

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ MODELİ TABANLI İNŞAAT PLANLAMASI YAZILIMI
GELİŞTİRİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömer Faruk BULAK

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ö. Halis BETTEMİR

AĞUSTOS – 2021

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ MODELİ TABANLI İNŞAAT PLANLAMASI YAZILIMI
GELİŞTİRİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ömer Faruk BULAK

36183621008

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Bilim Dalı**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ö. Halis BETTEMİR

AĞUSTOS – 2021

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalıőmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemededen beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ö. Halis Bettemir'e,

Çalıőmalarımnda ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalıőmalarım süresince benden her türlü desteklerini esirgemeyen aileme,

Bu alıőma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, İÜ-BAP FYL-2020-2052 numaralı Yapı Bilgi Modeli Tabanlı İnşaat Planlaması Yazılımı Geliştirimi başlıklı Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiőtir. Desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne

teşekkür ederim.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Yapı Bilgi Modeli Tabanlı İnşaat Planlaması Yazılımı Geliştirimi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ömer Faruk BULAK



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 İnşaat Sürecinin İş Çizelgelemesi, Yönetimi ve Optimizasyonu	1
1.2 Yapı Bilgi Modeli	2
1.2.1 Planlama.....	2
1.2.2 Metraj hazırlama.....	3
1.2.3 Maliyet analizi	3
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. YÖNTEM	13
3.1 Planlama	13
3.2 Metraj Hazırlama	28
3.2.1 Kaba işler metrajının hazırlanması	28
3.2.1.1 Kalıp metrajı.....	28
3.2.1.2 Donatı metrajı.....	33
3.2.1.3 Beton metrajı.....	37
3.2.2 İnce işler metrajının hazırlanması.....	39
3.2.2.1 Duvar Metrajı	42
3.2.2.2 Sıva Metrajı	47
3.2.2.3 Yer Döşemesi Metrajı.....	60
3.2.2.4 Süpürgelik Metrajı	61
3.2.2.5 Duvar Kaplama Metrajı	63
3.3 Maliyet Analizi	64
3.3.1 Metraj özeti	65
3.3.2 Birim fiyatların tablo haline getirilmesi.....	67
3.3.3 Malzeme ve işçilik hesaplarının yapılması	70

3.3.4	İş programının/planının yapılması.....	73
3.3.5	Verim ve tatil tabloları.....	74
3.3.6	Gantt şemalarının oluşturulması.....	77
3.3.7	Rayiçlerin belirlenmesi	84
3.3.8	İşçilik ve malzeme maliyeti.....	86
3.4	Süre Analizi.....	90
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	94
5.	SONUÇ.....	96
	KAYNAKLAR.....	97
	ÖZGEÇMİŞ.....	101



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 : Kolon ID numaralarının tablo haline getirilmesi.....	14
Çizelge 3.2 : Kiriş yapı elemanının verileri	16
Çizelge 3.3 : Kolon ve perde boyutları.....	17
Çizelge 3.4 : Kolon etrafı kiriş durumu	18
Çizelge 3.5 : Kolon etrafı kiriş kaçıklığı hesaplama formülleri.....	20
Çizelge 3.6 : Kolon etrafı kiriş kaçıklığı hesaplama tablosu	21
Çizelge 3.7 : Döşeme ID ve bağlı olduğu kolon düğüm noktaları.....	22
Çizelge 3.8 : D101 döşemesinin başlangıç-bitiş düğüm noktası hesaplamaları	24
Çizelge 3.9 : D101 döşemesinin etrafındaki kiriş ID hesaplamaları	24
Çizelge 3.10 : D101 döşemesinin sürekli/sürekli kenar hesaplamaları	25
Çizelge 3.11 : D101 döşemesinin açıklık hesaplamaları	26
Çizelge 3.12 : K101 kirişinin açıklık hesaplamaları	27
Çizelge 3.13 : K101 kirişinin kalıp hesaplamaları	29
Çizelge 3.14 : D102 döşemesinin kalıp hesaplamaları.....	32
Çizelge 3.15 : D103 döşemesinin donatı metrajı hesaplamaları	35
Çizelge 3.16 : K101 kirişinin beton metrajı hesaplamaları	37
Çizelge 3.17 : Kirişlerin dış ve iç mahal olarak ayrıldığı tablo	43
Çizelge 3.18 : Yapıda kullanılacak doğrama çeşitleri tablosu	44
Çizelge 3.19 : Dış duvar K101'in metraj hesaplamaları.....	46
Çizelge 3.20 : İç cephe duvar sıvası D101'in metraj hesaplamaları	49
Çizelge 3.21 : D102 döşemesi kiriş minha hesaplamaları	56
Çizelge 3.22 : D102 döşemesi tavan sıva metraj hesaplamaları	59
Çizelge 3.23 : D101 döşemesi süpürgelik metraj hesaplamaları	62
Çizelge 3.24 : Kalıp işçilik ve malzeme birim fiyat analizi.....	68
Çizelge 3.25 : Donatı işçilik ve malzeme adam.saat hesaplamaları.....	71
Çizelge 3.26 : Donatı işçi sayısı hesaplamaları.....	72
Çizelge 3.27 : Katlara bağlı işçilik verim değerleri.....	75
Çizelge 3.28 : Ramazan ayına bağlı yıllık verim değerleri.....	75
Çizelge 3.29 : İşçilik maliyetinin yıllara bağlı rayiç değerleri(günlük TL).....	84
Çizelge 3.30 : Malzeme maliyetinin yıllara bağlı rayiç değerleri(TL).....	85
Çizelge 3.31 : Kaba ve İnce işlerde çalışacak toplam işçi sayısı	89
Çizelge 3.32 : Malatya iklimsel koşulları	90
Çizelge 3.33 : Malatya iklim ve başlangıç tarihine bağlı iş bitiş süresi	90
Çizelge 3.34 : Malatya'da farklı başlangıç tarihlerine göre iş bitiş süresi.....	91
Çizelge 3.35 : Dubai iklimsel koşullara bağlı iş süresi tablosu.....	92
Çizelge 3.36 : Moskova iklimsel koşullara bağlı iş süresi tablosu.....	93
Çizelge 3.37 : Londra iklimsel koşullara bağlı iş süresi tablosu.....	93

