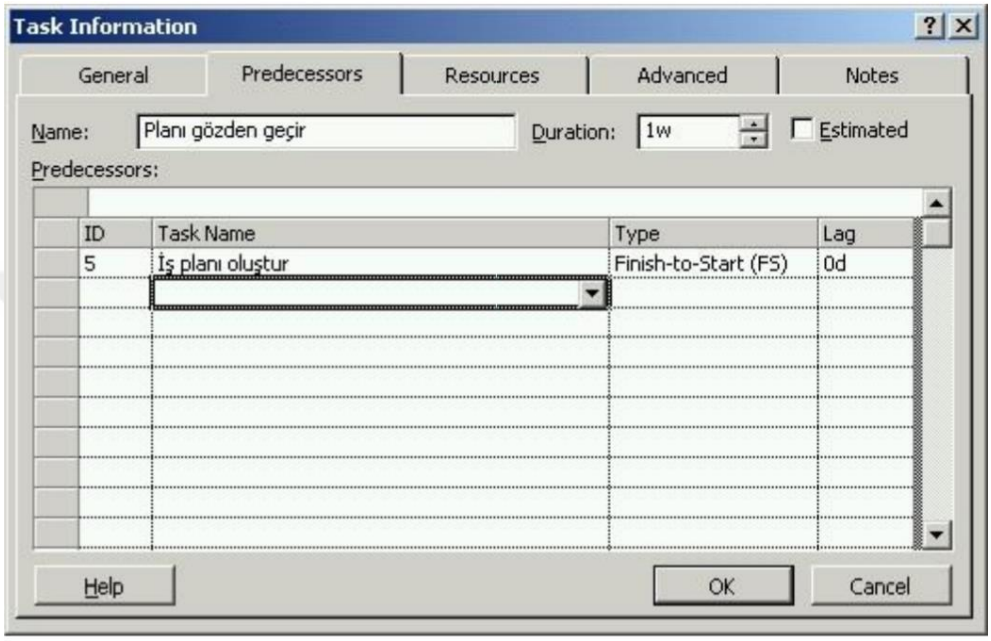
Microsoft ürünü olan bu yazılım sahip olduğu ara yüz sebebiyle Microsoft'un sık kullanılan diğer yazılımlarına benzemektedir. Bu nedenle kullanıcılar açısından çok karmaşık bir yapısı bulunmamaktadır. Dolayısıyla birçok meslek gurubu tarafından tercih edilmektedir. Ancak Microsoft Project yazılımının risk yönetimi fonksiyonu yoktur. Bu nedenle kaynakların doğru zaman ve maliyetle kullanımının idaresi ve denetimi hususunda eksiklikleri mevcuttur (Gökyiğit, 2014).

Microsoft Project ile oluşturulan dosyalar *.mpp* uzantılı olarak kaydedilmektedir.

Programda tanımlanan, 4 adet faaliyetler arası ilişki bulunmaktadır. Bunlar:
SS (Start to Start): A işi başladığı anda B işi de başlar.
SF (Start to Finish): A işi başladığında ona bağlı B işi bitmelidir. (Bu ilişki tipi inşaat işlerinde pek kullanılmamaktadır.)

FS (Finish to Start): A işinin tamamlanması ile B işi başlar.

FF (Finish to Finish): A işi ile B işi aynı anda bitmelidir.



Şekil 2.14. M.S. Project Yazılımında Aktiviteler Arası İlişkilerin Oluşturulması (Ulucan, 2006)

2.3.2.2. Primavera Programı

Primavera, 1983 yılında Primavera Systems Inc. firması tarafından piyasaya sürülerek kullanılmaya başlanmıştır. 2008 yılında Oracle Corporation firması tarafından satın alınmıştır (*insaport.com*).

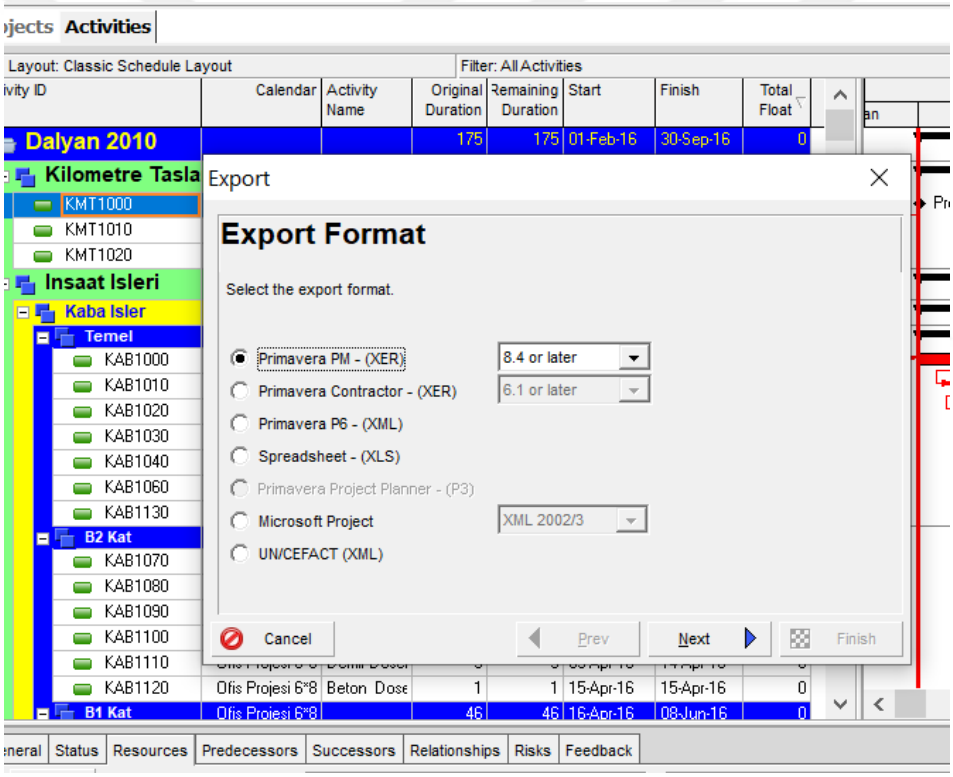
Primavera programının Oracle bünyesine geçmesinden sonra ücretsiz kurulumu zorlaştırılmıştır. Yazılım fonksiyonlarını geliştirme çalışmaları ile farklı sektörlerde uygulanabilirliğini arttırmak amacıyla programın kullanımı nispeten zorlaşmıştır (Gökyiğit, 2014).

Günümüzde büyük çaplı projelerin iş planı oluşturulması konusunda kullanımı oldukça yaygınlaşan Primavera; proje planlama, yönetim, projenin

tamamlanma tarihini hesaplama, projede iş süreleri üzerinde yapılacak değişikliklerin bitiş tarihine etkisini hesaplama, nakit akış miktarını hesaplama, risk yönetimi, ürün yönetimi ve kontrol gibi planlama odaklı çalışmaların yapılabildiği bir yazılımdır.

Gelişmiş kullanıcı yönetim sistemine sahip olan bu programa çoklu erişim seçeneği vardır. Yani aynı proje üzerinde birden fazla kişi çalışma yapabilmektedir.

Primavera yazılımının, *.xer, .xml, .xls*, farklı dosya uzantıları ile export seçeneği bulunmaktadır (Şekil 2.15.).



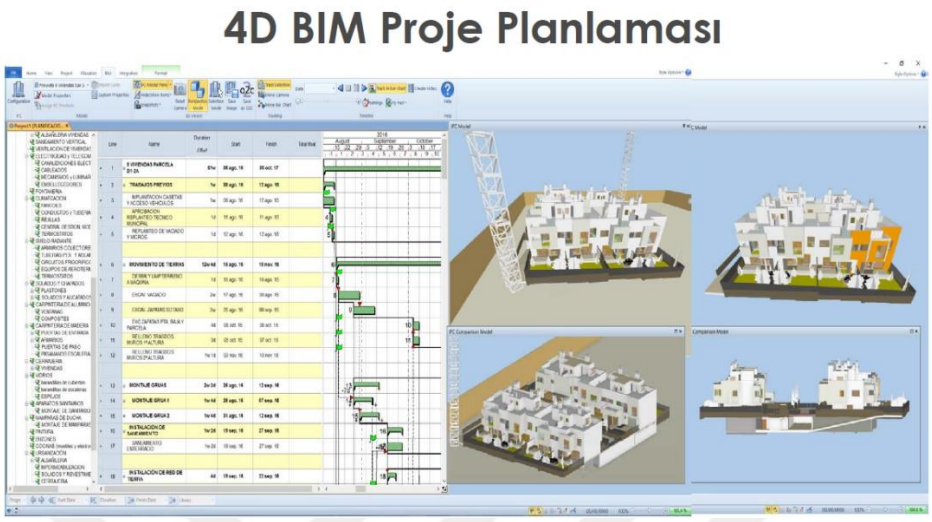
Şekil 2.15. Primavera Export Sayfası

2.3.2.3. Power Project Programı

İnşaat sektöründe çalışan planlamacıların gereksinimlerini karşılamak amacıyla 1988 yılında, kaynakların doğru bir şekilde kullanımını sağlamak ve gerekli bütçe kontrol sisteminin oluşturulması gibi amaçlarla Power Project yazılımı geliştirilmiştir. Kullanım kolaylığının yanı sıra planlama işlevine görsel verilerin işlenebilmesi gibi çeşitli özellikleri ile farklı ülkelerde farklı tip projelerde kullanılmıştır. Bu projelerden bazıları; The London Eye (UK), The Eden Project (UK), Jumeriah Park (Dubai), Reichstag in Berlin (Almanya), The Great Court at the British Museum (UK) vs.'dir (Prime PMO, 2020).

Cpm veri tabanlı olarak çalışan Power Project yazılımına özgü bazı özellikler aşağıda özetlenmiştir.

- 3D modeli oluşturulmuş bir proje 4D BIM sisteminin bir parçası olan Power Project yazılımına entegre edilerek oluşturulan görsel üzerinden (Şekil 2.16.) planlama yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece projeler spesifik olsa dahi uygulama noktasında herhangi bir detayı atlama ihtimali düşürülmüş olmaktadır.



Şekil 2.16. Power Project BIM Ekran Görünümü (Prime PMO Sunumu)

- BIM sistemi için geliştirilen yazılımların pek çoğuyla oluşturulan verilerin içe aktarımı (import) mümkündür. Örneğin, 3 boyutlu tasarım yazılımlarından Revit ile CPM tabanlı Primavera eş zamanlı olarak kullanılabilmektedir.
- Power Project'in aktiviteleri sürükle bırak özelliği, kullanıcıya, aktiviteler üzerinde manuel olarak oynama ve kullanım kolaylığı sağlamaktadır.
- IFC (Industry Foundation Classes - Endüstri Temelli Sınıflandırma) model yardımıyla oluşturulan zamana dayalı iş akış simülasyonu hazırlama fonksiyonuna sahiptir.
- İş planında yapılan değişiklikler "Yeniden Programlama'' (Schedule) komutu ile aktifleştirilirken aynı zamanda değişiklikler plana da işlenmektedir. Ayrıca pek çok yazılımda olduğu gibi Power Project yazılımında da hatalı yapılan değişiklikleri geri alabilmek mümkündür.

- Mobil cihazlar ile sahada yapılan günlük ilerlemeler güncellenip plana dahil edilebilmektedir. Aynı zamanda görsel kayıtlar yerinde fotoğraflanarak kullanıcı tarafından sisteme eklenebilmektedir.
- Power Project plan dosyaları Power Project Viewer ile incelenip çıktısı alınabildiği gibi, Ms Project ve Primavera yazılımları ile de oluşturulmuş planlar görüntülene bilmektedir (Prone Proje, 2017).

Sıralanan maddelerden de anlaşılacağı üzere Power Project genel hatları ile; proje portföy yönetimi, proje yönetimi, yönetim raporlaması, kaynak yönetimi, maliyet ve gelir yönetimi, zaman ve gider yönetimi konularında projeye destek sağlamaktadır (Prone Proje, 2017).

2.4. Cpm Veri Tabanlı Programların Sağladığı Faydalar

Cpm veri tabanlı programların sağladığı avantajların bazıları aşağıda sıralanmıştır.

- Planlama başlı başına bir iş koludur ve işlerin düzenli olarak yürüyebilmesi için idare ve yönetim kavramının olduğu neredeyse her işletmede yapılmak zorundadır. Bu nedenlerden dolayı Cpm veri tabanlı programlar çeşitli projelerde ve sektörlerde uygulanabilir.
- Büyük ve karmaşık projelerde çok sayıda faaliyet ve ilişkiler mevcuttur. Bu nedenle yazılım olmadan hatasız ya da az hata payı ile çözümlemek oldukça zordur. Cpm veri tabanlı bilgisayar programları yardımıyla projenin yönetilmesi hem daha kolay hem de daha az zaman almaktadır.
- Önceki bölümlerde bahsedilmiş olan ve uzun yıllardır kullanılan planlama yöntemlerinin hesap mantığına dayanan sistemin bilgisayar ortamına aktarılmış olması matematiksel olarak karmaşıklığı

azaltmaktadır. Dolayısıyla yapılan hesaplamalar manuel hesaplamalara göre daha az hata riski taşımakla birlikte uygulaması daha kolaydır.

- Proje yönetiminin planlama başta olmak üzere çeşitli aşamalarında kullanılabilirler. Örneğin iş planı oluşturulmuş bir proje üzerinde mali değişiklik ve süre kısaltma revizyonlarının kontrol altına alınarak firma lehine kararlar alınması mümkündür.
- Gannt Chart gösterimi ile kullanıcılar görsel olarak proje faaliyetleri arasındaki ilişkileri kolaylıkla anlayabilmektedir. Böylece sisteme planlamayı yapan kişinin dışında dahil olan bireylerinde çalışma üzerindeki akışı anlamaları ve anlamlandırmaları oldukça kolaylaşmaktadır.
- Aktiviteler arasındaki ilişkilerin grafik ve tablolarla ifadesi projelerin belgelenmesi adına önemli bir kaynak niteliğindedir. Yapılan sunumlarda ve toplantılarda detaya inmeden genel hatlarıyla bilgilendirme amaçlı kullanılabilmektedirler.

2.4.1. Yapı Bilgi Modelleme (Building Information and Modeling) Sistemine Genel Bakış

Yapı Bilgi Modelleme (Building Information and Modeling) Sistemi, bir yapının tasarımının, yapımının ve bu süreçteki tüm iş kalemlerinin bilgisayar yardımı ile sanal ortamda inşasını gerçekleştirip bu inşaatı geliştirmek üzerine kurulu bir sistemdir (Azhar ve ark., 2008).

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yapının dizayn modeli için sahip olduğu zengin parametrik verileri ve yönetim teknolojisini temsil etmektedir (Lee ve ark., 2006).

BIM'nin açılımı incelendiğinde; Yapı Bilgi Modellemesi ifadesinde yer alan her bir kelime sistemin ana fonksiyonlarını ifade etmektedir. Yapı kelimesi; yapılmak üzere tasarlanan her türlü inşaat yapısını ifade etmektedir. Bunlar; barajlar,

kuleler, hava alanları, alışveriş merkezleri, alt yapı imalatları, yol yapım çalışmaları vb. gibi her türlü yapıyı tanımlamaktadır. Bilgi kelimesi; yapının maliyet bilgileri, plan-proje bilgileri, zaman bilgileri, çalışma plan ve yöntemleri gibi yapı ile ilgili tüm bilgileri kapsamaktadır. Modelleme kelimesi ise soyut bir tasarımın bilgisayar ortamında yaratılmasını ifade etmektedir. Modelleme; elektrik, mekanik, mimari hatta işletme programı/sistemi gibi modelleri içermektedir.

2.4.2. Yapı Bilgi Modelleme Sisteminin Gelişim Süreci

Bir binanın sanal model olarak digitalleştirilmesi, ilk olarak 1974 yılında Charles M.Eastman tarafından Amerika'da Carnegie-Mellon Üniversitesi'nde "An Outline of the Building Description System" başlıklı çalışmasında yer almış ve planlama konusunda güncel durum ve amaçların belirlendiği ve "Building Description System'' (BDS, Bina Tanımlama Sistemi) olarak ifade edildiği raporda yer almıştır. İlk ortaya çıktığında "BDS" olarak ifade edilen sistem günümüzde "Building Information Modeling – BIM" ismi ile uluslararası alanda kullanılmaktadır.

BIM sisteminin temelleri ilk olarak ABD' de atılmış olmasına rağmen adaptasyon süreci son 3 yılda hızlanmıştır. Bu nedenle ABD dünya üzerinde BIM sisteminin kullanımı konusunda 1.sırada değildir. Birleşik Krallık bu sistemi tüm kamu projelerinde zorunlu tutarak ABD'yi geride bırakmıştır.

ABD inşaat sektöründe verimliliği arttırmayı hedeflerken 2 noktaya odaklanmıştır. Bunlar; standardizasyon ve iş birliği noktalarıdır. BIM'nin kullanıldığı ülkeye entegre edilebilen standardizasyon özelliği hem yükleniciler için hem de mühendisler için verimliliği üst seviyeye taşırken, iş birliği ise beraberinde koordinasyonu getirmiştir.

Son birkaç yılda ABD'deki üniversitelerde BIM bir uzmanlık alanına dönüşerek sistemin entegrasyon sürecini yavaşlatan faktörleri tespit edip çözümü

konusunda çalışmalar verimli bir şekilde devam etmektedir (http://biblus.accasoftware.com).

2.4.3. BIM'nin Kullanım Amaçları

BIM sistemi sadece bir yazılım değildir. Planlama bakış açısına getirilen yeni bir tekniktir. Sisteme dahil olan tüm paydaşlar (mimarlar, mühendisler, teknikerler, yükleniciler, vb.) ortak bir veri tabanı üzerinde çalışmaktadır (Özorhon, 2018).

Proje yönetiminin en önemli faktörü olan "iletişim'' hususundaki aksaklıkların bu sistem ile ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Paydaşlar arasındaki iletişimin koordineli bir şekilde sağlanması ile tasarım aşamasında yaşanabilecek aksaklıklar en alt seviyeye indirilmiş olmaktadır.

Farklı disiplinlerden olan paydaşlar için koordineli bir şekilde çalışma ortamı oluşturulması sağlanır. BIM sistemi tüm tasarım aşamalarının ortak bir veri tabanından yönetilebilmesini amaçlamaktadır.

BIM, projenin tasarım aşamasından başlayan, uygulama ile devam eden ve yapının kullanım aşamasında bakım ve işletme konularını da içene alan yani yapının tüm yaşam döngüsünü kapsayan verileri içinde barındıran bir sistemdir.

2.4.4. BIM Uygulama Seviyeleri

Birçok fonksiyonu olan BIM sistemini oluşturan tablo geniş çerçevede tanımlanırken "rakam'' + "D'' şeklinde terimler kullanılmış ve her fonksiyonu kendi içinde sınıflandırarak ayrı adımlar haline getirilmiştir. Böylece uygulama konusunda her boyutun farklı bir fonksiyonu olduğu anlaşılmaktadır. 3D'den başlayıp günümüzde 7D'ye kadar devam etmektedir. Henüz yeterli çalışma bulunmasa da 8D olarak iş güvenliği seviyesi üzerine çalışmalar da devam etmektedir (Özorhon, 2018). Bu uygulama seviyeleri aşağıda özetlenmiştir.

3D; BIM sistemi öncesinde de aşina olduğumuz projenin 3 boyutlu tasarım aşamasıdır. Bu aşamada yapının tüm detayları işlenerek görselleştirmesi yapılır.

4D; oluşturulan iş planının yer aldığı seviyedir. Sorumluluk şemasını içerisinde bulundurur. Hangi kaynağın hangi şekilde ve ne zaman kullanılacağı belirtilir. İnşaat sürecinde tatil günlerinden, günlük çalışacak personel sayılarına kadar tüm verileri içerisinde barındırır.

5D; proje ile ilgili tüm mali işlemlerin bilgi deposudur. Gereken iş gücüne, ekipmanlara, malzemelere ve diğer tüm harcamalara dair bütçelerin oluşturulup gerekli analizlerin yapılarak verilerin kaydedildiği seviyedir.

6D; sürdürülebilirlik seviyesidir. Yapının enerji analizi yapılır. Binada enerji verimliliğini tespit etmek ve verimi üst seviyelere çıkarmak üzere çalışmaların yer aldığı kısımdır.

7D; tesis yönetimi için kullanılmaktadır. 7D'de BIM sistemi kullanılarak inşa edilen yapının tüm detaylarına ulaşılabilmekte ve yapının kullanımı süresince gerçekleştirilecek bakım, tadilat vs. işlemler için de erişimin mümkün kılındığı seviyedir.

Bahsi geçen BIM uygulama seviyeleri için 8D çalışmaları sürdürülmekle birlikte görüldüğü üzere herhangi bir rakamla sınırlandırılması ve BIM sistemi 'X' seviyeden oluşuyor denilmesi mümkün değildir. Çeşitli seviyelere ayrılarak oluşturulmuş bu gruplar; yapılan çalışmalar ve inovatif yaklaşımlarla arttırılmaya devam etmektedir.

BIM sistemine bütün olarak bakıldığında her seviyenin farklı bir görev tanımı bulunmasına rağmen yapılan projelerde tüm seviyelere ait fonksiyonlar aynı anda kullanılmamaktadır. Zaten kullanılması da zorunlu değildir. Özorhon (2018) tarafından yapılan çalışmada örneklendiği üzere projenin çeşidine ve büyüklüğüne göre BIM'den farklı seviye ve fonksiyonlarda yararlanılmaktadır. İsveç'te yer alan "The Mall of Scandinavia" projesinde BIM; 3D modelleme, çakışma analizi, tesis yönetimi ve metraj alanlarında kullanırken, ABD'de yer alan "Maryland General

Hospital" projesinde ise; 3D modelleme ve satın alma koordinasyonu gibi farklı alanlardaki işlevleri ile kullanılmıştır.

2.4.5. İnşaat Projesinde BIM'nin Fonksiyonları

BIM yukarıda da anlatıldığı üzere belli bir işleve yönelik bir program değil bir süreci kapsayan ve süreç yönetimini destekleyen bir sistemdir. Dolayısıyla tek bir amaca hizmet etmemektedir. Aynı anda yürüyen pek çok işin birbiri ile uyumlu çalıştığı işler bütününü ifade eder. İçerisine farklı yazılımlar kullanarak hazırlanan bilgilerin depolanması ile;

- 3D modelleme,
- iş programı,
- çakışma analizi,
- 4d modelleme ve simülasyon,
- metraj ve maliyet tahmini,
- işletme yönetimi,
- koordinasyon,
- sürdürülebilirlik,
- çeşitli analizler (enerji, aydınlatma..) yapılabilen bir sistemdir.

2.4.6. BIM'nin Sağladığı Faydalar

BIM sistemi, inşaat işlerinde tüm faaliyet zincirini iyileştirmek ve doğru analiz etmek üzere oluşturulmuştur. BIM sistemi ile, 3 boyutlu modellemeler sadece görsel tasarım olmaktan çıkmış, tüm programların birlikte çalışılmasına imkan veren bir sistem haline gelmiş ve zamanla eşzamanlı planlama, koordinasyon, organizasyon ve denetime olanak sağlayan bir sanal asistan işlevi kazanmıştır.

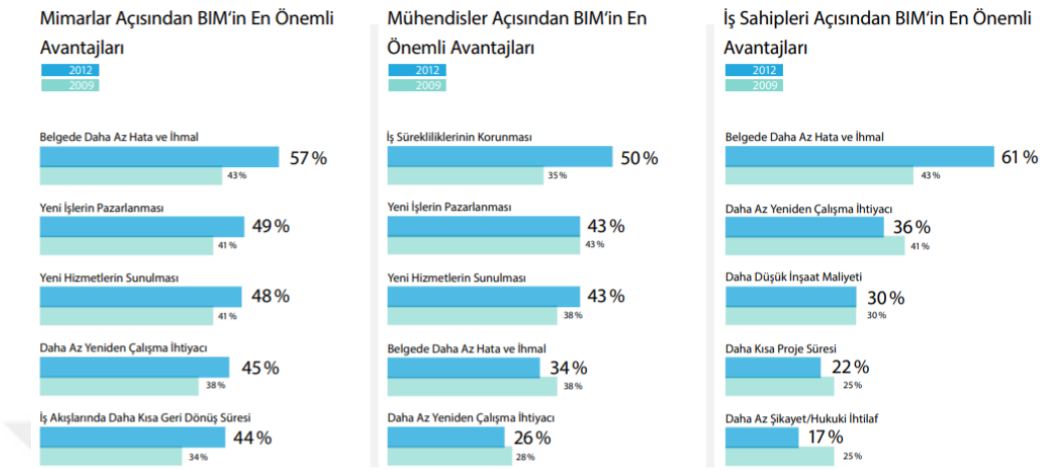
BIM; tasarım, yapım ve bakım uygulamalarının işlevsellikleri; tüm dosyaların sistem kütüphanesine işlenip, istenildiği zaman erişilebilmesi sebebiyle sürekli olarak genişletilip, geliştirilmiştir (Miettinen ve Paavola, 2014).

BIM sistemi, projedeki geleneksel süreçlerden daha verimlidir (Suermann, 2009).

BIM sistemi;

- operasyonel işbirliği,
- etkin proje yönetimi,
- bina davranış simülasyonu,
- geliştirilmiş yeni görselleştirme seviyelerini destekleme,
- ekip üyelerinin parametrik modelleme platformunu ayarlamayı sağlayan bir sistem olan AEC (Architecture, Engineering & Construction - Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat) uygulamasına sahiptir (Miettinen, Paavola, 2014).

Şekil 2.17.'de görüldüğü gibi BIM sisteminin kullanımının mühendisler ve mimarlar kadar işverenler açısından da sağladığı pek çok fayda vardır. Bu faydalar arasında; belgede daha az hata ve ihmal, yeni işlerin pazarlanması, daha az yeniden çalışma ihtiyacı ve daha az şikâyet gibi noktalar göz ardı edilemeyecek oranda projede önem arz etmektedir.



Şekil 2.17. BIM'nin sağladığı faydalar (McGraw-Hill, 2012)

BIM sistemi veri tabanında tüm depolanan bilgi veya verilerin projenin tüm yaşam döngüsü boyunca esnek bir şekilde transfer edilebilmesine de olanak sağlamaktadır.

BIM; tüm mühendislik paydaşlarına, projeyi hedeflenen en uygun seviyeye çıkarmak için ekip üyelerinin bilgi kontrolünü eş zamanlı olarak yapabileceği ortak bir veri tabanı kullanma fırsatı vermektedir (Xing ve Tao, 2015). BIM; inşaat aşamasında paydaşların, kaliteyi ve maliyeti etkileyebilecek her türlü riski etkin bir şekilde kontrol edebilmesini ve yönetmesini sağlayarak başarılı bir proje gerçekleştirmeyi desteklemektedir (Aung, 2018).

2.4.7. BIM Sisteminin Önündeki Engeller

İnşaat sektöründe uluslararası alanda en yaygın kullanılan ve teknolojik açıdan en gelişmiş sistem olan BIM pek çok fayda sağlasa da gerek sisteme geçiş sürecinde gerekse sistem uygulanmaya başladıktan sonra bazı zorluklar barındırmaktadır. Bu zorluklardan öne çıkanlar aşağıda sıralanmıştır.

- **BIM sistemine geçişteki yüksek maliyet**

Başlangıç için BIM araçlarına ve gerektiğinde kullanıcı eğitimlerine vs. harcanan tutar sisteme geçiş aşamasında yaşanan en temel zorluktur. Çünkü bu sistem, projenin başlangıcında değil, projenin bitiminde ortaya bir kar koymaktadır.

Bu noktada, firma sahiplerinin gözünden kaçan BIM için yapılacak olan yatırımın tek projelik olmadığı ve tüm projeleri ve firma ömrünü etkileyeceği ve uzun vadede verimlilik artışı, zamandan tasarruf ve minimum hata ile firma karına da olumlu katkı sağlayacağıdır.

- **Devletler tarafından yeterli desteğin verilmemesi**

Günümüzde ABD başta olmak üzere pek çok ülkede BIM sisteminin kullanımı kamu projelerinde zorunlu hale getiriliyor olsa da BIM kullanımı henüz istenilen düzeyde değildir. Türkiye'de de BIM sisteminin zorunlu hale getirildiği projeler (raylı sistem projeleri, hava limanı, entegre şehir hastaneleri vb.) olsa da henüz bu zorunluluk beklenen düzeye çıkarılamamıştır.

- **BIM alanında uzman yetersizliği**

Henüz BIM sistemi ülkemizde yeni tanınırken bu alanda yeterli sayıda akademik çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla kaynak yetersizliği ve bilgilere erişmenin zorluğu yaşanmaktadır. Bunlara ek olarak BIM'yi aktif olarak kullanabilen akademisyen ve planlamacı eksikliği de BIM'nin yaygınlaşmasını önleyen unsurlar arasında yer almaktadır (Politi, 2018).

- **Yapı sektöründe örgütlenme problemi**

Diğer sektörlerin (otomotiv, yazılım vb.) aksine yapı sektörü, proje bazlı birlikte çalışma yürüten küçük şirketlerden oluşmaktadır. Bu dağınık örgütlenme biçimi yeni teknolojilere geçiş ve uygulama aşamasında engel oluşturmaktadır (Pektaş, 2007).

- **BIM sistemi araç seçiminde yaşanan zorluklar**

Firmaların BIM sistemine geçiş kararından sonra ihtiyaçlarına cevap veren uygun BIM araçlarını (yazılımlarını) doğru seçmeleri gerekmektedir. Seçim sürecinde yapılan hata beraberinde birçok sorun ve başarısız uygulamalar getirmektedir. Yaşanan hayal kırıklığı sistemin reddedilmesine varacak boyutlara ulaşmaktadır. Yazılıma yapılan yatırım; iş akışını kolaylaştırmalı, üretim ve hizmet kalitesini arttırarak işletim giderlerini azaltmalıdır (Smith ve Tardif, 2009). Demirdöven ve Arditi (2014) tarafından geliştirilen Bina Bilgi Modelleme Uzman Sistemi (Bimes - Building Information Modeling Expert System) ile bu soruna çözüm önerisi getirilmiştir. Piyasada istenilen amaca hizmet edecek yazılımlar belirlenerek bu yazılımların becerilerinin listelenmesi ile içlerinden en uygun olanın seçilmesi önerilmiştir (Arditi ve Suh, 1991).

- **BIM entegrasyonu konusunda eksiklikler**

BIM sisteminde özellikle belli bir yazılımı kullanma zorunluluğu yoktur. Her kullanıcı kendi tercih ettiği yazılımı kullanabilir. Ancak yazılımların sisteme ve zaman zaman birbirlerine entegre edilebilmesi için uzantılarının uygun olması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında sistemin birlikte çalışabilirlik noktasında eksiklikleri mevcuttur. Öte yandan bu eksiklik *.ifc* ortak uzantı özelliği ile giderilmeye çalışılsa da hala tüm yazılımlar tarafından tam olarak desteklenmemektedir (Aram ve ark., 2013).

2.4.8. BIM Sistemine Ülkelerin Bakış Açısı

BIM sisteminin kullanılmaya başlamasıyla inşaat sektörü farklı bir bakış açısı kazanmış ve rekabet faktörüyle firmalar bu yeni sistem geçişine hızlıca adapte olmaya başlamışlardır. BIM sistemini etkileyen olumsuz faktörlerde de bahsedildiği gibi bu yeniliğe geçiş sürecinde devletlerin sisteme bakış açısı, adaptasyon sürecinde

büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle BIM kullanımında ön plana çıkan ülkeler ve yapılan uygulamalar aşağıda özetlenmiştir.

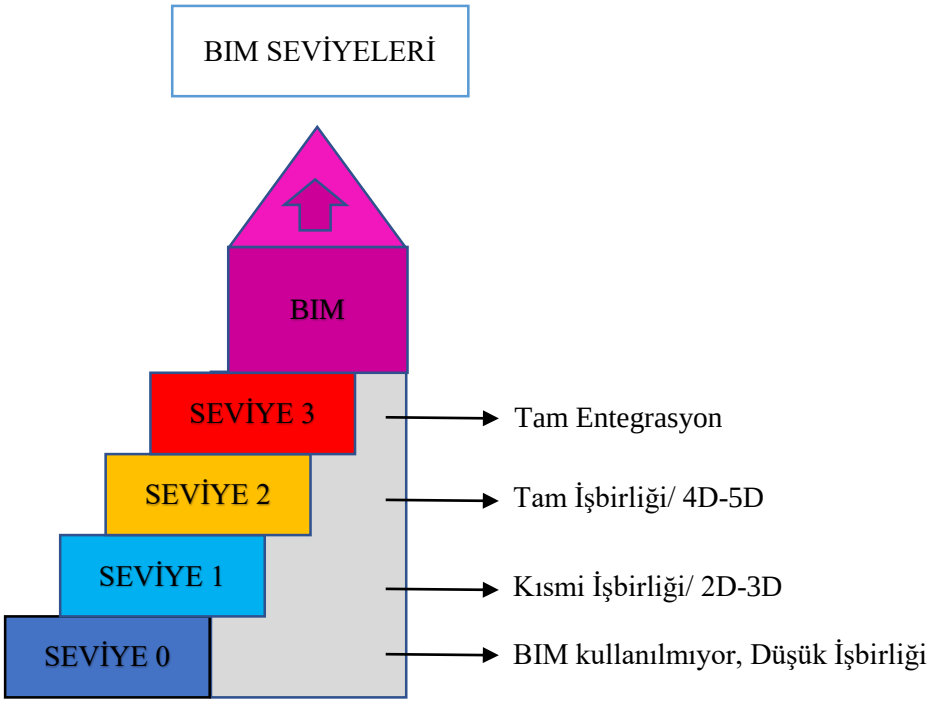
2.4.8.1. İngiltere

İngiltere Hükümet kabinesi tarafından çıkarılan "Hükümet İnşaat Stratejisi'' (Government Construction Strategy) dokümanında iş birliğine dayalı 3D BIM ile yapıların inşa edilmesi konusunda 2011 yılında karar alınmıştır (İngiltere Kabine Ofisi, 2011). Bu kararda 2016 yılına kadar adaptasyon sürecinin tamamlanması ve bu tarihten itibaren tüm kamu projelerinde BIM kullanımının zorunlu hale gelmesi kabul edilmiştir.

İngiltere hükümeti; İşletme, Enerji ve Sanayi Stratejisi (BEIS) Departmanı ile altyapı, bina ve hizmetler konusunda inovatif bir ortaklık gerçekleştirerek Digital Built Britain isimli programı oluşturmuştur. Bu programın amacı teknolojiyi kullanarak; projenin tüm yaşam döngüsünü dijitalleştirmek, uzun ömürlü çözümler sunmak, maliyeti azaltmak, iç ve dış pazarlardaki gelirleri arttırmak ve İngiltere'nin küresel lider konumunu korumaktır.

2011 yılında İngiltere Hükümeti tarafından 'İnşaat Stratejileri' başlığı altında 4 BIM seviyesi tanımlanmıştır. Bu seviyeler tedarik için kapasitenin arttırılması, etkili ve uygun standartlar sağlamak üzere tasarlanmıştır. Hükümet şu anda seviye 2'deki projeleri yapmaktadır. 3. seviye hazırlıklarının ise 2020'ye kadar tamamlanması hedeflenmektedir.

İngiltere Hükümeti'nin belirlediği BIM seviyeleri; Şekil 2.18.'de verilmiştir.



Şekil 2.18. BIM Seviyeleri *(medium.com)*

Seviye 0: 2 boyutlu bilgisayar destekli tasarımları (Cad) tanımlar.

Seviye 1: Projelerde 2 ve 3 boyutlu Cad çizimlerinin beraber kullanılmasıdır. Elektronik olarak ortak bir veri paylaşımı gerçekleştirilir.

Seviye 2: 3D BIM, veri bakımından zengin nesneleri içerir. Tüm tarafların ortak veri tabanında (Common Data Environment - CDE) çalışması, tasarımlarını birleştirmesi ve varılması planlanan hedef doğrultusunda kontrollerin yapılabilmesinin sağlandığı seviyedir. Bu seviye ile ilgili olarak British Standarts Institution (BIS, İngiliz Standartlar Enstitüsü) tarafından seviye 2'nin benimsenmesi amacı ile Publicly Available Specifications (PAS, Herkese Açık Teknik Özellikler) başlığı ile standartlar paylaşılmıştır. Bunlardan bazıları;

- PAS 1192-3:2014

- BS 8536-1:2015
- BS 8536-2:2016
- NEW - PAS 1192-6:2018'dir.

Seviye 3: Bu seviyede tüm paydaşlar veri entegrasyonunun sağlanmasında tamamen işbirlikçidir. Kontroller ve değişiklikler tek bir dosya üzerinde yapılırken izin verilen herkes tarafından görülebilir durumdadır *(https://www.gov.uk)*.

2.4.8.2. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

Dünya üzerinde yapılan inşaatlar her ülkenin belirlediği kendi standartlarına dayanmaktadır. Amerika Hükümeti BIM ile ilgili mevzuatları hükümete ait General Services Administration (GSA- Genel Hizmetler İdaresi) sayfasında yayınlamaktadır.

2003 yılında GSA tarafından Public Buildings Service (PBS- Kamu Binaları Hizmeti) ile ulusal 3D-4D BIM modeli oluşturulmuştur. Bilgi Teknoloji Hizmetleri ile desteklenen bu model, zamanla iş birliğine dönüştürülerek tüm kamu iş kollarında kullanımı desteklenen bir sistem halini almıştır.

Her ne kadar BIM kullanımı henüz tüm ABD eyaletlerinde mecburi tutulmasa da, 2010 yılında Wisconsin, toplam 5 milyon dolar ve daha fazla bütçeli tüm kamu projelerinde ve 2,5 milyon dolar veya daha fazla bütçeli tüm yeni inşaatlarda BIM'i talep eden ilk ABD eyaletidir.

BIM'nin kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla, GSA tarafından eğitici ve destekleyici nitelikte olan BIM Kılavuzu yayınlanmıştır. BIM den maksimum fayda ve verim sağlamak amacı ile sınıflar halinde veri paylaşımı yapılmıştır. Bunlar;

- 01 - 3D-4D-BIM Genel Bakış
- 02 - Mekansal Program Doğrulama
- 03 - 3D Lazer Tarama

- 04 - 4D Aşama
- 05 - Enerji Performansı
- 06 - Dolaşım ve Güvenlik Doğrulaması
- 07 - Yapı Elemanları
- 08 - Tesis Yönetimi
- Terminolojidir *(https://www.gsa.gov)*.

2.4.8.3. Fransa

Fransa'da inşaat sektörünün önde gelen inşaat firmalarından bazıları, kendileriyle çalışan şirketlerin de BIM kullanmalarını talep etmişlerdir. Yapılan bu hamle ile Fransa'nın BIM'yi daha çabuk benimsemesi sağlanmıştır.

Özellikle büyük çaplı kamu projelerinde hükümet BIM kullanımını teşvik etse de, henüz kullanımını mecburi tutan bir kanun bulunmamaktadır. Ancak Fransa Hükümeti, inşaat alanında dijitalleşme konusunda Avrupa'da liderlik hedefiyle 2017 yılında BIM Standardizasyon yol haritasını hazırlamıştır. 2018 yılında ise BIM kullanımını inşaat sektörüne daha fazla dahil edebilmek adına **BIM 2022** planı için hazırlıklar başlatılmıştır.

2.4.8.4. Hindistan

Hindistan, dünyanın en hızlı büyüyen inşaat endüstrilerinden birine sahiptir. BIM konusunda henüz ilk aşamalarda olmasına rağmen Hindistan'ın artan nüfusu ve ekonomisi nedeniyle, BIM'nin benimsenmesinin önümüzdeki yıllarda daha fazla olacağı düşünülmektedir. McGraw Hill (çalışma alanı; bilimsel, teknik ve ticari yayın yapmak olan bir firma) firmasının 2014 yılında yayınladığı raporda; Hindistan inşaat sektörünün pazar değerinin 140 milyar dolar olduğu ve bu rakamın 2020 yılında 620 milyar dolara ulaşacağının öngörüldüğünü belirtmiştir. Dolayısıyla bu artış ile uluslararası bir çok gelişmiş firmanın Hindistan inşaat sektörüne giriş yapacağı ve BIM sistemini buradaki projelerinde de kullanacakları öngörülmektedir.

Ancak henüz devlet inşaat stratejisi kapsamında BIM kullanımını zorunlu tutan herhangi bir kanun yoktur.

2.4.8.5. Singapur

Singapur devletinin BIM sistemini uygulamaya başlamasında hükümetin etkin rol oynayan ana hedefi, paydaşlardan kaynaklanan gecikmelerin önünde geçilerek inşaat sektöründe verimliliği arttırmak olarak belirlenmiştir.

Singapur hükümetinin inşaat alanındaki işleyişi hususunda yetkili devlet kurumu olan BCA (Building and Construction Authority) 2010 yılında BIM yol haritasını hazırlamış ve 2015 yılına kadar inşaat sektöründe %80 oranına kadar BIM'nin kullanımını yükseltmeyi amaçlanmıştır. 2012 yılında ise 'Singapore Bim Guide' ile kamu kurumlarında BIM kullanımına ilişkin adımların detaylarıyla belirtildiği rehber oluşturulmuştur (Kaneta ve ark., 2016).

Ülkedeki tüm projelerin BIM ile yürütülmesine kademeli olarak geçilmesi kararlaştırılmıştır. Bu kademeler;

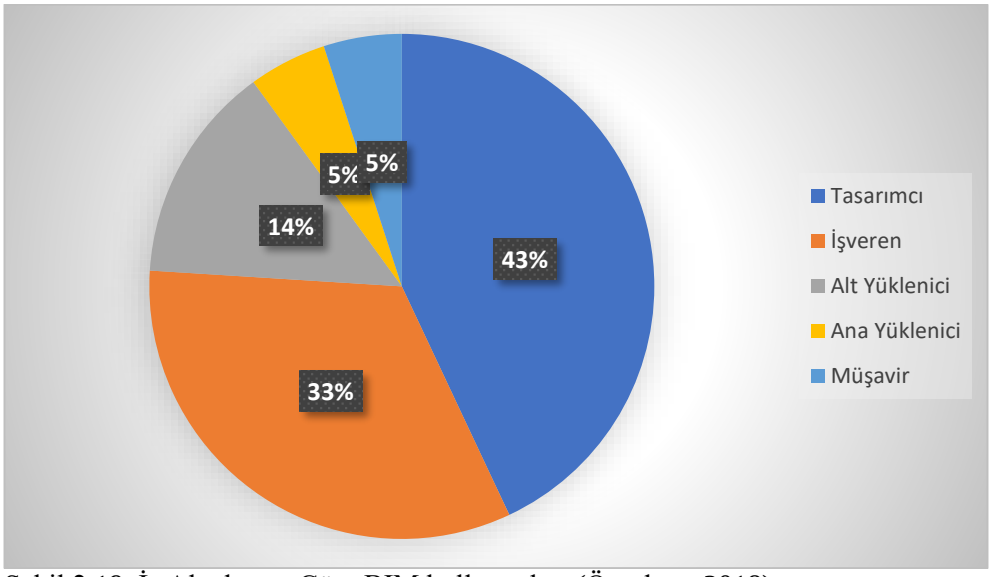
- 2013 yılında başlayan/başlayacak ve inşaat alanı 20000 m²'den büyük olan projelerde, mimari projelerin BIM tabanlı olarak teslim edilmesi,
- 2014 yılında başlayan/başlayacak ve inşaat alanı 20000 m²'den büyük olan projelerde, mimari projeler ve statik projelerin BIM tabanlı olarak teslim edilmesi,
- 2015 yılında başlayan/başlayacak ve inşaat alanı 5000 m²'den büyük olan tüm proje ve proje yönetim işlerinin BIM tabanlı olarak yapılması zorunlu hale getirilmiştir (Akkoyunlu, 2015).