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 : Hesaplamaların yapılacağı yapı projesinin kolon, kiriş, döşeme detayı.....	13
Şekil 3.2 : Kolon, kiriş, döşeme ID numaralarının girilmesi ve ölçülendirilmesi.....	14
Şekil 3.3 : Kolon koordinat noktalarının konumu.....	15
Şekil 3.4 : Kolonlara bağlanan kirişler	17
Şekil 3.5 : Kolon etrafı kiriş varlığı ile kaçıklık hesaplaması	19
Şekil 3.6 : Kolon etrafı kiriş kaçıklığı tabloları.....	20
Şekil 3.7 : Döşeme ID tanımlaması ve etrafındaki kolon DN ile komşulukları	23
Şekil 3.8 : Döşemeleri çevreleyen kiriş tabloları	23
Şekil 3.9 : Döşemeye ait sürekli/süreksiz kenar tabloları.....	25
Şekil 3.10 : Döşemeye ait açıklık tabloları	26
Şekil 3.11 : Kirişlere ait açıklık tablosu.....	27
Şekil 3.12 : Basit Kiriş Kesiti.....	29
Şekil 3.13 : Kiriş kalıbı metraj tablosu	30
Şekil 3.14 : Döşeme kalıp planı	31
Şekil 3.15 : Döşeme kalıp metrajı tablosu	32
Şekil 3.16 : Döşeme donatı planı	33
Şekil 3.17 : Döşeme donatı metrajı tablosu	34
Şekil 3.18 : Döşeme ID numarasını seçme listesi	36
Şekil 3.19 : D103 için donatı metrajı tablosu.....	36
Şekil 3.20 : Basit kiriş kesiti	37
Şekil 3.21 : Kiriş için beton metrajı tablosu	38
Şekil 3.22 : Mimari plan projesi.....	39
Şekil 3.23 : Duvar kesiti	40
Şekil 3.24 : Dış duvar metraj tablosu	42
Şekil 3.25 : İç duvar metraj tablosu.....	45
Şekil 3.26 : İç cephe duvar sıva metraj tablosu.....	47
Şekil 3.27 : D102 döşemesi kiriş durumu.....	50
Şekil 3.28 : D102 döşemesi mahal duvar durumu	50
Şekil 3.29 : D102 Y-Sol Duvar kesiti.....	52
Şekil 3.30 : İç cephe duvar sıva metraj tablosu devamı	53
Şekil 3.31 : Mimari plan mahal detayları	54
Şekil 3.32 : D102 Y-Sol duvar kesiti kiriş minhası.....	55
Şekil 3.33 : D102 minha hesaplama tablosu	56
Şekil 3.34 : İç cephe tavan sıva metraj tablosu	57
Şekil 3.35 : D102 döşemesi tavan sıva alanı.....	58
Şekil 3.36 : D102 döşemesi tavan sıvasında duvar İç-Dış durumu.....	58
Şekil 3.37 : Yer döşemesi metraj tablosu	60
Şekil 3.38 : Süpürgelik metraj tablosu.....	61
Şekil 3.39 : Duvar kaplama metraj tablosu.....	63
Şekil 3.40 : Zemin ve Temel metraj özeti tablosu.....	65
Şekil 3.41 : Bodrum ve Normal katlar metraj özeti tablosu	66
Şekil 3.42 : İşçilik ve Malzeme birim fiyat tablosu	67

Şekil 3.43 : Kaba işler adam.saat tablosu	70
Şekil 3.44 : Metraj Özeti donatı metraj tablosu	71
Şekil 3.45 : Poz No ince-kalın donatı birim fiyat tablosu.....	71
Şekil 3.46 : Kaba ve İnce iş planı tablosu.....	73
Şekil 3.47 : Sıcaklığa bağlı verim tablosu	74
Şekil 3.48 : Rüzgar hızına bağlı verim tablosu	74
Şekil 3.49 : İş kalemlerinin haftalık tatil tablosu	76
Şekil 3.50 : Kaba işler Gantt şeması tablosu.....	77
Şekil 3.51 : İnce işler Gantt şeması tablosu	77
Şekil 3.52 : Kaba işler gantt şeması detay tablosu	78
Şekil 3.53 : Kaba işler 14. kat iş ilerleme durumu	79
Şekil 3.54 : Kaba işler 15. kat iş ilerleme durumu	80
Şekil 3.55 : İnce işler zemin kat iş ilerleme durumu	82
Şekil 3.56 : İnce işler aktivite bitiş tarihi.....	83
Şekil 3.57 : Malzeme günlük kullanım tablosu.....	86
Şekil 3.58 : İşçilik günlük sayı tablosu.....	86
Şekil 3.59 : Kaba işlerde zemin katta kullanılacak malzemelerin tablosu	87
Şekil 3.60 : İnce işlerde bazı aktivitelerde kullanılacak malzemelerin tablosu	87
Şekil 3.61 : Kaba işlerde bazı aktivitelerde çalışan işçi sayısı tablosu.....	88
Şekil 3.62 : İnce işlerde bazı aktivitelerde çalışan işçi sayısı tablosu	88

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

BIM	: Building Information Modeling
KYY	: Kritik Yol Yöntemi
GA	: Genetik Algoritma
YGGA	: Yeni Gelişmiş Genetik Algoritma
YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
BIMES	: Building Information Modeling Expert System
D.N.	: Düğüm Noktası
ID NO	: Kimlik Numarası
HP	: Hitchcock problemi
KYM	: Kritik Yol Metodu
PERT	: Program Evaluation And Review Technique
GSYA	: Geçici Sıralı Yönlendirme Algoritması
ÇEA	: Çoklu (Amaçlı) Evrimsel Algoritma
KKO	: Karınca Kolonisi Optimizasyonu
KSA	: Kuş Sürüsü Algoritması
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAPI BİLGİ MODELİ TABANLI İNŞAAT PLANLAMASI YAZILIMI GELİŞTİRİMİ

ÖMER FARUK BULAK

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

101+X sayfa

2021

Danışman: Doç. Dr. Ö. Halis BETTEMİR

Bu çalışmada yapı inşaatında mevcut her iş kaleminin metraj hesabı, yapılan metraja karşılık oluşturulacak ekiplerin adam.saat hesaplamaları, inşaat aşamasında kullanılacak malzemeler, iş süresinin ve buna bağlı olarak her iş kaleminde ekiplerin oluşturulması, gün ve ekip sayılarına bağlı iş programının hazırlanması aşamasında kullanılacak işlemler yapıya ait geometriyi tanıtarak, yapılacak imalatın mevcut malzeme ve ekipman kaynağı ile ilişkilendirilerek formül haline getirilmiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın her yıl mütemadiyen yayınladığı birim fiyat tablosunda belirtilen poz numaralarına bağlı kalınarak tabloda belirtilen malzeme, işçilik ve makine ekipmanı kullanımları her iş kaleminin birim hesabı yöntemi ile yapı inşaatında gereken malzeme, işçilik ve makine ekipmanı miktarları kendi birimlerince hesaplanmıştır. Farklı olarak iş programlarında dikkate alınmayan mevsimsel etki, imalatta çalışacak ekiplerin tatil günleri, imalat gününde mevcut hava koşulları ve Ramazan ayı gibi faktörler dikkate alınarak işçilik verimleri hesaplanmış ve bu verimlerin iş verimine etkisi ile gerçeğe daha yakın iş programı oluşturulmuştur. Belirtilen bu faktörler ışığında inşaatın bitiş süresi ile başlangıç süresi arasında en uygun koşullara göre hesap kabiliyeti geliştirilmiş ve yapı inşaatının tamamlanma süresi gerçeğe nispeten yakın şekilde hesaplanmıştır. Literatürde mevcut olan çalışmalarda mevsimsel etkiye bağlı işçilik verimi ve projede çalışacak ekiplerin tatil günlerinin dikkate alınmadığı görülmektedir. Sonuç olarak iş programı oluşturulurken kaçınılan problemlerin üstüne eğilip gerçeğe en yakın şekilde inşaat projeleri için iş programı ve takibi tablosu modellenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modeli, Optimizasyon, Kritik Yol Yöntemi, Maliyet performans endeksi, İş programı performans endeksi

ABSTRACT

Master Thesis

BUILDING INFORMATION MODEL BASED CONSTRUCTION PLANNING SOFTWARE DEVELOPMENT

ÖMER FARUK BULAK

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

101+X page

2021

Supervisor: Doç. Dr. Ö. Halis BETTEMİR

In this study, the quantity calculation of each existing work item in the building construction, the man-hour calculations of the teams to be formed in response to the quantity made, the materials to be used in the construction phase, the creation of the teams for each work item, the work time and accordingly, the processes to be used in the preparation of the work program depending on the number of days and teams. It has been formulated by introducing the geometry of the product to be made and associating it with the existing material and equipment resource of the production to be made. Adhering to the item numbers specified in the unit price table published by the Ministry of Environment and Urbanization every year, the use of materials, labor and machinery equipment specified in the table was calculated by the unit calculation method of each work item and the amount of materials, labor and machinery equipment required in the construction of the building. On the other hand, labor productivity was calculated by taking into account the seasonal effect, which is not taken into account in the work programs, the holidays of the teams to work in the production, the current weather conditions on the day of production and the month of Ramadan, and a work schedule closer to reality was created with the effect of these yields on the work efficiency. In the light of these factors, the ability to calculate the most suitable conditions between the completion time of the construction and the start time has been developed and the completion time of the construction has been calculated relatively close to the truth. In the studies available in the literature, it is seen that the seasonal effect-related labor efficiency and the holidays of the teams to work in the project are not taken into account. As a result, it has been tried to model the work schedule and follow-up table for construction projects as close to reality by focusing on the problems that were avoided while creating the work program.