2.4.9. BIM Sisteminin Ülkemizde Uygulama Alanları

Bir önceki başlıkta da bahsedildiği gibi BIM'ye geçiş süreci belli başlı ülkeler tarafından (ABD, İngiltere vs.) önceki yıllarda tamamlanmış hatta

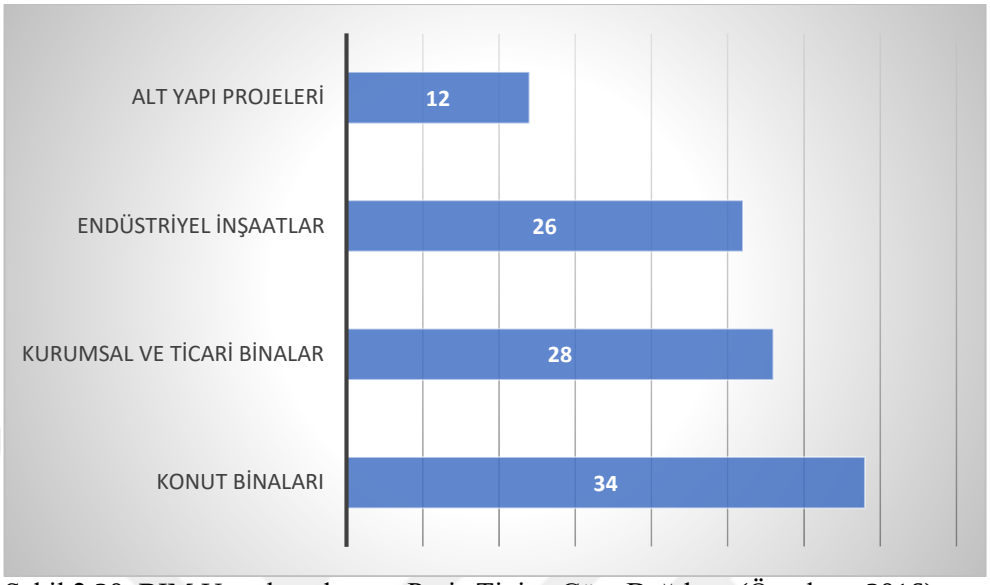
kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla kamu projelerinde zorunlu hale getirilerek inşaat sektörüne dahil edilmiştir. Sistemin kullanım oranının arttırılması fonksiyonlarının özümsenerek eksik noktalarda geliştirilmesine ve uyum sürecinin daha hızlı sağlanmasına yararken kullanmayan firmalar arasında ise iş birliği problemi yaratmaktadır. Bu nedenle sisteme geçiş oranı ne kadar fazla olursa o kadar fonksiyonel olacaktır.

Özorhon ve Karahan (2016) tarafından Türkiye'deki BIM uygulamalarını incelemek ve kritik başarı faktörlerini belirlemek üzere en az 10 yıllık tecrübesi ya da BIM konusunda deneyimi bulunan firmalardan oluşan bir örneklem grubuna, anket çalışması yapılmıştır. Çalışmaya 96 firma katılmıştır. Anket yapılan firmaların iş alanlarına göre BIM kullanım oranları Şekil 2.19.'da görüldüğü gibidir.



Şekil 2.19. İş Alanlarına Göre BIM kullanıcıları (Özorhon, 2018)

Şekil 2.19.'da görüldüğü gibi BIM sisteminin proje tiplerine göre uygulama oranları yukarıda belirtilmiştir.



Şekil 2.20. BIM Uygulamalarının Proje Tipine Göre Dağılımı (Özorhon, 2016)

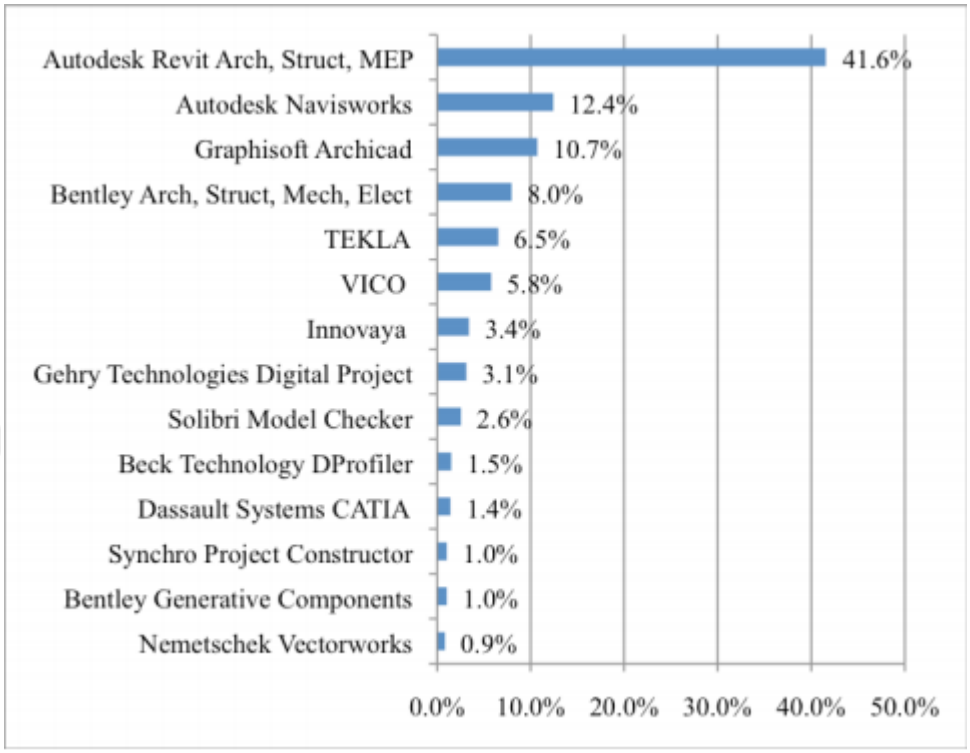
2.4.10. BIM Sisteminde Kullanılan Yazılımlar

İnşaat sektörüne BIM sisteminin girmesiyle inşaatın başlangıcından tamamlanmasına kadar geçen süreçlerin bütünü yazılım destekli bir hale gelmiştir. Bu da büyük projelerde dikkatsizlik ya da proje büyüklüğünden kaynaklı insani hataları engellemeye imkan sağlamıştır. BIM sistemi için geliştirilen yazılımlar uygun dosya uzantıları sayesinde tek bir sistem içerisine entegre edilebilmektedir. Geleneksel uygulamada, tüm projelerde, tasarım, maliyet hesaplama, iş programı hazırlanması gibi olağan süreci kapsayan hesaplar ve tasarımlar yapılmak üzere farklı yazılımların birbirinden bağımsız kullanılması gerekirken; BIM sistemi farklı bir bakış açısı getirmeyi başarmıştır.

BIM tek bir yazılım ile gerçekleştirilen bir uygulama değildir. Aslında her biri örgütsel iş süreçlerinde belirli bir işle ilgili görevleri yerine getirmek için farklı ve özel işlevleri olan birçok yazılımın bir bütün halinde uyum içerisinde çalıştığı bir sistem bütünüdür. Buna göre BIM modelleri bir dizi BIM yazılım paketleri ile üretilir (Arayıcı, 2015).

Örneğin; iş planı hazırlarken düşünülmesi gereken pek çok iş kalemi vardır. Bu plan hazırlanırken detaylar ayrıntılı bir şekilde işlenebilmekte ancak planlama sırasında çevresel etmenlerden kaynaklı süresel uzamaların plana dahil edilmesi zor olmaktadır. Her ülkede olmasa da özellikle belirli bölgelerde (Suidi Arabistan, Kanada vs.) hava koşulları şantiyeleri doğrudan etkilemekte hatta günlerce çalışmayı durdurma noktasına getirmektedir. Fakat BIM sistemi sayesinde meteorolojik veriler sistem içerisine işlenebilmektedir. Bu sayede beton dökümü gibi hava koşullarından doğrudan etkilenen iş kalemlerinin zamanlamasının en doğru şekilde yapılabilmesi mümkün olmaktadır. Örnekten de anlaşıldığı üzere çok çeşitli ve farklı amaçlarla hazırlanan ve sisteme entegre edilebilen yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımlar amaçlarına göre; tasarım yazılımları, koordinasyon yazılımları, üretime yönelik yazılımlar, analiz yapılmak üzere hazırlanmış yazılımlar olmak üzere gruplanabilir.

BIM sisteminin sahip olduğu kullanım araçları; yukarıda da belirtildiği üzere pek çok farklı alanda olmakla beraber her bir alanda birden fazla araç seçeneğine de sahiptir. Örneğin tasarım için Archicad, 3D Studio Max, Revit gibi çeşitli araçlar bulunmaktadır. Kullanıcılar ve firmalar uyumlu olan yazılımlardan istedikleri aracı seçip BIM sistemine entegre etme özgürlüğüne sahiptir. Firmaların, BIM sisteminde personellerinin önceden kullandıkları yazılımlara benzer ara yüzde bulunan programları veya uygun maliyetlere sahip yazılımları tercih ettikleri gözlenmiştir. BIM araçlarının uluslararası düzeyde, 2010 yılındaki, kullanım oranları Şekil 2.21.'de verilmiştir.



Şekil 2.21. BIM Araçları(Yazılımları) (Becerik ve ark., 2010)

En yaygın kullanılan BIM yazılım araçları aşağıda sıralanmıştır.

- Revit
- Navisworks
- ArchiCAD
- Tekla BIMsight
- SketchUp
- Allplan Architecture
- BIMobject yazılımları gibi yatırımcıların; tasarım, analiz, test etme gibi farklı amaçlarla kullanımına sunulan pek çok yazılım mevcuttur.

2.4.10.1 Revit

2002 yılında Autodesk firması tarafından tanıtımı yapılmış olan ve en çok BIM sistemini kullanan mimarlar tarafından tercih edilen yazılımlardan biri Revit'tir.

Parametrik hesaplamaların yapılabilmesinin yanı sıra teknik elemanların tasarımlarını yaparken kullanıcılar kendilerine ait kütüphaneler oluşturabilmektedir. Bu kütüphanelere kullanılmak istenen görsel elemanları atayarak entegre edebilme imkanı sunması ile gerçeğe bir hayli yakın görünümler elde etmek mümkündür.

Çalışma yapılan dosyalar; *.ifc*, *.dxf*, *.dwf* ve *.dwg* gibi çeşitli uzantılarla kaydedilebilir (Chen&Gehrig, 2011). Aynı zamanda Google Earth, McNeel Rhinoceros, SketchUp ve diğer araçlardan Export seçeneği yardımıyla *.dxf* uzantılı hazırlanmış dosyaları içerisinde çalıştırabilmektedir.

Autodesk (SEEK)'in kütüphanesi yardımıyla gerek statik gerek mimari anlamda pek çok kaynağa erişim imkânı verilirken, çoklu kullanıcı yardımıyla aynı anda birkaç kullanıcıya aynı proje üzerinde düzenleme yapma imkânı sunulmaktadır (Eastman ve diğerler, 2011). Her kullanıcı kendi ismine özel Revit menüsünde sekme halinde çalışma sayfası oluşturabilmektedir. Yapılması gereken veya yapılan değişiklikleri not şeklinde çizime direkt olarak ekleme veya kenarda yazılı olarak kaydetme özelliği ile diğer kullanıcılarında bu değişikliklerden haberdar olması sağlanabilmektedir.

2.4.10.2 Navisworks

Navisworks bir tasarım aracı değil, analiz yapılması amacıyla kullanılan bir yazılımdır (Hardin, 2009).

Proje yöneticileri için en önemli araçlardan biri olan bu yazılım; yükleniciler ve tasarım ekibi arasındaki iş birliğini sağlamak, 3 boyutlu tasarımları tek bir ekran üzerinde açarak çakışma kontrollerini yapma imkanı sağlamakta ve simülasyon oluşturma özelliği ile proje ekibinin yaşayacağı olası problemleri önleyebilmekte ve

eş zamanlı mühendisliğe olan katkısı ile öne çıkmaktadır (Hardin, 2009; Latiffi ve ark., 2013).

Naviswork'ün bir diğer özelliği ise foto gerçeklik ve gerçek zamanlı gezinme özelliğidir. Projenin en güncel hali içerisine boyutları ayarlanabilir bir insan simülasyonu yerleştirilerek sahanın tamamı gezilebilir ve bu aktiviteler videoda kayıt altına alınabilir. Bu özellik yapılan/yapılması planlanan toplantı, sunum ve konferanslarda kullanıcıların tercih ettiği en büyük özelliklerden birisidir.

Farklı uzantılara sahip olan, farklı tasarım programlarıyla oluşturulmuş çizim dosyalarını zorlanmadan açması ve çakışma analizi yaparak hataları tespit etmesi özelliği ile üretilen pratik yazılımlardan birisi olmasına rağmen çakışma analizi sonucunda tespit edilen hataları anında düzeltme hususunda zorluk yaşanmaktadır. Çünkü hazırlanan dosyalar (statik, mimari, mekanik vs.) farklı programlar aracılığıyla hazırlandığı için doğrudan orijinal modelle entegrasyon konusunda zorlanılmaktadır *(bimteknoloji.com).*

2.4.10.3 ArciCAD

1980'lerin başında Graphisoft tarafından geliştirilmiştir (Forbes & Ahmed, 2011). Dolayısıyla AEC endüstrisindeki en eski BIM aracıdır (Eastman ve diğerler, 2011).

Tasarım özelliği ile tercih edilen ArchiCAD içerisinde bulundurduğu araçlar sayesinde üzerinde çalışılan projenin tek tuş yardımıyla kesit ve cephe görünümlerini sergileyebileceği gibi metraj formlarını da oluşturabilmektedir.

2.4.10.4 Tekla

1990'ların ortalarında Tekla Firması tarafından geliştirilen bir yazılımdır. İlk başlarda yazılım çelik detaylandırma uygulaması olarak bilinmekteydi (Eastman ve diğerler, 2011). Ancak Tekla programının asıl odaklandığı yapısal dizayndır. Tekla çeşitli yapısal analizleri içeren; analitik ve fiziksel bir çerçeveden oluşan dijital bir

modelleme aracıdır (Jiang, 2011). Tasarımdan ziyade statik hesaplamalar özelliği ile öne çıkan Tekla, çok karmaşık hesaplamaları çözümlemede, gerekli detaylandırmaları ve ayrıntı içeren modellemeleri yapmakta kullanılmaktadır.

Tekla, bir çok farklı yazılım (CypeCad, Diamonds, PowerFrame, Sap 2000 vs.) ile beraber çalışabilme özelliğine de sahiptir (Arayıcı, 2015). Ancak programın kullanımı; nispeten yüksek fiyatı ve öğrenci versiyonunun bulunmaması sebebiyle yaygınlaşmamıştır.

2.5. BIM ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, BIM sisteminin kullanımı hakkında yapılan, ulusal ve uluslararası düzeydeki çalışmalar özetlenmiştir.

Demirdöven ve Arditi tarafından (2014) yapılan çalışmada; McGraw-Hill'in 2012 yılı araştırmasına göre BIM sistemi 2007 yılında %28 oranında kullanılırken, 2012 yılında bu oranın %71'e ulaştığı belirtilmiştir (Bernstein ve ark., 2014). Ayrıca, yüklenicilerin BIM kullanma oranlarının (%74), mimarların BIM sistemini kullanma oranlarını (%70) geçtiği görülmüştür. Özellikle maliyet tasarrufu ve operasyonel verimlilik esasına dayanarak kullanımı gittikçe yaygınlaşan BIM sisteminin uygulama yönteminden kaynaklanan sorunlar tespit edilmiştir. BIM sistemini en doğru şekilde kullanmak ve süreci yönetmek için, firmaya en uygun yazılımların seçilmesi gerektiği belirtilmiştir. Doğru yazılımların seçilebilmesi için ise firmanın kazancını arttırmak hedefiyle; kullanılan en az kaynak ile en çok işi bitirebilmek gerektiğinden bahsedilmiştir. Bu doğrultuda Bina Bilgi Modelleme Uzman Sistemi (BIMES, Building Information Modeling Expert System) olarak tanımlanan bir sistem geliştirilmiştir. Her firma için o firmanın ihtiyaçlarına cevap vererek gerekli işlevlere sahip olan BIM yazılımını tespit etmek hedeflenmiştir. Ancak BIM sistemi çok fazla sayıda araç içermektedir ve gün geçtikçe geliştirilen yazılımlar sayesinde bu araçların sayısı da gelişimle doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada uzman görüşleri alınarak mevcut araçları

kapasite ve özelliklerine göre belirlenen ölçütlerle sınıflandırma yapılıp kullanıcının gereksinimlerine göre uygun paket eşleştirilmesinin sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmanın ışığında uygun BIM aracı seçilebilmesi sürecinde uzman sistem modeli olarak BIMES formülizasyonu geliştirilmiştir.

Gerçek (2016) tarafından yapılan çalışmada BIM uygulama süreci incelenmiştir. Örnek bir proje üzerinde 5D BIM kapsamında maliyet tahmini çalışması yürütülmüştür. Yapılan çalışmanın, kullanım zorunluluğu olmayan Türkiye'de, ABD ve Avrupa ülkelerine göre kullanımı yaygınlaşmayan BIM sistemi konusunda şirketlere rehber olabilmesi hedeflenmiştir. Çalışma özellikle 3 ana konu üzerine yoğunlaşmaktadır. Yapılan çalışmada, BIM sürecinde metraj ve maliyet tahmin prosedürünün uygulanması, BIM ekip ve organizasyonunun BIM sürecine adaptasyonu, mevcut uygulama projesinin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi üzerine değerlendirmelerde bulunulmuştur. Şirketlerin BIM yöneticileri ile görüşmeler yapılarak incelemelerde bulunulmuş ve BIM sisteminin işleyişi ile ilgili bilgiler, direkt bu süreci yaşayan profesyonellerden toplanmıştır.

Gerçek (2016) tarafından yürütülen bu çalışmada, öne çıkan konulardan birisi; Türkiye' deki rekabet ortamının yarattığı zorluktur. İşverenler yürütülen işin en kısa sürede tamamlanmasını talep etmektedir ancak Türkiye'de henüz BIM protokolü başlığı altında herhangi bir standart ve kriter bulunmaması nedeniyle firmalar kendi planlarını oluşturmak durumundadırlar. Firmalara yol gösterecek ve adaptasyon sürecini hızlandıracak bir yol haritası olmaması sebebiyle BIM sisteminin adaptasyonu, Türkiye koşullarında uzun sürmektedir. Çalışmada sadece BIM uygulama planının 4 ayda oluşturulduğu belirtilmiştir. Birçok fonksiyona sahip olan BIM'nin çalışmada yalnızca metraj ve maliyet hesabı konusunda kullanıldığı belirtilmiştir. Diğer bir zorluk olarak standardizasyon eksikliğinin olduğu belirtilmiştir. Örneğin yurt dışında ülkelerin maliyet hesapları için kullandığı veri tabanları mevcutken Türkiye'de böyle bir standardizasyonun bulunmadığı ve mevcutta yer alan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın (ÇŞB) birim fiyat veri tabanının

ise kamu projeleri dışında tercih edilmediği belirtilmiştir. Bu nedenle firmalar tarafından kendi veri tabanları geliştirilmektedir. Ancak burada da oluşturulan veri tabanları şirketin kendi geçmiş proje ve verileri doğrultusunda oluşturulduğu için; oluşturulan istatistiki veriler, şirketin kendi yoğunlaştığı proje tipine, kendi müşteri portföyüne ya da bulunduğu şehre özgü olmaktadır ve ulusal bir istatistiği yansıtmamaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı şirketler arası iş birliği yapılamamaktadır.

Politi (2018) yaptığı çalışmada, özellikle büyük ölçekli projelerde kullanımı önem arz eden BIM sisteminin proje planlaması ve yönetimi alanında kullanımını incelemiş ve çıkarımlarda bulunmuştur. Geleneksel proje yönetiminde çıkan zorlukları, BIM'nin avantajlarını ve BIM sisteminde yaşanan zorlukları araştırmıştır. Çalışmada bir inşaat projesi üzerinde BIM sistemi uygulanmış ve sistem kapsamında sırasıyla; 3 boyutlu tasarım (3D), iş programı (4D), maliyet analizi (5D), sürdürülebilirlik (6D) ve tesis yönetimi (7D) fonksiyonlarının proje yönetimi üzerindeki avantajları ortaya konulmuştur. Ancak sistemin fonksiyonları ne kadar gelişmiş olursa olsun deneyimsiz kullanıcıların zorluklar yaşadığı da belirtilmektedir. Çakışma analizi ile inşaat öncesi hatalardan ve gereksiz maliyetlerden kaçınmanın yanı sıra; görselleştirme-simülasyon, gerçeğe en yakın maliyet tahmini gibi çeşitli artıları sıralanmıştır. Öte yandan BIM sistemi içerisine entegre edilebilen BIM araçlarının seçimi hususunda sıkıntı yaşanabileceği; proje paydaşları arasında risk analizi konusunda yetersiz kaldığı ve kaynakları doğru paylaştırma noktasında yeterince yol gösterici olmadığı sonuçlarına varılmıştır.

Uzun (2019) BIM sistemine neden ihtiyaç duyulduğunu belirlemek için yaptığı çalışmasında; Türkiye'de ve Dünya'da BIM sistemini incelemiş ve BIM uygulama planları üzerinde durmuştur. Proje üretim sürecinin gelişimi, geçmişten günümüze üç döneme ayrılarak ele alınmıştır. İlki geleneksel yöntemler olarak adlandırılan elektronik sistemler olmadan el ile yapılan çizim ve hesaplamalarla üretilen projelerdir. Onu klasik yöntemlerle oluşturulan yani çizim ve görselliğin

aynı kaldığı ancak yazılımların kullanıldığı projelerin takip ettiği dönem izlemektedir. Bu iki dönem arasındaki geçişin gerekli yazılımın öğrenilerek kolayca sağlanabildiği ortaya konulmuştur. Çalışmada ele alınan üçüncü dönem, BIM sistemi tabanlı tasarım/uygulama ve/veya proje yönetim sürecini ifade etmektedir. BIM sistemine geçişin incelenmesi amacıyla; BIM sistemine geçiş yapmış ve çalışmanın içeriğine uygun özelliklere sahip 3 firma seçilmiş ve firmaların BIM sistemine geçiş süreci incelenmiştir. Örnek olarak seçilen 3 proje ofisinin de danışmanlık yaptıkları projelerin sözleşmelerinde BIM koşulunun bulunması sebebiyle, BIM sistemine geçiş yaptıkları görülmüştür. Ancak henüz Türkiye'nin kendisine ait bir BIM uygulama planının olmaması sebebiyle firmaların, Penn State Üniversitesi'nin hazırladığı taslağı rehber aldıkları belirlenmiştir. Her 3 firmanın da BIM uygulama seviyeleri değişiklik gösterse de üç firmanın da 3D tasarım ve çakışma analizi fonksiyonunu kullandıkları saptanmıştır.

Günümüz BIM sistemi ile oluşturulan projelerde, çizimlerin ve sistemlerin boyut kazandığı, tasarımların renk, desen gibi biçim özelliklerinin yanı sıra ses, ısı geçirgenliği gibi spesifik özelliklerinin de belirtildiği, gelişmiş ve çok yönlü bir sisteme geçişin söz konusu olduğu ve BIM tabanlı bir proje yönetim sistemine geçişin ve adaptasyonun, eski dönemlerdeki kadar hızlı ve kolay olmadığı vurgulanmıştır.

BIM sistemi kullanımında; tüm disiplinler tek bir ofiste toplanarak çalıştığında, işlerin çok daha hızlı ve kolay yürütüldüğü ortaya konmuştur. Ancak projenin bir parçasını oluşturan, elektrik ve statik gibi farklı disiplinlere ait projeleri dışardan temin ederek çalışan firmaların, BIM sistemine geçiş yaptıktan sonra, sisteme uygun yazılımları kullanarak projelerini hazırlayan firmalarla çalışmaya yöneldikleri görülmüştür. Aynı zamanda BIM sistemi ile proje oluştururken süreç ve maliyenin fazla olduğu görülse de proje uygulama ve işletme süreçlerinde çok karlı olduğu bilinmektedir. Bu sebeplerden dolayı BIM sisteminin bir tercih değil,

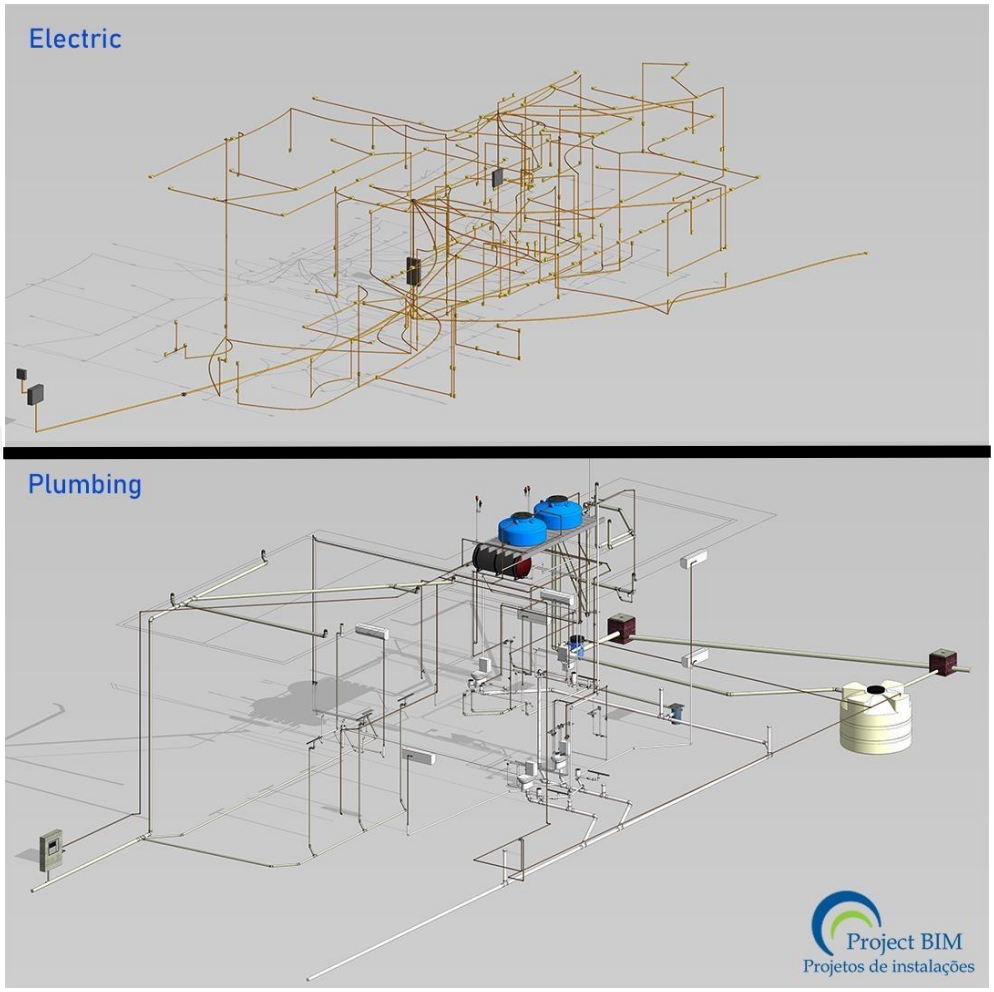
firmaların en yakın zamanda adaptasyonlarını sağlamaları gereken bir yenilik olduğu vurgulanmıştır.

Karagöz tarafından (2019) BIM'nin metraj ve proje yaklaşık maliyetinin hesaplanması konularındaki avantajları incelenmiştir. Geleneksel yöntemler kullanılarak Cad tabanlı çizimler üzerinden yapılan metraj hesaplarının Microsoft Excel tablolarına işlenmesinin manuel olarak yapılması sebebiyle hata ihtimali daha yüksektir (Monteiro ve ark., 2013). Yapılan bu çalışmada özellikle ön tasarım veya ön keşif üzerinde %50 oranında hata payı olduğu (Bayram ve ark., 2016) belirtilmektedir. Bu hata payının sebebi olarak da geleneksel yöntemlerin kullanılması gösterilmektedir (Abanda ve ark., 2015). Ancak BIM araçları ile doğru ve net metraj hesaplarının elde edilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir. BIM sisteminin dijital bir sistem olması dolayısı ile bu sistemde hazırlanan metraj hesabı, proje üzerinde yapılan değişikliklerle birlikte eş zamanlı olarak güncellenebilme yetisine sahiptir (Wu ve ark., 2015). Yapılan çalışma sonucunda Cad sistemi ile maliyet kaybı sorununun çözülemeyeceği ve gelişmekte olan BIM sistemine daha çok destek verip sisteme geçişin yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

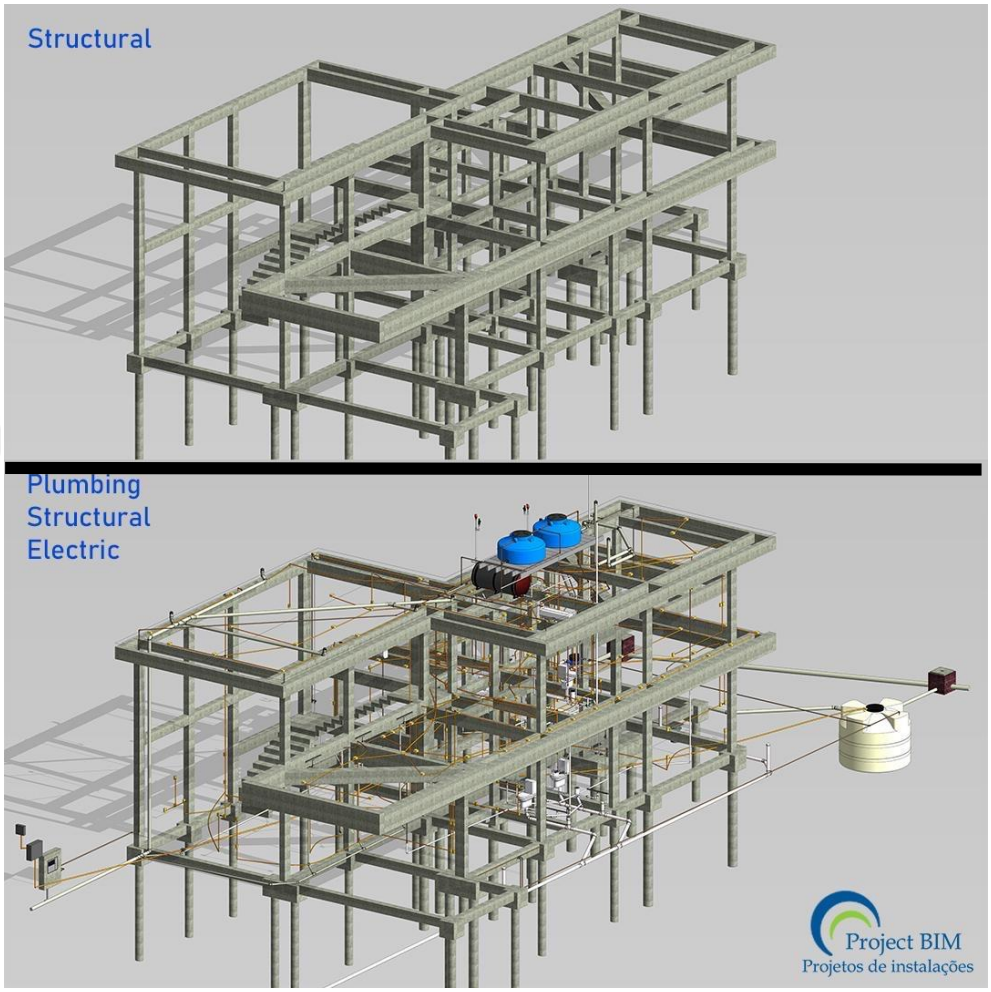
2019 yılında Atabay ve Öztürk tarafından BIM uygulama planı incelenmiş ve ülkemizde yaygınlaşmaya başlayan BIM sistemi kullanımını arttırmaya yönelik önerilerde bulunulmuştur. Türk inşaat sektöründe BIM'nin nasıl uygulanacağı ile ilgili henüz bir standart bulunmamasından dolayı hazırlanan çalışmanın bu sistemi yeni kullanmaya başlayan bireyler için yardımcı kaynak niteliğinde olması da hedeflenmiştir. Çalışmada BIM sisteminin metraj, koordinasyon, belge üretimi, iş programı oluşturma, çakışma analizi, maliyet analizi ve ilerleme takibi fonksiyonları kullanılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından oluşturulan şartname ve uygulama plan önerileri kullanılarak istasyon projesi üzerinde vaka çalışması yapılmıştır. Bu doğrultuda projenin ön proje ve kesin proje safhalarında adım adım BIM sisteminde nasıl ilerlenmesi gerektiği belirtilmiş, kalite ve çakışma kontrolü safhalarında ise genel olarak yapılması gerekenler sıralanmıştır. Bir proje için tüm

bu fonksiyonların tek bir sistem üzerinden yürütülmesini sağlayan BIM'nin geliştirilmesi ve yaygınlaşması için engellerin ortadan kaldırılıp, kullanılan BIM araçları arasında kullanım açısından benzerliğin arttırılarak kullanıcılar açısından uyum süreçlerinin kolaylaştırılması ve sisteme geçişin kararlı bir şekilde sürdürülmesi gerektiği savunulmuştur (Atabay ve Öztürk, 2019).

Teknolojinin yaygınlaşması ile kullanım oranı artan sosyal medya platformlarında; üst düzey yöneticiler, planlama mühendisleri, mimarlar gibi BIM sistemini aktif olarak piyasada kullanan deneyim sahibi çalışanlar BIM ile ilgili; deneyim ve bilgilerini paylaşmaktadırlar. Bu uygulamalar akademik çalışmalarla bilim dünyasına ve öğrencilere de ulaşmaktadır. Aynı zamanda BIM deneyimi olan planlama mühendisleri ve çeşitli seviyeden kullanıcılar bu platformlar aracılığıyla gerektiğinde birlikte çözüm ortaklığı ve bilgi paylaşımı yapmaktadırlar. Örneğin Şekil 2.22. ve 2.23.'de Brezilya'da BIM ve CAD proje yöneticisi olarak çalışan Paulo Fernandes (2020) tarafından hazırlanan küçük bir ev tasarımı yer almaktadır. Bu tasarımda projenin ayrı disiplinlere ait çizimleri 3 boyutlu ve eş zamanlı olarak görselleştirilmiştir.



Şekil 2.22. BIM Sisteminde Elektrik ve Mekanik Proje Görünümü

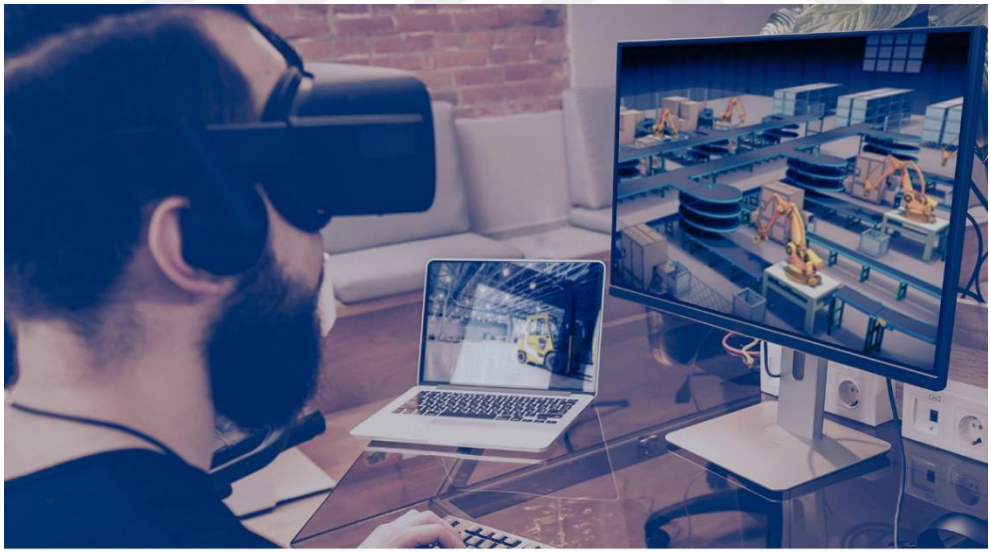


Şekil 2.23. BIM Sisteminde Statik ve Senkronize Proje Görünümü

2.6. Gelecekte BIM

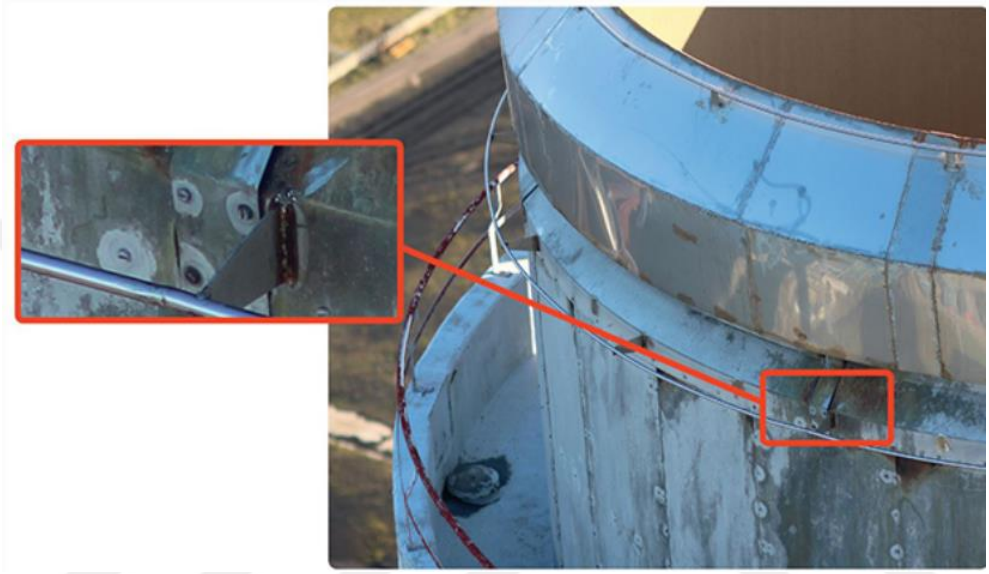
BIM sistemi günümüzde inşaat alanında teknolojinin geldiği son noktadır. Aynı zamanda sistem gelişmeye ve geliştirilmeye devam etmektedir. Çünkü yapılan yenilikler BIM sistemine adapte edilerek sürekli olarak güncellenmektedir. Bu doğrultuda yapılan gelişmeler sisteme entegre edildikçe sistemin yelpazesi de genişlemektedir.

Teknolojinin kullanılması ile büyük oranda fayda sağlanan en önemli konulardan biri BIM'nin gelişmiş görsel verileridir. BIM ile Virtual Reality (Sanal Gerçeklik, VR) teknolojisinden yararlanılmaktadır (Şekil 2.24.). VR sistemi, mobil VR veya VR konsol aracı ile çalışmaktadır. Göze takılarak kullanılan VR konsol aracı ile, tasarlanan yapının 3 boyutlu modelinin içerisinde gezinmek mümkün olmaktadır. VR cihazı takıldıktan sonra başı çevirerek 360 derecelik alan görünümü elde edilebilmektedir. Böylece kullanıcı, dijital bir simülasyonun içerisine dahil olmaktadır. Aslında BIM sisteminin genel tanımı olarak geçen "binanın sanal olarak inşa edilmesi işi'' VR ile; bu 3 boyutlu sanal inşaatın algılanmasını kolaylaştırmakta ve eksiklerin çok daha kolay belirlenebildiği bir ortam yaratmaktadır. Henüz başlangıç aşamasında bu denli güçlü veriler müşteri memnuniyeti, sonradan yapılacak olan revizyonların minimum düzeye indirilmesi, değişikliklere erken aşamada müdahil olunabilme gibi pek çok fayda sağlamaktadır.



Şekil 2.24. VR Sistemi *(https://www.autodesk.com/solutions/virtual-reality)*

Teknolojinin getirdiği diğer bir yenilik olan insansız hava araçları (İHA) olarak da bilinen dron görüntüleme araçları ile şantiyeleri uzaktan kontrol etmek mümkün hale gelmektedir (Şekil 2.25).



Şekil 2.25. Santrallerde Dron Uygulaması *(rembeltech.com)*

Santrallerde, fırtına, yıldırım çarpmaları gibi olaylar sonucu betonda meydana gelebilecek korozyonların, çatlamaların veya baca yapısında zarar gören donatı elamanlarının tespiti Şekil 2.25.'de görüldüğü gibi dronlar yardımı ile yapılmaktadır. Böylece zarar gören parçalara hem hızlı hem de düşük maliyetli müdahaleler yapılabilmektedir.

Gelecekte içerisinde işçi bulunmayan robotlar yardımıyla iş akışını sürdürme faaliyetleri konusunda çalışmalar yapılmakta ve sanal ortamda simülatörler yardımıyla çalışma yapılabilmesi hedeflenmektedir. Burada hedef, işçiliği ve harcanan zamanı azaltarak insanlardan kaynaklı hataları en aza indirmek, iş gücünde belirli bir standardizasyonu sağlamaktır. Bu hedef doğrultusunda Birleşik Arap Emirliği'nin başkenti olan Abu Dabi'de belediye pilot uygulama yapmıştır.

Uyum sürecinde yaşanan eksiklikleri tespit edebilmek ve gerekli geliştirmeleri yapmak üzere çalışmalar sürdürülmektedir. Teknolojinin bu seviyelere çıkarıldığı günümüzde BIM sistemini kullanmamak anlamsız bir hal almıştır.