Keywords: Building Information Model, Optimization, Critical Path Method, Cost performance index, Work program performance index

1. GİRİŞ

1.1 İnşaat Sürecinin İş Çizelgelemesi, Yönetimi ve Optimizasyonu

İnşaat işlerinde iş programının en iyi hale getirilmesi verimi yüksek işçi ve makine kullanımı ile sağlanır. En düşük inşaat maliyetini sunan optimum proje bitiş süresi planlama ile belirlenir. Ancak malzeme tedarik hızının yetersiz olması, dış etkenler, planlama hataları, yeterli sayıda kaynak temin edilememesi gibi durumlar inşaat öncesi hazırlanan iş programının sapmasına neden olabilir. İnşaat sırasında mevcut iş programının revize edilmesi ve kaynak optimizasyonunun gerçekleştirilmesi şantiye ortamının yoğunluğu dikkate alındığında yüksek başarıyla tamamlanabilecek bir uğraş değildir. Özellikle iş akışının aksadığı ve maliyet artışının görüldüğü durumda oluşan stres ve endişe doğru planlama yapılmasını daha da güçleştirmektedir. Bu sorunun çözümü tüm yazılımların entegre biçimde planlama ve inşaat yönetimi sürecine dahil olmasını sağlayan yapı bilgi modeli ile çözülmektedir. Özellikle son on yılda tasarım, planlama ve inşaat süreçlerini yönetebilen yazılımlar geliştirilmektedir. Yapı bilgi modeli yazılımları olarak adlandırılan bu yazılımlar otomatik metraj, maliyet analizi ve iş programı hazırlama işlevlerini yerine getirmektedir. Literatürde otomatik metraj, görüntüden iş ilerleme raporu hazırlama, yapı denetimi gibi alanlarda yazılımların işlevlerini iyileştiren çalışmalar oldukça yaygındır.

İş programında sürenin de optimize edilmesi gerekmektedir, çünkü planlama aşamasında hedeflenenden daha yavaş bir hızla yürütülen işlerde dolaylı maliyetin yükselmesi ve sözleşmede belirtilen gecikme cezalarının uygulanması sonucu projenin toplam maliyeti önemli ölçüde artar.

Proje planlama çalışması tamamlandığında kullanıcıdan girdi olarak geometrik boyutlarını isteyerek projenin metraj, işçilik, İş planlaması gibi hesaplamaları makrolar vasıtasıyla gerçekleştirip iş programının insan müdahalesi olmadan oluşturan yapı bilgi modeli tabanlı bir sistem geliştirilecektir. Kullanıcıdan girdi isteyerek aktivitelerin nasıl yapılacağına optimizasyon sonucunda karar verilecektir. Böylece planlama ofisinin iş yükü önemli ölçüde azalacak ve insan hatasından kaynaklanan hatalı kararların alınması engellenecektir. Otomasyon desteği ile alınan hızlı kararlar proje maliyetini en aza indirip

proje paydaşlarına yüksek verim, düşük maliyet, kısalan inşaat süresi ve yüksek kalite olmak üzere geniş alanda rekabet avantajı sağlayacaktır. Bu sayede iç pazarda maliyetleri düşecek olan yükleniciler daha düşük fiyatlarla kâr elde edebilecek ve inşaat hizmetleri daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilecektir. Dış pazarda ise Türk müteahhitleri daha fazla uluslararası inşaat projesi alma başarısını gösterebilecek ve daha fazla istihdam oluşturacaklardır.

1.2 Yapı Bilgi Modeli

Tez konusu Yapı Bilgi Modeli uyumlu biçimde oluşturulacak uygulama ile herkesin rahat ulaşabileceği ve mühendislik eğitimi almış birinin kolayca kullanabileceği, inşaat planlanmasının yapılmasını sağlayan yazılımın geliştirilmesidir. Bu nedenle tez çalışması yapı bilgi modeli, planlama, metraj hazırlama, maliyet analizi, iş programının iklim ve tatil günlerinin verime olan etkisi altında optimize edilmesi aşamalarını kapsamaktadır.

Yapı bilgi modeli ABD Ulusal Yapı Bilgi Modellemesi standardında, bir yapının fiziksel ve fonksiyonel öğelerinin dijital bir sunumu olarak tanımlanmış olup yapının fikir aşamasından yıkım aşamasına kadar tüm yaşam döngüsü içerisinde gerçekleşecek karar verme süreçlerinde güvenilir verinin sağlandığı kaynak olarak belirtilmiştir. Yapı bilgi modeli, yapı elemanlarının geometrisi, mekânsal ilişkileri, coğrafi bilgileri, miktarları ve özellikleri, maliyet tahminleri, malzeme envanterleri ve proje çizelgesini karakterize eder. Oluşturulan model tüm bina yaşam döngüsünü göstermek için kullanılabilir (Bazjanac, 2006). Yapı Bilgi Modeli, Bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin sayısal sunumu; yapının tüm özelliklerinin paylaşıldığı bilgi kaynağı; tasarım, yapım, kullanım ve bakım aşamalarında yapının bilgilerinin bir araya getirildiği işbirliği ortamı olarak tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda tez çalışması boyunca veri akışı ve modellemeler yapı bilgi modeli üzerinden sağlanacaktır.

1.2.1 Planlama

Planlama çalışmaları yaygın biçimde kritik yol yöntemi ile gerçekleştirilir. İnşaat projesi birbirine fiziksel kısıtlarla bağlı iş paketlerine ayrılır. İş paketlerinin her biri için ihtiyaç duyulan süre ve personel belirlenir. Bu durumda inşaat projelerinin süre ve maliyet denetimlerinin gerçekleştirilebilmesi için planlamaya kesinlikle ihtiyaç duyulacaktır. Projenin hangi bölümde ve hangi safhada ne tür malzeme ile ve kaç kişi ile yapılabileceği gibi, projenin tahmini bitiş süresini de belirtmeye yardımcı olacaktır.