3. MATERYAL VE METOD

Yapılan bu çalışmada inşaat sektöründe son zamanlarda ortaya çıkan BIM sistemi ile ilgili detaylı araştırma yapılarak fonksiyonları incelenmiş ve planlama fonksiyonunun BIM sistemine entegre edilmesi ile sistemin projede kullanımının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu hedef doğrultusunda ulusal ve uluslararası kaynaklar incelenerek literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırmasında özellikle BIM sisteminin sahip olduğu çeşitli seviyelerdeki fonksiyonları ve bu fonksiyonların kullanımının avantajları üzerinde durulmuştur. Yapılan araştırma sürecinde BIM sisteminin köprü inşaatı, havaalanı inşaatı gibi çok farklı tipteki projelerde uygulanabildiği gibi normal bir bina projesinde de farklı seviyelerde fonksiyonlarının kullanımının mümkün olduğu görülmüştür. BIM sisteminin projelere kazandırdığı faydalar ve dezavantajları üzerinde araştırmalar yapılmıştır.

BIM sistemi projenin kapsamı ve belirlenen hedefler doğrultusunda önceki bölümlerde de belirtildiği gibi farklı seviyelerde kullanılabilmektedir. Dolayısıyla sistemin içerisinde hedefe uygun olarak entegre edilebilecek pek çok program (Revit, Microsoft Project, Primavera, Power Project ve Synchro vs.) bulunmaktadır. Bu çalışmada 3D ve 4D seviyesi olan üç boyutlu tasarım ve iş programlarının oluşturularak sisteme entegre edilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda Cpm veri tabanlı programlar incelenmiştir. Çalışma kapsamında örnek uygulama amacıyla seçilen yapı ve kullanılan paket programlar bu bölümde özetlenmiştir.

3.1. Materyal

Tez çalışmasında kullanılan örnek proje Amerika büyükelçiliği projelerini yürüten bir inşaat firmasının merkez ofis binasına ait inşaat projesidir. Detayları Ek 2.'de belirtilmiş olan ofis projesi; 457.29 m^2 oturum alanına sahip olup; 2 Bodrum + Zemin Kat + 1.Kat'tan oluşmaktadır. Bina inşaatına 2016 yılında başlanmıştır. Firma tarafından proje bitiş tarihi yaklaşık 10 ay olarak hesaplanmıştır. Ancak çeşitli

etkenlerden dolayı proje firma yetkililerinden alınan bilgi doğrultusunda aynı standartlardaki bir inşaata göre 21 ay gibi uzunca bir sürede tamamlanabilmiştir.

Örnek projenin alındığı firmanın planlama departmanı müdürü ile görüşme gerçekleştirilmiş ve söz konusu proje için yapılan planlama faaliyetleri, kullanılan yöntem ve yazılımlar hakkında bilgi alınmıştır. Ayrıca proje yaşam döngüsünde süresel anlamda yaşanan tecrübeler hakkında bilgi alınmıştır. Buna ek olarak firma planlama müdürüne firmanın, BIM sistemi ile ilgili bilgi düzeyi hakkında sorular yöneltilmiştir. Firmanın planlama müdürü ile yapılan görüşme formu Ek 3.'de verilmiştir.

3.2. Metod

BIM sistemi ve iş gücü verimlilikleri konularında literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması sonrasında incelenen çalışmalar ışığında sıklıkla kullanıldığı tespit edilen yedi seviyeden üçüncüsü ve dördüncüsü olan tasarım ve planlama fonksiyonu üzerinde durulmuştur. Firmanın kullandığı tasarım ve planlama yazılımları ile tez çalışmasında kullanılan tasarım ve planlama yazılımları Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir. 3 boyutlu tasarım yapmak için Revit (2017), iş programı oluşturmak için Primavera (P6) ve Power Project (Deneme Sürümü) yazılımları seçilmiştir.

Çizelge 3.1. Projede Kullanılan Yazılımlar

Kullanıcı	**İki Boyutlu Çizimler**		**Üç boyutlu Çizimler**	**İş Programı**	**Kontrol Programı**
	Mimari	**Statik**			
Firma	Autocad	Autocad	Autocad3D (Yalnızca Dış Cephe Görselleri)	Primavera	-
Araştırmacı	Revit	Revit	Revit	Primavera, Power Project	Navisworks

Bu tez çalışması kapsamında; yazılımların seçiminde araştırmacının yazılıma ve eğitim materyallerine erişim imkanı belirleyici olmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan yazılımlara erişim yöntemleri aşağıda özetlenmiştir.

- Revit programının 1 yıllık öğrenci sürümü Autodesk firmasının resmi internet sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir.
- Navisworks Manage programı Autodesk'in resmi internet sitesinden deneme sürümü indirilerek kullanılmıştır.
- Primavera programının deneme sürümü bulunmamaktadır. Bu programın erişimi çalışma sürecinde özel eğitim kurumundan destek alınarak gerçekleştirilmiştir.
- Power Project programı da özel eğitim kurumundan destek alınarak temin edilmiştir ancak Elecosoft firmasının resmi internet sitesinde 14 günlük deneme sürümü mevcuttur.

Bu tez çalışmasında; Revit yazılımının öğrenci versiyonunun resmi internet sitesinden (www.autodesk.com.tr) edinilebilmesi ve yazılımın kullanıma yönelik pek çok eğitim materyaline ulaşım kolaylığı olması sebebiyle; örnek projenin 3 boyutlu mimari ve statik çizimlerinde Revit yazılımı tercih edilmiştir. Firma tarafından projenin mimari ve statik çizimlerinin Autocad yazılımı ile hazırlanmış çizimleri bulunmakla beraber Revit programının detay verme konusunda daha hassas çalışmaya imkan tanıması ve üç boyutlu görsellerinin daha gerçekçi olması sebebiyle proje Revit programında baştan çizilmiştir. Tez çalışması kapsamında BIM araçları ile 3 boyutlu olarak hazırlanan proje firma tarafından yapılan mimari ve statik tasarım projeleri ile kıyaslanmış ve farkları belirlenmiştir.

Projelere çakışma analizi yapılması amacıyla, diğer bir BIM aracı olan "Navisworks Manage'' yazılımı kullanılmıştır. Tasarım ofislerinde mimari projeler baz alınarak oluşturulan mekanik ve tesisat projelerinin statik projeler ile hata verme

durumu uygulama esnasında sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Bu nedenle tüm projelerin aynı anda Navisworks yazılımı ile kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Genellikle bu yazılım fonksiyonu mekanik ve elektrik tesisat projelerinin mimari ve statik projelerle olan uyumunu kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu projelerin kontrolünün gerçekleştirilebilmesi için Revit yazılımı ile tasarımlarının yapılması gerekmektedir. Tez çalışmasını yapan araştırmacının mesleki branşının İnşaat Mühendisliği olması sebebiyle yalnızca mimari ve statik projeler Revit yazılımına aktarılarak çizimleri yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında, mimari ve statik projelerin çakışma analizleri yapılarak, sonuçlar değerlendirilmiştir.

Planlama çalışmalarına başlamadan önce projede yapılan aktiviteler için gereken işgücü kaynak grubuna ait verimliliklerin hesaplanması amacıyla literatür taraması yapılmış (Tat, 2000; Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001; Kazaz, 2004; Dalyan, 2010; Alboğa, 2019) ve incelenen çalışmalar içerisinden; örnek projede yer alan iş kalemlerinin genelinin verimlilik bilgilerine ulaşılabilmesi sebebiyle, Dalyan (2010) ve Kuruoğlu ve Bayoğlu'na (2001) ait çalışmalar tez çalışmasında kullanılmıştır. İşgücü verimliliklerinden yararlanılarak her bir iş kalemi için süresel analiz yapılmış, süreler pratiğe uyarlanmış ve her bir aktivitenin süresi belirlenmiştir.

Seçilen örnek proje üzerinde Dalyan'ın (2010) verileri baz alınarak iş programı oluşturulmuş ve proje süresi hesaplanmıştır. Daha sonra Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) verileri ile aynı proje ve iş kalemleri üzerinden iş programı oluşturulmuştur. İki farklı yöntem sonucunda aktivite süreleri belirlenen projenin iş programı "Primavera" yazılımı ile oluşturulmuştur. Son olarak yapılan tüm iş programları proje sahibi firmanın planlama departmanı tarafından oluşturulan iş programı ile karşılaştırılmıştır.

Sonraki aşamada diğer bir Cpm veri tabanlı yazılım olan "Power Project" yazılımına halihazırda Primavera yazılımı ile oluşturulan iş programı ile örnek projenin görsel planları entegre edilmiştir. Böylece iki yazılımın birbirinden farklı olarak iş programlarında ortaya koyduğu özellikler (3 boyutlu model ile

entegrasyon) incelenmiştir. Power Project yazılımı; Primavera'da hazırlanan iş programı ve Revit ile hazırlanan 3 boyutlu tasarım projeleri ile entegre edildiği için en son aşamada kullanılmıştır. Yani bu yazılımla sıfırdan bir iş planı oluşturmak yerine elde edilen önceki verilerin entegrasyonu ile ortaya çıkan kazanımlar incelerek iki planlama aracının farklı fonksiyonları incelenmiştir. Hazırlanan iş programının BIM sistemine entegrasyonu ile elde edilen kazanımlar belirlenmiştir.

3.2.1. Çalışmanın Kısıtları

Tez çalışması kapsamında yapılması planlanan BIM uygulaması için bazı firma ve danışmanlık ofisleri ile iletişime geçilmiştir. Ancak örnek proje bulma aşamasında bazı zorluklarla karşılaşılmıştır. Bu yaşanan zorluklar aşağıda özetlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında kullanmak üzere şantiye ortamında işlerin takibinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla yapımı devam eden ya da yeni başlanacak olan bir inşaat projesinin seçilmesi hedeflenmişti. Bu amaçla araştırmacı firmalara erişim imkanının bulunduğu Adana ve Ankara illerinde çeşitli inşaat firmaları ile iletişime geçmiştir. Yaşanan ekonomik kriz sebebiyle bazı firmalar ellerinde iş olmadığını belirtirken bazıları ise iş programını MS Excel programında detaya inmeden oluşturduğunu belirtmiştir. Bazı firmalar ise sözleşmede belirtilen gizlilik maddesi gereği proje bilgilerini paylaşmak istememiştir. Tüm bu nedenlerden dolayı ortak çalışma yapılabilecek bir firma bulunamamıştır. Yapılan görüşmeler sonucunda ancak, bir inşaat firmasının, 2017 yılı Kasım ayında yapımı tamamlanmış bir projesinin doküman ve bilgilerine erişim izni sağlanabilmiştir.

Örnek proje bulma konusunda yaşanan kısıtlara ek olarak Primavera ve Power Project yazılımlarına erişim konusunda, ilk aşamalarda sıkıntı yaşanmış fakat ilgili programların eğitimini veren özel bir eğitim kurumunun yardımı ile sınırlı bir süre programlara erişim sağlanabilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ülkemizde yakın zamanda kullanılmaya başlanan BIM sistemi ile ilgili yasal bir zorunluluk olmaması nedeniyle sektörde kullanımı henüz çok yaygın değildir. Genellikle büyük çaplı veya uluslararası projelerde daha çok tercih edilmektedir. Araştırmacının kolay ulaşabileceği Adana ve Ankara'da yer alan inşaat firmaları ile iletişime geçilmiş fakat yaşanan ekonomik kriz sebebiyle inşaatların yavaşlamış olması ya da gizlilik sebebiyle proje paylaşımını kabul etmemeleri gibi nedenlerle projesi devam eden ya da yeni başlanacak olan bir inşaat yerine, yakın dönemde inşaatı tamamlanmış bir ofis projesi örnek proje olarak belirlenmiştir. Seçilen örnek proje üzerinde BIM sistemi kullanılmıştır. Bu çalışmada BIM sisteminin 3. (tasarım) ve 4. (planlama) seviyeleri kullanılmıştır. Projenin sahibi olan inşaat firması tarafından Autocad çizimleri yapılan yapının, mimari ve statik projeleri Revit yazılımı ile 3 boyutlu olarak tekrar çizilmiştir. Çakışma analizi için Navisworks yazılımı kullanılmıştır. İş programının oluşturulması için ise Primavera ve Power Project yazılımları kullanılmıştır.

Bu bölümde; ilk olarak örnek proje ve firma planlama departman müdürü ile yapılan görüşme hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra, tez çalışması kapsamında örnek projede kullanılan yazılımların uygulama adımları anlatılmış, çakışma analizi yapılmış ve BIM sistemi ile yapılan iş programlarının geleneksel yöntem ile kıyaslamaları yapılmıştır.

4.1. Örnek Projenin Tanıtımı

Seçilen örnek projenin inşaatına 2016 yılında başlanmıştır. Seçilen proje; 2011 yılında kurulan bir inşaat firmasının merkez ofis binasının yapım işi projesidir. 2 Bodrum + Zemin Kat + 1.Kat'tan oluşan 4 katlı yapı 457.29 m^2 taban oturum alanına sahiptir. Ek 2'de proje detayları yer almaktadır.

Firmanın planlama departman müdürü ile yapılan görüşme sonucunda proje ile ilgili aşağıdaki bilgiler alınmıştır.

- Firmada planlama departmanı mevcuttur.
- Firmanın günlük mesai süresi 8 saattir. Firma şantiyeleri hafta sonu yalnızca cumartesi günü çalışmaktadır ve resmi tatillerde çalışmamaktadır.
- Tasarımlar için Autocad programı, planlama için Primavera programı kullanılmaktadır.
- Projenin başlangıç aşamasında iş programı yüzeysel olarak oluşturulmuştur ve 10 ayda tamamlanacağı öngörülmüştür. Proje, 21 ayda tamamlanmıştır.
- Projenin planlanan başlama tarihi ile projenin gerçek başlama tarihi aynı tarihtir.
- Projenin planlanan tamamlanma tarihi Aralık 2016'dır.
- Projenin gerçek tamamlanma (fiili) tarihi Kasım 2017'dir.
- Projede BIM sistemi kullanılmamıştır bu nedenle uygulama başlangıcından önce özellikle çizimler arası herhangi bir çakışma veya çizim hatası tespiti mümkün olmamıştır.
- Yaşanan süresel gecikmenin sebebi olarak; ruhsat aşaması, havalandırma sistemi tedariği, çizimler arası oluşan farklılıklardan kaynaklı karar ve değişiklik süreçleri olduğu belirtilmiştir.
- Şirket Amerika merkezli çalışmakta ve şirket politikası gereği, sözleşme şartlarında projenin bütünü kendi içerisinde aşamalara ayrılmakta ve teslim tarihine kadar her bir aşamanın tamamlanması öngörülmektedir. Firmanın planlama departmanı için her bir aşamanın planlanan sürede tamamlanması hedeflenmektedir. Örneğin işin toplam süresi 2 yıl; proje çizimlerinin tamamlanması "3ay'', mobilizasyon "1

ay'', temel yapım işleri "2 ay'' gibi işlerin belirli gruplar halinde tamamlanması gereken maksimum süreler sözleşmede belirtilmektedir. Bu kısıtlamalar doğrultusunda planlama mühendisleri sözleşmede belirtilen ve temel yapım işi için öngörülen 2 aylık süreyi aşmamak kaydı ile "kalıp yapımı, demir işleri, beton dökümü'' gibi temel yapım işine ait olan alt aktiviteleri ve ilişkileri planlamaktadır.

4.2. Revit Yazılımı Uygulama Adımları

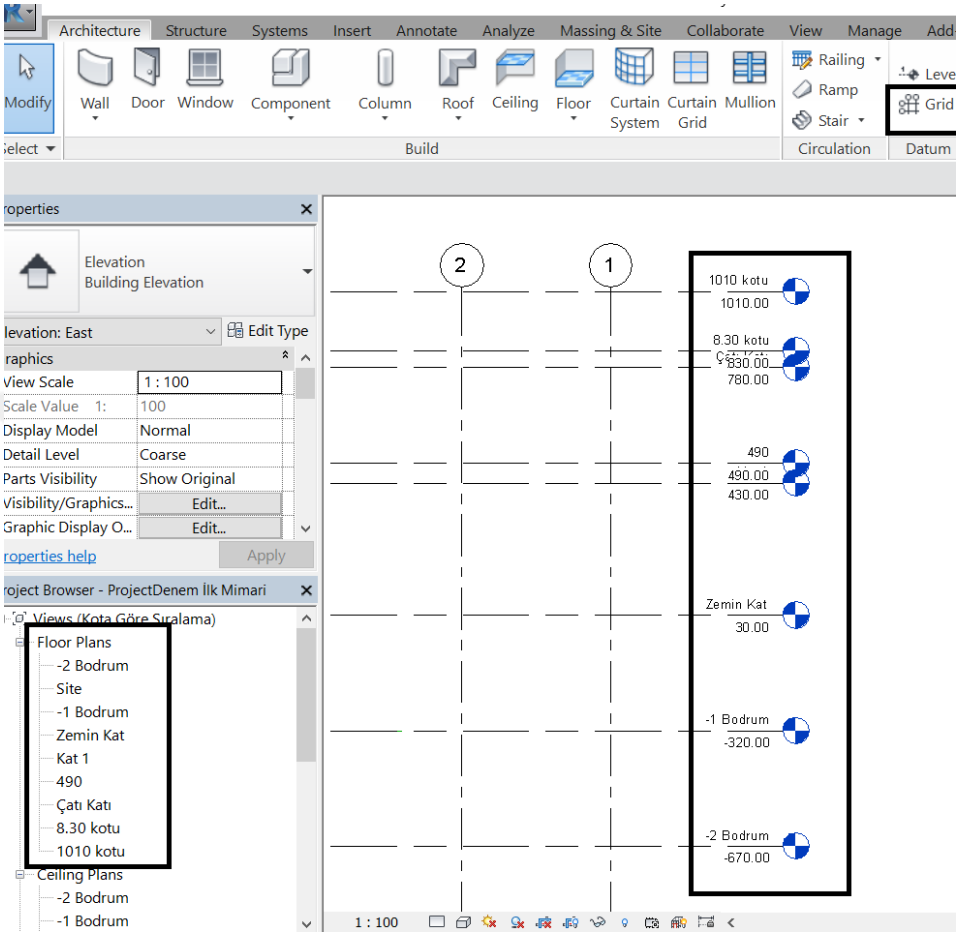
Örnek projenin firma tarafından Autocad yazılımı ile yapılan mimari ve statik proje tasarımı çakışma analizi ve 3 boyutlu tasarım yapabilmek amacıyla Revit ile tekrar çizilmiştir. Autocad 2 boyut düzleminde Revit'e import komutu ile çağırılıp çalıştırılabilmekte ancak proje 2 boyutta oluşturulan çizgiler halinde gelmekte ve Revit'teki nesne atama mantığına (kolon, duvar, donatı vs.) aykırı olduğu için 3 boyutlu görüntüleme fonksiyonu direkt olarak çalışmamaktadır. Bu sebeple, örnek projede bu fonksiyon kullanılmamıştır. Hazır gelen dosya üzerinde düzeltme yapmak yerine proje Revit yazılımı ile yeniden çizilmiştir.

4.2.1. Revit Programı ile Mimari Projenin Çizilmesi

İlk etapta mimari proje çizilmiştir. Proje çiziminin genel hatları sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

4.2.1.1. Aks Sisteminin Oluşturulması

Proje düzleminde aks sistemi Architecture/Datum/Grid komutu ile oluşturularak çizime başlanmaktadır (Şekil 4.1.). Bu komut ile aks düzlemi oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. Revit Yazılımı ile Aks Düzleminin Oluşturulması

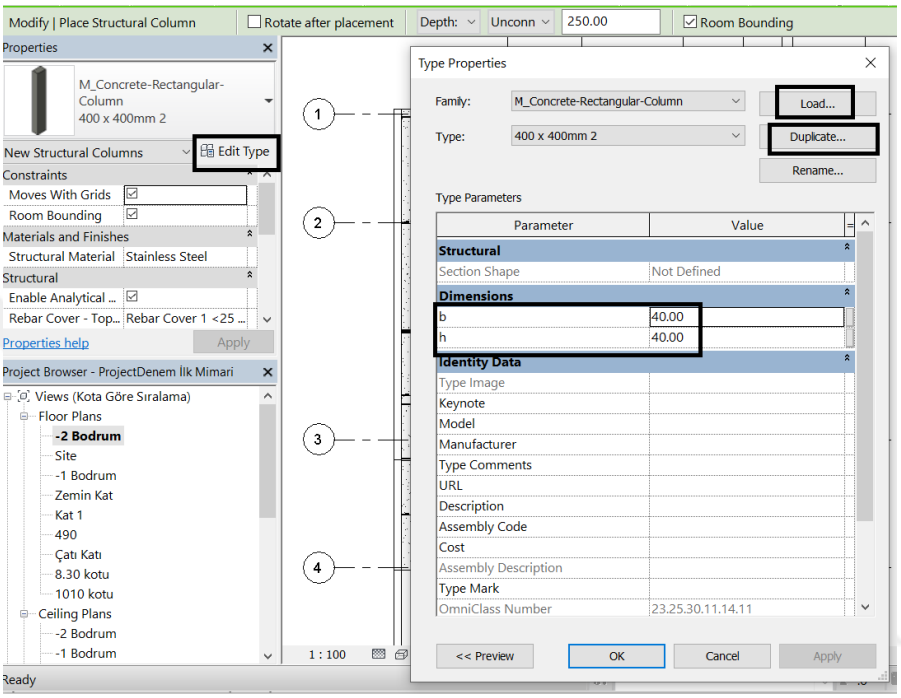
4.2.1.2. Proje Kat Bilgilerinin Oluşturulması

Projenin kat sayısı ve kat yükseklikleri referans çizgileri kopyalama komutu ile oluşturulur ve Project Browser/ Floor Plan kutusunda isimlendirilir (Şekil 4.1.).

4.2.1.3. Projedeki Yapı Elemanlarının Oluşturulması

Mimari model oluşturulmak üzere kolonlar referans alınarak çizime başlanır. Architecture/Column ile Properties ekranında (Şekil 4.2.) programın hazır modellerinden eleman seçimi yapılabileceği gibi Edit Type/Duplicate ile aynı

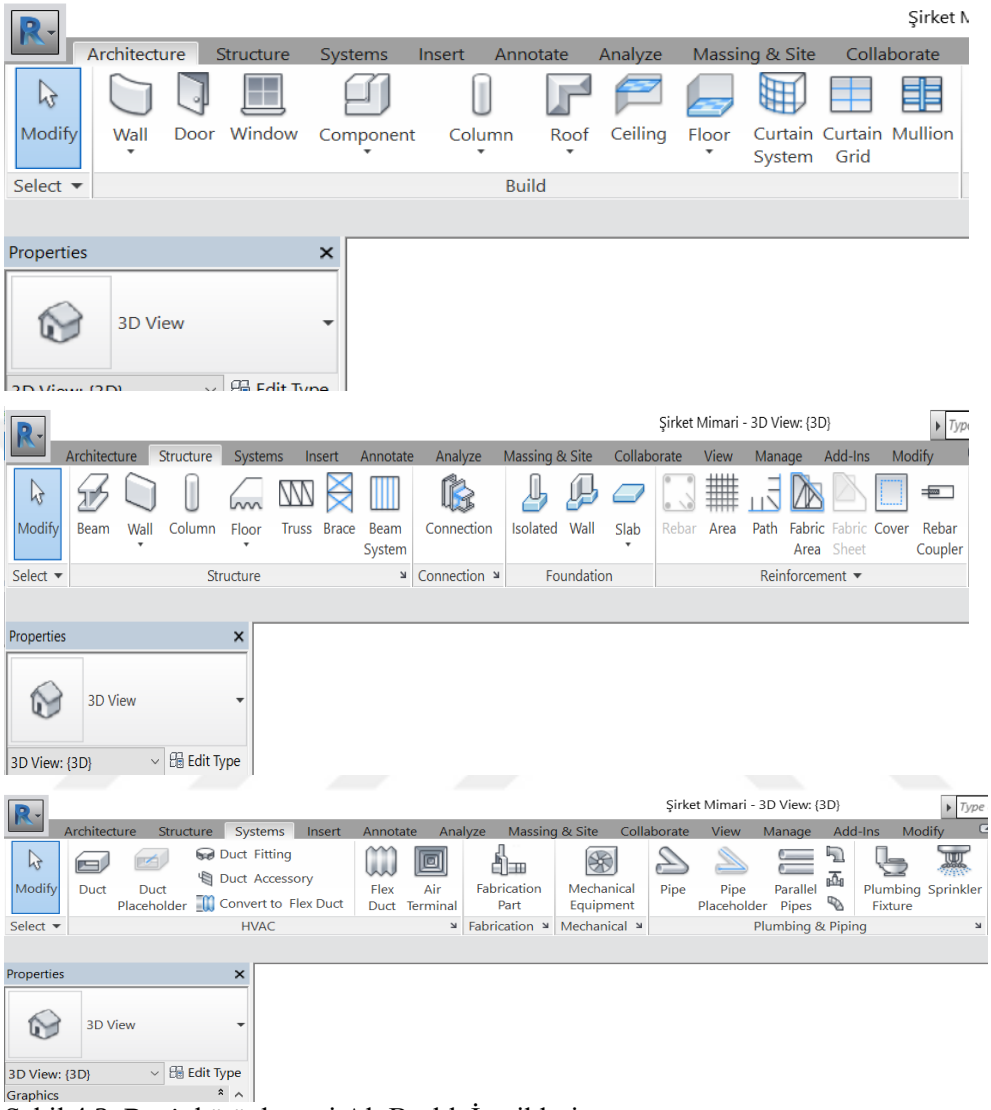
kolonun ölçüleri değiştirilebilir ya da Edit Type/Load Family ile tasarımı yapan kişiye ait olan kütüphaneden model alınarak kullanılabilir.



Şekil 4.2. Revit Yazılımı ile Yapı Elemanı Oluşturma

Programın genel kullanımı, elemanı baştan çizmekten ziyade var olan elemanların hazır tasarımlardan veya kütüphaneden seçilmesi ve ölçü değiştirilerek kullanılması prensibiyle çalışmaktadır.

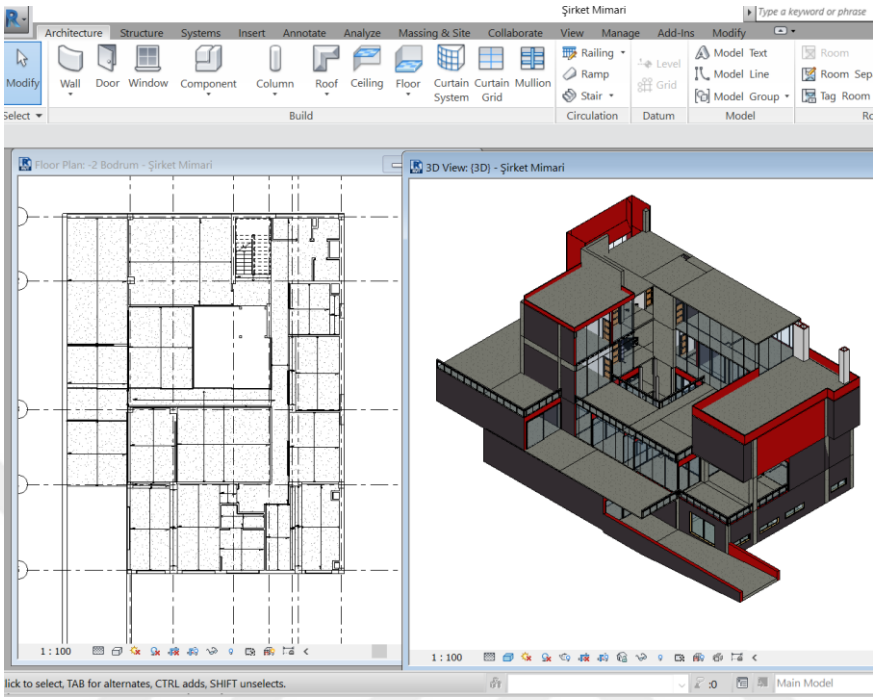
Şekil 4.3.'de de görüldüğü gibi mimari, statik, mekanik ve elektrik sistemleri için oluşturulmuş sekmelerde tüm yapı elemanları (duvarlar, kapılar, pencereler, kirişler, borular, vb.) mevcuttur. Tıpkı kolon oluşturma yöntemi gibi diğer elemanlar da benzer yöntemle çizilir.



Şekil 4.3. Revit kütüphanesi Alt Başlık İçerikleri

4.2.1.4. Projenin 3 Boyutlu Görünümü

Tüm mimari veriler girildikten sonra 3 boyutlu model ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.4.). View/3D View komutu ile 3 boyutlu görüntü açılmaktadır. Eğer diğer katların görüntülerine de ulaşılmak isteniyorsa; View/ Windows/Cascade Windows ile tüm çalışma ekranı görüntüleri açılabilmektedir.

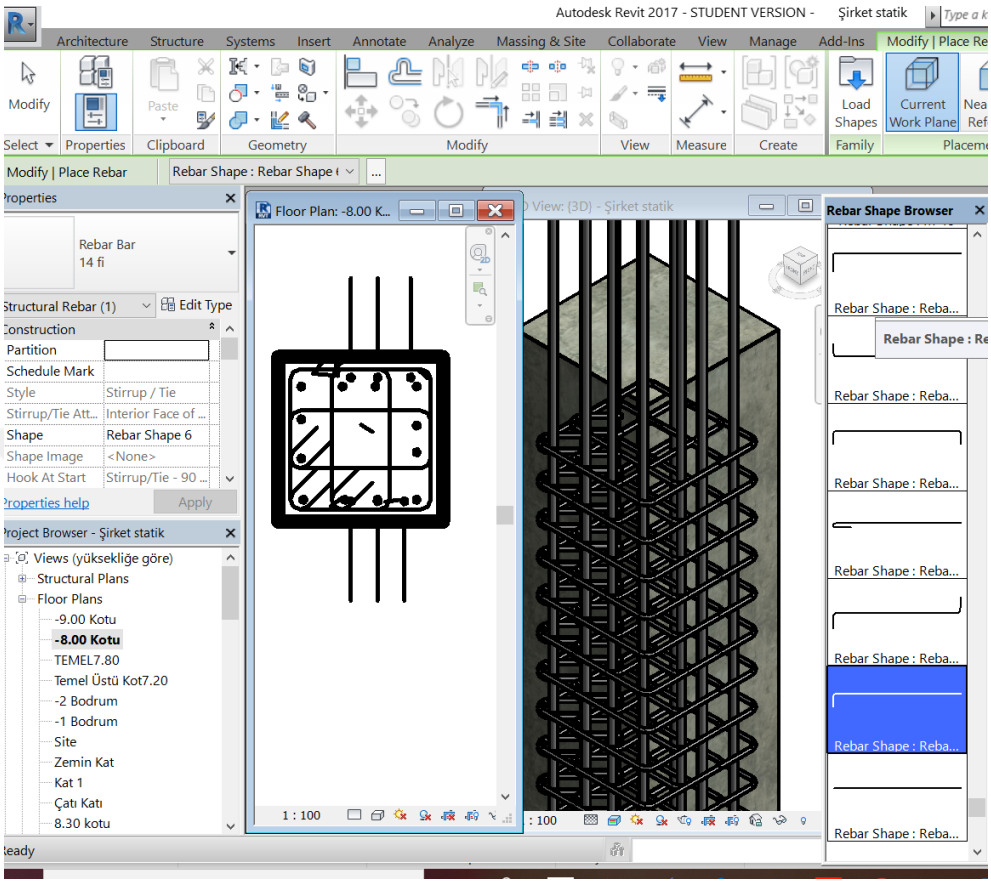


Şekil 4.4. Üç Boyutlu Proje Görüntüsü

4.2.1.5. Revit Programı ile Statik Projenin Çizilmesi

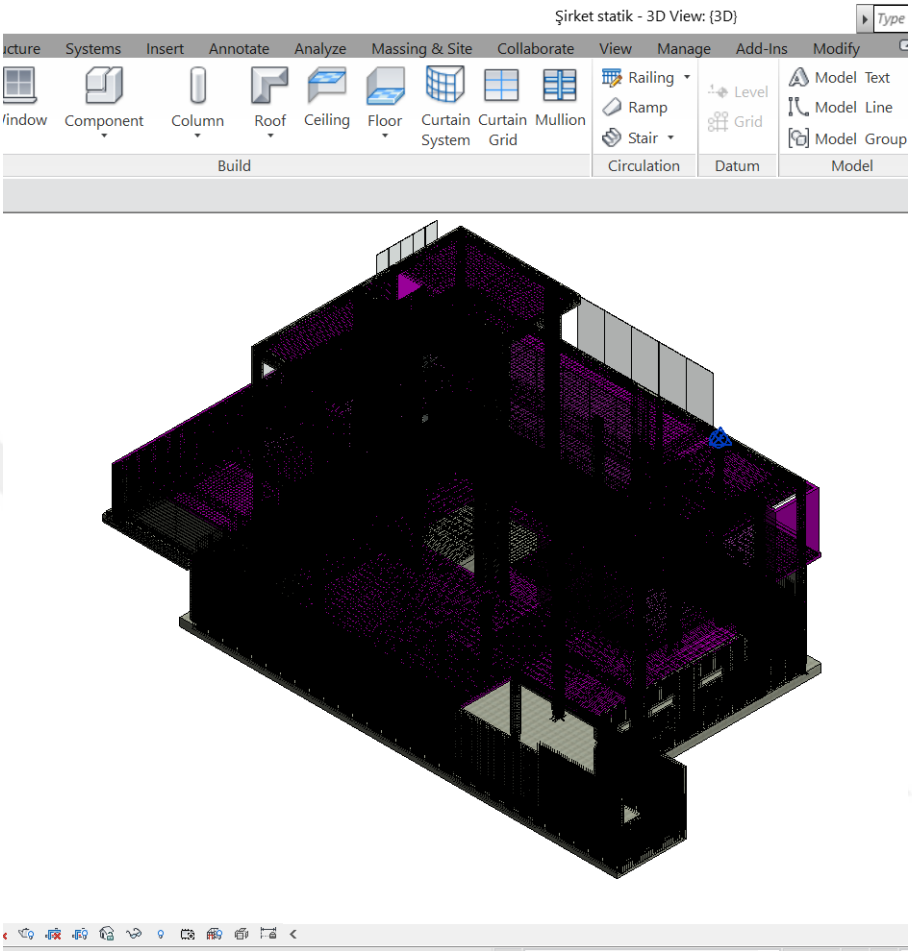
Mimari proje tamamlandıktan sonra Revit'te yeni bir dosya açılıp aynı adımlar takip edilerek statik proje oluşturulmuştur.

Statik modellemeye Revit'in sağladığı en önemli avantaj gerçeklik boyutudur. Structure/Reinforcement/Rebar komutu ile boyuna ve enine donatılar istenilen tüm betonarme yapı elemanlarına eklenebilir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Revit Donatı Detaylandırması

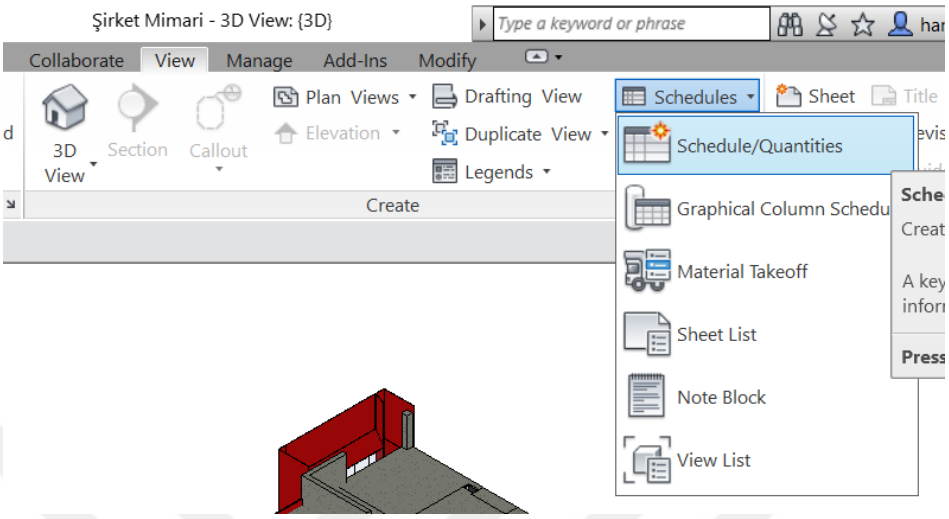
Statik ve mimari proje arasındaki en önemli fark taşıyıcı eleman detaylarının da bulunmasıdır. Aslında bu detaylar mimari proje üzerinde de gösterilebilir ancak eleman sayısı çok fazla arttığı için programın hızını yavaşlatmaktadır. Detaylar karmaşık ve üst üste göründüğü (Şekil 4.6.) için kullanımını zorlaşmaktadır. Bu nedenle ayrı ayrı çizilerek çakıştırılması çok daha pratiktir. Yani mimari projede kapı, pencere, tefriş elemanları gibi elemanlar gösterilmekteyken; statik proje de kolon, kiriş detayı olan demir donatıların ayrıntılı çizimi yer almaktadır.



Şekil 4.6. Üç Boyutlu Statik Proje Görünümü

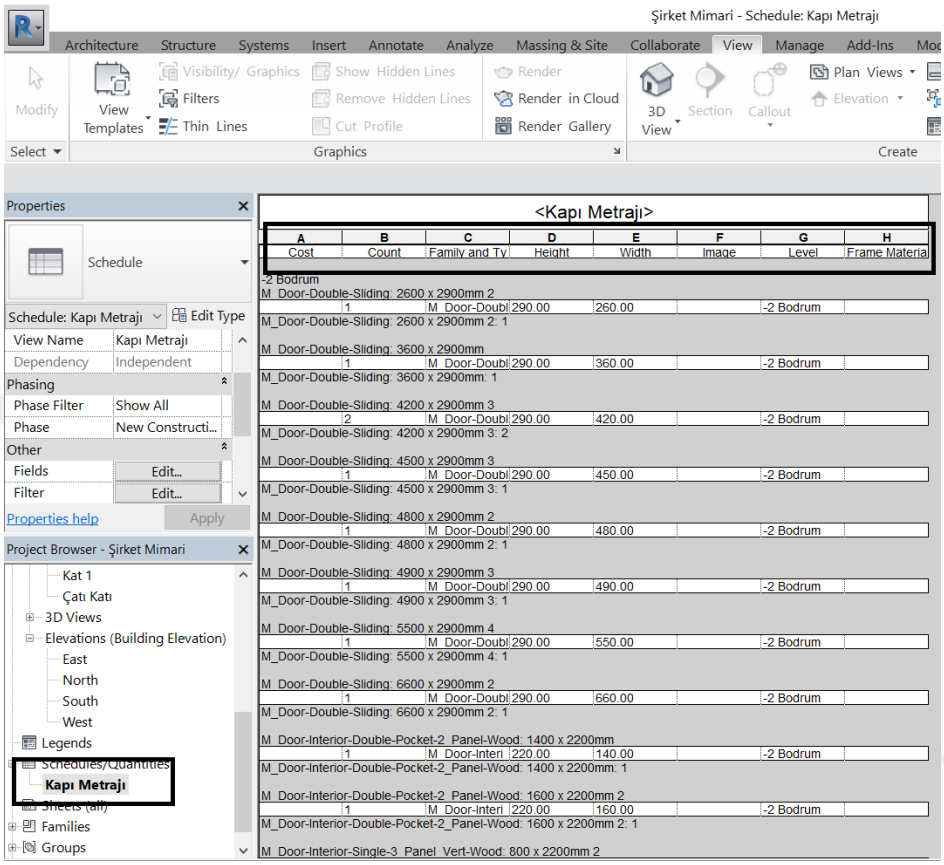
4.2.1.6. Revit ile Metraj Hesabı Yapılması

Revit'te View/Schedules/Schedules Quantities ile metraj otomatik olarak hesaplanmaktadır (Şekil 4.7.).



Şekil 4.7. Revit Yazılımı ile Yapı Elemanlarının Metraj Listelerinin Oluşturulması

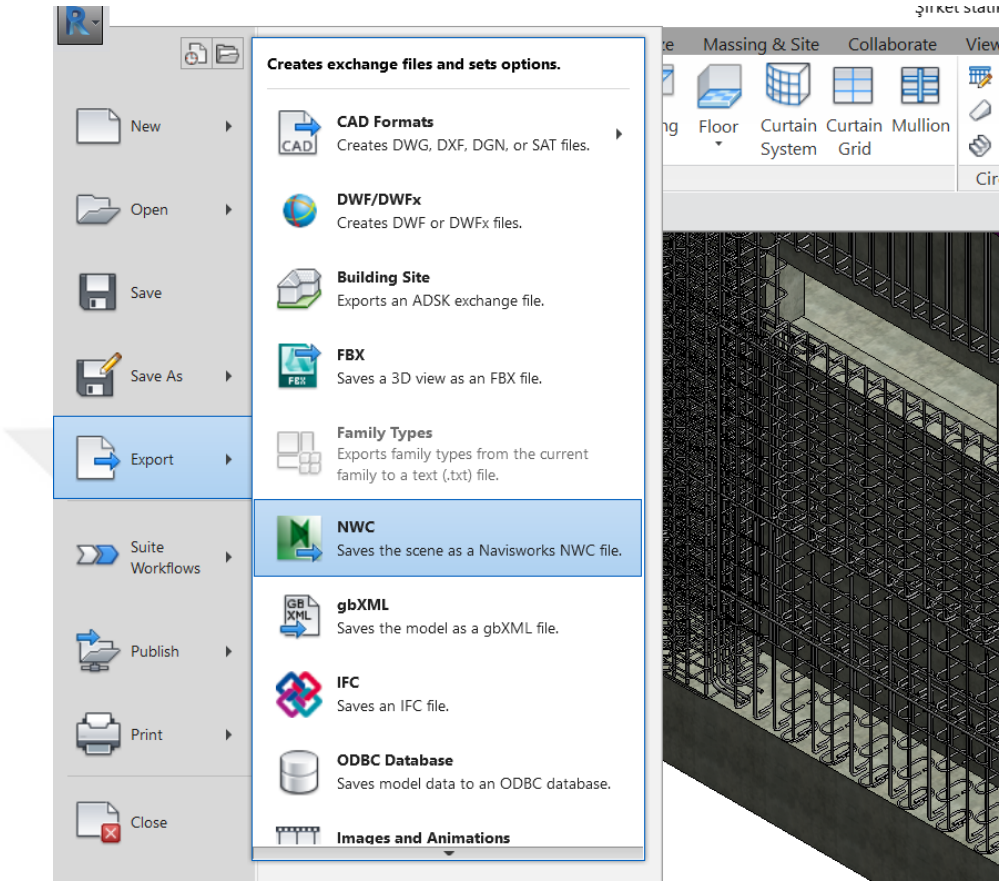
İstenilen yapı elemanlarının seçimi yapıldıktan sonra Şekil 4.8.'deki gibi ekranın Project Browser menüsünde metraj listeleri oluşmaktadır. Listede olması istenen tüm veriler kullanıcının arzusuna bağlı olarak seçilebilmektedir. Şekil 4.8.'de örnek projenin kapı metrajı yer almaktadır. Boyutları, bulundukları kat, materyali isteğe bağlı olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca yine BIM sisteminin yenilikçi bakış açısına uygun olarak metraj listelerinde de kullanıcıların görsel detay eklemesi mümkündür. Bu da metraj dökümünün detaylı olarak hazırlanması hususunda son derece yararlı bir özelliktir.



Şekil 4.8. Revit Yazılımı ile Kapı Metrajı Görünümü

4.2.1.7. Revit Yazılımında Dışa Aktarma (Export) Komutunun Kullanılması

Çalışmada Revit dosyaları (proje dosyaları) kendi uzantısı ile açılabilse de "*.nwc*" uzantılı olarak export edilip Navisworks programında çalıştırılması tercih edilmiştir. Ancak Revit yazılımı öğrenci versiyonu "*.nwc*" uzantısı ile export etme imkanı sunmamaktadır. Bu nedenle Autodesk'in internet sayfasından Navisworks Exporters (https://www.autodesk.co.uk) indirilerek çalıştırıldıktan sonra export edilmiştir (Şekil 4.9.). Ayrıca Şekil 4.9.'da görüldüğü gibi Revit yazılımı, BIM araçlarının ortak çalışmasına imkan veren dosya uzantısı olan . *ifc* uzantısı ile de dışa aktarma özelliğine sahiptir.



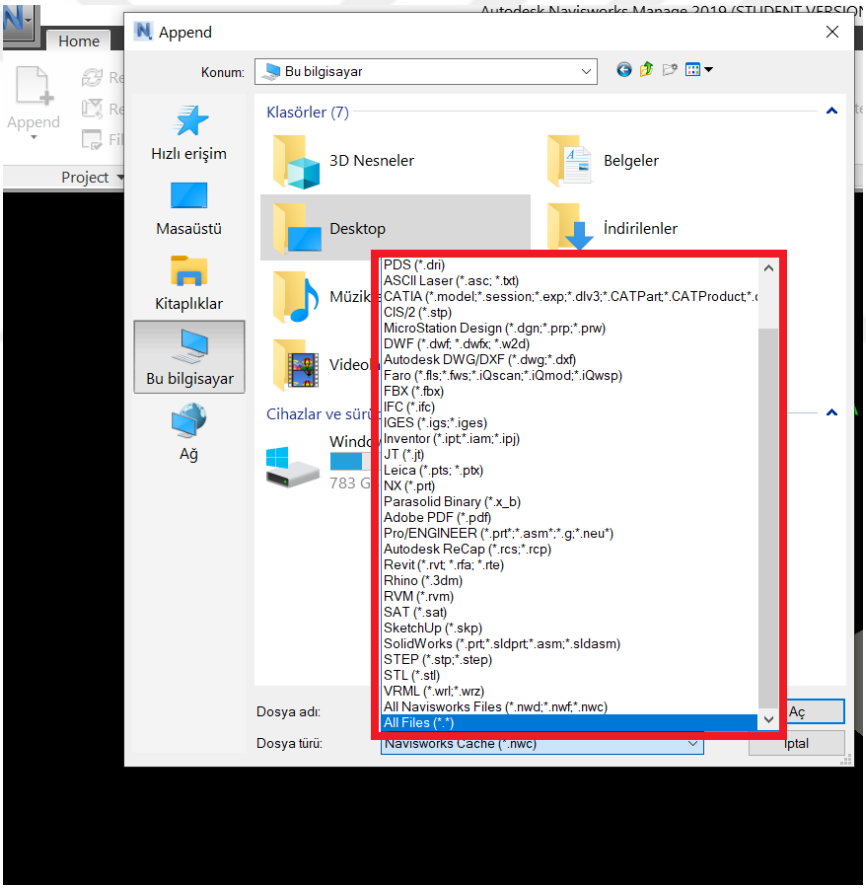
Şekil 4.9. Revit Yazılımdan *.nwc* Uzantılı Dosyanın Export Edilmesi

4.3. Navisworks Yazılımı Uygulama Adımları

Bir diğer BIM aracı olan Navisworks yazılımının birçok fonksiyonu vardır. Bu çalışmada çakışma analizi fonksiyonu için kullanılmıştır. Navisworks ile metraj hesaplama, 3 boyutlu proje detaylarını görüntüleme, render alma, insan simülasyonu ile iç mekan gezinti-görüntüleme gibi pek çok fonksiyon gerçekleştirilebilmektedir. Söz konusu fonksiyonların kullanılmasına olanak sağlayan farklı yazılımlar olmakla beraber Navisworks yazılımını diğerlerinden ayıran en önemli özelliklerinden biri "Çakışma Analizi'' fonksiyonudur.

4.3.1. Nawisworks Manage Yazılımında Kullanılan Dosya Uzantıları

İnşaat sektöründe kullanılmak üzere farklı amaçlara hizmet eden çok sayıda yazılım bulunmaktadır. Yazılım üreten firmalar serbest piyasa koşulları ve rekabet sebebiyle aynı alanda farklı dosya uzantıları (*.rvt*, *.ifc*, *.exp*, vb.) ile kaydedilen programlar üretmişlerdir. Bu da farklı uzantılara sahip dosyaların tek bir programda açılamamasına sebep olmaktadır. İşte bu problemi çözme özelliği ile de diğerlerinden ayrılan Navisworks yazılımı pek çok farklı programın kullanımına olanak sağlamaktadır (Şekil 4.10.).

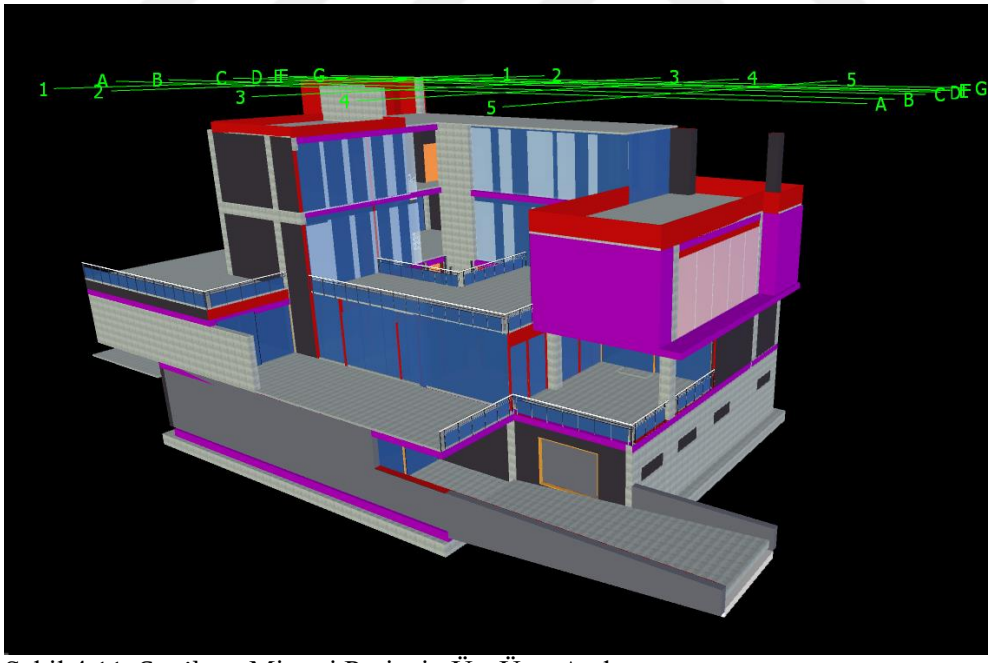


Şekil 4.10.Navisworks Yazılımında Kullanılabilen Dosya Uzantıları

Navisworks yazılımı, mimari, statik, elektrik ve mekanik projelerinin farklı programlarla çizilse bile, tek bir yazılım içinde açılabilmesine yani aynı koordinatlara denk getirilerek üst üste birleştirilip "Çakışma Analizi" yapılmasına olanak sağlamaktadır. Örnek proje üzerinde de Çakışma Analizi fonksiyonu kullanılmıştır. Uygulama adımları aşağıda özetlenmiştir.

4.3.2. Navisworks Manage Yazılımında İçe Aktarma (Import) Komutunun Kullanılması

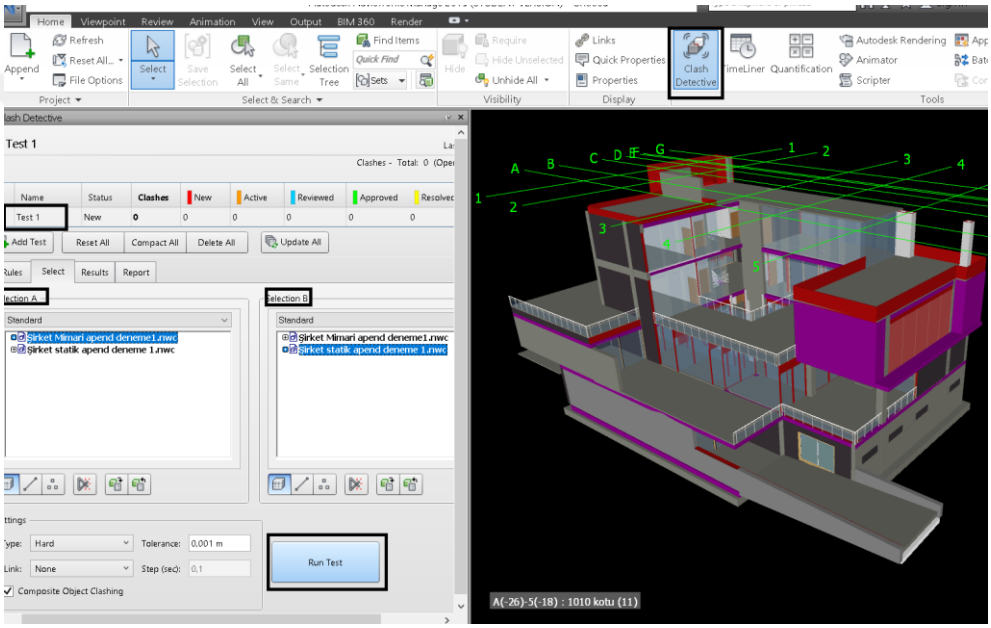
Birleştirilmek istenilen mimari ve statik proje dosyaları *.nwc* uzantılı olarak oluşturulduktan sonra Navisworks yazılımında Home sayfasında bulunan Append komutu seçilerek import edilmiş olur ekil 4.11.). Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta; projelerin hedeflendiği gibi üst üste çakışarak açılması için aynı koordinat noktasına oturtularak (Şekil 4.11.) açılması gerektiğidir.



Şekil 4.11. Statik ve Mimari Projenin Üst Üste Açılması

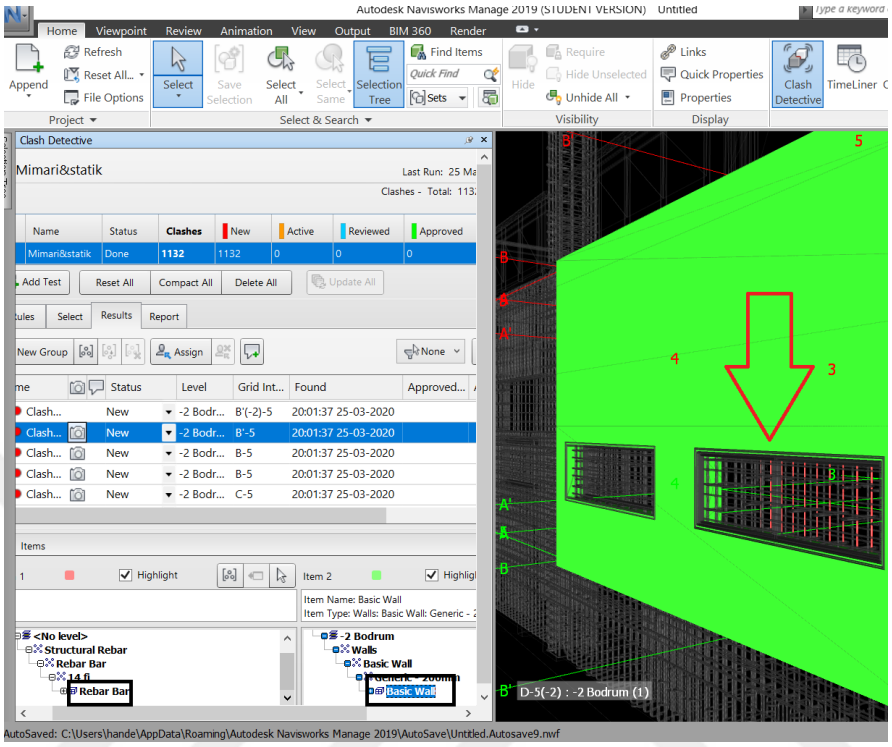
4.3.3. Navisworks Manage Yazılımı İle Çakışma Analizi

Home/ Tools/ Clash Detective komutu ile statik ve mimari dosyalar üzerinde çakışma analizi yapılır. Add Test komutu ile farklı proje kombinasyonları test edilebilmektedir. Bu komut kullanılırken çakıştırılmak istenen projeler (section A ve section B) seçilir. Run test ile komut çalıştırılır (Şekil 4.12.). Çakışma analizinde en fazla iki proje analiz edilebilmektedir.



Şekil 4.12. Çakışma Analizinin Uygulanması

Çakışma analizi yapıldıktan sonra düzeltilmesi gereken yerler tespit edilmektedir (Şekil 4.13.). Bu analiz sayesinde 3 boyutlu tasarım özelliği kullanılmış ve 2 boyutlu çizimde fark edilemeyen ya da net olarak ifade edilemeyen detaylara hakim olmak kolaylaşmıştır. Örnek projede çakışma analizi sonucu fark edilen ve firma tarafından yapılan 2 boyutlu çizimde gözden kaçan sorunlar aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 4.13. Çakışma Analizi Test Sonucu

4.3.4. Navisworks Manage Yazılımı İle Yapılan Çakışma Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Örnek projenin firma tarafından yapılan iki boyutlu çizimlerinde; mimari projede -2 bodrum katında dış duvarda bulunan pencerelerin statik proje -2 bodrum katında yer alan pencerelerden ölçü olarak ve yerleştiği kot olarak farklılık gösterdiği Çakışma Analizi'nde tespit edilmiştir. Burada önemli nokta; duvarın, perde duvar olmasıdır. Dolayısıyla içinden geçen donatıların pencere koordinatlarına göre yerleştirilmesi çok önemlidir. Navisworks yazılımı ile 2 projenin üst üste çakıştırılması sonucu tespit edilen hata düzeltilmiştir.

Firma tarafından 2 boyutlu olarak hazırlanan çizimlerde de mimari ve statik projelerde söz konusu perde duvarın çizimlerinde farklılık olduğu görülmektedir (Ek 4). Ek 4'te yer alan çizimlerde de görüleceği gibi mimari gösterimde pencere alt kotu

-4.28 ve boyutları; 200/60, 230/60, 185/60 şeklinde verilmiştir. Statik proje detayında ise; bodrum kat perde duvarının içerisindeki pencere alt kotunun -5.10 kotundan başladığı ve 4 pencerenin de 180/60 ölçülerinde olduğu belirtilmektedir.

Yapılan uygulamada BIM sisteminin çakışma analizi fonksiyonunun hataların önceden tespit edilmesi konusunda önemli bir payı olduğu görülmektedir.

4.4. İşgücü Verimliliklerinin Hesaplanması

İşgücü verimliliği, bir iş kaleminde bir birimlik imalat için bir işçinin saat cinsinden çalıştığı süre olarak tanımlanan adam saat değerleri kullanılarak hesaplanır (Alboğa, 2019). Tez çalışması kapsamında iş programını Primavera yazılımı ile oluşturmaya başlamadan önce, projedeki her bir iş kalemi için işgücü verimliliklerinin belirlenmesi, her bir imalatın sürelerinin hesaplanması ve bunların uygulamaya adapte edilmesi gerekmektedir.

Uygulamada sık kullanılan yöntem; özellikle kamu işlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın oluşturduğu birim fiyat sisteminin kullanılmasıdır. Özel sektörde ise pek çok kurumsal firma kendi oluşturduğu istatistiklerini kullanmaktadır. Literatürde farklı yöntemlerle yapılan çalışmalarda (Tat,2000; Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001; Kazaz ve Ulubeyli, 2004; Tufan, 2007), ÇŞB birim fiyat sisteminde yer alan işgücü verimliliklerinin uygulamayı yansıtmadığı, uygulamada ekiplerin daha az personelden oluştuğu ayrıca uygulamada ekiplerin çok daha verimli çalıştığı belirtilmiştir. ÇŞB'nin birim fiyat sisteminin gelişen teknolojiye göre güncellenmediği ve aradaki farkların bundan kaynaklanabileceği yorumu yapılmıştır (Özge, 2019). Belirtilen tüm bu sebeplerden dolayı bu çalışmada ÇŞB'nin sisteminin yerine literatür taraması sonucu elde edilen; firma istatistiklerini kullanan Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) ve Dalyan (2010)'dan elde edilen işgücü verimlilik değerleri kullanılmıştır. İki çalışma verileri ile ayrı iş programları oluşturulmuştur. Her iki çalışmada da ekip sayıları aynı alınmış ve çıkan ondalık değerler bir üste yuvarlanmıştır.

Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) tarafından yapılan çalışmada işgücü verimlilik değerleri büyük ve küçük ölçekli inşaat firmalarından alınan iş kalemlerine ait adam saat değerlerinin istatistikleri derlenerek oluşturulmuştur, çalışmada firmalardan toplanan değerlerin ortalamaları alınmıştır (Çizelge 4.1.). Bu tez çalışmasında örneklenen projede yer alan ince yapıya ait bazı iş kalemleri (parke kaplaması, kapı-pencere montajı vs.) Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'in ve Dalyan (2010)'un çalışmasında eş zamanlı olarak bulunmamaktadır. Her iki çalışma için ayrı hazırlanacak olan iş programlarının karşılaştırılabilmesi ve ince yapıya ait verimlilik değerlerinin mimari tasarım ve yapı elemanının yerine göre daha fazla değişkenlik gösterebilmesi sebebiyle hazırlanan her iki iş programında da ince yapı ile ilgili aktivitelerin süreleri planlamacının mesleki deneyimlerine göre belirlenmiş ve her iki çalışma için aynı değerler alınmıştır.

Çizelge 4.1. Adam Saat Değerleri ÇŞB Verileri ile Piyasa Verileri Ortalamaları (Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001)

İş Kalemleri	**Birim**	**ÇŞB**	**İşgücü verimlilik ortalama değerleri (Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001)**
Serbest Kazı, Tesviye Kazısı (Makine)	m^3	0,300	0,251
Dolgu sıkıştırma (makine)	m^3	1,000	0,950
İksa (sık aralıklı ahşap)	m^3	2,100	1,750
Beton(demirsiz, her cins,betonyer ile)	m^3	9,370	2,834
Fore kazık	m	34,200	6,500
Taş duvar	m^3	12,155	10,000
Blokaj	m^3	6,000	9,050
Tuğla duvar(yatay delikli, fabrika tuğlası ile)	m^3	11,200	8,372
Yarım tuğla duvar	m^2	1,520	1,537
Hafif beton blok (9-10 cm genişliğinde) duvar	m^2	1,430	1,560
Hafif beton blok (19-20 cm genişliğinde) duvar	m^2	2,210	1,885
Teçhizatlı hafif beton pano duvar	m^2	1,390	1,500

(Çizelge 4.1 Devamı)

Teçhizatlı hafif beton plak çatı döşemesi	m^2	1,170	1,500
Marsilya tipi kiremitle çatı örtüsü	m^2	0,600	0,500
Trapezoid alüminyum levha çatı	m^2	1,100	1,550
Oluklu galvanizli sac ile çatı örtüsü	m^2	0,800	1,180
Oluklu asbest levha ile çatı örtüsü	m^2	1,300	0,780
Delikli beton briket duvar (10 cm)	m^3	10,937	9,743
Delikli beton briket duvar (20 cm)	m^3	10,850	9,243
Beton döşemesi briketi (asmolen) döşemesi	m^2	1,500	1,465
Beton kanalizasyon büzü döşemesi	m	3,560	2,148
Cam tülü pestili ile tek katlı yalıtım	m^2	1,200	0,520
Cam tülü pestili ile iki katlı yalıtım	m^2	1,800	0,900
Cam tülü pestili ile üç katlı yalıtım	m^2	2,200	1,200
Isıtılmış kum yalıtım koruyucu	m^2	0,150	0,250
Asfalt emül, kum yalıtım koruyucu	m^2	0,800	0,500
1 mm tabii kauçuk tek yalıtım	m^2	0,900	0,600
3 cm polistiren köpüğü ısı yalıtımı	m^2	0,500	0,440
Bir kat bitümlü karton yalıtım	m^2	0,800	0,400
Bir kat astar+bir kat sıcak bitümlü ısı yalıtımı	m^2	0,800	0,400
Çıplak beton kalıbı	m^2	3,500	2,055
Kalıp iskelesi	m^3	0,500	0,388
İş iskelesi	m^3	0,560	0,283
Ahşap oturma çatı	m^2	2,520	2,043
İki yüzlü kontrplak pres, iç kapı	m^2	6,250	2,750
Çıralı camdan telerolu pencere	m^2	5,250	2,750

(Çizelge 4.2 Devamı)

Hasır çelik (her kg/m^2 için)	ton	80,000	35,000
Nervürlü çelik	ton	115,000	48,771
Demir çatı makası	ton	380,000	125,00
Demir karkas inşaat yapımı	ton	370,000	102,80
Demir kapı,kepenk,pencere vb,	kg	0,800	0,393
Kutu profil pencere	kg	0,700	0,450
Çeşitli demir işleri	kg	0,650	0,415
Alüminyum asma tavan (baskı çıtalı/ çıtasız)	kg	1,100	3,500
12 no,çinko 155 mm yağmur oluğu	m	3,760	2,400
12 cm iç çapında pik döşenmesi	adet	1,720	1,250
12 no, çinkodan harpuşta yapımı	m^2	2,2800	1,460
125 mm iç çaplı PVC yağmur oluğu	m	0,460	0,300
F150 mm iç çaplı PVC yağmur oluğu	m	0,730	1,855
Yeni ahşaba üç kat yağlı boya	m^2	2,180	0,760
Demire 2 kat sülyen,2 kat yağlı boya	m^2	2,320	1,017
Renkli üç kat kireç badana	m^2	0,300	0,418
Üç kat plastik badana	m^2	1,000	0,613
Mevcut döşeme üzerine 2 mm PVC karo döşenmesi	m^2	1,000	1,400
Beton satıhı darbe, toz, aşınma vb. koruma	m^2	0,900	0,500
Madeni imalatın 1 kat antipas+2 kat yağlı boya ile boyanması	ton	2,290	26,650
Karo fayans duvar kaplaması	m^2	3,490	2,773
Karo seramik döşeme/duvar kaplaması	m^2	4,710	2,163
3 cm mermer döşeme kaplaması	m^2	4,610	4,000
Suni mermer plak döşeme kaplaması	m^2	4,390	2,280
Dökme mozaik merdiven basamağı kaplaması	m	1,520	2,000

(Çizelge 4.3 Devamı)

Merdiven/ suni mermer merdiven basamağı kaplama	m	3,050	3,337
Çimento harcı ile düz sıva yapılması	m^2	2,070	1,631
Sentetik reçine bağlayıcı plastik sıva	m^2	0,650	1,000
Düz dökme mozaik döşeme kaplaması	m^2	2,860	1,183
Düz dökme mozaik denizlik/parapet	m^2	18,440	10,500
Çimento harçla tesviye tab.(3 cm)	m^2	0,973	0,780
Beton yüzeylere çimentolu mala perdahı	m^2	0,850	0,500
2,5-4 cm kalınlığında 500 kg çimento doz şap yapılması	m^2	1,338	0,842

Çizelge 4.1.'de (Kuruoğlu, 2011) yer alan ortalama (saat/m^2) değerleri; piyasa verilerinin ortalaması alınarak hesaplanan verimlilik değerleridir. Ç.Ş.B. sütunu ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat sisteminden alınan işgücü verimlilik değerleridir. Tez çalışması kapsamında piyasa fiyatlarının ortalamasını yansıtan Çizelge 4.1.'deki ortalama değerleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada; Kuruoğlu (2001)'in çalışmasına ek olarak, Dalyan (2010) tarafından toplanan firma istatistiklerinin ortalama değerleri alınarak da işgücü verimlikleri oluşturulmuştur. Dalyan (2010) tarafından yapılan çalışmada; bir villa projesinin iş programı hem ÇŞB verilerine hem de üç ayrı inşaat firmasından alınan verilere göre oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.4. İşgücü Verimlilikleri (Dalyan, 2010)

Aktivite	İş Gücü Verimlilikleri				
	ÇŞB	A İnşaat F.	B İnşaat F.	C İnşaat F.	Firmaların Ortalama Değerleri
Makine İle Geniş Derin Kazı Yapılması	30 m^3/gün	240 m^3/gün	60 m^3/gün	125 m^3/gün	141.6 m^3/gün
Grobeton	55 m^3/gün	40 m^3/gün	25 m^3/gün	60 m^3/gün	41.66 m^3/gün
Temel Kalıp İşleri	6 m^2/gün	6 m^2/gün	5 m^2/gün	20 m^2/gün	10.33 m^2/gün
Temel Donatı İşleri	0.09 ton/gün	0.35 ton/gün	0.35 ton/gün	0.33 ton/gün	0.34 ton/gün
Temel Beton İşleri	55 m^3/gün	120 m^3/gün	80 m^3/gün	90 m^3/gün	96.66 m^3/gün
Dolgu İşleri	7.5 m^3/gün	25 m^3/gün	25 m^3/gün	25 m^3/gün	25 m^3/gün
Temel Su Yalıtımı	8 m^2/gün	60 m^2/gün	20 m^2/gün	80 m^2/gün	53.33 m^2/gün
Kat Kolon Demir İşleri	0.09 ton/gün	0.35 ton/gün	0.35 ton/gün	0.33 ton/gün	0.34 ton/gün
Kat Kolon Kalıp İşleri	6 m^2/gün	6 m^2/gün	5 m^2/gün	20 m^2/gün	10.33 m^2/gün
Kat Kolon Beton İşleri	55 m^3/gün	120 m^3/gün	80 m^3/gün	90 m^3/gün	96.66 m^3/gün
Kat Döşeme& Kirişler Kalıp	6 m^2/gün	6 m^2/gün	5 m^2/gün	20 m^2/gün	10.33 m^2/gün
Kat Döşeme& Kirişler Demir	0.09 ton/gün	0.35 ton/gün	0.35 ton/gün	0.33 ton/gün	0.34 ton/gün
Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	55 m^3/gün	120 m^3/gün	80 m^3/gün	90 m^3/gün	96.66 m^3/gün

İş programının Primavera yazılımı ile yapılmasından önce işgücü verimlilik değerleri literatür taraması sonucu (Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001; Dalyan, 2010) yukarıda belirtildiği gibi Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de belirlenmiştir. Araştırmacının mesleki deneyiminden yararlanılarak Çizelge 4.3.'teki işgücü sayıları belirlenmiştir. Belirlenen bu sayılar kullanılarak Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'e göre Çizelge 4.4.'deki ve Dalyan (2010)'a göre de Çizelge 4.5.'teki aktivite

süreleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında firmanın günlük mesai süresi 8 saat olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5. Oluşturulan İş kalemlerine Ait İşgücü Sayıları

Planlanan İşler	İşgücü Sayıları (Adam)
Kazı İşleri	3
Grobeton	1
Kalıp İşleri	2
Donatı İşleri	3
Beton İşleri	2
Dolgu İşleri	2
Su Yalıtımı İşi	2

Çizelge 4.4.'te Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'in çalışmasından alınan her bir iş kalemine ait verimlilik değerleri bulunmaktadır. Bu değerler, her bir işin birim imalatının ne kadar sürede yapıldığını göstermektedir. Örneğin; 1 m^3 makineli kazı imalatı için 1 işgücünün 0,251 saat çalışması gerekmektedir. Örneklenen projede kazı işi 4.049,85 m^3 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda kazı işinin tamamlanması için 1016,51 saatlik çalışma gerekmektedir. 1016,51 saatlik kazı işi; sekiz saatlik mesai yapılması durumunda 127 günlük çalışma gerektirmektedir. Günlük 8 saatlik mesaiden, 3 kişilik ekibin günlük 24 saatlik çalışma yapacağı öngörüsü ile kazı işinin yaklaşık 43 günde tamamlanacağı öngörülmüştür. Çizelge 4.4.'te yer alan diğer tüm imalatların süreleri bu örnekte olduğu gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) Çalışması ile Hesaplanan İş Süreleri

Aktivite	İşgücü verimlilik değerleri (Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001) (sa)	Metraj	Birim	Aktivitenin süresi (sa)	Ekiplerin Günlük Verimi (sa)	Aktivitenin Süresi (gün)
Temel Seviyesi						
Kazı İşleri	0.251	4049.85	m^3	1016.51	24	43
Grobeton	2.834	56.24	m^3	159.38	16	10
Temel Kalıp İşleri	1.7	69.1	m^2	117.47	16	8
Temel Donatı İşleri	2.36	13	ton	30.68	24	2
Temel Beton İşleri	2.834	27.33	m^3	77.45	16	5
Dolgu İşleri	1.05	92.7	m^2	97.33	16	7
Temel Su Yalıtımı	0.6	143.5	m^2	86.1	16	6
Bodrum Kat (-2) Seviyesi						
-2. Kat Kolon Demir İşleri	2.36	7.92	ton	18.69	24	1
-2. Kat Kolon Kalıp İşleri	1.7	804.17	m^2	1367.08	16	86
-2. Kat Kolon Beton İşleri	2.83	135.59	m^3	384.26	16	24
-2. Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	1.7	127.2	m^2	216.24	16	14
-2.Kat Döşeme & Kirişler Demir	2.36	8.82987	ton	20.83	24	1
-2.Kat Döşeme & Kirişler Beton İşleri	2.834	125.48	m^3	355.61	16	23
Bodrum Kat (-1) Seviyesi						
-1. Kat Kolon Demir İşleri	2.36	7.923	ton	18.69	24	1
-1. Kat Kolon Kalıp İşleri	1.7	834	m^2	1417.8	16	89
-1. Kat Kolon Beton İşleri	2.834	69.16	m^3	195.99	16	13
-1. Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	1.7	531.1	m^2	902.87	16	57
-1.Kat Döşeme & Kirişler Demir	2.36	13.078	ton	30.86	24	2

(Çizelge 4.2 Devamı)

-1.Kat Döşeme & Kirişler Beton İşleri	2.834	55.44	m^3	157.11	16	10
Zemin Kat Seviyesi						
Zemin Kat Kolon Demir İşleri	2.36	1.946	ton	4.59	24	1
Zemin Kat Kolon Kalıp İşleri	1.7	175.5	m^2	298.35	16	19
Zemin Kat Kolon Beton İşleri	2.834	24.36	m^3	69.03	16	5
Zemin Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	1.7	373.2	m^2	634.44	16	40
Zemin Kat Döşeme & Kirişler Demir	2.36	5.99302	ton	14.14	24	1
Zemin Kat Döşeme & Kirişler Beton İşleri	2.834	44.27	m^3	125.46	16	8
1. Kat Seviyesi						
1.Kat Kolon Demir İşleri	2.36	1.823	ton	4.30	24	1
1.Kat Kolon Kalıp İşleri	1.7	120	m^2	204	16	13
1.Kat Kolon Beton İşleri	2.834	13.34	m^3	37.80	16	3
1.Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	1.7	262.5	m^2	446.25	16	28
1.Kat Döşeme & Kirişler Demir	2.36	1.8895	ton	4.45	24	1
1.Kat Döşeme & Kirişler Beton İşleri	2.834	26.83	m^3	76.03	16	5

Bu çalışmada; Kuruoğlu (2001)'in çalışmasına ek olarak, Dalyan (2010) tarafından toplanan firma istatistiklerinin ortalama değerleri alınarak işgücü verimlikleri oluşturulmuştur. Yani Çizelge 4.5.'de iş kalemlerine ait iş gücü verimlilik değerleri; Çizelge 4.2.'de firmalara ait ait olan üç verimlilik değerinin toplanıp üçe bölünerek ortalamalarının alınması ile oluşturulmuştur.

Çizelge 4.5.'de ekiplerin günlük verimliliklerine göre aktivite süreleri hesaplanmıştır. İlgili imalatın metraj değerleri; ekiplerin işgücü verimlilik değerlerine bölünerek her bir aktivitenin süresi hesaplanmıştır. Örneğin "Kazı İşi'' için bulunan metraj değeri 4049,85 m^3'tür. Projeden alınan metraj değerinin, 1 işgücü verimlilik değeri olan 141,6 m^3/güne bölünmesi ile 1 işgücü ile kazı işinin 28,6 gün yani 29 günde biteceği hesaplanmıştır. Projenin kazı işi için 3 işgücü öngörülmüş olduğu için bu süre 10 gün olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Dalyan (2010) Verileri ile Aktivite Sürelerinin Hesaplanması

Aktivite	Metraj	Birim	İşgücü verimlilik değerleri (Dalyan, 2010)	1 İşgücü ile İşin Tamamlanma Süresi (gün)	Ekip sayısı	Aktivitenin Süresi (gün)
Temel Seviyesi						
Kazı İşleri	4049.85	m^3	141.6 m^3/gün	29	3	10
Grobeton	56.24	m^3	41.66 m^3/gün	2	1	2
Temel Kalıp İşleri	69.1	m^2	10.33 m^2/gün	3	2	4
Temel Donatı İşleri	13	ton	0.34 ton/gün	39	3	13
Temel Beton İşleri	27.33	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1
Dolgu İşleri	92.7	m^2	25 m^3/gün	4	2	2
Temel Su Yalıtımı	143.5	m^2	53.33 m^2/gün	3	2	2
Bodrum Kat (-2) Seviyesi						
-2. Kat Kolon Demir İşleri	7.92	ton	0.34 ton/gün	24	3	8
-2. Kat Kolon Kalıp İşleri	804.17	m^2	10.33 m^2/gün	26	2	39
-2. Kat Kolon Beton İşleri	135.59	m^3	96.66 m^3/gün	2	2	1

(Çizelge 4.5 Devamı)

-2. Kat Döşeme& Kirişler Kalıp	127.2	m^2	10.33 m^2/gün	5	2	6
-2.Kat Döşeme& Kirişler Demir	8.82987	ton	0.34 ton/gün	26	3	9
-2.Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	125.48	m^3	96.66 m^3/gün	2	2	1
Bodrum Kat (-1) Seviyesi						
-1. Kat Kolon Demir İşleri	7.923	ton	0.34 ton/gün	24	3	8
-1. Kat Kolon Kalıp İşleri	834	m^2	10.33 m^2/gün	27	2	40
-1. Kat Kolon Beton İşleri	69.16	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1
-1. Kat Döşeme& Kirişler Kalıp	531.1	m^2	10.33 m^2/gün	18	2	11
-1.Kat Döşeme& Kirişler Demir	13.078	ton	0.34 ton/gün	39	3	13
-1.Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	55.44	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1
Zemin Kat Seviyesi						
Zemin Kat Kolon Demir İşleri	1.946	ton	0.34 ton/gün	6	3	2
Zemin Kat Kolon Kalıp İşleri	175.5	m^2	10.33 m^2/gün	6	2	9
Zemin Kat Kolon Beton İşleri	24.36	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1

(Çizelge 4.5 Devamı)

Zemin Kat Döşeme& Kirişler Kalıp	373.2	m^2	10.33 m^2/gün	13	2	18
Zemin Kat Döşeme& Kirişler Demir	5.99302	ton	0.34 ton/gün	18	3	6
Zemin Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	44.27	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1
1. Kat Seviyesi						
1.Kat Kolon Demir İşleri	1.823	ton	0.34 ton/gün	6	3	2
1.Kat Kolon Kalıp İşleri	120	m^2	10.33 m^2/gün	4	2	6
1.Kat Kolon Beton İşleri	13.34	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1
1.Kat Döşeme& Kirişler Kalıp	262.5	m^2	10.33 m^2/gün	9	2	13
1.Kat Döşeme& Kirişler Demir	1.8895	ton	0.34 ton/gün	6	3	2
1.Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	26.83	m^3	96.66 m^3/gün	1	2	1

Dalyan (2010)'nun çalışmasında firmaların özellikle ince işlerde farklı ekip kompozisyonları oluşturdukları ve firmaların 1 ustanın yanına görevlendirdikleri işçi sayısının değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Uygulamada ince işlerde; işin yeri (hangi yapı elemanı olduğu), malzemenin çeşidi, boyutları ya da mimari tasarımın karmaşıklığına bağlı olarak verimlilik ya da ekip kompozisyonundaki işçi sayıları değişkenlik gösterebilmektedir.

Bu çalışmada; işgücü verimliliklerinin alındığı her iki çalışma (Kuruoğlu ve Bayoğlu, 2001; Dalyan, 2010) için iş kalemlerinin ortaklığını sağlamak amacıyla

ince işler, mekanik ve elektrik tesisatına ait iş süreleri sabit tutularak kıyaslamada etkisiz bırakılmıştır. Yani mimari, mekanik ve elektrik işleri her iki iş programında da aynı sürelerde ve aynı mantıksal ilişkiler kullanılarak planlanmıştır. Aynı zamanda her iş kalemi için oluşturulan ekip sayıları da sabit tutulmuştur. Çalışmada, toplam ince işlere ait aktivite süresi, 76 gün; toplam mekanik işler, 47 gün; toplam elektrik işleri ise 42 gün olarak belirlenmiştir. Böylece yalnızca toplam tamamlanma sürelerine odaklanılmıştır. Son olarak şirket yetkililerinin proje uygulanmaya başlamadan önce planlama departman sorumluları tarafından hazırlanan iş programı diğer 2 çalışma sonuçları ile birlikte Çizelge 4.6.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Çalışma kapsamında hesaplanan aktivite süreleri ve Firma Tarafından Belirlenen Aktivite Süreleri

Aktivite	Dalyan (2010) Verileri ile Hesaplanan Aktivite Süresi (Gün)	Kuruoğlu ve Bayoğlu(2001) Verileri ile Hesaplanan Aktivite Süresi (Gün)	Firma Verileri ile Hesaplanan Aktivite Süresi (Gün)
Temel Seviyesi			
Kazı İşleri	10	43	10
Grobeton	2	10	1
Temel Kalıp İşleri	4	8	2
Temel Donatı İşleri	13	2	12
Temel Beton İşleri	1	5	1
Dolgu İşleri	2	7	2
Temel Su Yalıtımı	2	6	2
Bodrum Kat (-2) Seviyesi			
-2. Kat Kolon Demir İşleri	8	1	8
-2. Kat Kolon Kalıp İşleri	39	86	12
-2. Kat Kolon Beton İşleri	1	24	1
-2. Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	6	14	3
-2.Kat Döşeme& Kirişler Demir	9	1	9
-2.Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	1	23	1
Bodrum Kat (-1) Seviyesi			
-1. Kat Kolon Demir İşleri	8	1	8

(Çizelge 4.6 Devamı)

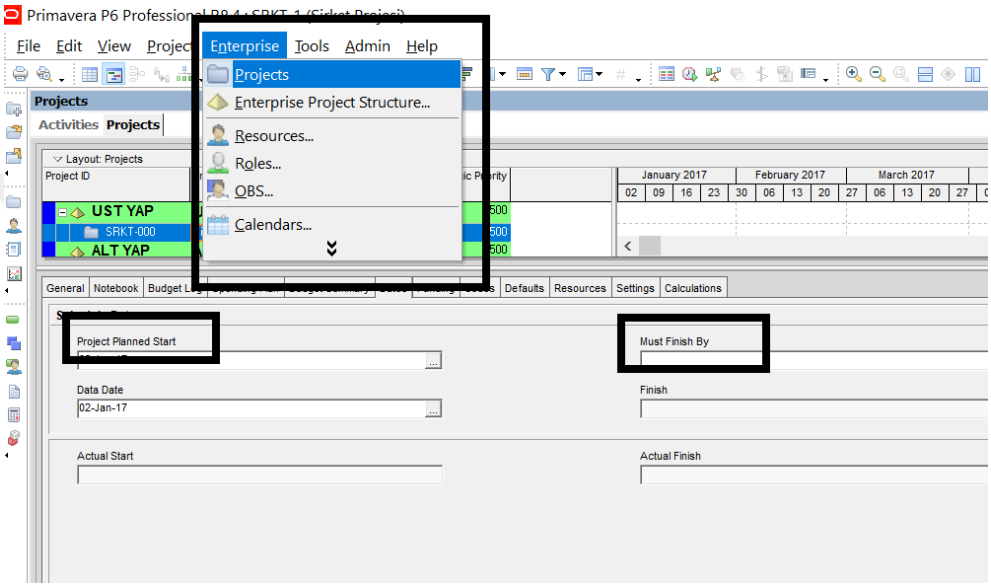
-1. Kat Kolon Kalıp İşleri	40	89	14
-1. Kat Kolon Beton İşleri	1	13	1
-1. Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	11	57	9
-1.Kat Döşeme& Kirişler Demir	13	2	13
-1.Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	1	10	1
Zemin Kat Seviyesi			
Zemin Kat Kolon Demir İşleri	2	1	20
Zemin Kat Kolon Kalıp İşleri	9	19	3
Zemin Kat Kolon Beton İşleri	1	5	1
Zemin Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	18	40	7
Zemin Kat Döşeme& Kirişler Demir	6	1	6
Zemin Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	1	8	1
1. Kat Seviyesi			
1.Kat Kolon Demir İşleri	2	1	2
1.Kat Kolon Kalıp İşleri	6	13	2
1.Kat Kolon Beton İşleri	1	3	1
1.Kat Döşeme & Kirişler Kalıp	13	28	5
1.Kat Döşeme& Kirişler Demir	2	1	2
1.Kat Döşeme& Kirişler Beton İşleri	1	5	1

4.5. Primavera Yazılımı Uygulama Adımları

Çalışmada ilk olarak, Primavera yazılımı ile iş programı oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında iş programı aktivite süreleri göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Tez çalışması kapsamında işin tamamlanmış olması sebebiyle maliyetler ile ilgili bir planlama ya da kıyaslama yapılmamıştır. Programın genel kullanımı ile ilgili bilgi verilmesi amacıyla proje üzerinde uygulanan ana adımlar aşağıda özetlenmiştir.