1.2.2 Metraj hazırlama

Yapıyı oluşturacak tüm faaliyet ve malzemelerin detaylı bir şekilde birimlerine ayrılıp sınıflandırması olarak özetlenebilir. İnşaat projelerinde iş süresi ve maliyet tahmini hesapları ile ekiplerin oluşturulması ve materyallerin sahaya ne zaman getirileceği gibi soruların karşılığını bulabilmesi için yapının keşif ve gerçek metrajları önceden hazırlanır. Planlama safhası daha somut verilerle icra edilebilir ve yapılan işlerin hak ediş bedellerini gerçeğe yansıtarak maliyet problemindeki aksaklıkların önüne geçerek proje risklerini azaltacaktır.

1.2.3 Maliyet analizi

Yapılacak işin maliyet analizi yapılırken kaç takvim gününde tamamlanacağı inşaat simülasyonu ile hesaplanmakta ve buna göre dolaylı maliyetler ve fırsat maliyetleri de hesaplanıp direk maliyetlere eklenmektedir. Böylece inşaat projesinin toplam maliyeti belirlenecek ve planlamacı toplam maliyeti göz önüne alarak işçi ve makine sayılarını en düşük maliyetli olacak şekilde düzenleyebilecektir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Feng, Liu, ve Burns, (1997) Genetik Algoritma (GA) ile zaman maliyet ödünleşim problemini optimize etmişlerdir. Kritik Yol Yöntemini (KYY) kullanarak, genel proje maliyetini, proje süresini etkilemeyecek şekilde kritik olmayan faaliyetler için daha ucuz kaynaklar kullanılarak azaltılabileceğini, Doğal seleksiyon ve üreme genetiğine benzeyen GA ile çoğu problemi çözmeye başarılı olup optimal çözümler için etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Li ve Love (1997) çalışmalarında temel GA için birkaç iyileştirme sunup, geliştirilmiş GA ile gerçekleştirilen optimizasyonun hesaplama maliyetlerini azalttığını ve en uygun çözümleri aramanın verimliliğini önemli ölçüde artırdığını belirlemiştir.

Shahsavari Pour vd. (2012) yönetici tarafından alınacak risk oranını hesaba katarak Yeni Gelişmiş Genetik Algoritma (YGGGA) yöntemini önerdiler. YGGGA her ne kadar Genetik algoritmaya benzer olsa da GA aksine girdi değişkenleri sayılar yerinde kelimeler olup alınan risk miktarıyla birlikte proje-uygulanabilirliğinin gerçek sonuçlarına yakınsayan bir sonuç vermektedir.

Peter Demian ve David Walters (2014) Yapı Bilgi Modeli'nin (YBM), hükümetler ve inşaat uzmanları tarafından inşaat endüstrisindeki sorunlara çözüm sunması için geliştirildiğini ve YBM'nin sağladığı faydalar konusunda araştırma yapılması gerektiğini belirtmiştir. YBM'nin bir inşaat ekibi içindeki bilgileri iletmek için etkin bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamış ve prefabrik beton üretim tesisinin bir örnek çalışmasını yapmışlardır. Çalışma sırasında, tesis dört kamu sektörü projesi için prekast birimler tedarik edilmiş ve e-posta, bir inşaat projesi extranet aracı, bir Kurumsal Kaynak Planlama sistemi ve yeni bir YBM tabanlı sistem olmak üzere dört bilgi yönetimi sistemi kullanılmıştır. Dört medya üzerinden bilgi akışı, projeler ilerledikçe ölçülüp görselleştirilmiştir. Bilgi akışının bu nicel ölçümü, tesis personeli ile yapılan görüşmelerden elde edilen nitel verilerle birleştirilmiştir. YBM tabanlı sistemin tanıtımının, bina modeli boyunca ve extranet sisteminden uzağa bilgi akışını yönlendirdiği bulunmuştur. E-posta kullanımının büyük oranda etkilenmediği tespit edilmiştir. YNM, zamanında ve uygun bilgi alışverişini önemli ölçüde daha doğru yapmıştır. YBM'nin faydalarından bazılarını bilgi yönetimine ölçmenin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır. Bu araştırma, gelecekteki araştırmalar için bina

modelleri ile daha yakından bağlantılı daha fazla inşaat projesi bilgisinin yönetimine yol açmaktadır.

Lee vd. (2015) YBM uyarılarını inşaat sınıfı açısından incelemek için Pareto analizini uygulamayı önermektedir. Kaliforniya eyaletinde gerçekleştirilen üç sağlık projesinden toplanan verilere dayanarak yapılan analiz 25-80 kuralının vaka projeleri ve tasarım aşamaları için geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Dikkate değer olan diğer iki bulgu şunlardır: (1) yalnızca şematik tasarım aşaması, 25-80 arasındaki farklı bir Pareto kuralının yanı sıra, benzersiz amacı nedeniyle diğer tasarım aşamalarından gelen uyarı düzenini belirtir ve (2) bireysel tasarım ekiplerinin kararları, uyarı türleri düzeninde büyük bir değişkendir. Son olarak, etkin YBM uyarı yönetimi uygulamalarını desteklemek için öğrenme eğrisi teorisine dayanarak uyarı düzeltmeleri için zaman tahmini önerilmiştir. Bu çalışmada sunulan sonuçların ve uyarı sınıflandırmalarının, büyük ve karmaşık projelerde yer alan tasarım ekiplerinin tasarım yönetimi ve modelleme uygulamalarına katkıda bulunması beklenmektedir.