4.5.1. Proje Bilgilerinin Girilmesi

İlk olarak proje temel bilgileri girilmelidir. Proje başlangıç tarihi Enterprise/ Project komutu ile projenin sözleşmede belirtilen başlangıç, belirtilmişse eğer mecburi bitiş gibi tarih bilgileri bu bölümden girilir (Şekil 4.14.).

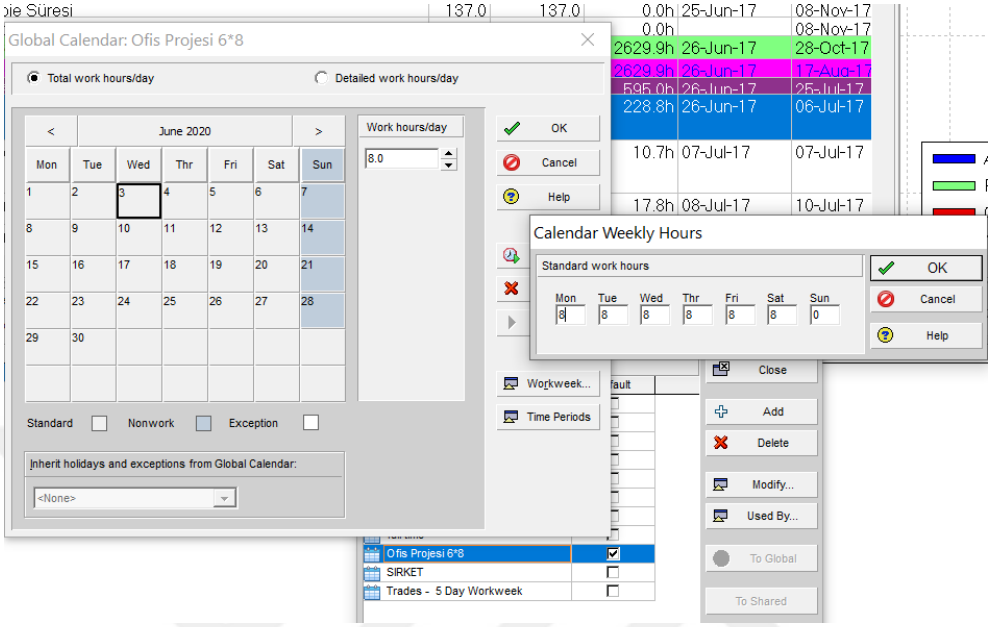


Şekil 4.14. Primavera Yazılımında Proje Başlangıç ve Bitiş Bilgilerinin Girilmesi

4.5.2. Proje Takviminin Oluşturulması

İş programı hazırlanmadan önce şirket çalışma politikaları doğrultusunda projeye özgü takvim oluşturulması gerekmektedir. Primavera'da haftanın çalışma günleri, tam zamanlı ve yarı zamanlı çalışılacak günler, çalışma saatleri ve resmi tatil günleri takvim üzerinden girilmektedir.

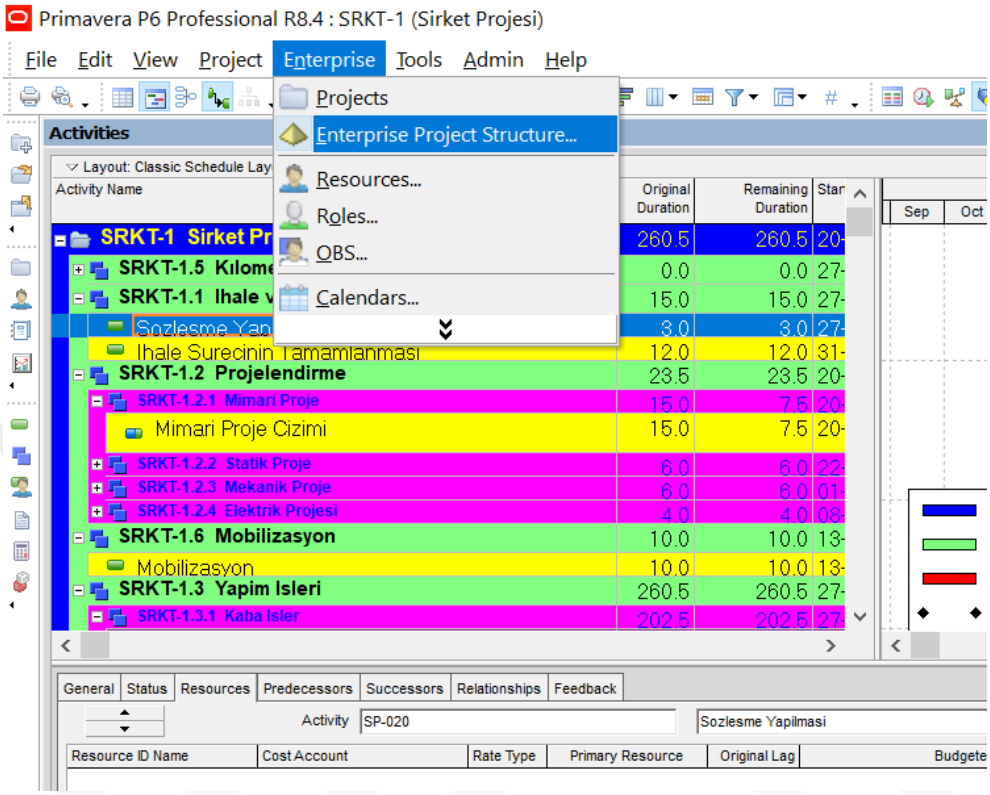
Programda, Enterprise/Calenders komutu ile; resmi tatiller işaretlenip tatil olarak belirlendikten sonra, haftanın 6 günü tam gün ve günde 8 saat mesai yapılacağı öngörülerek çalışma takvimi oluşturulmuştur (Şekil 4.15.).



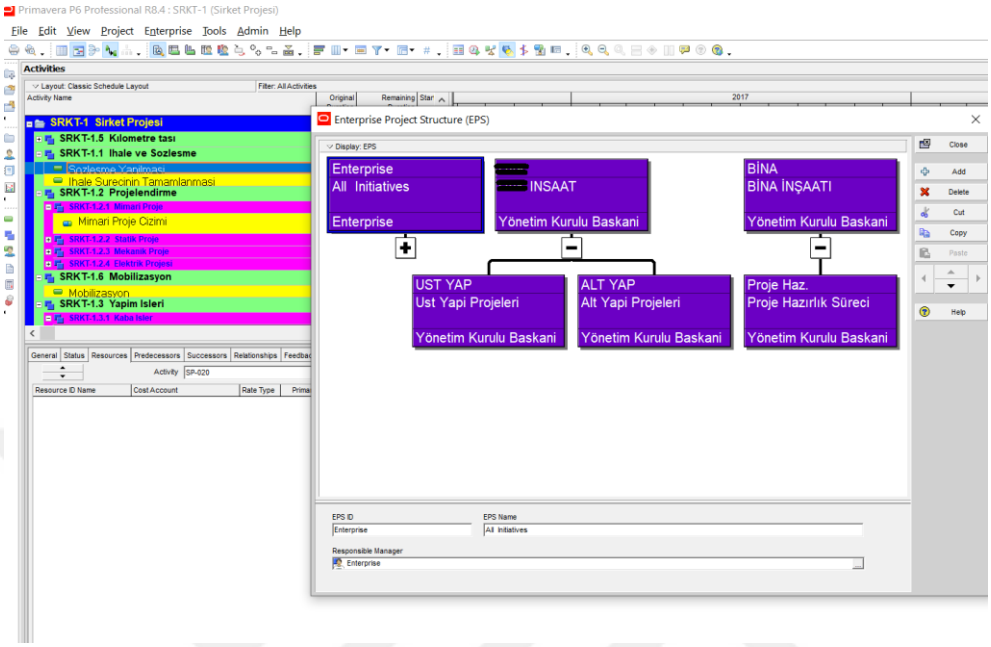
Şekil 4.15. Primavera Yazılımında Takvim Oluşturma

4.5.3. Kurumsal Proje Yapısının Oluşturulması

Enterprise/Enterprise Project Structure komutu ile kurumsal proje hiyerarşisi oluşturulur (Şekil 4.16). Oluşturulan bu hiyerarşik yapının işlevi Şekil 4.17.'de anlaşılacağı üzere iş kolları arasında (ulaşım, alt yapı, üst yapı, vb.) temel gruplama yapmaktır.



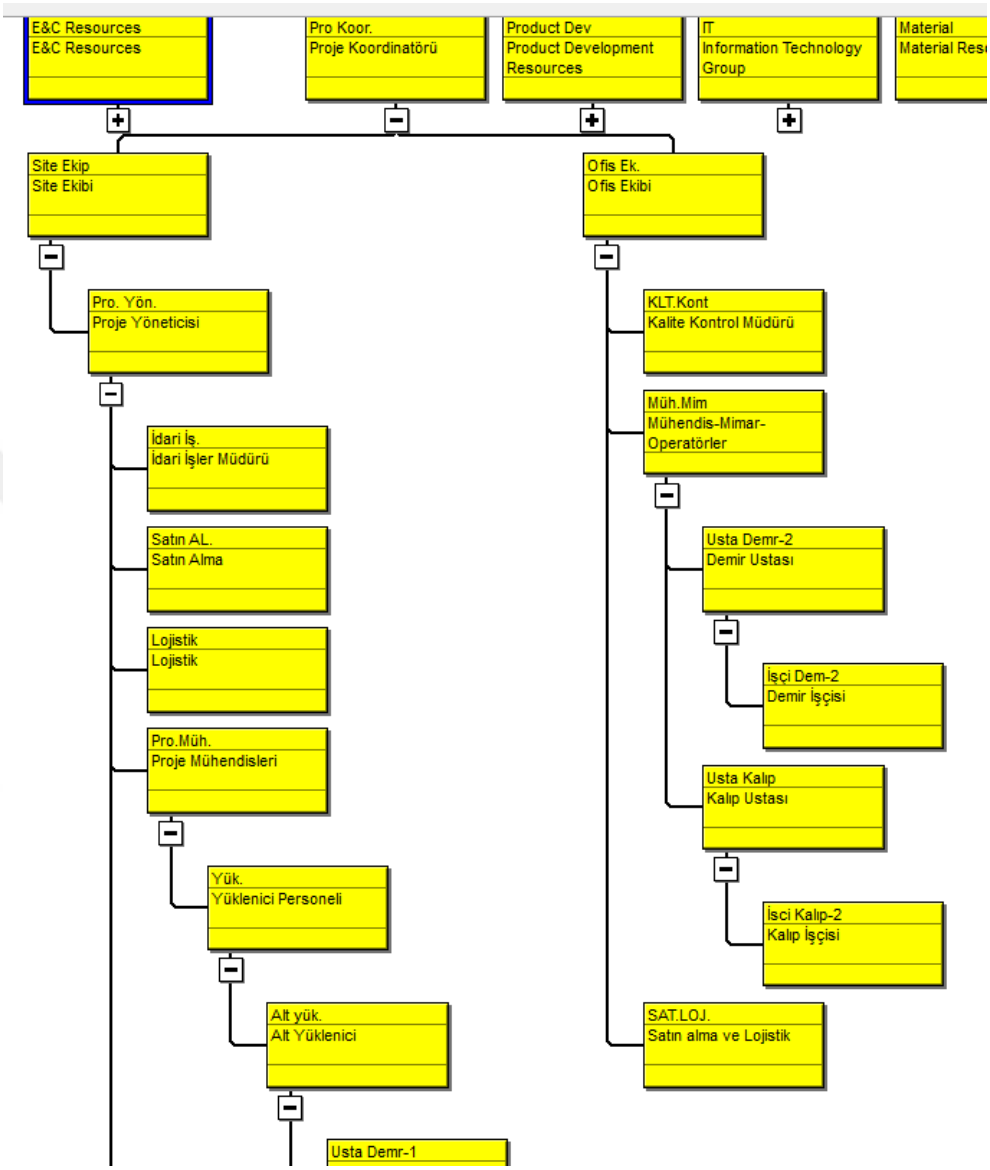
Şekil 4.16. Primavera Yazılımında Proje Yapısının (Enterprise) Oluşturulması



Şekil 4.17. Enterprise Project Structure Şablon Görünümü

4.5.4. Organizasyon Kırılım Yapısının Oluşturulması (OBS)

İnşaatın başlangıç aşamasından bitişine kadar ki sürecin uyum içerisinde ilerleyebilmesi için çalışanların görev ve sorumluluklarının getirdiği hiyerarşik düzen içerisinde gruplanmaları gerekmektedir. Örneğin proje koordinatörü kim? Ona doğrudan bağlı olarak çalışan proje yetkilileri kim? Bu nedenle proje ekibi ve görevleri belirlenmiştir. Şirkette çalışan insanların hiyerarşik düzenini gösteren organizasyon şeması (Organization Breakdown Structure, OBS) Enterprise/OBS komutu ile oluşturulmuştur (Şekil 4.18.). İstenildiği takdirde görevleri yerine getiren personel isimleri de eklenebilmektedir.



Şekil 4.18. Primavera OBS Şeması

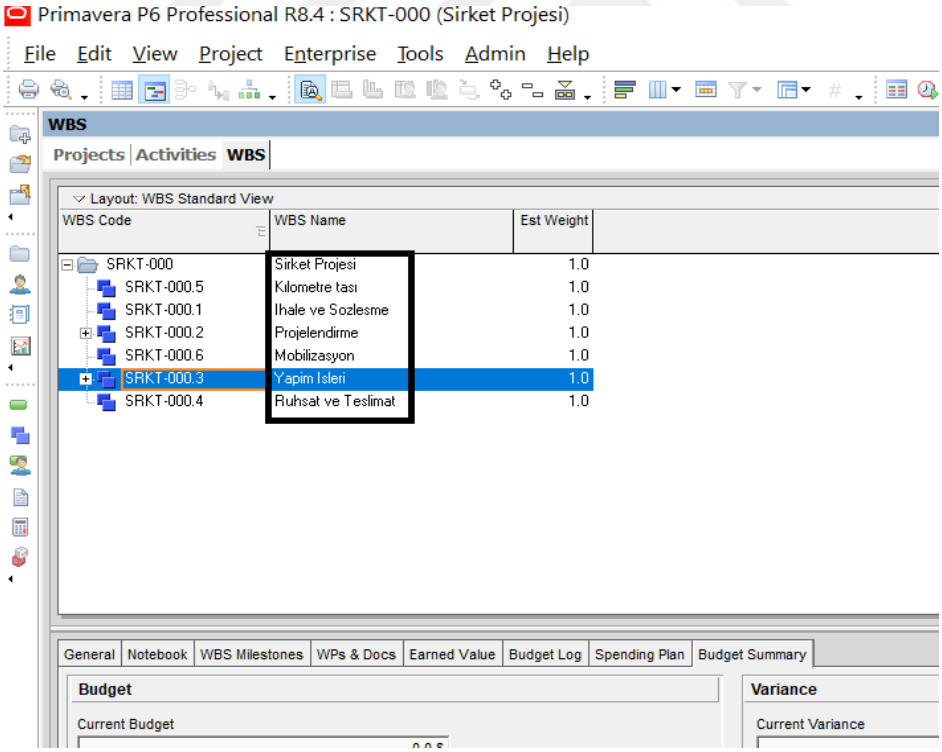
4.5.5. İş Kırılım Şemasının Oluşturulması (WBS)

Proje iş planı hazırlanırken; ana iş gruplarına ait plan iskeleti "İş Kırılım Şeması (Work Breakdown Structure, WBS)" ile oluşturulur. Bu şema farklı gruplara ait iş adımlarının toplam sürelerinin görülmesi konusunda hesaplamaları daha

anlaşılır hale getirmektedir. Bu özellik sayesinde, 4000-5000 aktiviteye sahip projelerde, aktiviteleri gruplayarak süreleri ya da maliyeti analiz edebilmeye olanak sağlanmakta, böylece projenin kontrolü kolaylaşmaktadır. Örneğin inşaat projelerinde kaba yapı ve ince yapı diye iki ana grup altında alt işleri toplamak da bu uygulamaya örnek gösterilebilir.

WBS şeması ile ana iş aşamalarına göre çalışma süreleri görülebilmektedir. Sürelerin iş ilişkileri doğrultusunda ortaya çıkarıldığı bu genel hat, yapılan veya yapılacak olan toplantılara ek olarak diğer mühendislik grupları ile yürütülen birebir iş görüşmelerine ışık tutmaktadır.

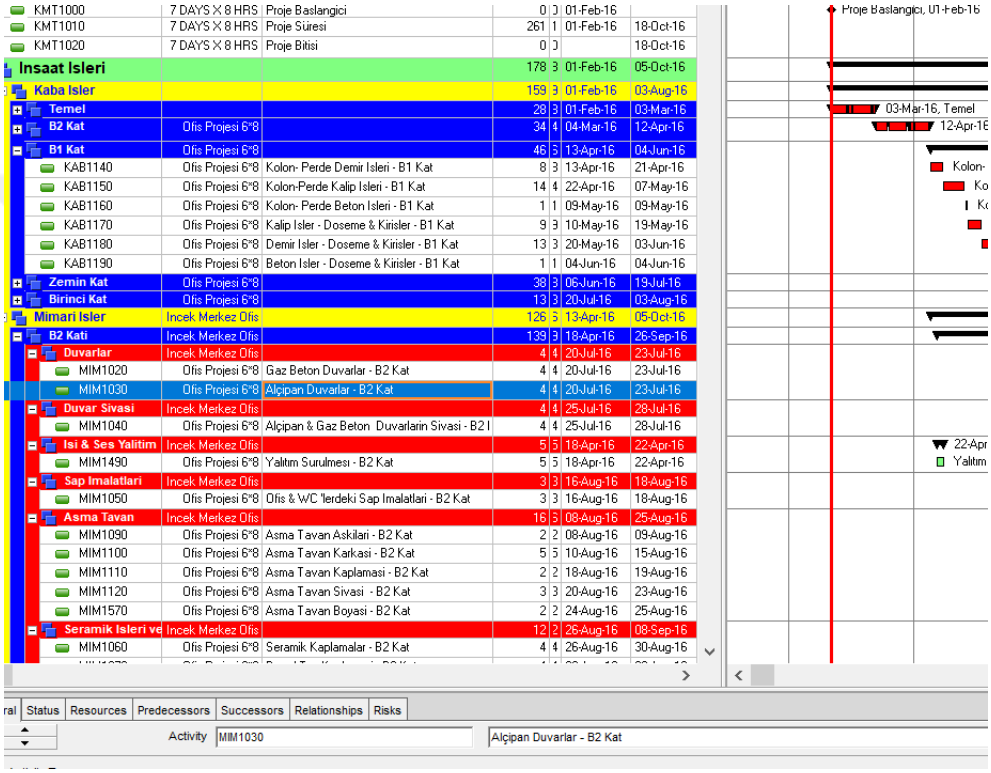
Örneklenen proje için iş planının genel hatlarıyla iş kırılım şeması (Work Breakdown Structure, WBS) yani işlerin genel hatlarıyla grupları Project/WBS komutu ile oluşturulmuştur (Şekil 4.19.)



Şekil 4.19. Primavera Yazılımında WBS Şeması

4.5.6. Proje Aktivitelerinin Oluşturulması

Projeye ait aktiviteler ilgili WBS'lerin altında; Project/Activities komutu ile oluşturulmuştur (Şekil 4.20.). Aynı zamanda her aktivitenin süresi bulunduğu satırda "Original Duration'' sütununa girilmektedir.

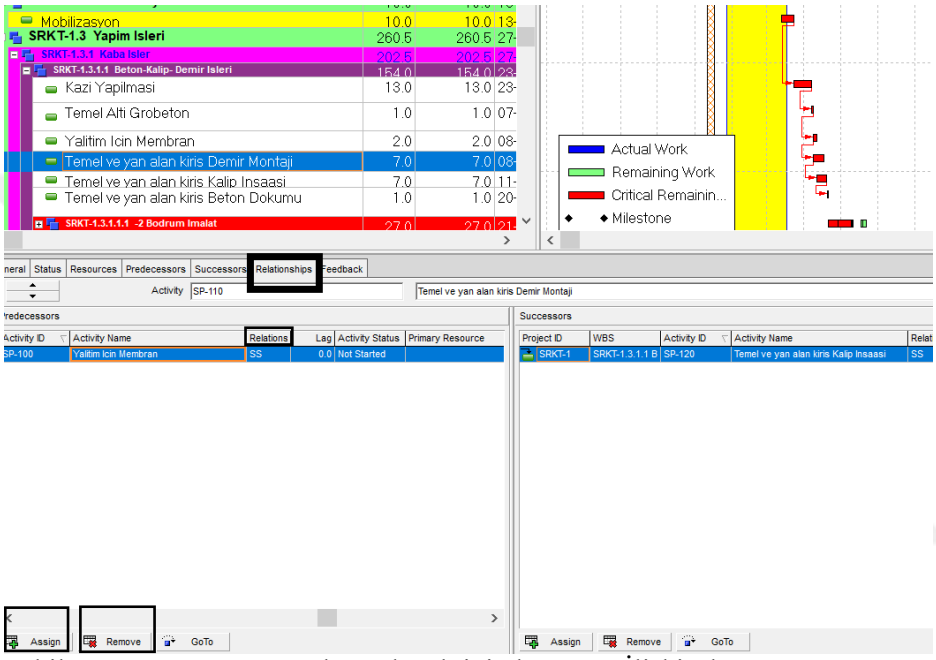


Şekil 4.20. Primavera Yazılımında Aktivite Şeması

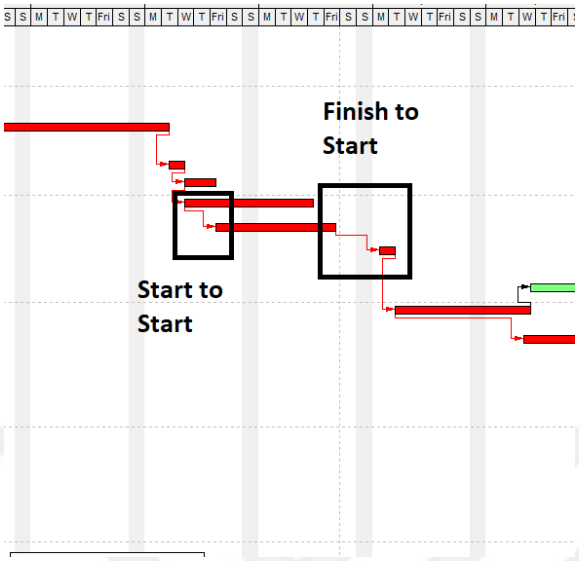
4.5.7. Projede Yer Alan Aktivitelerin İlişkilerinin Girilmesi

Project/Activities ile açılan aktivite ekranından ilişkisi girilecek aktivite seçilir. Alt tabloda çıkan "Relationship'' (ilişki) sekmesi ile aktivitenin "Predecessors'' (öncül) ve "Successors'' (ardıl) tablosu açılır. Burada aktiviteden önce veya sonra ilişkilendirilecek olan aktivite tablodan seçilir ve aktivite satırında bulunan "Relations'' seçeneği ile (Şekil 4.21.) ne şekilde ilişkilendirilmek istendiği

belirtilir. Ekranın altında bulunan "Assign'' komutu ile aynı aktiviteye ilişkilendirilmek istenilen birden fazla aktivite varsa açılan pencereden seçilir veya "Remove'' komutu ile silinir. Oluşturulan aktiviteler arasında ilişkiler tanımlanır. (Şekil 4.22.).



Şekil 4.21. Primavera Yazılımında Aktiviteler Arası İlişki Ekranı

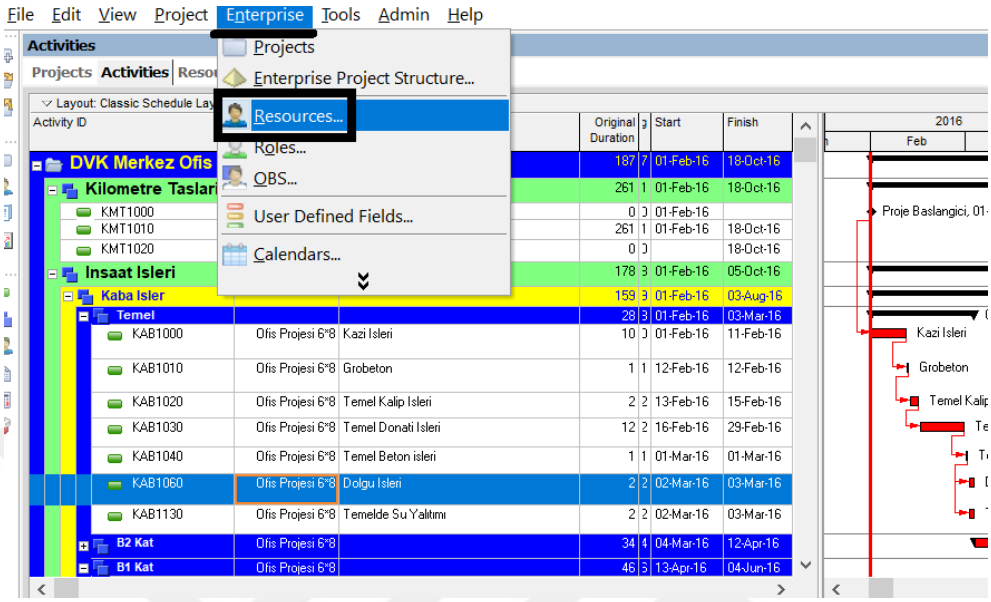


Şekil 4.22. Primavera Yazılımında Aktiviteler Arası İlişkilerin Tanımlanması

Primavera'da tanımlanan aktivitelere sürelerin girilmesi, ilişkilerin tanımlanması ve diğer tüm ayarlamalar yapıldıktan sonra tüm projenin tahmini tamamlanma süresini hesaplamak için Schedule yapılması gerekmektedir. Proje çalışması üzerinde girilen değerler Schedule komutu (F9) çalıştırılmadığı sürece aktif olarak akışa etki etmemektedir.

4.5.8. Kaynakların Oluşturulması

Her bir aktivitede kullanılması planlanan kaynakların oluşturulması için ilk olarak Enterprise/Resources komutu ile kaynak ekranı açılmaktadır (Şekil 4.23.).

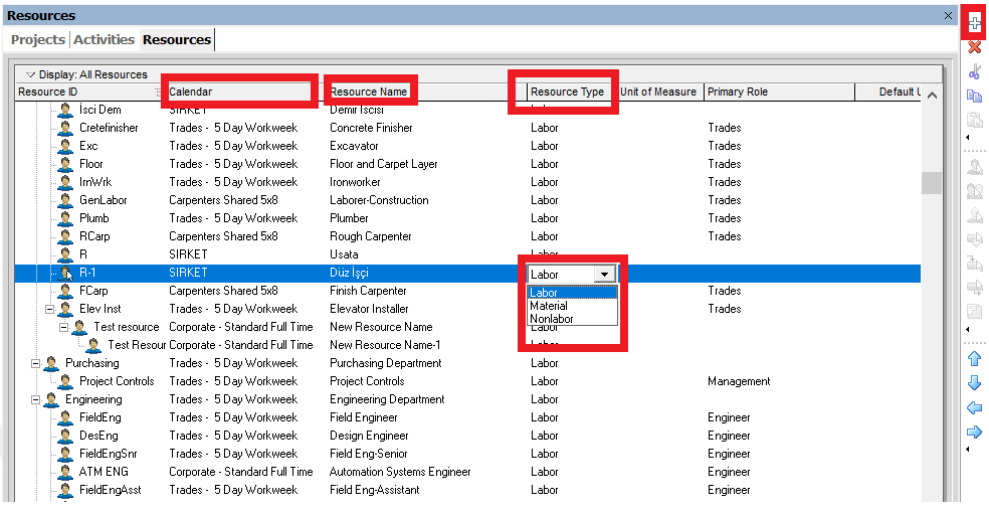


Şekil 4.23. Primavera Yazılımında Kaynak Oluşturulması

Primavera ve genel planlama mantığında 3 çeşit kaynak türü vardır. Bunlar; Labor, Nonlabor ve Material'dır. "Labor'', usta ve işçi gibi iş gücüne dayanan kaynakları ifade etmek için; "Nonlabor'', projede kullanılan işgücüne dayanmayan genel kaynakları (nakliye, iş makinaları, beton mikseri vs.) ifade etmek için; "Material'' ise tuğla, çimento gibi malzemelerin oluşturduğu kaynakları ifade etmek için kullanılmaktadır.

Şekil 4.24.'de görüldüğü gibi ekranın sağında bulunan "+'' sembolü ile istenilen kaynak oluşturulup, yine ekranın sağındaki oklar yardımıyla atandığı grup ayarlanabilmektedir.

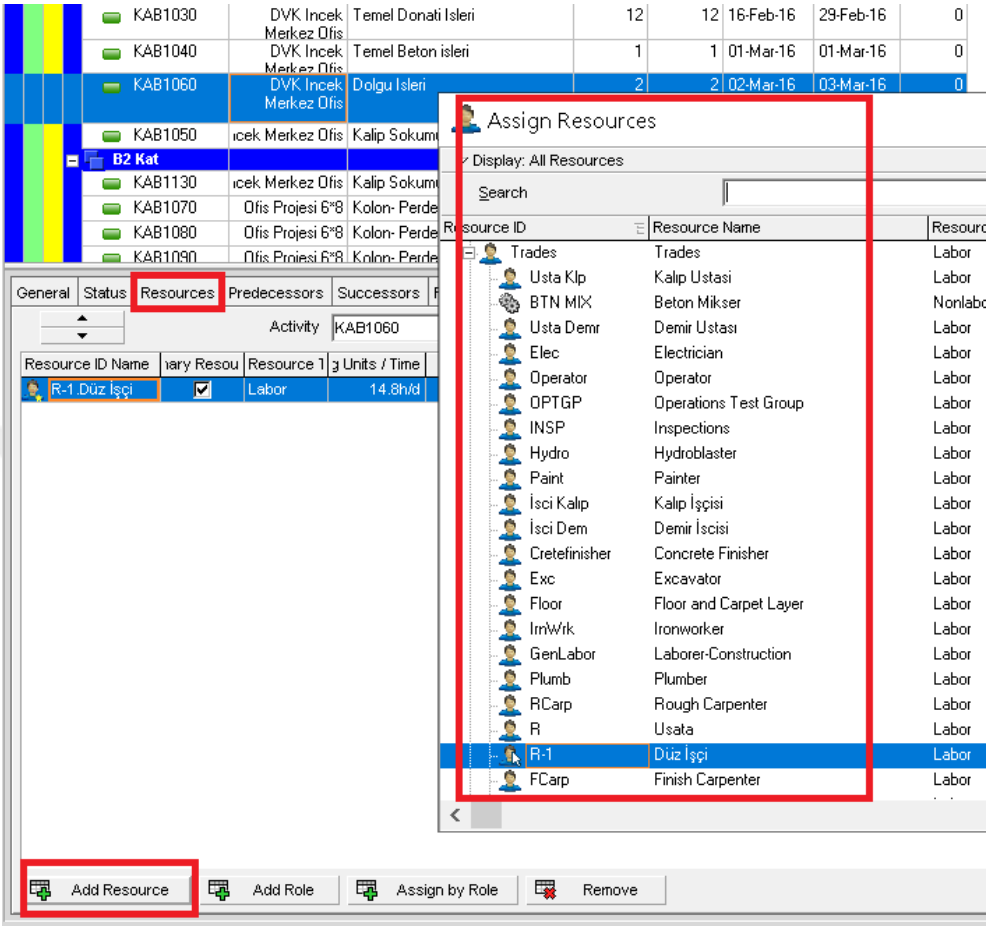
Kaynak ismi, takvim tipi ve kaynak tipi ile ilgili değişiklikler (labor-nonlabor-material kutucuğu) Şekil 4.24.'de görüldüğü gibi; seçilen kaynak üzerinde bulunduğu grubun satırına tıklanarak yapılabilmektedir.



Şekil 4.24. Primavera Kaynak Oluşturma Ekranı

4.5.9. Kaynakların Atanması

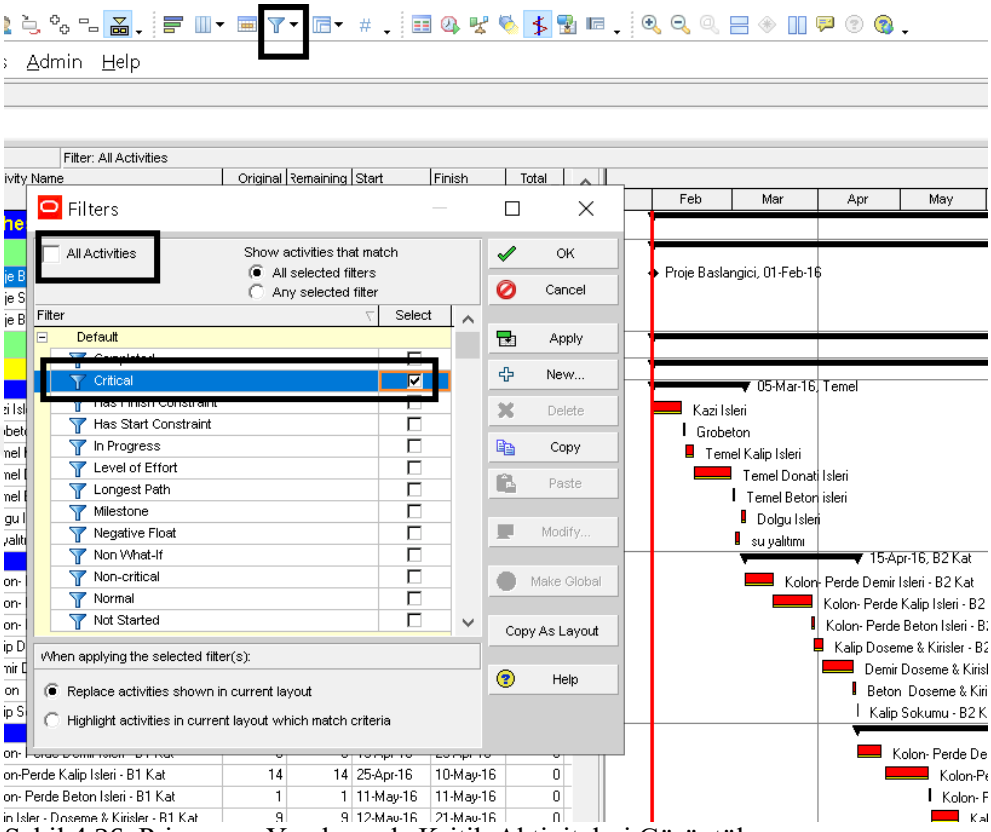
Kaynakların aktivitelere atanması işlemi; altta Activity Detail (Aktivite Detayı) tablosunda bulunan (Şekil 4.25.) Resources (Kaynaklar) penceresinde (sol altta) yer alan "Add Resource'' komutu ile yapılmaktadır. Açılan "Assign Resources'' penceresinden aktivite için uygun görülen kaynaklar çift tıklanarak atanmaktadır.



Şekil 4.25. Primavera ile Aktivitelere Kaynak Atanması

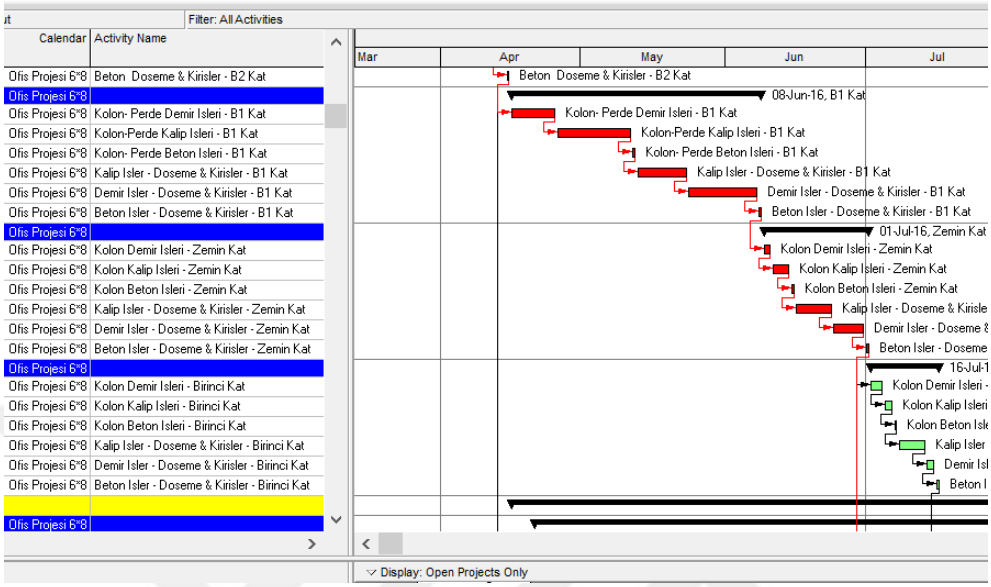
4.5.10. Projede Kritik Yolun Belirlenmesi

Primavera ve benzeri CPM veri tabanlı bilgisayar programlarında Kritik Yol, program tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Komut kısayol seçeneklerinin bulunduğu alanda yer alan Filters butonu ile “critical’’ (kritik) kutucuğu işaretlenerek Gannt Chart ekranında yalnızca kritik olan aktiviteleri görünür kılmak mümkündür (Şekil 4.26.).



Şekil 4.26. Primavera Yazılımında Kritik Aktiviteleri Görüntüleme

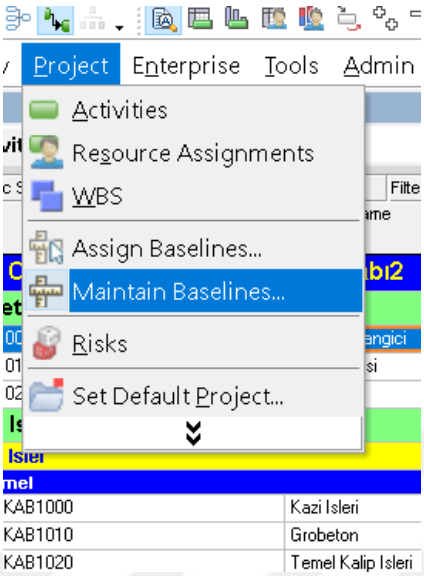
Filters tablosunda yer alan All Activities komutu ile çubuk diyagramdaki tüm aktiviteler tekrar görünür hale gelmektedir. Gannt Chart ekranında kırmızı renkli olarak belirtilen aktiviteler kritik yolu oluşturmaktadır (Şekil4.27.). Yeşil renkli aktiviteler ise bolluğa sahip olan aktivitelerdir.



Şekil 4. 27 Primavera Yazılımında Kritik Yol Görünümü

4.5.11. Temel Planın Kaydedilmesi

Project ana menüsünde Maintain Baseline alt sekmesinde (Şekil 4.28.) Add butonu ile proje kapsamında kullanılacak olan temel plan oluşturulur. Daha sonra tekrar Project / Assign Baseline komutu ile Primary seçeneği altında esas alınacak olan temel plan seçilerek kaydedilir. Temel plan kaydedildikten sonra programa şantiyeden gelen veriler işlenebilmekte böylece planlanan ile gerçekleştirilen karşılaştırılabilmektedir.



Şekil 4.28 Primavera Yazılımında Temel Planın Oluşturulması

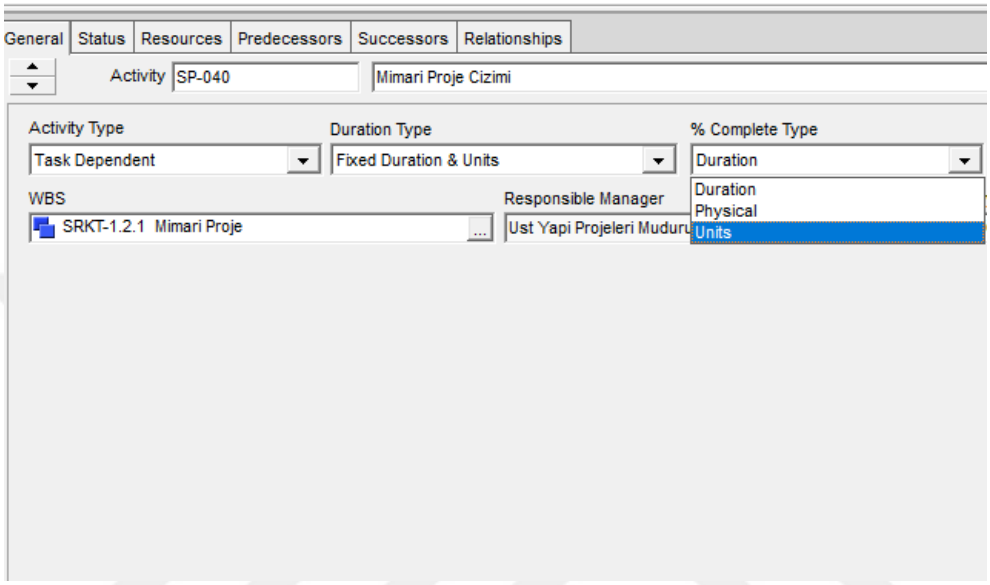
4.5.12. Projenin Takip Edilmesi

Projede oluşturulan aktiviteler ile ilgili ilerleme verileri yapılan kontroller veya şantiyeden gelen veriler doğrultusunda düzenli aralıklarla iş programına kaydedilmelidir. Sapmaların ve gecikmelerin tespit edilmesi proje başarısı için kritik faktörler arasında yer almaktadır. Kritik gecikmelerde; planlama üzerinde revizyonlar yapılması (ekip sayılarının arttırılması/vardiyaların arttırılması/kimyasal katkı maddeleri kullanılarak sürecin hızlandırılması vs.) gerekmektedir.

Hazırlanan planlama çizelgesinde aktivitelerin tamamlanma ve ilerleme oranlarının işlenme periyodu planlamacının inisiyatifindedir. Planlama mühendisi tarafından firmaların çalışma prensibine göre haftalık, aylık veya belirlenen periyodik sürelerde şantiyeden gelen veriler işlenmektedir. İstenilen bir tarihte akışın hangi noktasında veya aktivitenin hangi ilerleme yüzdesinde olduğunu görebilmenin 3 yolu vardır (Şekil 4.29.).