Alan White (1985) Kritik Yol Yöntemi'nin varsayımlarından biri, her görevin mümkün olan en erken başlangıç zamanında başlayabilmesi için sınırsız kaynak bulunabileceğini belirtir. Halbuki bu durum pratikte nadiren olur. Şantiye düzeyinde kritik yol programları, ağ mantığını belirleyen bilinen bir kaynak kullanılabilirliğinden oluşturulur. Bu şekilde üretilen iş programları, teknolojik ilişkileri modelleyen ve ardından kaynak kısıtlamaları için ayarlamalar yapan iş programlarından farklıdır. Kaynak tabanlı bir ağın etkinlik tabanlı bir ağdan daha rasyonel olacağı umuluyordu. Ancak, kaynak tabanlı ağın en verimli çözümü sağlayacağına garanti yoktur. Çizelgeleme matematiğinin kombinatoryal matematiğindeki gelişmeler ölçülebilecek verimsizlik derecesini sağlar. Şantiye düzeyinde, bu konular önemsiz olma eğilimindedir.

Yıldırım ve Bettemir (2017) çok katlı bina inşaatlarının kaynak kısıtları altında en kısa sürede inşaatın bitirileceği biçimde doğrusal iş programını oluşturan hesap tablosu uygulaması geliştirerek kaynak kısıtlı iş programı probleminin doğrusal iş programı ile çözümünün kolaylaştırılmasını sağlamıştır. Bina inşaatının kaba ve ince işlerinin istenilen sürede tamamlanması için gereken personel sayıları sistematik biçimde hesaplanarak doğrusal iş programı oluşturulmuştur. Tüm aktivitelerin kesintisiz ve mekânsal çakışma olmayacak biçimde yürütülmesi sağlanmış ve işin tamamlanma süresi hesaplanmıştır. Temin edilebilen farklı işçi grupları üzerindeki kısıtlamalar, inşaatta çalışabilen toplam işçi sayısı ve belirli mekânda çalışabilecek toplam işçi sayısı kısıtlarının ihlal edilmeden en kısa sürede işin tamamlanacak biçimde doğrusal iş programının revize edilmesi sağlanmıştır. Bu sayede hem işin en kısa sürede tamamlanması sağlanmış olup hem de hesaplamalar sistematik hale getirilip planlama ofisinin iş yükü önemli ölçüde azaltılmıştır.

Fox ve Hietanen (2007) Finlandiya'da kuruluşların mevcut ve planlı kurumlar arası YBM kullanımını araştırdı. Otomatik, bilgi ve dönüşüm etkilerini mümkün kılmak için YBM'lerin kurumlar arası kullanım potansiyeli incelendi. Bulguların genellenebilirliği en az üç faktörle sınırlandırılmıştır. İlk olarak, araştırma sadece 20 örgüt içermektedir. İkincisi, araştırma bir ülkede yapıldı. Üçüncüsü, araştırma katılımcıları daha önce YBM'lerin kurumlar arası kullanımına katkıda bulunabilecek beceriler geliştirmişti. Bu sınırlamalara rağmen, bulguların dikkate alınması, otomasyonel, bilgi verici ve dönüşümsel etkilerin elde edilmesinde çok az sayıda temel engel olduğunu göstermektedir.

Yücel ve Bettemir (2017) iş programını sistematik biçimde oluşturan bir hesap cetveli geliştirerek her aktivite için farklı tamamlanma sürelerinin ve maliyetinin insan müdahalesi olmadan hesaplanmasını sağlamıştır. Hesap tablosu uygulaması üzerine makro yazılarak toplam işçilik giderleri ve genel giderlerinin en düşük düzeyde tutulması sağlanmıştır. Düzenlenen makro, kullanıcının optimizasyon ve genetik algoritma üzerinde bilgi sahibi olmasını gerektirmeden belirlenen alternatifler arasından en düşük toplam proje maliyeti ile işin gerçekleştirilmesini sağlayan iş programı oluşturarak planlama ofisinin iş yükünü önemli ölçüde düşürmektedir. Bu çalışma sonucu geliştirilen hesap tablosu uygulamasını kullanacak müteahhitlerin toplam maliyetini en aza indirerek kârlarını en üst düzeye çıkarabilmeleri sağlanmıştır.

Demirdöven ve Arditi (2014) doğru yazılım araçlarının ve platformlarının seçimi ile en verimli YBM ortamının oluşturulması için BIMES (Building Information Modeling Expert System) tasarlanmıştır. YBM Uzman Sistemi olarak tanımlanan bir sistem geliştirilmiştir. İnşaat firmalarının YBM beklentilerini belirlemek, var olan YBM araçlarının değerlendirilmesini sağlamak ve belirlenen ihtiyaçlara yanıt veren en uygun YBM ortamının oluşturulması amaçlanmıştır.

Barak vd. (2009) yerinde dökme betonarme yapıları için YBM sistemlerinin geliştirilmesine özgü fonksiyonel gereksinimleri tanımlamıştır. Yapısal çelik ve prefabrik beton yapı için olgunlaşmış YBM yerinde dökme betonarme yapıların üretim modellemesi için uygun olmadığını belirtmiştir. Temel sebep, yerinde dökme yapılarının, tipik olarak çelik ve prekast olan ayrı nesnelerin aksine doğada monolitik olmasıdır. 12 büyük müteahhit ve tasarım firmasından oluşan bir konsorsiyum, yerinde betonarme için bir YBM aracının geliştirilmesine yönelik fonksiyonel gereksinimleri formüle etmek için bir yıllık bir süre boyunca işbirliği yaptı. İşlevsel gereksinimler, betonarme tasarım ve üretimi çevreleyen süreçleri kapsamak ve anlamak için kullanılan bir süreç modelinden

türetilmiştir. İşlevsel gereksinimleri nihayet ihtiyaç duyulan ilişkileri, yöntemleri ve nitelikleri tanımlayan bir dizi nesne şeması olarak ifade edilmiştir. Bu aşama yerinde dökme yapıların inşaat modellemesinin yapılabilmesi için yazılım şirketlerinin YBM araçlarına dâhil etmeleri gerekli öznelikleri ortaya koymuştur.

Becerik-Gerber ve Rice (2010) YBM'nin süreç iyileştirmeleri ve yeniliklerle ilgili tutarlı bir maliyet-fayda kıyaslaması yapmıştır. Maliyet avantajı bilgisi, kendi faaliyetlerinde doğrudan fayda sağlama fırsatı olduğundan inşaat endüstrisindeki profesyonellerin yeni teknolojileri benimsemeleri için en önemli itici güçlerden biridir. Çalışmada 2009 baharında gerçekleştirilen, endüstri çapında bir çevrimiçi anketten elde edilen bulgular sunulmuştur. Anket özellikle proje düzeyinde YBM kullanımıyla ilgili maddi faydalar ve maliyetler üzerine odaklanmaktadır.

Howard ve Björk (2008) Yapı bilgi modelinin amacına dair en az otuz yıldır var olmuş ve Endüstri Hazırlık Sınıflarının on yıllık gelişimine kadar çeşitli standartlar yayınlanmıştır. Bunlar araştırmacılar, yazılım geliştiriciler ve standart komitelerinden girişimler olmuştur. Artık büyük mülk sahipleri IT araçlarını belirli uygulamalardan daha kapsamlı çözümlere taşımalarının avantajlarından haberdar oluyorlar. Bu çalışma, YBM'nin durumuna ve bunların daha yaygın olarak kullanılması için gerekli koşullara değinmektedir. Birkaç uluslararası uzmandan gelen bilgilere dayanan nitel bir çalışmadır ve YBM'nin uygulanabilirliği, başarıları için gerekli koşullar ve standartların IFC'lere atıfta bulunularak standartların rolü hakkında bir dizi soru sormuştur. Bazı kilit ifadeler alınan çeşitli cevaplardan damıtılmış ve YBM çözümlerinin birçokları için çok karmaşık görüldüğünü ve başlangıçta sınırlı alanlarda uygulanması gerekebileceğini göstermektedir. YBM ile ilgili standartlar genel olarak desteklenir, ancak titizlikle uygulanmaz. YBM'nin avantajları olarak kullanılan bina satın alma yöntemlerine bağlı olması ve bilgileri yönetmek için proje ekibinde özel rollerin olması gerekliliği gösterilebilir. Başarılı projelerin vaka çalışmaları ile desteklenen standartların sunulması için bir çerçeve, bina projelerinde belirli YBM standartlarının ve çözümlerinin nerede uygulanması gerektiği hakkında daha iyi bilgi sağlamak için önerilen çözümdür.

Eadie vd. (2013) YBM uygulaması yoluyla inşaat sürecinin tüm aşamalarında önemli kazanımların sağlanabileceğini belirtmiştir. YBM kullanıcılarının ankete verilen 92 yanıt aracılığıyla, işbirliği yönlerinin en yüksek olumlu etkiyi yarattığını göstermektedir. YBM, yazılıma ve eğitime yatırım yapılmasını zorunlu kılmakta, ancak küçük uygulamalar bundan hariç tutulabilir.

Love vd. (2009) tekrar yapımı, inşaat projelerinde aşılın maliyet ve süreye önemli bir etken olarak belirlenmiştir. Tekrar yapımı inceleyen önceki çalışmalar sınırlı veri kümelerine dayanmakta ve dolayısıyla kilit belirleyiciler hakkında genellemeler yapılmasından kaçındığı için önemli bulgular ortaya koyamamaktadır. 260 tamamlanmış bina ve inşaat mühendisliği projelerinden elde edilen verileri kullanarak; müşteri odaklı değişiklikler, saha yönetimi ve taşeronlar ve proje iletişim yollarının tekrar yapım maliyetlerine istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğunu ortaya koydu. Analiz, kalite yönetimine dikkat edilmemesinin, örneklenen projelerde daha yüksek yeniden işleme maliyetleriyle sonuçlandığını doğruladı. Ayrıca, inşaat ve inşaat mühendisliği projeleri arasında yaşanan doğrudan ve dolaylı yeniden yapım maliyeti ve uygulanan proje yönetimi uygulamalarının etkinliği açısından anlamlı bir fark olmadığı belirlendi. Bulgular dikkate alındığında, inşaat ve inşaat mühendisliği projelerinde görülme sıklığını azaltmak için genel stratejilerin geliştirilebileceği önerilmektedir.