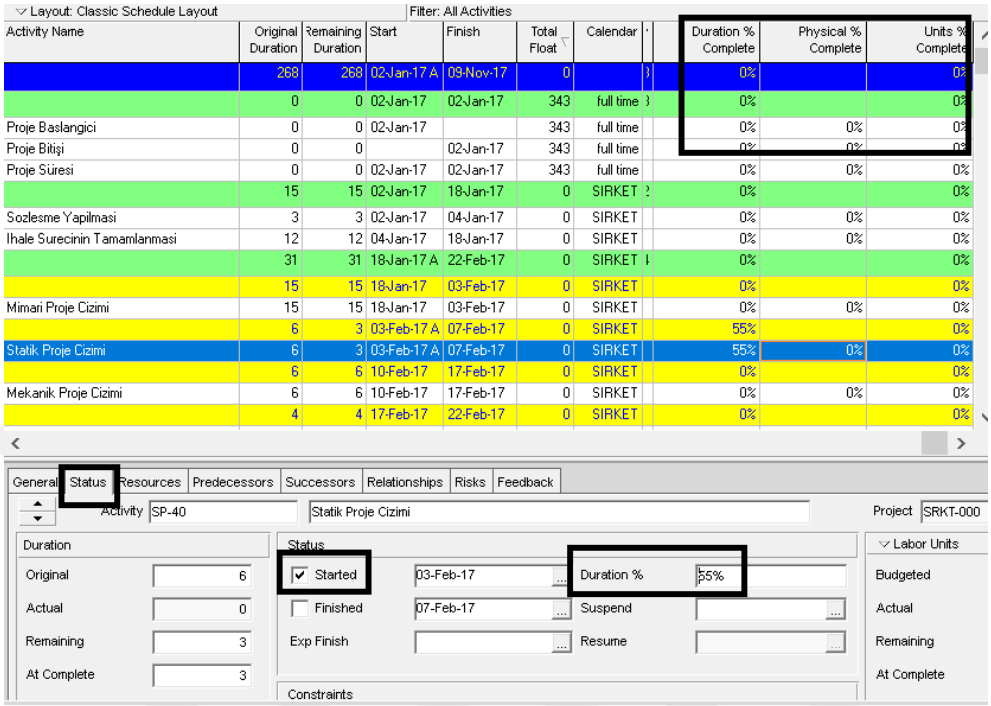
1) Duration % Complete

2) Units % Complete
3) Physical % Complete.



Şekil 4.29. Primavera Yazılımında Aktivitelerin Tamamlanma Seviyelerinin % Olarak Girilmesi

Aktivite detay ekranında Status başlığı altında (Şekil 4.30.) yer alan aktivite "Started'' kutucuğu işaretlendikten sonra aktivite detay kısmından aktivitenin ilerleme düzeyi yüzdesel olarak girilebilmektedir. Ayrıca "aktivite tablosuna'' eklenen ve aktivitenin tamamlanma düzeylerini gösteren sütunlara da yüzdesel olarak işin ilerleme düzeyi girilebilmektedir.



Şekil 4.30. Primavera Yazılımda Aktivitelerin Tamamlanma Verilerinin Yüzdesel Olarak İşlenmesi

Aktivitelerin tamamlanma düzeyleri üç farklı şekilde girilebilmektedir. Aktivitelerin ilerleme durumlarının programa işlenmesi için kullanılan seçenekler aşağıda özetlenmiştir.

1) Duration % Complete

Aktivite listesinin hemen altında bulunan detay penceresinde General - /% Complete Type komutu ile aktivitelerdeki süresel ilerleme, % cinsinden girilebilmektedir. Burada belirtmek gerekir ki iş programının olabildiğince az hata payı ile yapılmış olması kadar ilerlemenin düzgün işlenerek takip edilmesi de o kadar önemlidir.

Duration % Complete = {(Original Duration) – (Remaining Duration)} / (Original Duration)

Aktivitenin toplam süresinden, kalan süresi çıkartılarak toplam süresine oranlanması ile ilerleme yüzdesi belirlenmiş olur.

2) Units % Complete

Bu ilerleme gösterimi parasal değerler ile ilgili tamamlanma yüzdesini göstermek için kullanılır. O ana kadar aktiviteye yapılan harcamalar "actual units" olarak belirtilmektedir. O ana kadar yapılan harcamaların (actual units); proje için o ana kadar yapılan harcamalar ve geriye kalan harcamaların toplamına oranlanması ile ilerleme yüzdesi belirlenmiş olmaktadır.

Units % Complete = (Actual Units) / {(Actual Units) + (Remaining Units)}

3) Physical % Complete

Physical % complete değeri herhangi bir formülizasyon tarafından hesaplanmamakta direkt olarak manuel değerler girilerek oluşturulmaktadır. Bu komut sabit bir hızla ilerlemeyen (değişken) durum ve aktivitelerde kullanılmaktadır. Örnek olarak; kazı aktivitesi 7 gün planlanmıştır. Zeminin yapısından dolayı kazı makinesi ile başlanan işe belirli bir aşamadan sonra el ile devam edilmesi gerekmektedir. Makine ile %80'i 3 günde tamamlanacak olan kazının geriye kalan %20'lik bölümünün 4 günde tamamlanacağı öngörülmektedir. Bu örnekte süre ile işin ilerleme yüzdesi doğru orantılı olarak ilerlememektedir. Dolayısıyla kesin bir formülizasyona bağlamak mümkün değildir (Geçici, 2015).

Şekil 4.31.'de de görüldüğü gibi aktivitelere farklı ilerleme/tamamlanma veri girişleri tanımlanmıştır. Bir aktivite için sadece bir tip tamamlanma verisi girilse

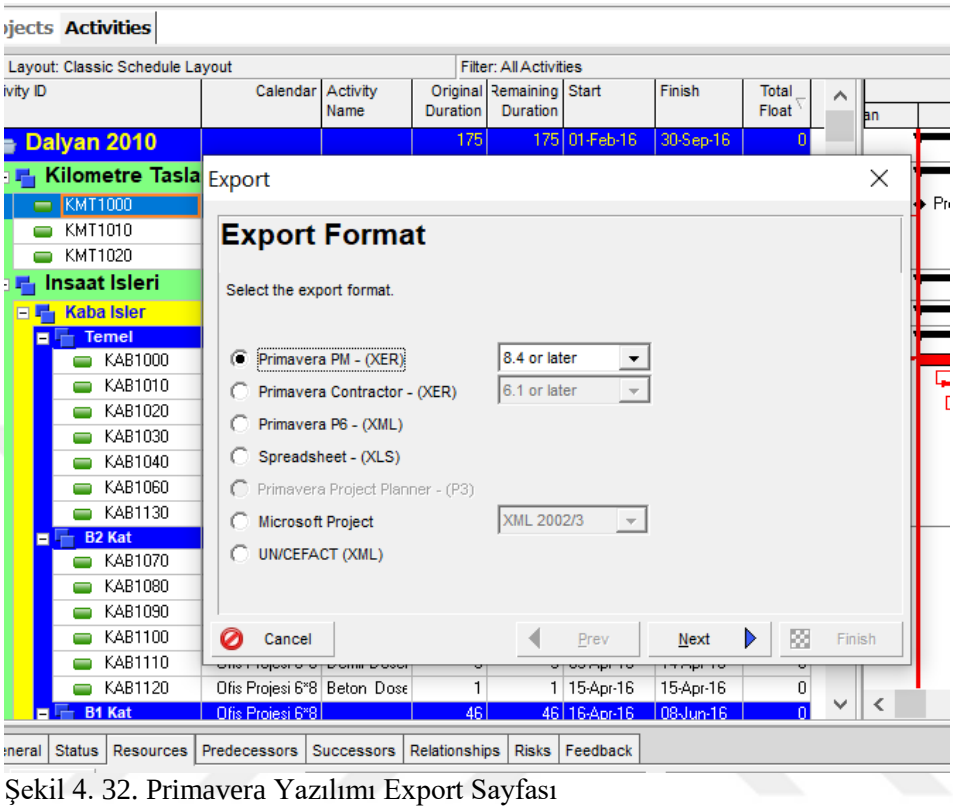
bile, yazılım her bir aktivite için diğer tamamlanma yüzdelerini otomatik hesaplayarak kullanıcıya sunmaktadır.

	Duration % Complete	Units % Complete	Physical % Complete	% Complete Type	Activity % Complete
WBS					
Aktivite -1	60%	70%	80%	Duration	**60%**
Aktivite -2	25%	35%	45%	Units	**35%**
Aktivite -3	38%	48%	58%	Physical	**58%**

Şekil 4.31. Primavera Yazılımında Aktivite Tamamlanma Yüzdesini gösteren Tablo (*http://planlamamuhendisi.com/*)

4.5.13. Primavera Yazılımı Dışa aktarma (Export) Seçenekleri

Primavera yazılımında, export seçeneği ile Şekil 4.32.'de görüldüğü gibi ; *.xer*, *.xml*, *.xls*, dosya uzantıları ile Microsoft Project gibi (*.xml*) farklı yazılımlara dışa aktarım yapılabilmektedir. Fakat Primavera programında *.ifc* uzantı özelliği (tüm BIM araçları için kullanılan ortak bir dosya uzantısı) bulunmamaktadır.



Şekil 4. 32. Primavera Yazılımı Export Sayfası

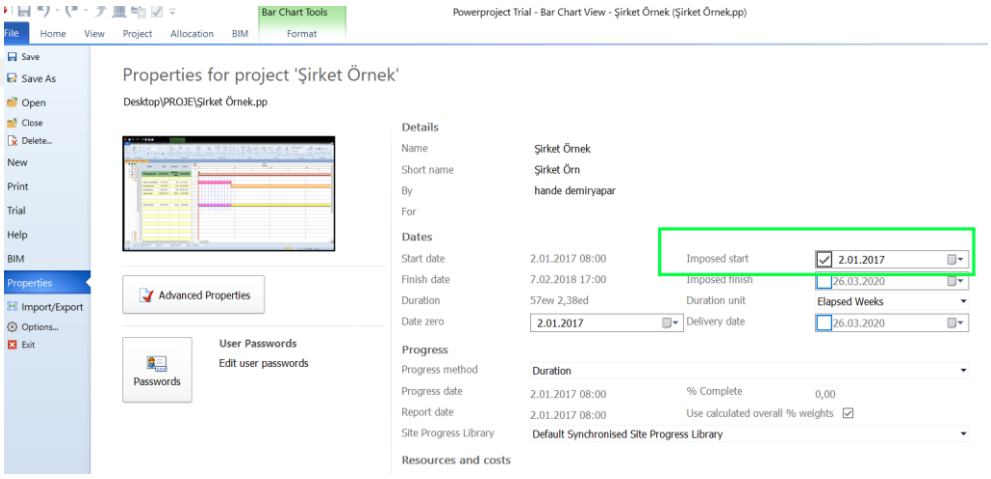
4.6. Power Project Yazılımı Uygulama Adımları

Özellikle BIM'nin 4. Seviyesinde, iş programlarının 3 boyutlu tasarımlarla desteklenmesi ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle bu özelliği taşıyan Power Project yazılımı örnek projede uygulanmak üzere seçilmiştir. Çalışma kapsamında seçilen örnek proje Primavera paket programı dışında BIM ile tam olarak uyumlu çalışabilen 3 boyutlu görsel fonksiyonlara sahip Power Project yazılımı ile de planlanmıştır. Tez çalışması kapsamında, ilk olarak Primavera yazılımı ile yapılan iş programı Import komutu ile Power Project yazılımına aktarılarak çalışma yapılmıştır. Import komutu ile Primavera yazılımında bulunan WBS'ler, tüm görevler, görev süreleri, görev ilişkileri, Gannt Chart ve atanan kaynaklar Power Project yazılımına aktarılmıştır. Tez çalışması kapsamında yeni başlayan kullanıcılara kılavuz olması amacıyla

Power Project yazılımında kullanılan ana menüler aşağıda özetlenmiştir. Ayrıca her iki yazılımın benzer ve farklı yanları da açıklanmıştır.

4.6.1. Proje Bilgilerinin Girilmesi

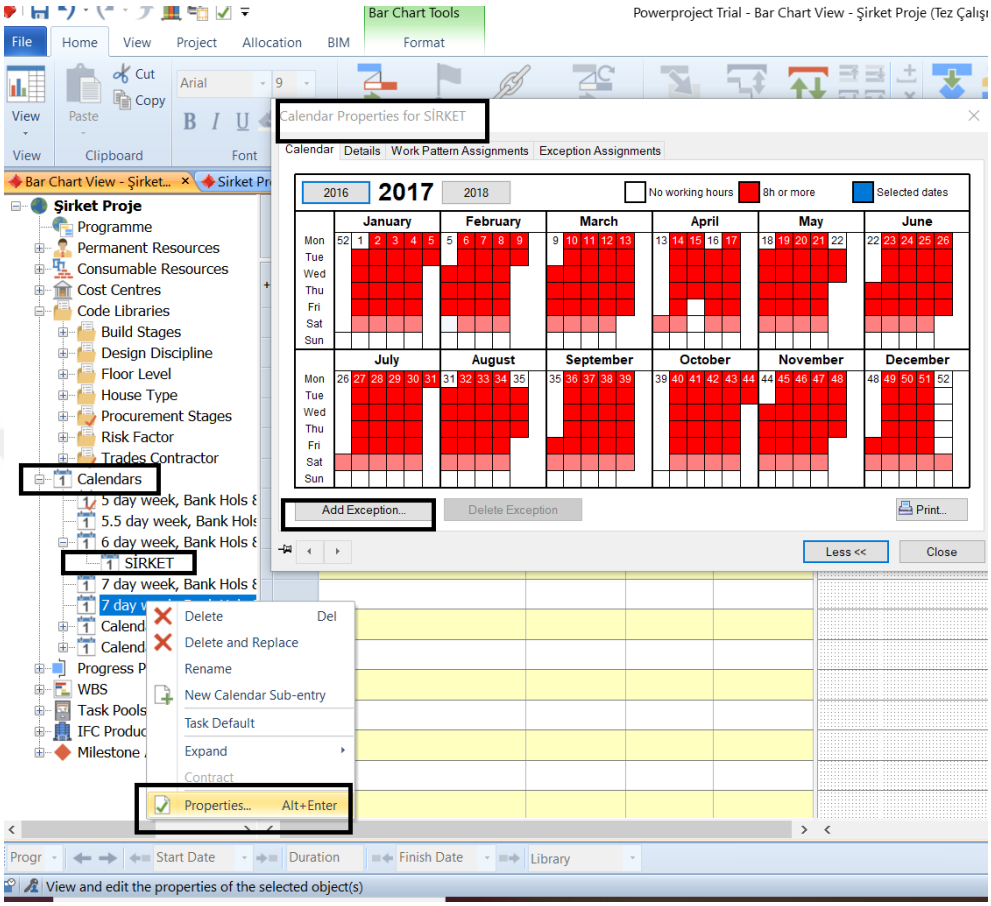
Proje ile ilgili genel bilgiler (projenin adı, başlangıç tarihi, dosya kayıt yeri vs.) File/Properties (Şekil 4.33.) sekmesinden yapılmaktadır.



Şekil 4.33. Power Project Yazılımında Properties Ekranı

4.6.2. Proje Takviminin Oluşturulması

Home sayfasında Bar Chart View'da projeye ait birçok bilginin yer aldığı bir alt menü bulunmaktadır (Şekil 4.34.). Burada programın kendi kütüphanesine ait çok sayıda takvim türü bulundurmakta ve Şekil 4.34.'de gösterilen Properties sekmesi ile bu takvimler üzerinde değişiklik yapılarak kullanılmakla beraber projeye özgü olarak yeni bir takvim de oluşturulabilmektedir.



Şekil 4.34. Power Project Yazlımı ile Takvim Oluşturma

Şekil 4.34.'de görüldüğü üzere Bar Chart görünümünde; kaynaklar, takvimler, maliyetler, görev kodları, WBS'ler gibi projeye dair bilgilerin yer aldığı ana menü grupları bulunmaktadır. Bu ekran yerleşimi, plan oluşturma aşamasında planlamacıya kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

4.6.3. Özet Görev Oluşturulması

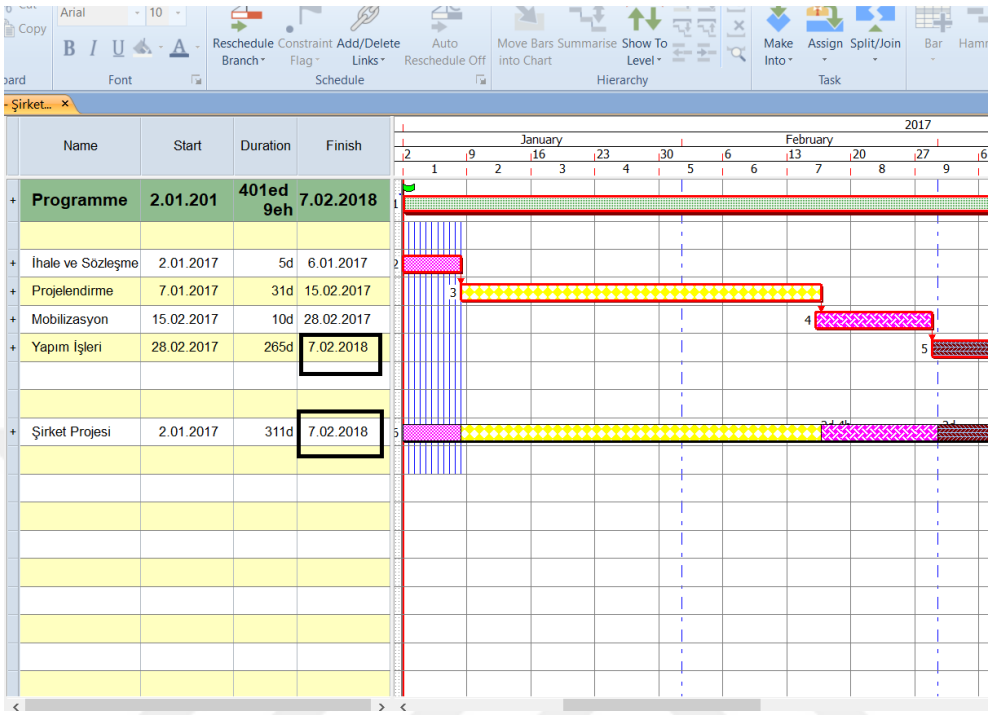
Özet görev oluşturma fonksiyonu, işlerin alt gruplara ayrılarak gösterilmesini ifade etmektedir. Primavera yazılımında WBS olarak ifade edilen ve WBS komutu ile çalışan bu sistem Power Project yazılımda "Özet Görev'' yani

“Summarise’’ olarak ifade edilmektedir. Oluşturulan görevler, satır numaralarından seçilmekte ve Home/Summarise komutuna tıklanarak özet görev çubuğu oluşturulmaktadır. Böylece özet görev başlığı tıklanarak altındaki aktivite görünümleri açılmakta ya da kapatılmaktadır. Örnek çalışma kapsamında Primavera yazılımında iş planı hazırlanarak Export edildiği için iş planı oluşturma işlemi tekrarlanmamıştır.

4.6.4. Proje Aktivitelerinin Oluşturulması

Aktivite oluşturulması Şekil 4.35.’de örneklendiği üzere name sütununa görevin adı ve duration kısmına da süresi yazılarak gerçekleştirilir. Bu çalışmada aynı örnek projenin kullanılması sebebiyle, Primavera yazılımında oluşturulan görevler programa entegre edilerek kullanılmıştır. Entegrasyon işlemi ilerleyen maddelerde anlatılacaktır.

Primavera yazılımından farklı olarak, görevler Gannt Chart ekranından manuel de oluşturulabilmektedir. İmleç sağa sola oynatılarak gün ayarlaması yapılabilmektedir. Aynı zamanda birden fazla görev aynı satır üzerinde sıralı olarak da gösterilebilmektedir (Şekil 4.35.). Şekil 4.35.’de hem detaylı haliyle hem de özet görev haliyle görev şeması oluşturulmuştur. Gösterim olarak tüm görevlerin tek bir satırda bulunması dışında aktivite süreleri ve proje bitiş tarihinde bir fark bulunmamaktadır. Bu özellik hızlıca plan oluşturabilme imkânı sunmaktadır. Ancak aktiviteleri manuel hareket ettirmek uzun süreli görevlerde kullanıcının zorlanmasına sebep olabilmektedir. Aynı zamanda oluşturulan görev çubukları manuel hareket esnasında çakışarak, görevlerin başlangıç ve/veya bitiş tarihlerinin değişmesine sebep olabilmektedir. Bu nedenle dezavantaj ve avantajlarını göz önünde bulundurarak kullanıcıların kendilerine uygun olan yöntemi seçmeleri gerekmektedir.



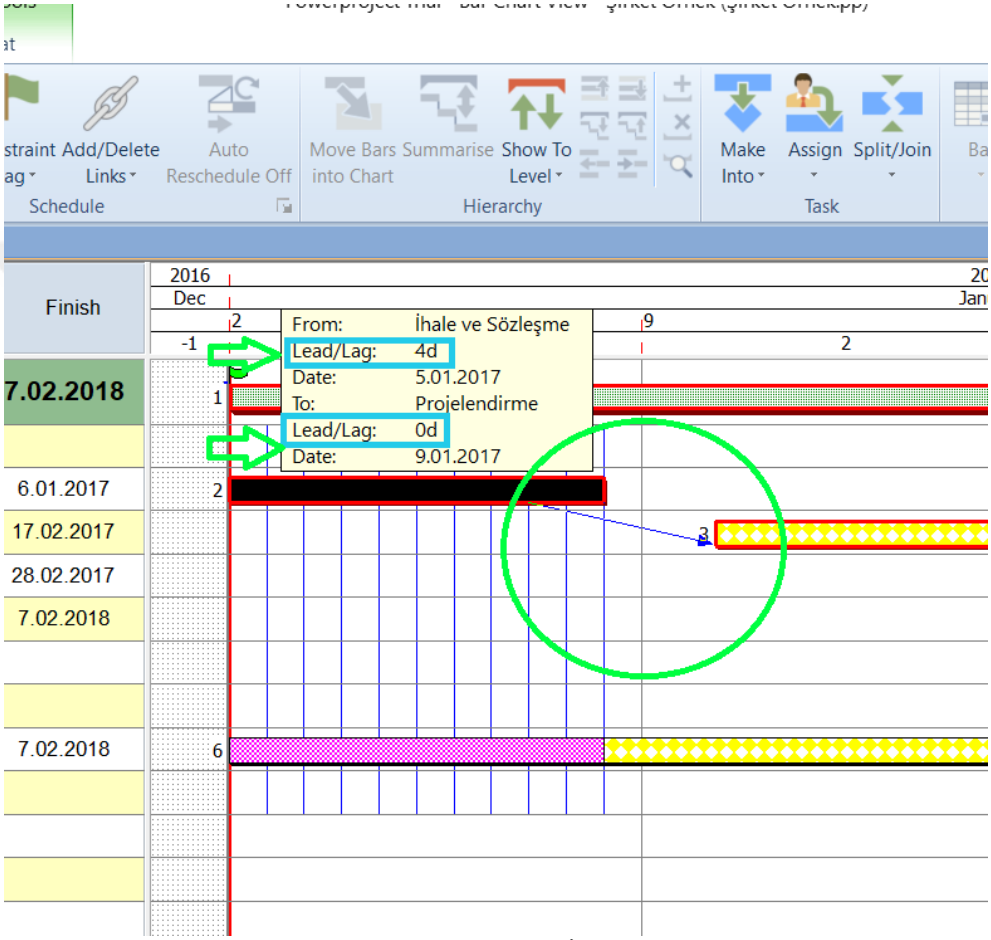
Şekil 4.35. Power Project Yazılımı ile Aktivite Oluşturma

4.6.5. Projede Yer Alan Aktivitelerin İlişkilerinin Girilmesi

Gantt Grafiği üzerinde görevler oluşturulup hareket ettirilebilmekte, aktiviteler arasındaki ilişkiler ise imleç ile ayarlanmaktadır. Aktivite bittikten kaç gün sonra diğer aktivitenin başlayacağı ya da aktivite bitmeden kaç gün önce diğer aktivitenin başlayacağı gibi aktiviteler arasındaki tüm ilişkiler, Şekil 4.36.'da görüldüğü gibi daire içine alınmış ok yardımıyla; aktiviteler bağlanarak yapılmaktadır. Bağlanmak istenilen noktadan tutulan ok diğer aktivitenin üzerinde sağa ya da sola hareket ettirilerek iş ilişkilerinin gerçekleşmesinin bağlı olduğu bekleme süreleri (lag) belirlenmektedir.

Programda bulunan kod kütüphaneleri oluşturulan görevlerin renk ya da taramalar (Şekil 4.35. ve Şekil 4.36.) ile özelleştirilmesini sağlayan lejandlar oluşturmakta böylece kullanıcının projeyi görsel olarak daha rahat algılayabilmesine

yardımcı olmaktadır. Bu özellik aynı satır üzerinde yan yana oluşturulan görevlerin gösteriminde kolaylık sağlamaktadır.

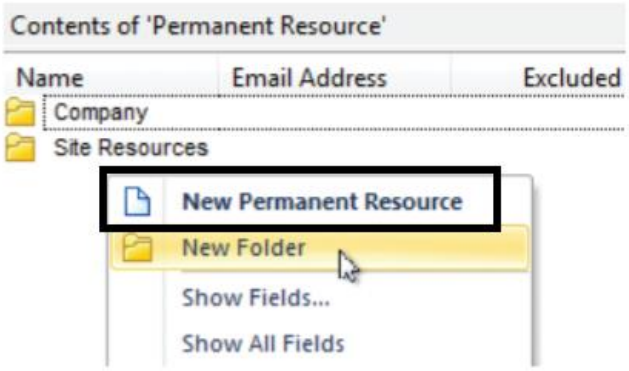


Şekil 4.36. Power Project Yazılımında Aktivite İlişkilerinin Tanımlanması

4.6.6. Kaynakların Oluşturulması

Şekil 4.34.'de çubuk diyagram (bar chart) görünümünde projeye dair bilgilerin bulunduğu bölmede, "Permanent Resource'' sekmesinde "New Permanent Resource'' komutu ile (Şekil 4.37.) oluşturulmak istenen kaynaklar tanımlanır.

Örnek proje ile yapılan çalışmada Power Project yazılımı Primavera yazılımı ile entegre kullanıldığı için Primavera yazılımında oluşturulan tüm kaynak verileri Power Project yazılımında atanmış olarak gelmiştir. Bu nedenle kaynakların tekrar oluşturulmasına gerek duyulmamıştır.



Şekil 4.37. Power Project Yazılımında Kaynak Oluşturulması

4.6.7. Kaynakların Atanması

Şekil 4.38.'te verilen örnekte görüldüğü gibi Power Project yazılımında ihtiyaca göre oluşturulan kaynaklar farenin sol tuşuna tıklanarak tutulup Bar Chart görünüm ekranında bulunan aktivitelerin üzerine bırakılarak görev üzerine istenilen kaynak atanabilmektedir.



Şekil 4.38. Power Project Yazılımında Kaynakların Görünüm Ekranı

4.6.8. Projede Kritik Yolun Belirlenmesi

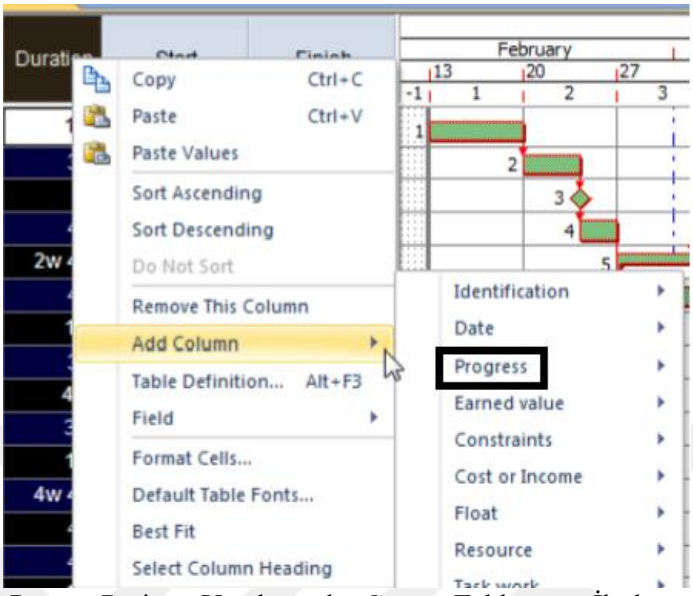
Power Project yazılımında da tıpkı Primavera yazılımda olduğu gibi kritik yol program tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Bunun için Home sekmesinde Schedule/Reschedule işlemi ile her yapılan yenilikten sonra kritik yol otomatik olarak güncellenir. Çubuk diyagram (Gannt Chart) üzerinde kırmızı olarak görüntülenen tüm aktiviteler kritik yolu, yeşil olarak gösterilen tüm aktiviteler ise bolluğu olan aktiviteleri ifade etmektedir.

4.6.9. Temel Planının Kaydedilmesi

Project ana menüsünde/Baseline Manager butonu seçilir. Açılan "dialog Box'' ekranında New ile oluşturulmak istenen Baseline'ın adı ve Baseline tarihi girildikten sonra Next/Finish tuşları ile temel plan kaydedilir.

4.6.10. Projenin Takip Edilmesi

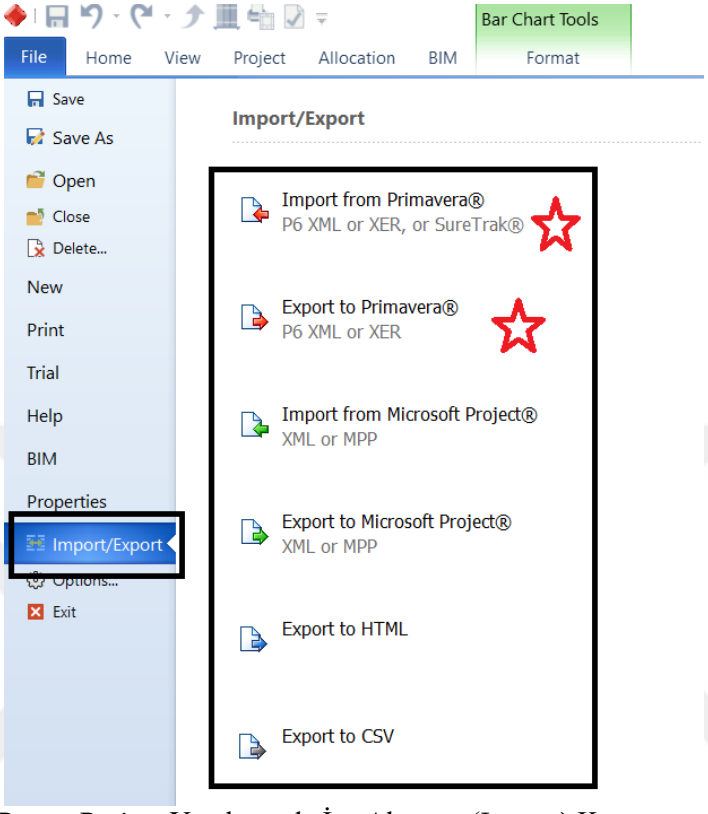
Oluşturulan iş programı akışına, çalışma sahasından periyodik olarak gelen veriler yüzdesel olarak işlenir. Bu özelliği kullanabilmek için görev tablosunda fare sağ tıklanarak, Add Column/Progress komutu ile ilerleyiş yüzde verilerinin girileceği kolon eklenmektedir (Şekil 4.39.).



Şekil 4.39. Power Project Yazılımında Görev Tablosuna İlerleme Kolonunun Eklenmesi

4.6.11. Power Project Yazılımı Dosya Aktarım Özelliği

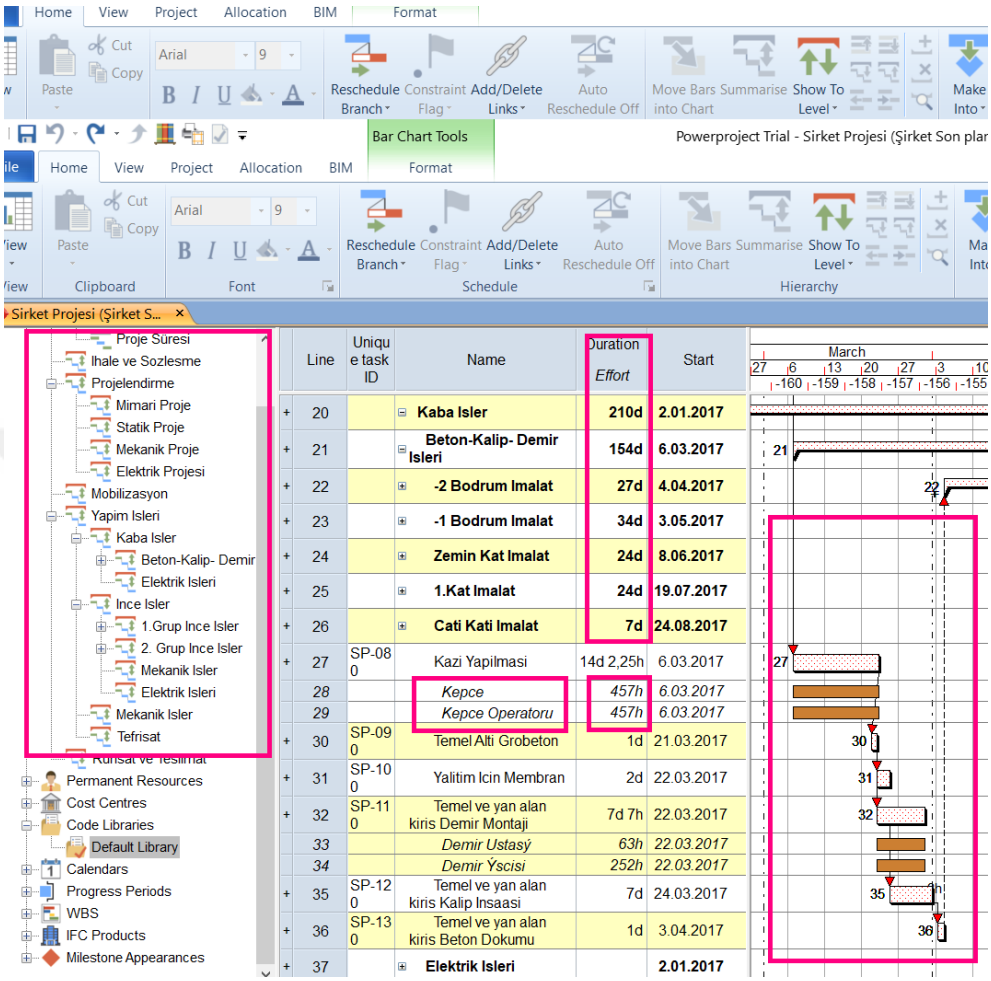
Power Project yazılımında, File (Import/Export) menüsünde diğer CPM tabanlı planlama yazılımlarından kullanımı yaygın olan Primavera ve Microsoft Project paket programlarına içe aktarım (import) ve dışa aktarım (export) seçenekleri bulunmaktadır (Şekil 4.40.). Import komutu sayesinde Primavera ve Microsoft Project ile oluşturulmuş dosyaların direkt olarak Power Project içerisinde çalıştırılabilme olanağı bulunmaktadır. Örnek çalışmada da Primavera ile oluşturulan iş programı Power Project'e import edilerek iş programı oluşturulmuştur.



Şekil 4.40. Power Project Yazılımında İçe Aktarım (Import) Komutunun Kullanımı

4.6.12. Primavera Yazılımının Power Project Yazılımına Entegrasyonu

Primavera dosyası Şekil 4.40.'da ki Import komutu ile Power Project yazılımına import edildikten sonra, Primavera yazılımında bulunan WBS'ler, tüm görevler, görev süreleri, görev ilişkileri, Gannt Chart ve atanan kaynaklar Şekil 4.41.'de görüldüğü gibi aynı şekilde ekrana gelmiştir.

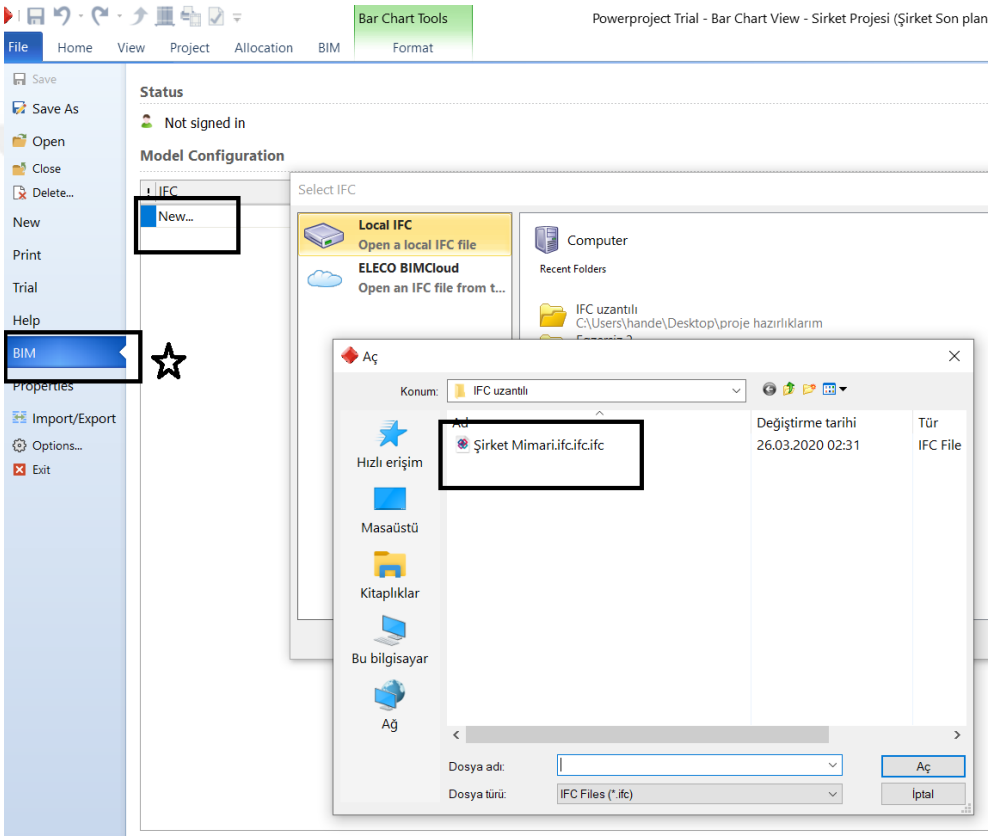


Şekil 4.41. Primavera yazılımının Power Project yazılımına Entegrasyonu

4.6.13. Power Project Yazılımında *.IFC* Dosya Uzantısının Kullanımı

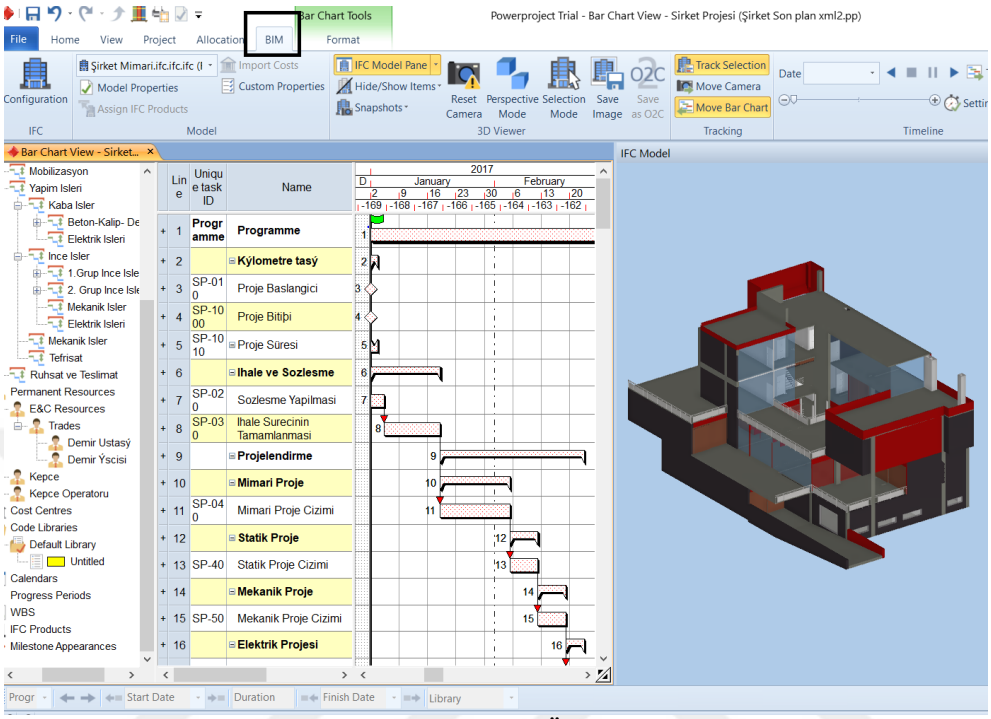
Power Project sisteminde kullanılan bir diğer özellik ise *.ifc* (Industry Foundation Classes, IFC) dosya uzantısı ile çalışabilme özelliğidir. Bu özellik BIM araçları için ortak bir dosya uzantısı oluşturabilmeyi sağlamaktadır. Pek çok (Revit, Allplan, Archicad vs.) 3 boyutlu BIM tasarım araçlarında bulunmaktadır. "*.ifc*" uzantılı olarak kaydedilen dosyalar tüm bu yazılımlar için ortak bir çalışma platformu sunmaktadır. Import/export seçenekleri ile birbirleri içerisine entegre

edilerek kullanılabilmekte ve BIM sisteminin ortak çalışabilme prensibini gerçekleştirmeye olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda Revit yazılımı ile oluşturulan 3 boyutlu mimari tasarım *.ifc* uzantısı ile kaydedildikten sonra Power Project programı içerisinde File/Bim/New Project/Hedef Dosya ve Open Model ile BIM opsiyonu kullanılarak çalıştırılmıştır (Şekil 4.42.).



Şekil 4.42. Power Project Yazılımının BIM Sisteminde Kullanımı

Gerekli entegrasyon sağlandıktan sonra gelen 3 boyutlu modelin Power Project yazılımına aktarılmış hali Şekil 4.43.'deki gibi görülmektedir.

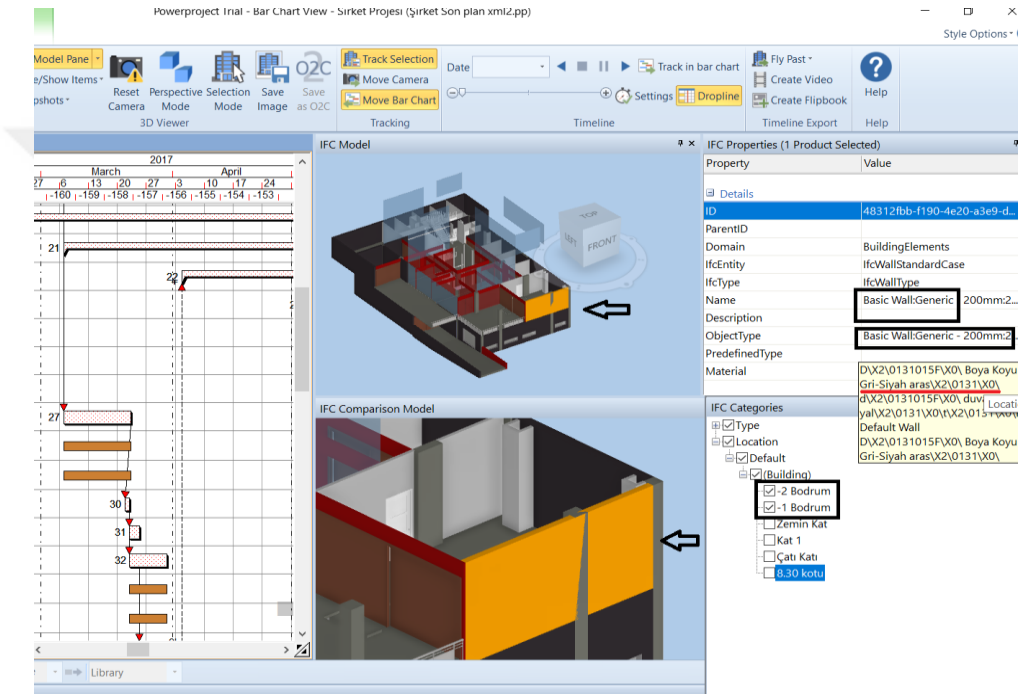


Şekil 4.43. Revit Yazılımında Oluşturulan Üç Boyutlu Modelin Power Project Yazılımına Entegrasyonu

4.6.14. Bim/IFC Model Panel Özellikleri

Power Project yazılımında BIM ana menüsü altında yer alan 3D viewer alt menüsünde bulunan IFC Model Panel fonksiyonu kullanılarak yapıya ait üç boyutlu model açılmaktadır (Şekil 4.43.). 3D Viewer menüsünde bulunan Hide/Show Items fonksiyonu ile istenilmeyen görüntüler gizlenebilir veya geri açılabilir. Şekil 4.44.'de görülen 3D Viewer/IFC Categories ile proje kat seviyelerine göre görüntülenebilir aynı zamanda 3D Viewer/IFC Properties Panel ile seçilen proje elemanının tüm özellikleri görüntülenebilir. Bu nedenle Revit ile proje oluşturulurken yapı elemanlarını doğru tanımlamak gerekmektedir. Bilgiler Revit yazılımından direkt alındığı için tasarım aşamasındayken malzemelerin Revit yazılımında atanması gerekmektedir. Yani, bir duvarın gaz beton mu tuğla duvar mı olduğu bilgisi henüz Revit yazılımında tasarım aşamasındayken tanımlanmalıdır.

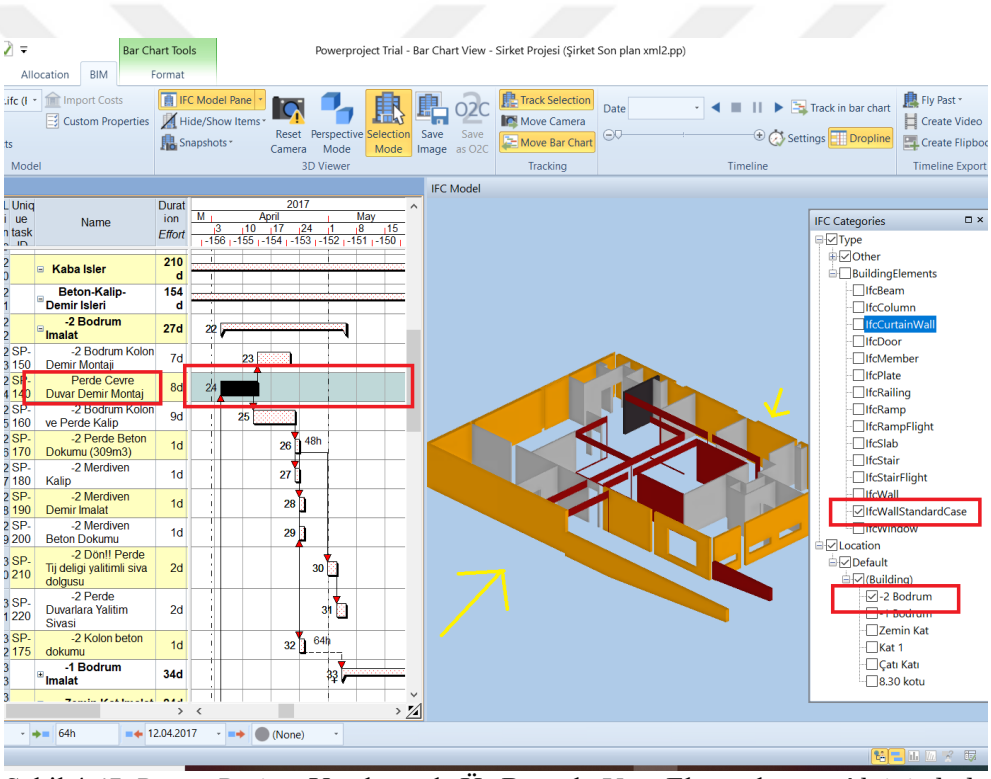
Revit yazılımında malzeme özellikleri (malzemenin cinsi, rengi, kalınlığı vs.) ile tanımlanan yapı elemanları *.ifc* dosya uzantısı ile içe aktarım yapıldığında Power Project yazılımında da tanımlı olarak kullanıcının kullanıma sunulmaktadır. Böylece mimari tasarım aşamasında yapı elemanları ile ilgili bir kere tanımlama yapılması yeterli olmaktadır.



Şekil 4.44. Power Project Yazılımında Eleman ve Malzeme Bilgisi Görünümü

Şekil 4.44.'de görüldüğü gibi IFC properties (özellik) panelinde malzemeye dair detaylı tanım ve özellikler bulunmaktadır. Bu özelliklere ekleme veya çıkartma yapılabilir. Model üzerinden iş programı oluşturulurken yapı elemanı seçilerek göreve atanır. Revit yazılımında doğru tanımlanmış bir malzeme, Power Project yazılımında bulunan IFC Categories ekranında herhangi bir kat belirlenerek, malzeme sınıfına göre atanır. Yapı elemanı ile iş programında yer alan ilgili aktivitenin ilişkilendirilmesi; BIM ana menüsü altında yer alan 3D viewer alt

menüsünde bulunan Selection Mode fonksiyonu ile gerçekleştirilir. Selection mode fonksiyonu aktive edildikten sonra üç boyutlu model üstünde seçilen elemanlar tutularak çubuk diyagramda (Gannt Chart) bulunan görev çubuklarının üzerine bırakıldığında, yapı elemanı ilgili aktiviteye atanmış olur (Şekil 4.45.). Ayrıca tüm bu atama işleminden sonra atanmayan elemanlar BIM/3D Viewer/Hide-Show Items/Unscheduled Product Mode ile tespit edilir. Böylece model üzerinde planlamaya dahil edilmemiş yapı elemanları görsel olarak rahat seçilebildiği için, planlamaya dahil edilmemiş yapı elemanı kalmaması sağlanır.



Şekil 4.45. Power Project Yazılımında Üç Boyutlu Yapı Elemanlarının Aktivitelerle Eşleştirilmesi

1.1.1. Power Project Yazılımı BIM Fonksiyonları

Power Project yazılımı ile yapım sırası ve süresine göre model simülasyonu oluşturulabilir. Bu simülasyon toplantılarda, sunumlarda, konferanslarda vs. görsel model gerektiren tüm ortamlarda büyük bir avantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Yapım sürecine ait simülasyon, entegre edilen 3 boyutlu model elemanları görevlere atandıktan sonra, tek bir komut (BIM/Timeline/Start Timeline) ile oluşturulabilmektedir. Tasarım sırasında bir bütün olarak seçimi yapılan elemanın aşamalı olarak üretimi yapılacaksa, malzemeye sağ tıklanarak açılan menüden Split Products fonksiyonu ile yapı elemanının üretimi istenilen aşamalara ayrılabilmektedir. Aynı zamanda simülasyonla ilgili her türlü oynama (süresi, bakış açısı, hangi saniye nerenin görüntüsünün alınacağı) yapılabilmektedir.

4.7. Primavera ve Power Project Yazılımlarının Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında kullanılan her iki yazılımda kritik yol yöntemi ile iş programının oluşturulmasında oldukça fonksiyonel ve yararlıdır. Her iki yazılımda BIM sistemine entegre edilerek çalışabilmektedir.

Fonksiyon ve işleme mantığı olarak aynı özelliklere sahip olan iki yazılım arasında bazı farklılıklar mevcuttur. Örneğin BIM kullanımında kolaylık sağlayan "*.ifc"* dosya uzantı özelliği Primavera yazılımında bulunmamaktadır. *".ifc''* dosya uzantısı Power Project programının diğer yazılımlar (Revit, Navisworks, Archicad vs.) ile uyumlu çalışabilmesine olanak sağlamaktadır.

Örneğin, bu çalışmada Revit yazılımı Power Project yazılımına pratik ve hızlı bir şekilde entegre edilebilmiştir. "*.ifc*'' dosya uzantısı özelliğine sahip olmayan Primavera yazılımında oluşturulan dosyalar ise Power Project aracılığı (Power Project BIM seçeneği) ile Revit yazılımı ile entegre olarak çalışabilmiştir. Primavera yazılımında hazırlanan iş programı Power Project yazılımına aktarıldıktan sonra, Power Project'in üç boyutlu modeller ile entegrasyon özelliği kullanılmış ve iş programı üç boyutlu model ile birleştirilmiştir.

Power Project yazılımının önemli işlevlerinden biri de şantiyede gerçekleşen ilerlemelerin görsel olarak da takip edilebilmesine olanak sağlamasıdır. Primavera yazılımında ilerleyişler sayısal olarak ifade edilirken; Power Project yazılımında ilerlemeler sayısal ifadelere ek olarak mobil cihazlarla çekilen fotoğraflarla zenginleştirilmekte ve alınan notlarla açıklama imkanı sunmaktadır. Alınan bu notlar istenildiği takdirde diğer kullanıcıların da görüntüleyebilmelerine olanak sağlamaktadır.

4.8. Tartışma

BIM sistemi 3 boyutlu modellemeye dayanan proje yaşam döngüsünü kapsamaktadır. Dolayısıyla proje üzerinde yapılan ve yapılacak tüm değişiklikler proje yaşam döngüsü içerisindeki birçok paydaşla doğrudan veya dolaylı olarak ilgilidir. Örneğin projenin mekanik sisteminde yapılan bir değişiklik statik proje detay çözümünde engel teşkil ediyorsa gerekli koordinasyonların sağlanıp revizyonların birlikte düşünülerek çözümlenmesi gerekmektedir. Yani BIM süreci ekip çalışmasına dayanan, aynı anda sisteme birden fazla paydaşın dahil olduğu, değişikliği yapan paydaşların yanı sıra bu değişikliklerden etkilenerek gerekli düzeltme ve önlemleri alan paydaşların mevcut olduğu kapsamlı bir sisteme dayanmaktadır. Ancak tez çalışması kapsamında BIM sistemine ait belirli fonksiyonlar incelenmiştir. Bu nedenle yapılan vaka çalışması bütün BIM sürecini tanımlamak yerine tasarım ve planlama fonksiyonlarının araştırılarak bunların sağladığı avantajları tespit etmeyi hedeflemiştir. Bu çalışmada, BIM sistemine CPM tabanlı yazılımların entegrasyonu incelenmiştir.

Çalışma kapsamında seçilen örnek projenin ilk olarak Revit programı ile mimari ve statik projeleri 3 boyutlu olarak yeniden çizilmiştir. Navisworks programı kullanılarak çakışma analizi yapılmıştır. 3 boyutlu olarak modellenen örnek projenin mimari ve statik proje çakıştırılmasında -2. kat bodrum planında pencere kotunda ve boyutlarında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Mimari projede -4.28 alt kotunda

200/60, 230/60 ve 185/60 ölçülerinde pencere olduğu belirtilirken, statik projede -5,10 alt kotunda 4 adet 180/60 ölçülerinde pencereye göre tasarım yapılmıştır.

Pencere ölçüleri mimari projeye göre sipariş verilirken, demir donatılar ise statik projeye göre ustalar tarafından üretilmektedir. Genellikle çakışma analizi mekanik ve statik projelerde çakışmaları önceden belirleyebilmek için daha etkin kullanılırken, bu çalışmada gözden kaçma ihtimali düşük olan pencere ve perde duvar gibi yapı elemanlarında yapılan hataların tespitinde belirleyici olmuştur. Bu tarz hatalar üretimde tekerrüre ve hatalı imalattan kaynaklı olarak mali zarara yol açmakla birlikte zaman kaybına ve gereksiz mesaiye sebep olmaktadır. Her iki adımda da yanlış ölçü ve kotlar zaman ve mali kaybı beraberinde getirmektedir.

Bu projedeki çakışmaya benzer olarak; Yöndem (2017) ihale öncesi BIM'nin kullanımının faydalarını araştırdığı çalışmasında; bir kamu inşaatını modellemiştir. Bina perde duvarının arsa sınırına dayandırılarak projelendirilmesinin 2 boyutlu tasarımda bir sorun teşkil etmezmiş gibi görünürken çalışma payları dikkate alınarak çakışma analizi yapıldığında sınırları işgal ettiği tespit edilmiştir.

Bahadır (2018) ise mevcutta olan bir binanın yenileme projesi üzerinde çakışma analizi yöntemini kullanmıştır. İnşaatın yerinde rölövesi alınıp Revit programı ile 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Model üzerinde yapılması planlanan değişiklikler işaretlenmiştir. Ancak projenin 2 boyutlu mimari, elektrik ve mekanik projeleri 3 ayrı firma ile yapılmıştır. Tasarım süreci geleneksel yolla yürütüldüğü için ortak çalışma unsuru olmadığından dolayı %60 oranında çakışmaların mevcut olduğu belirtilmiştir. Özellikle kirişlerle çakışan şaftların mevcut olması hatta bazı katlarda şaft boyutlarının birbirinden farklı olarak tasarlandığı tespit edilmiştir.

Karataş (2018) tarafından yapılan çalışmada ise inşası devam eden ve projeleri geleneksel yöntemlerle oluşturulan bir kamu binasının BIM araçları kullanılarak çakışma analizi yapılmıştır. Yapılan çakışma analizi sonucunda; çatıdan gelen yağmur suyu borularının döküldüğü kot seviyesinin yağmur suyu bacasının

kotundan daha düşük seviyede olduğu, bodrum katında yer alan havalandırma ve tesisat borularının kiriş bağlantılarına denk gelmesi gibi çeşitli hatalar tespit edilmiştir. Daha sonra şantiye ortamında yapılan incelemeler sonucunda, çakışma analizinde yapılan tüm bu tespitlerin uygulama esnasında sorun olarak ortaya çıktığı ve uygulama esnasında çözülmeye çalışıldığı görülmüştür. Uygulama esnasında ortaya çıkan tüm bu revizyonların zaman ve maliyet kaybına neden olduğu vurgulanmıştır. Zaman ve maliyet kaybının yanı sıra çıkan sorunlara yönelik uygulanan çözümler yapının mimari fonksiyonlarını da olumsuz etkilemiştir. Örneğin tesisat borularının kirişlere denk gelmesi nedeniyle yapılan değişiklikler sonucunda kapı boyutlarında küçülmeye gidilmiştir. Bu çözümler seçenekten çok mecburiyete dönüştüğü için BIM'nin uygulama öncesi sanal inşaat aşamasının inşaat projelerinin başarısı için önemini göstermektedir.

Çakışma analizinin projelerdeki her türlü hatanın tespitinde önemli olduğu görülmektedir. Yapılan hataların tasarım aşamasında fark edilmesi yapım sürecinde meydana gelebilecek zaman, maliyet ve kalite kayıplarının önüne geçilmesinde faydalı olacaktır.

Çalışmanın daha sonraki aşamasında iş programına veri olacak, Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) ile Dalyan (2010)'nun çalışmalarından yararlanılarak elde edilen işgücü verimliliklerine göre projede yer alan aktivitelerin süreleri hesaplanmıştır. Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'in çalışmasının; çok sayıda Türk inşaat firmasının istatistiklerine göre işgücü verimliliğini içermesi ve kapsamlı bir araştırma olması tez çalışmasında veri olarak kullanılmasına sebep olmuştur. Bununla beraber çalışmanın nispeten geçmiş tarihte yapılmış olması ve teknolojinin yapım süreçlerindeki verimliliği de olumlu etkilemesi sebebiyle daha güncel bir çalışma olan Dalyan (2010)'dan da yararlanılmıştır. Her iki çalışmada yer alan işgücü verimlilik değerlerine göre iş programları oluşturulmuş ve bulunan proje süreleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca bulunan proje süreleri projenin alındığı firmanın yaptığı iş programına göre de kıyaslanmıştır.

Farklı işgücü verimlilik değerlerine göre oluşturulan iş programlarına göre; 01/02/2016 tarihinde başlayan proje;

- Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'in verilerine göre hesaplandığında 714 gün sürmekte ve 14/01/2018 tarihinde tamamlandığı öngörülmekte;
- Dalyan (2010)'nun verilerine göre hesaplandığında ise 372 gün sürdüğü ve 26/01/2017 tarihinde tamamlandığı öngörülmektedir.
- Firma tarafından yapılan iş programında ise projenin 287 gün sürdüğü ve 13/11/2016 tarihinde tamamlanacağı planlanmıştır.
- Fiili olarak proje Kasım 2017'de tamamlanmıştır.

Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'in verileri ile yapılan iş programında ortaya çıkan proje süresi, Dalyan (2010)'nun verileri ile yapılan ve firma tarafından yapılan iş programı ile karşılaştırıldığında arada neredeyse 1 yıllık bir zaman olduğu ortaya çıkmıştır. Çıkan sonuçlar, Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001)'in çalışmasının daha eski olması, eski teknolojilere göre verimlilik değerleri içermesi, yetki belgeli usta çalıştırılmasının bu çalışmanın yapıldığı tarihten daha sonra yasal zorunluluk haline getirilmesi ya da firmalardan alınan işgücü verimliliklerinin yapı elemanın yeri, malzemenin çeşidi ya da mimari nedenlerden dolayı değişkenlik gösterebilmesi gibi sebeplerle işgücü verimliliklerini olumsuz etkileyebileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Örnek projenin alındığı firma genelde ABD'nin işveren olduğu projelerde çalışmalarını yürüten bir firmadır. Bu nedenle çalışma ve planlama sistemleri ABD ihalelerinde belirtilen prosedürler gereğince ilerlemektedir. Yapılan sözleşmelerde ise gruplara ayrılan işlerin tamamlanma süreleri belli periyotlardan oluşmaktadır. Örneğin satın alma için talep edilen tamamlanma süresi 5 ay, yapım işi için 9 ay, lojistik için 3 ay vs. gibi toplam süre sınırlaması sözleşmelerde periyotlar halinde yer almaktadır. Bu nedenle şirket planlama adımları; verilen süre sınırları içerisinde aktiviteler oluşturulması, aktivite süre ve ilişkilerinin ayarlanması üzerine

kurulmuştur. Bu oluşturulan periyotlar ise tahmini ve yaklaşık süresel planlamayı içermekte ve işgücü verimliliğine veya herhangi bir hesaplama methoduna dayandırılmadan yalnızca firma veri tabanında mevcut olan bilgiler ışığında hesaplanmaktadır. Bu sebeple yapılan planlamada hesaplanan proje süresi bu çalışmada hesaplanandan daha düşük çıkmıştır.

Dalyan (2010)'nun verileri ile yapılan iş programında hesaplanan proje süresi ile firma tarafından hazırlanan iş programının süreleri arasında 2 aylık bir zaman farkı çıkmıştır. Projenin fiili tamamlanma tarihi ise Kasım 2017'dir. Ancak firmanın planlama müdürü ile yapılan görüşme sonucunda işin gerçek tamamlanma süresinin firma tarafından planlanan süreden yaklaşık 12 ay daha uzun sürdüğü belirtilmiştir. Bu durum, bu çalışmada bulunan proje süresinin uygulamayı yansıttığını ve Dalyan (2010)'nun verilerinin de hala güncelliğini koruduğunu ve geneli yansıttığını kanıtlar niteliktedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnşaat sektöründe son dönemde ortaya çıkan BIM sisteminin, ülkelerin uyum ve kabul süreçleri ile sektörde kullanımı yaygınlaşmıştır. Büyük çaplı yürütülen inşaat projelerinde sözleşme şartlarında BIM kullanımı ile ilgili yükümlülükler yer alırken İngiltere Hükümeti tarafından kamu işlerinde BIM'in özellikle bazı seviyelerinin kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Aynı zaman da Avrupa ülkeleri ve ABD başta olmak üzere birçok ülke, BIM sisteminin kullanılıp yaygınlaşması ve sektöre adapte edilebilmesi adına çok ciddi adımlar atmaya ve yatırımlar yapmaya başlamıştır.

Yurt dışında BIM sistemine geçişin bu denli hızlandığı günümüzde Türkiye'de de özel sektörde yürütülen büyük ölçekli projelerde BIM sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Çok düşük oranda olsa da bazı kamu işlerinde de BIM sisteminin zorunlu tutulduğu projeler yürütülmüştür. Belli başlı büyük işlerde kullanılmış olmasına rağmen Türkiye'de BIM sistemine tam anlamıyla geçiş sağlanamamıştır.

Ülkemiz de BIM sistemine geçişin tam olarak sağlanamamasının sebepleri arasında; teknik bilgi eksikliği, yeni teknolojilere geçişte duyulan zorluk, eğitim materyallerinin yaygın olmaması, henüz üniversite eğitiminde yaygınlaşmamış olması gibi nedenler sıralanabilir. Özellikle lisans eğitim müfredatına eklenmesi, ayrıca meslek odaları tarafından eğitimlerin desteklenmesi hem sistemin bilinirliğini hem de kullanımını arttıracaktır.

Literatürde incelenen çalışmalarda BIM'nin yararlarına yönelik pek çok kaynak bulunmaktadır. Bu tez çalışmasının da amaçlarından biri BIM kullanımının sağladığı faydaları vurgulamak aynı zamanda yeni başlayacak kullanıcılara da gerek yazılım seçiminde gerek kullanımında kılavuzluk etmektir. Bu sebeple özellikle çakışma analizinin yapılması ve iş programının oluşturularak tüm çalışmaların birleştirilmesi adımları detaylı olarak görselleri ile beraber paylaşılmıştır. Çalışma

kapsamında üç boyutlu mimari ve statik tasarım için Revit yazılımı; mimari ve statik projelerin çakışma analizi için Navisworks Manage yazılımı; iş programı için Primavera yazılımı ve projeler ile iş programının birbirine entegrasyonu için de Power Project yazılımından yararlanılmıştır.

BIM ile ilgili araçların entegrasyonunda dosya uzantılarından kaynaklı olarak problemler yaşanabilmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında kullanılan Primavera dışındaki diğer yazılımlar, "*.ifc*" uzantısı ile uyumlu olduğu için bu noktada bir sorunla karşılaşılmamıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, çakışma analizi fonksiyonunun hataların tespit edilmesinde hızlı ve pratik bir ortam sunduğu görülmüştür. BIM'nin çakışma analizi fonksiyonu uygulama öncesinden başlayarak firmaların hatalarını önceden tespit edebilmesinde önemli bir kılavuz olacaktır. Ayrıca sistemin entegre çalışabilmesi, herhangi bir projede yapılan değişikliğin tüm paydaşlar tarafından tüm projelerde eş zamanlı olarak görülebilmesine imkan vermektedir. Ayrıca BIM sisteminin projeleri ve iş programını entegre çalıştırabilme özelliği, yapım aşamasında işlerin üç boyutlu olarak takibini kolaylaştırmakta ve firmalara sunum ve raporlama konusunda zaman kazandırmaktadır.

Çalışmada yer verilen Power Project yazılımının iş programına görsel boyut kazandırma özelliği, BIM sisteminin sadece planlama aşamasındaki hata tespitinde değil, ayrıca uygulamada denetim ve sunum konusunda da sağladığı kolaylıkları göstermektedir. Yapının sanal olarak inşası ve görsel model üzerinden çalışılabilmesi, çalışanların daha kolay ve hızlı algılayabilmesine de imkan sağlamaktadır.

Tez çalışması kapsamında; Türkiye'de güncel ve detaylı işgücü verimlilik istatistiklerinin eksikliği olduğu da görülmüştür. İşgücü verimliliği ile ilgili akademik çalışmalar bulunmakla beraber her iş kaleminin verimlilik değerleri bulunmamaktadır. Şantiyede yapılacak iş ölçümleri ile farklı ortam, koşul ve yapı elemanlarına yönelik daha detaylı bir bilgi bankasının eksikliği olduğu görülmüştür.

Özellikle yeni kurulan firmaların kendi istatistiklerini oluşturamadıkları için planlama konusunda hatasız süre hesaplaması yapması zorlaşmaktadır. BIM sisteminin verimli ve etkin kullanılabilmesi için iş programının da gerçeği yansıtması önemli bir ön koşul niteliğindedir. Yanlış hesaplanmış sürelere dayalı bir iş programı BIM sistemine entegre edilse bile BIM sisteminin firma için sağlayacağı avantajları azaltacaktır.

Yapılan çalışmada sonucunda; BIM sisteminin yaygınlaşmasının desteklenmesi gerektiği görülmektedir. Böylece tüm projelerde kaliteyi arttırmak, zamandan tasarruf sağlamak ve hatalardan kaynaklı maliyet kayıplarını önlemek gibi avantajlar elde etmenin yanında global anlamda gelişen teknolojileri yakalamak adına da önemli bir adım atılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

Abanda, F. H., Kamsu-Foguem, B., & Tah, J. H. (2015). Towards and Intelligent Ontology Construction Cost Estimation System; Using BIM and New Rules of Measurement Techniques. *Internationl Journal of Computer. Control, Quantum and Information Engineering,* 294-299.

Akgül, M., & Topatan, H. (2014). 2. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu. *Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre.* Isparta.

Akkoyunlu, T. (2015). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora Tezi.* İstanbul.

Alboğa, Ö. (2019). Betonarme Bina İnşaatlarında Verimlilik Analizi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 25 (1), 391-404.*

Altın, M., & Allahverdi, N. (2004). Bilgisayar Destekli İnşaat Maliyet Analizleri. *Teknik-Online Dergisi*.

Arayıcı, Y. (2015). *Yapı Bilgi Modellemesi-e-Kitaplar ve bookboon'dan ders kitapları. com.tr., s.39.*

Arditi, D., & Demirdöven, J. B. (2014). Bina Bilgi Modelleme (BIM) Ortamının Oluşturulması için bir Uzman Sistem. *3.Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 6-8 Kasım, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisiği Bölümü.* Antalya.

Arditi, D., & Suh, K. (1991). Selection Criteria for Commercially Available Software in Construction Accounting. *International Journal of Project Management, 9 (1), 39-44.*

Atabay, Ş., & Öztürk, M. B. (2019). Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama Planı Üzerine İnceleme. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 418-430.*

Aung, Y. (2018). Practıces and Impacts of Building Informatıon Modelling (Bim) for Construction Project in Singapore . *Birmingham City University*.

Autodesk.com. (Erişim Tarihi (15.04.2020)). Introducing Immersive Design: https://www.autodesk.com/solutions/virtual-reality adresinden alındı

Azhar, S., Hein, M., & Sketo, B. (2008). Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges. *In Proceedings of the 44th ASC Annual Conference (pp. 2-5).*

Bahadır, Ü. (2018). Yenileme projelerinin yönetim süreçlerinde yapı bilgi modellemesinin kullanımı: Vaka çalışması (Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Bayram, S., Öcal, M. E., Oral, E. L., & Atiş, C. D. (2016). Yapım Maliyeti Tahmininde Birim Fiyat Yöntemi-Yapı Yaklaşık Maliyetleri Kıyaslaması. *Politeknik Dergisi, 19(2), 175-183.*

Becerik-Gerber, B., & Rice, S. (2010). The Perceived Value of Building Information Modeling in the US Building Industry. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 15(15), 185-201*.

Bernstein, H. M., Morton, B., & Russo, M. A. (2014). The business value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World are Driving Innovation with Building Information Modeling. *SmartMarket Report, McGraw-Hill Construction, Bedford, MA.*

Biblus.com. (Erişim Tarihi (02.10.2019)). BIM Adoption in USA: the First Country to Implement BIM is Now Falling Behind in Infrastructure Technology: http://biblus.accasoftware.com/en/bim-adoption-in-usa-the-first-country-to-implement-bim-is-now-lagging-behind/ adresinden alındı

bimteknoloji.com. (Erişim Tarihi (07.03.2020)). Neden Nawisworks?: https://www.bimteknoloji.com/fikir/neden-navisworks/ adresinden alındı

Chen, D., & Gehrig, B. (2011). Implementing Building Information Modeling in Construction Engineering Curricula. *In American Society for Engineering Education.*

Chowdeswari, C., Chandra, D., & Asadi, S. S. (2017). Optimal Planning and Scheduling of High Rise Buildings. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 8(1), 312-324.*

Construction, M. H. (2014). The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012), Smart Market Report.

Çelik, G. (2016). Çukurova Üniversitesi Proje Yönetimi Ders Notları.

Demirbağ, F. (2008). İnşaat Mühendisliğinde İş Yönetimi Uygulamalarının Bilgisayar Destekli Programlar Yardımıyla Analizi. *Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors.* John Wiley & Sons.

Forbes, L., & Ahmed, S. (2010). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices* . CRC press.

Gencer, C., & Türkbey, O. (2001). Proje Tamamlanma Zamanının Bulunmasında İstatistiksel Analiz Yardımıyla Bulanık-Pert, Klasik-Pert Ve Gerçek-Dağılım Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Deü Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi, 3(2)*.

Gerçek, B. (2016). BIM execution process of construction companies for building projects (Master's thesis, İzmir Institute of Technology).

Gov.uk. (Erişim Tarihi (09.10.2019)). Creating a Digital Built Britain: What You Need to Know: www.gov.uk/guidance/creating-a-digital-built-britain-what-you-need-to-know adresinden alındı

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

Gsa.gov. (Erişim Tarihi (12.10.2019)). https://www.gsa.gov adresinden alındı

Hardin, B., & McCool, D. (2015). BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. *John Wiley & Sons.*

insaport.com. (Erişim Tarihi (01.11.2019)). Primavera Ne İşe Yarar: https://www.insaport.com/haberler/primavera-ne-ise-yarar/ adresinden alındı

Kaneta, T., Furusaka, S., Tamura, A., & Deng, N. (2016). Overview of BIM Implementation in Singapore and Japan. *ournal of Civil Engineering and Architecture, 10(12).*

Karadeniz, C. Ö. (2007). Pert-CPM ile Proje Planlama, Değerlendirme Bir İşletme Uygulaması. *Marmara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Karagöz, M. E. (2019). BIM ile Yapı Yaklaşık Maliyet Hesaplama Önerisi. *Yapı Bilgi Modelleme, 1(1).*

Karataş , İ. (2018). Danışmanlık Hizmetlerinde Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling-BIM) Sisteminin Uygulanabilirliğinin İncelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Kazaz, A., & Ulubeyli, S. (2004). A Different Approach to Construction Labour in Turkey: Comparative Productivity Analysis. *Building and Environment, 39(1), 93-100.*

Kuruoğlu, M. (2002). İnşaat Sektöründe Bilgisayar Destekli Planlama Metot ve Örnekleri. Çağlayan Kitabevi.

Kuruoğlu, M. (Erişim Tarihi 19.11.2019). İş Programı Hazırlama Teknikleri. *Seminer Ders Notları*.

Kuruoğlu, M., & Bayoğlu, F. İ. (2001). Yapı Üretiminde Adam Saat Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma ve Sonuçları. *16. İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi Ankara, (65).* Ankara Maya Matbaacılık.

Latiffi, A. A., Mohd, S., Kasim, N., & Fathi, M. S. (2013). Building Information Modeling (BIM) Application in Malaysian Construction Industry. *International Journal of Construction Engineering and Management, 2(4A), 1-6.*

Lee, G., Sacks, R., & Eastman, C. (2006). Specifying Parametric Building Object Behavior (BOB) for a Building Information Modeling System. *Automation in Construction, 15(6), 758-776*.

Marsh, E. R. (1976). The Harmonogram: An Overlooked Method Of Scheduling Work. *Project Management Institute*.

Medium.com. (Erişim Tarihi (30.03.2020)). Explore the Levels of BIM & the Fure of Al& BIM: https://medium.com/@nibtnashik/explore-the-levels-of-bim-the-future-of-ai-bim-45b6bc44a8e2 adresinden alındı

Miettinen, R., & Paavola, S. (2014). Beyond the BIM Utopia: Approaches to the Development and Implementation of Building Information Modeling. *Automation in Construction, 43, 84-91*.

Monteiro, A., & Martins, J. P. (tarih yok). A Survey on Modeling Guidelines for Quantity Takeoff-Oriented BIM-Based Design. *Automation in Construction, 35, 238-253*.

Özorhon, B. (2018). *BIM Yapı Bilgi Modellemesi.* Ezgi Matbaacılık.

Pektaş, Ş. T. (2007). Lean Design Discourse: Searching for Structure and Eliminating Waste in Design. *The European Academy of Design 2007 Conference EAD07*. İzmir.

Planlamamühendisi.com. (Erişim Tarihi (05.03.2020)). Primavera P6 Percent Complete Alanları: http://planlamamuhendisi.com/ adresinden alındı

Politi, R. R. (2018). Project Planning and Management Using Building Information Modeling(BIM). *İzmir Teknoloji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.

Prime PMO Proje Yönetimi& Danışmanlığı. (2020). 4D BIM Proje Planlama ve Programlama Temelleri Kursu. Ankara.

Project Management Institute;. (2008). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide).* (Vol. 2). Project Management Inst.

Prone Proje Yönetim Sistemleri. (2017). *İnşaat Projelerinizi Asta Power Project ile Yönetmek İçin 14 Neden.* http://www.proneproje.com adresinden alındı

Rembeltech.com. (Erişim Tarihi (15.04.2020)). Santrallerde Drone Kontrolü: https://www.rembeltech.com/santrallerde-drone-kontrolu adresinden alındı

Shoegnome.com. (Erişim Tarihi (08.10.2019)). Why BIM is Still Bankrupting Your Firm: http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm/ adresinden alındı

Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers .

Smith, P. (2014). BIM Implementation–Global Strategies. *Procedia Engineering, 85, 482-492*.

Sönmez, R. (2006). İnşaat Sektöründe İşgücü Verimliliğinin Önemi. *Verimlilik Dergisi, 1(1)*.

Suermann, P. C. (2009). Evaluating the Impact of Building Information Modeling (BIM) on Construction. *Florida Unıv Gainesville Graduate School*.

Tat, A. (2000). Bayındırlık İşleri Birim Fiyat Analizlerindeki İşgücü ve Makine Gücü Verimliliklerinin İrdelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Temiz Kutlu, N. (2001). Proje Planlama Teknikleri ve Pert Tekniğinin İnşaat Sektöründe Uygulanması Üzerine Bir Çalışma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi , 3(2)*.

Tufan, D. (2007). Betonarme Bina İnşaatlarında Adam Saat Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Uygulama Örneği. *Mustafa Kemal Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

Turan, A. (2002). Orman Köyü Kalkındırma Kooperatiflerinin Yönetici ve Üyelerinin Orman Ekosistemlerindeki Biyolojik Çeşitliliği Yerinde Koruma Eğitimi Projesi. *Proje Yönetimi Seminer Notları*.

Ulucan, A. (2006). Microsoft Project Ders Notları. *Hacettepe Üniversitesi İşletme Bölümü, Ankara*.

Ward, S. A. (1992). Cost Engineering for Effective Project Control (Vol. 1). *John Wiley & Sons*.

Wu, S., Wood, G., Ginige, K., & Jong, S. W. (2014). A Technical Review of BIM Based Cost Estimating in UK Quantity Surveying Practice, Standards and Tools. *Journal of Information Technology in Construction (ITCon), 19, 534-562*.

Xing, D., & Tao, J. (2015). Design and Application of Green Building Based on BIM. *In Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem (pp. 901-907),Springer, Berlin, Heidelberg*.

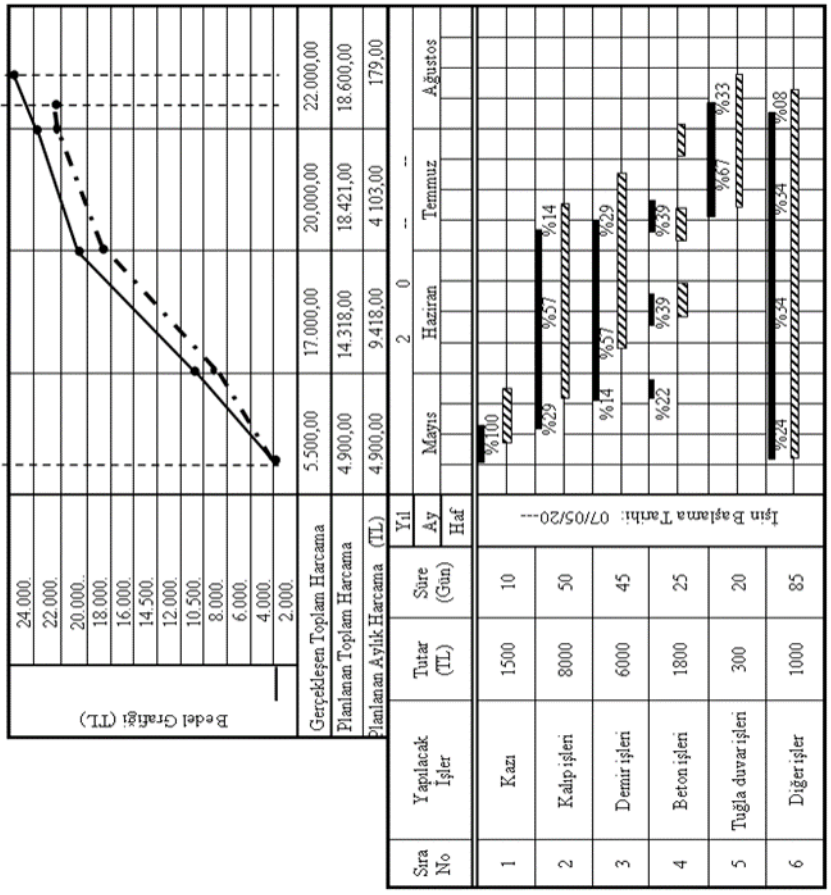
Yöndem, F. (2017). Kamu Yapım İhale İşlerinde Tasarımdan Kaynaklanan Problemlerin Yapı Bilgi Modellemesi ile İhale Öncesinde Belirlenmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Adana'da doğdu. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında mezun oldu. 2016-2019 yılları arasında 3 ay boyunca Yapı Denetim firmasında daha sonrada Adana Büyükşehir Belediyesi'nde kontrol mühendisi olarak çalıştı. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Anabilim Dalı'nda tezli yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek Lisans eğitimi sırasında Kanada'da İngilizce eğitimi, Primavera programı ve Power Project program eğitimleri aldı.

EKLER

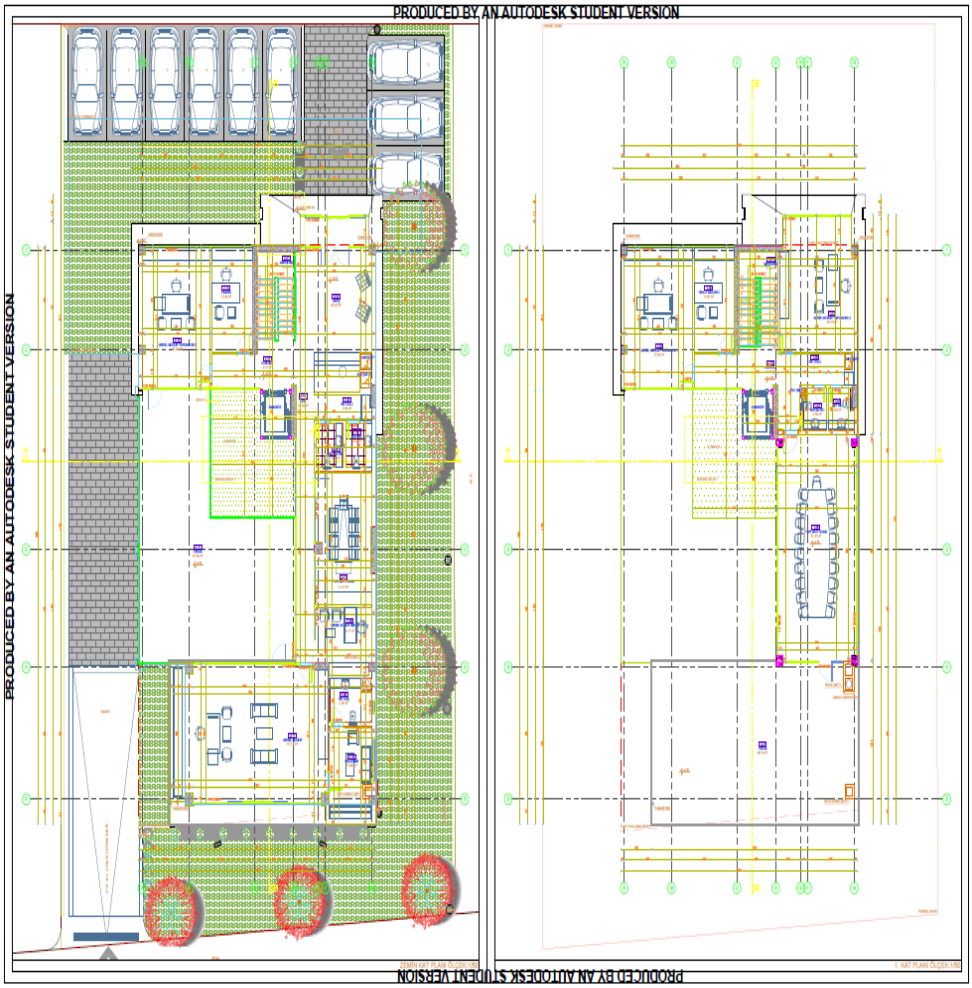
EK-1



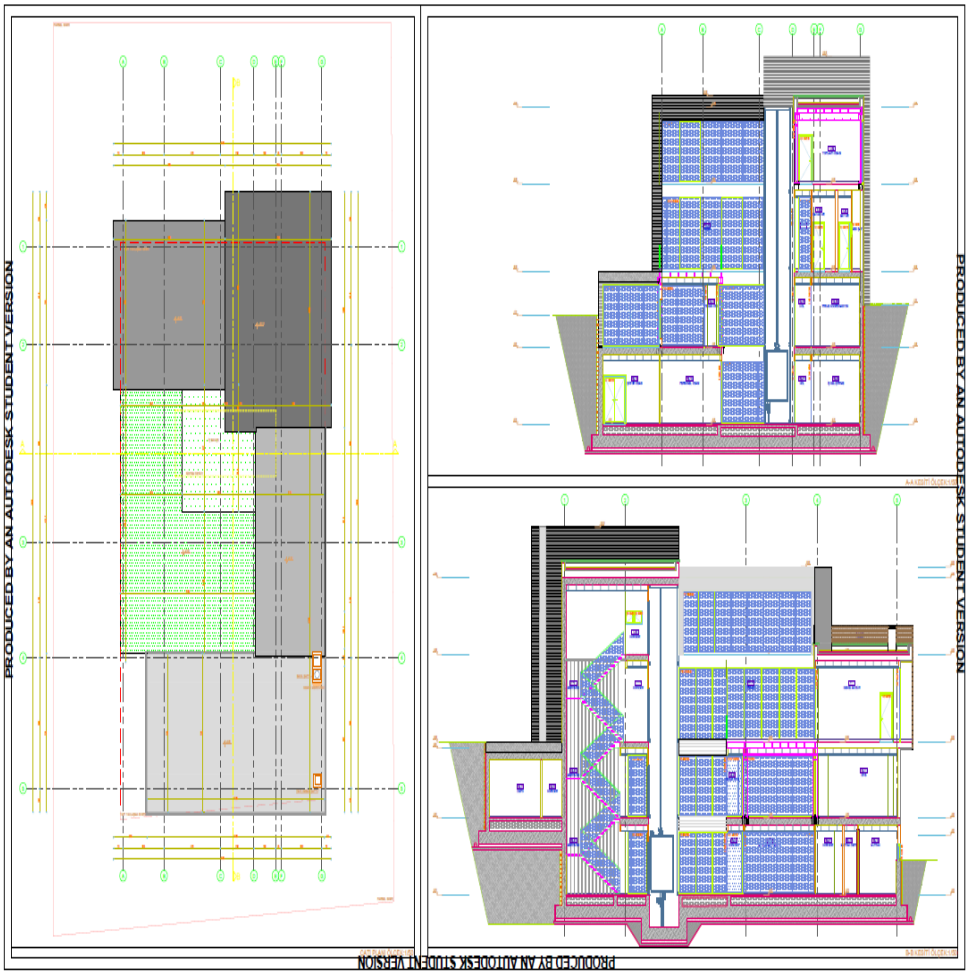
Şekil 5.7. Uygulama Aşamasında İş Programının İzlenmesi İle İlgili Bir Örnek

EK-2

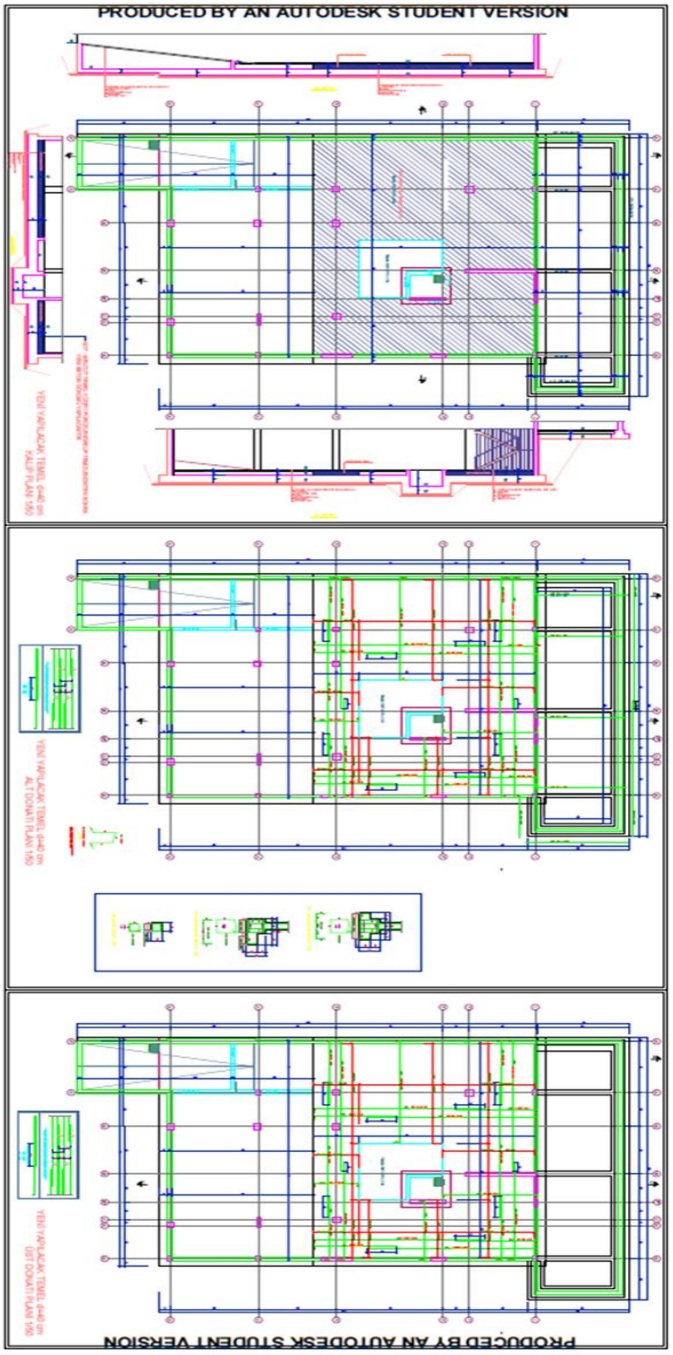

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

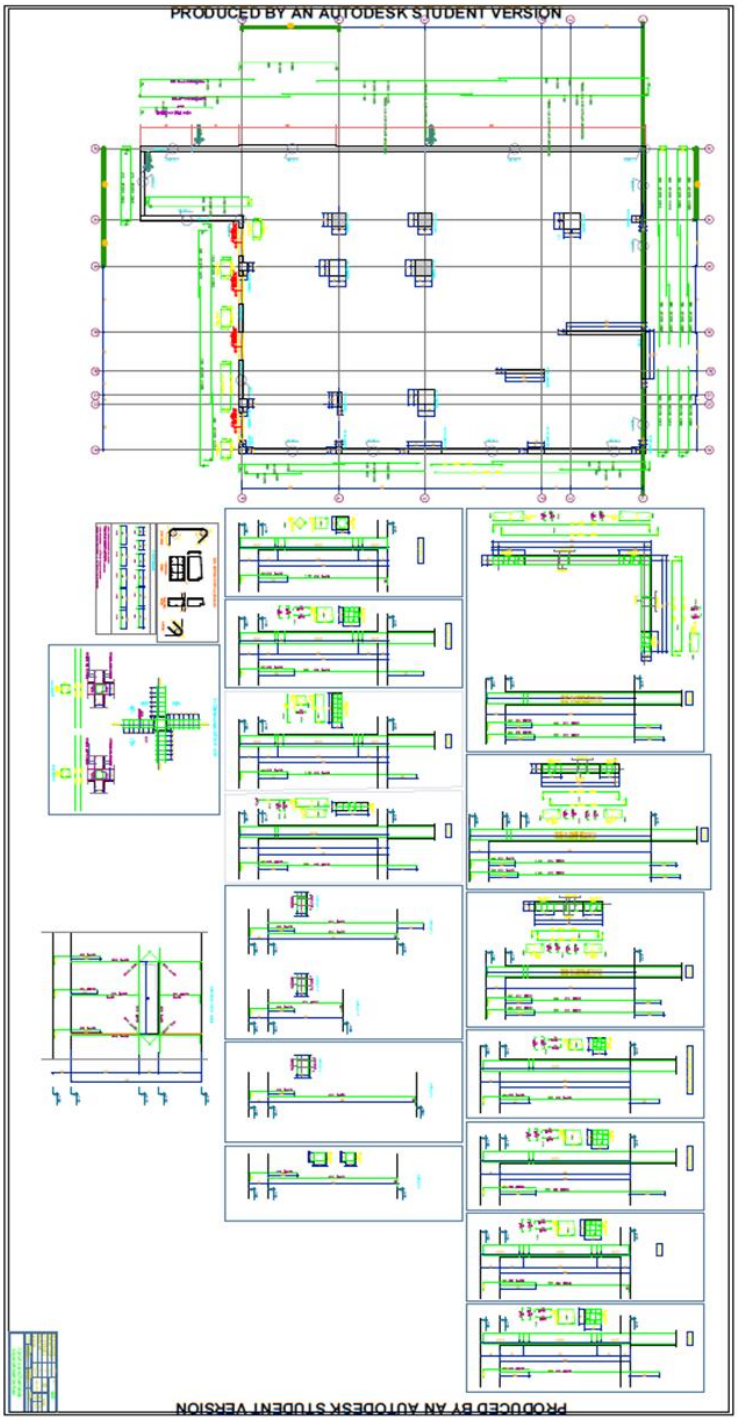

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

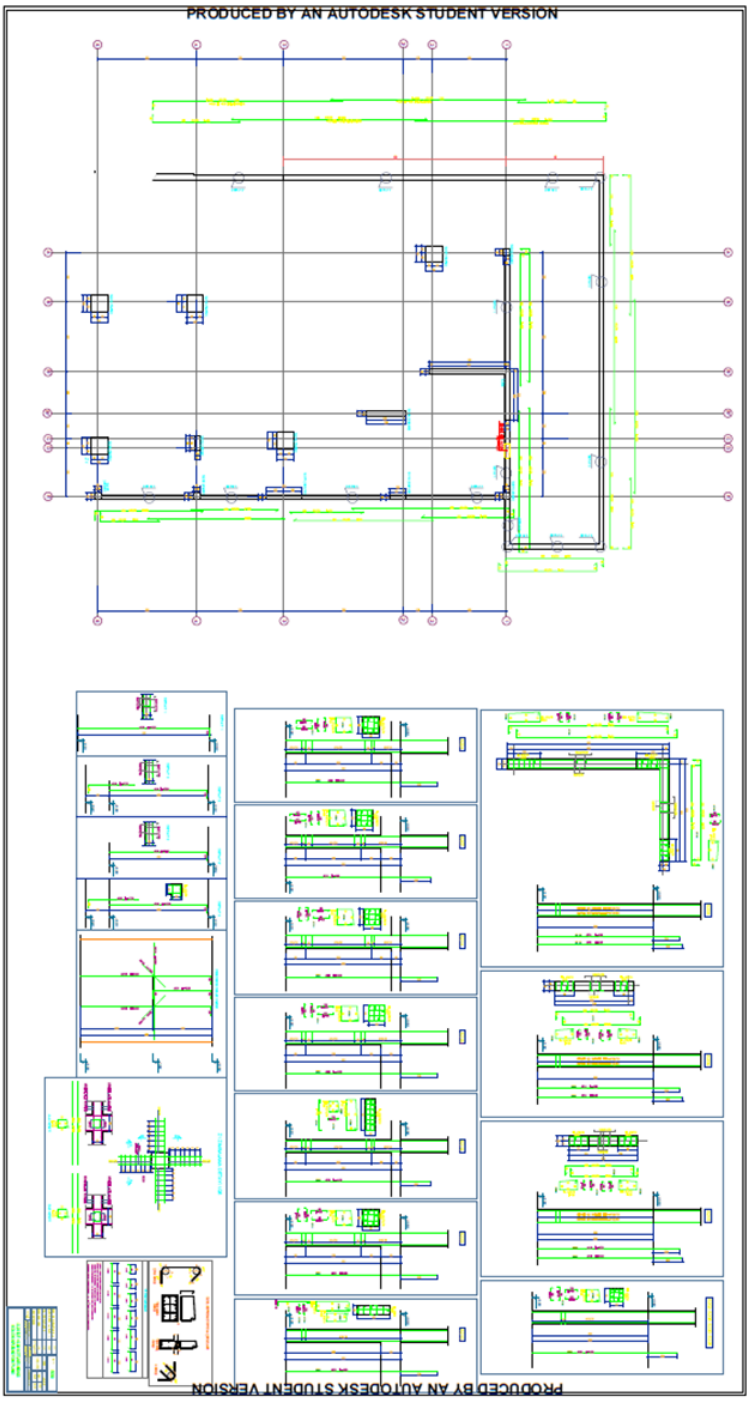


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

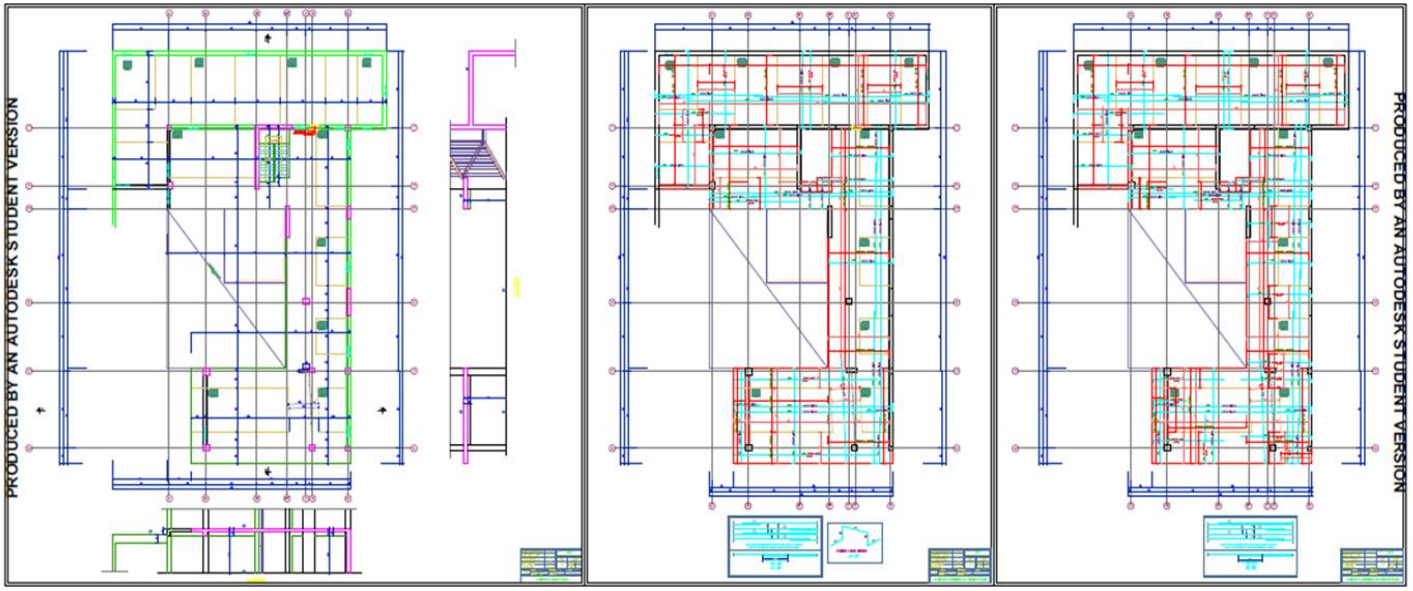



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

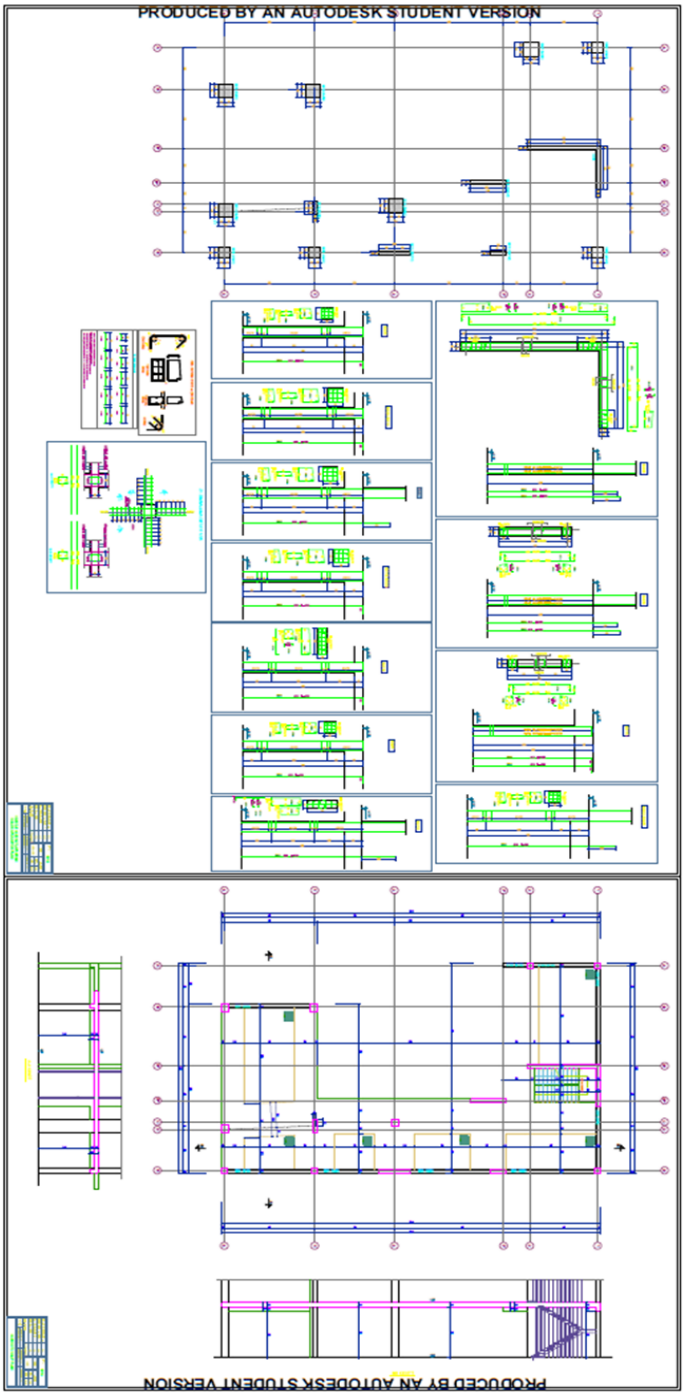
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

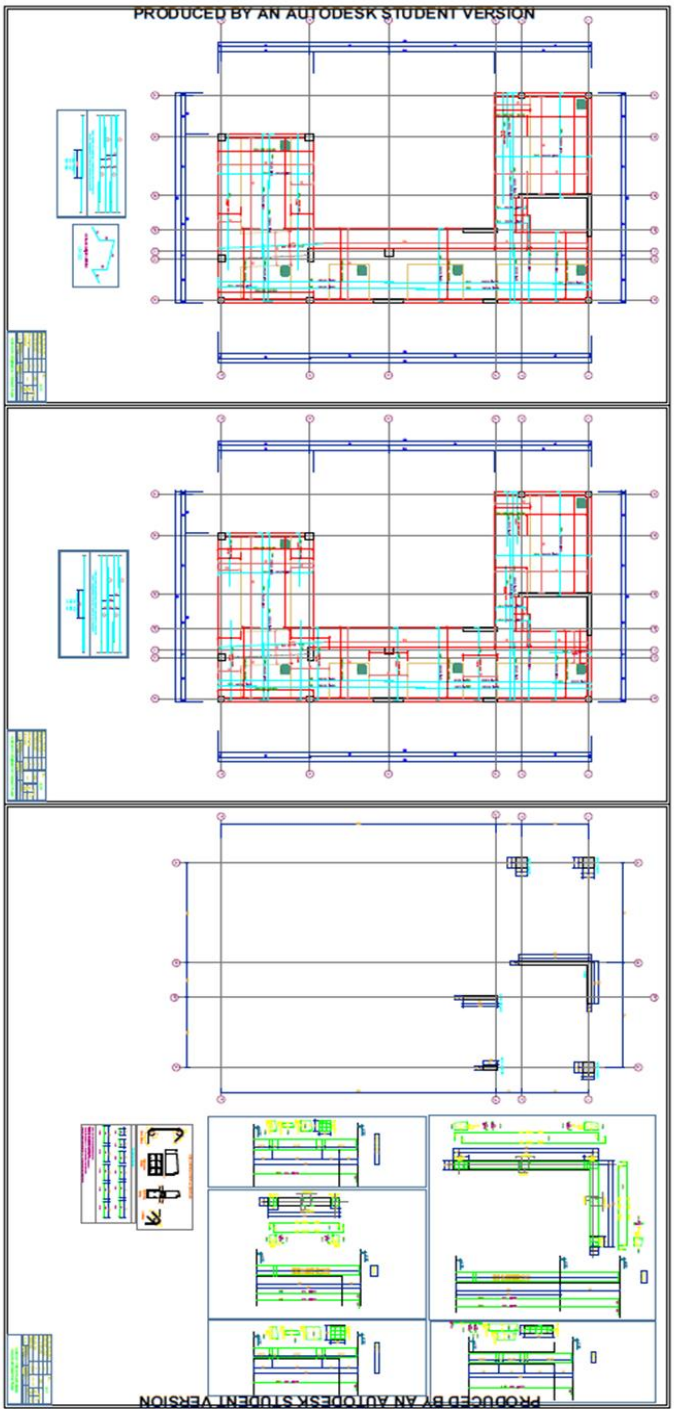

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



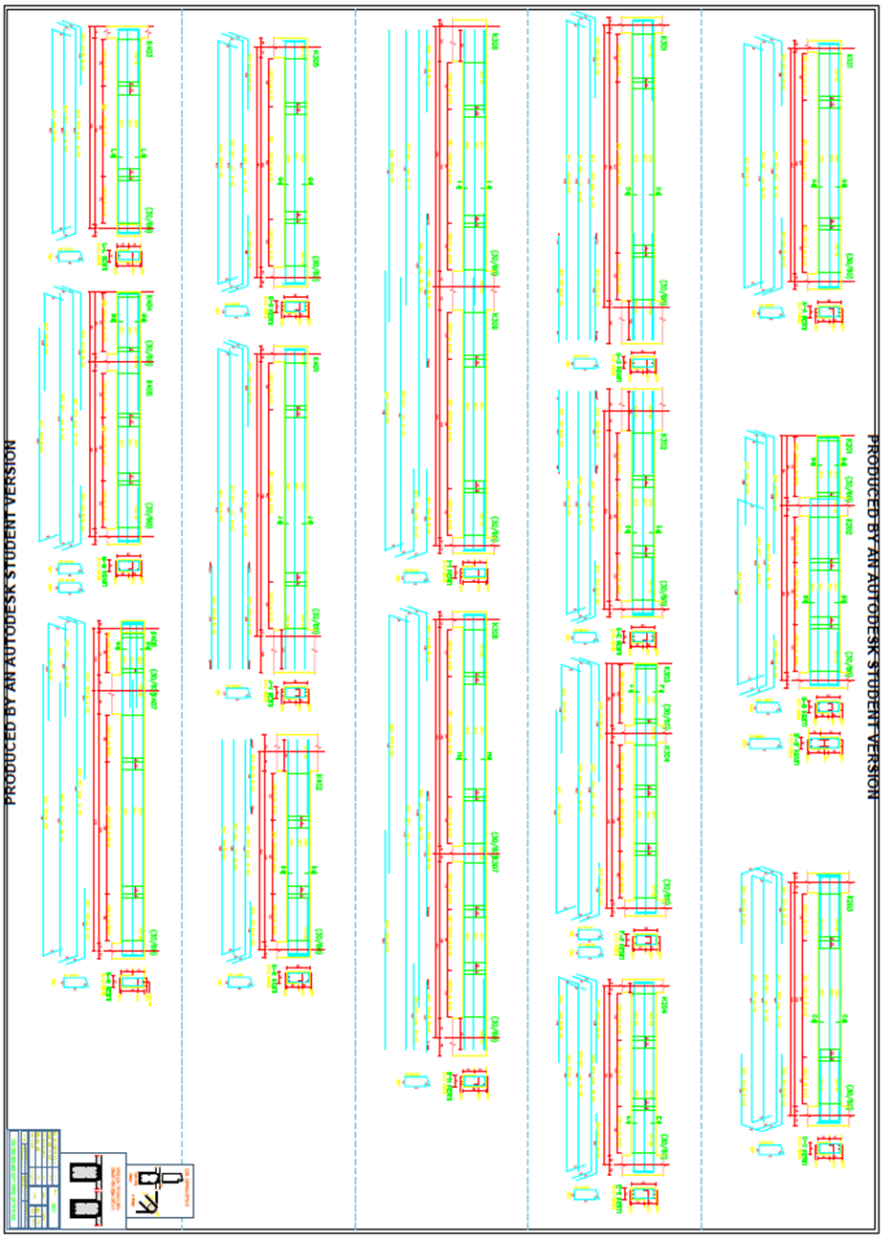
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

EK-3

"MERKEZ OFİS'' PROJE İNŞAATI İÇİN GÖRÜŞME FORMU

Sayın Katılımcı,

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, "CPM Veri Tabanlı Yazılımların BIM Sistemine Entegrasyonu" adı altında, Dr. Öğr. Üyesi Gözde (Tantekin) Çelik danışmanlığında bir Yüksek Lisans Tez Çalışması yürütülmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, BIM sistemine geçişte yaşanabilecek zorlukların göz önünde bulundurularak hangi adımlarla geçişin kolaylaştırılabileceğini tespit etmek, 3D ve 4D BIM seviyeleri ile ilgili uygulama yapmak, BIM kullanımının projeye tasarım ve planlama konularında sağladığı yararları tespit etmek ve bu doğrultuda firmalar BIM sistemine geçiş yapmalı mı, yapmamalı mı? yorumlamaktır. Bütün Katılımcıların kişisel bilgileri gizli tutulacaktır. Toplam cevaplama süresi yaklaşık 15 dakikadır.

Ayırdığınız zaman için şimdiden teşekkür ederiz.

Hande Alshamali
İnşaat Mühendisi
handedemiryapar@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Gözde (Tantekin) Çelik
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yapı Anabilim Dalı

Genel Sorular

- Firmadaki görev ve pozisyonunuz nedir?
  Planlama Müdürü
- Kaç yıldır bu firmada çalışıyorsunuz?
  6 yıl
- Şirketinizde planlama departmanı var mı?
  Var
- Şirketinizde projeler için iş programı yapılıyor mu?
  Evet
- Kaç yıldır planlama çalışmaları yapıyorsunuz?
  11 yıl
- Planlama ile ilgili olarak hangi yazılımları kullanıyorsunuz? Kaç yıldır kullanıyorsunuz?
  Primavera P6, 11 yıl
- BIM(Yapı Bilgi Modelleme) sistemini daha önce duydunuz mu? Eğer duyduysanız şirketin bu sistemi projelerinde hayata geçirmesi sizce mümkün müdür?
  Evet duydum ama henüz şirketimiz bu sisteme geçiş yapmadı.

Projeye Özgü Sorular

- Sözleşmede belirtilen (planlanan) işin başlangıç ve bitiş tarihleri nedir? Projenin gerçekleşen/fiili başlangıç ve bitiş tarihleri nedir?
  Planlanan başlangıç tarihi: Şubat 2016
  Planlanan bitiş tarihi: 13.11.2016
  Planlanan proje süresi: Yaklaşık 10 ay
  Proje fiili başlangıç tarihi: Şubat-2016
  Proje fiili bitiş tarihi: Kasım-2017
  Fiili (gerçekleşen) proje süresi: 21 ay
- Şirket söz konusu inşaat projesinde iş programı yapıldı mı?
  Yapıldı
- İş programını kim yaptı? Mesleği ve deneyimi var mı bu konuda?
  İş programları şirketin Planlama Müdürü tarafından yapılıyor, bu meslekte 11 yıl deneyimi vardır.
- Hangi planlama yöntemi uygulanmıştır?
  CPM metodu.
- Yapılmadıysa neden yapılmadı?
  Yapıldı
- İş programı için herhangi bir yazılım kullanıldı mı?
  Primavera P6 Kullanıldı
- İş planlama konusunda genel olarak şirket stratejisi nedir?
  Bizim şirketimizde iş planlama şu süreçlerden geçmektedir;

1- *Planlama Departmanı taslak iş programı oluşturulur.*
2- *Bütün departmanlar (Elektrik, Mekanik, İnşaat ve Mimarlık) bir araya gelerek iş programında yer alan aktiviteler tartışılır, duruma göre aktivite ekleme/çıkarma işlemleri yapılır.*
3- *Aktivitelerin sıralanması bütün departmanlar tarafından tartışılarak belirlenir.*
4- *İş sıralaması ve aktiviteler belirlendikten sonra Planlama Departmanı tarafından aktivitelerin süreleri ve kaynakların hesaplanması yapılır daha sonra kaynaklar aktivitelere atanır.*
5- *İş programı sonra bütün departmanlara (Elektrik, Mekanik, İnşaat ve Mimari) gönderilir ve depratmanlardan gelen yorumlara göre iş programı tekrar revize edilir.*
6- *İş programı işverene sunulur.*
7- İnşaatın uygulanma süreci ile oluşturulan iş programı kıyaslandı mı ve programa işlendi mi?

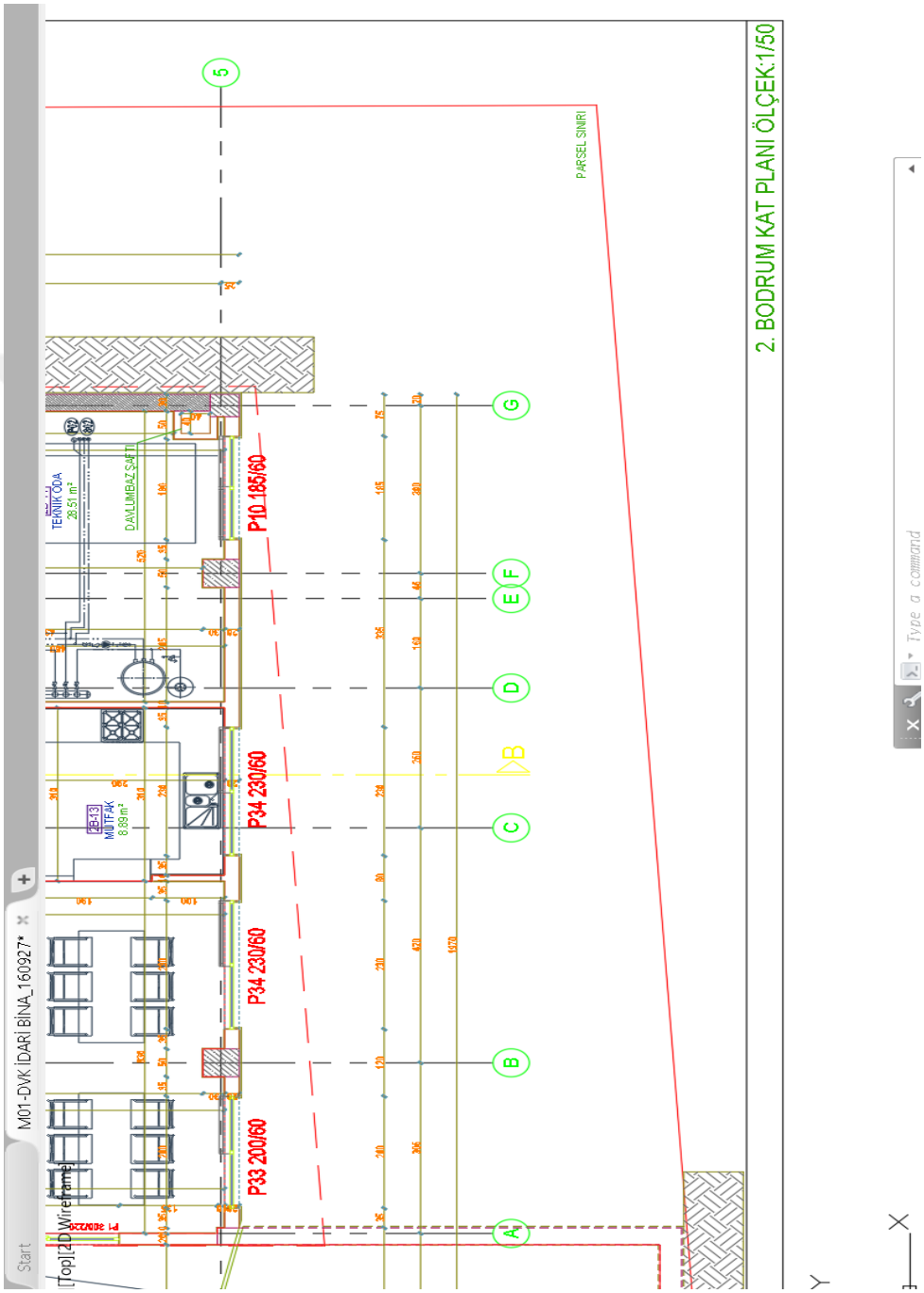
İnşaat sürecinde sahadan gelen bilgiye göre iş programı aylık olarak güncellenir.

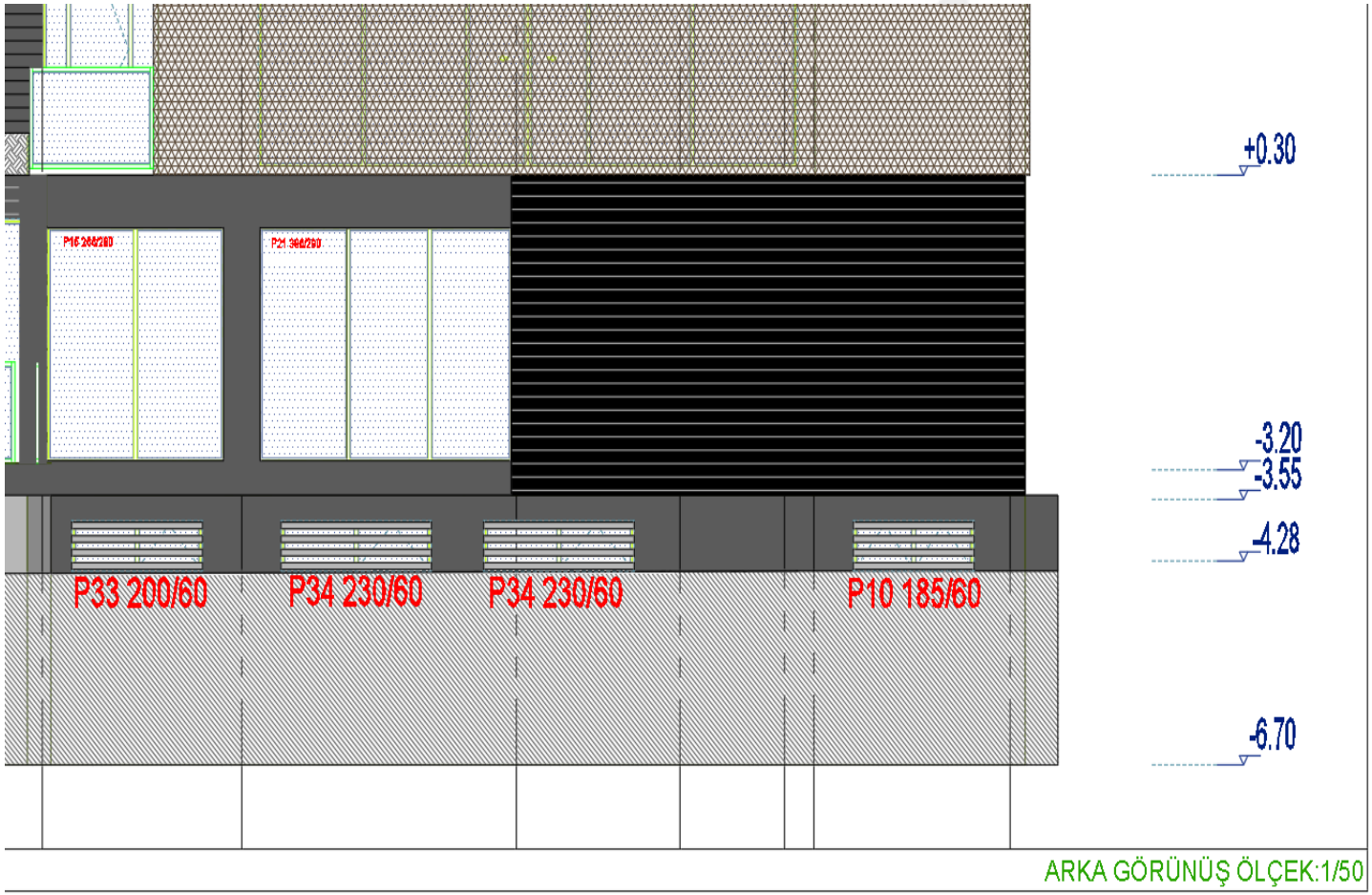
- Uygulama esnasında hangi iş aşamalarında gecikmeler yaşandı?
  Uygulama sürecinde yaşanan tamamlanma süresini doğrudan etkileyen iki gecikme türü mevcuttur;

1- Ruhsat aşamasında
2- Havalandırma sisteminde tedarik gecikmesi
3- Mimari ve statik çizimlerde ki farklılıkların sebep olduğu revizyonlar

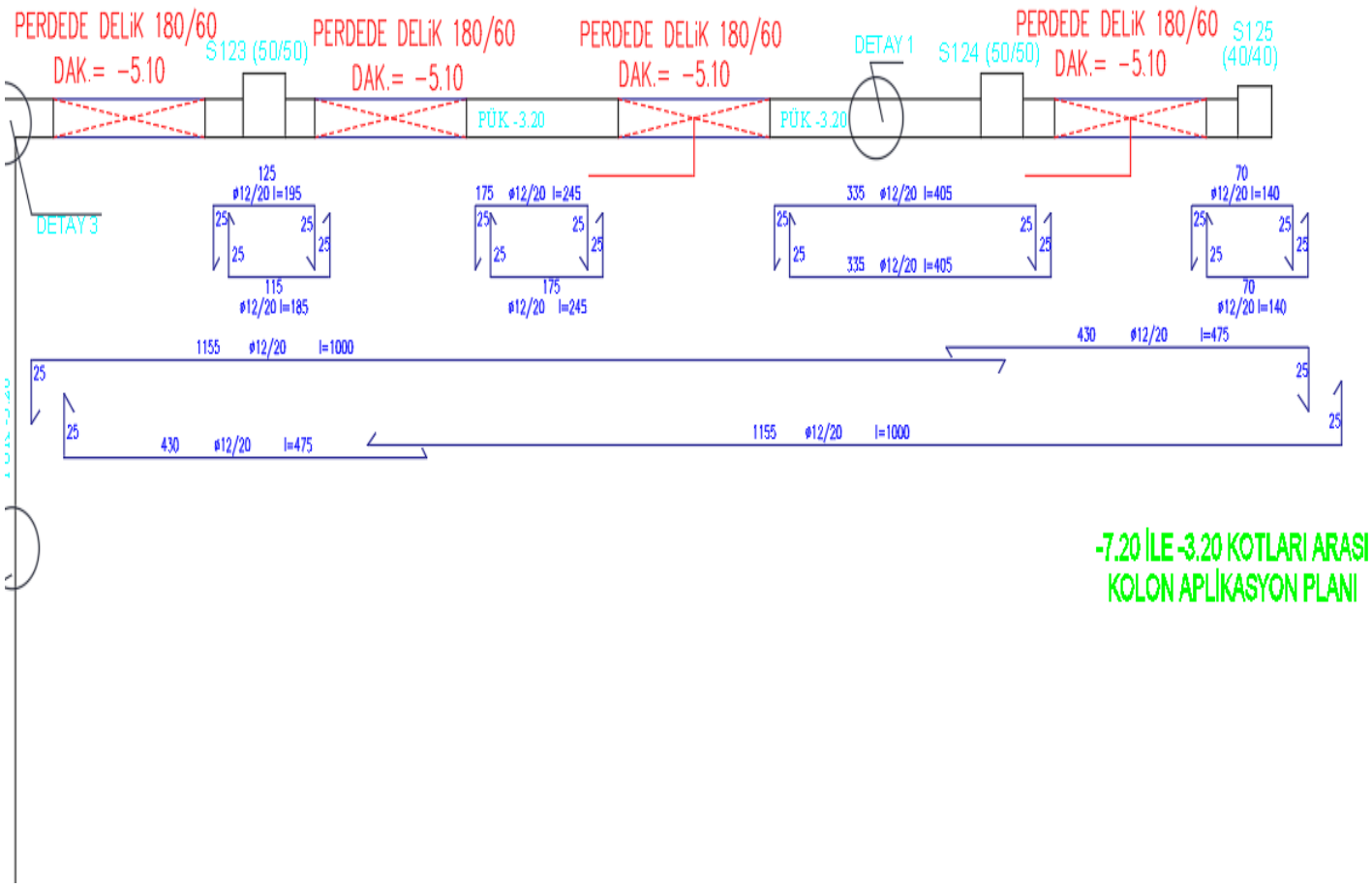
- Yaşanan gecikmelerin sebepleri nelerdir?
  Ruhsat ile ilgili gecikme evraklarda yaşanan problemlerden ve resmi prosedürlerden kaynaklanmıştır.
  Mekanik sistemdeki gecikme sebebi ise; inşaat sürecinde havalandırma sisteminin markası işveren tarafından değiştirilmiş ve istenen havalandırma sistemi yurtdışından tedarik edildiği için gümrük işlemlerinden kaynaklı gecikmeler meydana gelmiştir.
  Mimari ve statik çizimlerde ki farklılıkların sebebi ise bodrum kat pencerelerinde meydana gelen revizyonlardır. Statik proje uygulanmış ve pencere ölçü siparişleri değiştirilmiştir.
- İş programı gerçekçi hazırlanmış mıydı?
  Evet
- Öngörülemeyen sorunların kaynakları nelerdir? Projede bu süre kaybının getirdiği zararlar ne olmuştur?
  Yukarıda da belirtilen öngörülemeyen sorunlardan büyük oranda zaman kaybına sebep olurken öngörülmeyen diğer sorunlardan birisi temel kazısında su çıkması idi ve bu beklenmeyen bir sorundu; zarar ise sadece mali açıdan oldu.
- İlk proje tasarımı üzerinde yapılan revizyonlar ve fark edilemeyen hatalar nelerdir?
  İlk proje tasarımında bir kaç revizyon oldu. Sistemler arası çakışmalar sebebiyle mekanik, elektrik ve mimari revizyonlara mecbur kalındı.
- Çizimler 3 boyutlu olarak yapıldı mı? Yapıldı ise hangi yazılımlar kullanıldı?
  Hayır yapılmadı.

EK-4


2. BODRUM KAT PLANI ÖLÇEK:1/50
PARSEL SINIRI
P10 185/60
P34 230/60
P34 230/60
P33 200/60
TEKNİK ODA
28.51 m²
DAVLUMBAZ ŞAFTI
ASANSÖR
M01-DVK İDARİ BİNA_160927*
Start
[Top][2D Wireframe]
Type a command


+0.30
-3.20
-3.55
-4.28
-6.70
P33 200/60
P34 230/60
P34 230/60
P10 185/60
ARKA GÖRÜNÜŞ ÖLÇEK:1/50

eframe]



-7.20 İLE -3.20 KOTLARI ARASI
KOLON APLİKASYON PLANI