Love vd. (2011) tasarım hataları ile inşaat ve mühendislik projelerinde tekrar yapımı araştırmış, normatif literatüre ve yazarların fenomenolojik araştırmalarına atıfta bulunularak tanımlamıştır. Tasarım hatalarını azaltmak için sistemik bir model sunmuş ve YBM'nin etkinleştirici rolünü tartışmış ve süreç yenilikleriyle bir araya getirilmiş bir destekleyici olarak kullanıldığında, projelerin performansını önemli ölçüde geliştirebileceğini belirlemiştir.

Azhar vd. (2012) N Boyutlu Modelleme veya Sanal Prototip Teknolojisi olarak da adlandırılan YBM, Mimarlık-Mühendislik-İnşaat (AEC) endüstrisini hızla yeniden şekillendiren devrimci bir gelişme olarak tanımlamıştır. YBM hem teknoloji hem de süreçtir. YBM'nin teknoloji bileşeni, proje paydaşlarına, olası herhangi bir tasarım, inşaat veya işletme sorununu tanımlamak için benzetilmiş bir ortamda neyin inşa edileceğini görselleştirme konusunda yardımcı olmaktadır. Süreç bileşeni yakın işbirliğini mümkün kılar ve tüm paydaşların rollerinin bir projeye entegrasyonunu teşvik eder. Azhar vd. temel kavramlara, proje yaşam döngüsündeki uygulamalara ve vaka incelemeleriyle proje paydaşlarına faydalarına odaklanan YBM'ye genel bir bakış sunmuştur. Ayrıca YBM uygulamasının ve gelecekteki eğilimlerin risklerini ve engellerini de ele almıştır.

Bortoluzzi vd. (2019) YBM'nin değerli tesis yönetimi aracı olarak da kullanılabilirliği halde mevcut YBM'yi geliştirmek için gereken kaynaklar, tesis yönetimi özellikli YBM'nin benimsenmesinde bir engel olduğunu belirtmiştir. Tarama teknolojilerini kullanarak geometrik olarak karmaşık modeller oluşturmak için önemli gelişmeler yapılmıştır, ancak sonuçta ortaya çıkan modeller genellikle oldukça büyüktür ve önemli

hesaplama kaynakları gerektirdiği belirtilmiştir. Bortoluzzi vd., enerji simülasyonu ve günlük bina operasyonları ve tesis yönetimi için gerekli olan önemli çeşitlilik ve veri hacminin entegrasyonu için yeterli geometriye sahip semantik açıdan nitelikli YBM geliştirmek için 2D zemin planlarını ve yükseklik çizimlerini kullanan otomatik bir işlem sunmaktadır. Önerilen yaklaşım, hem model oluşturma hem de bakım için gerekli kaynakları en aza indirerek, başlangıçtaki YBM oluşturulmasını mevcut bina çizimleri üzerinde mevcut olan detay seviyesine uyacak şekilde sınırlandırırken, gelecekteki bir tarihte karmaşık geometriyi dâhil etme esnekliğini sağlar. Bu yaklaşım kullanılarak iki örnek çalışma, bir dizi üniversite kampüsü binası ve bir sağlık eğitimi tesisi oluşturulmuş ve sonuçta ortaya çıkan model oluşturma hızı, doğruluk ve elde edilen kalite, sınırlamalar ve gelecekteki süreç iyileştirmeleri ile birlikte ele alınmıştır.

Taylor ve Bernstein (2009) YBM veya parametrik üç boyutlu bilgisayar destekli tasarımları sayısız teknolojik perspektiften incelemişlerdir. Bu çalışmaların çoğu, proje bilgi ağları arasında yapı bilgi modelleme teknolojilerinin birlikte çalışabilirliğini incelemeye veya geliştirmeye odaklanmaktadır. Teknolojik birlikte işlerliği tamamlaması gereken iş uygulamalarının birlikte çalışabilirliği büyük ölçüde göz ardı edilmiştir. Proje ağlarında bina bilgi modellemesi uygulama paradigmasını incelenmiştir. YBM araçlarını kullanarak 26 belirli firma vakasını araştırmak için nitel ve nicel verileri ve analitik yaklaşımları birleştirilerek dört farklı uygulama paradigması tanımlamakta ve daha sonra proje ağlarında bilgi modelleme uygulaması paradigma yörüngelerini oluşturmak için evrimsel bir model ortaya koyulmuştur. Bulgular, bilgi modellemenin faydalarından yararlanmak için kurumlar arası iş uygulamalarını anlama ve geliştirmenin önemini vurgulamaktadır.

Sacks, vd. (2010b) mimari ön imalatlı cephelerin tasarım ve inşasında YBM kullanımını ve ürün veri alışverişini inceledi. 16 katlı bir ofis binasının cephe panelleri geleneksel CAD kullanılarak tasarlanıp üretilirken, YBM araçları kullanılarak bağımsız olarak paralel bir iş akışı gerçekleştirildi. Mevcut yazılımla prekast cephe parçalarının tasarımı ve detaylandırılmasında herhangi bir sınırlama yaşanmamıştır. Aynı çizim setinin üretimi, CAD işlemine göre %57 daha verimli olmuştur. Ancak, mimari ve prekast mühendislik sistemleri arasındaki veri alışverişlerin eksik ve tutarsız olduğu belirlendi ve YBM değişim standartlarına duyulan ihtiyacı doğruladı. Mevcut Endüstri Vakfı Sınıfları şeması (IFC sürüm 2x3), prekast özellikli varlık ve özellik kümelerinden yoksundur. Zorlukların çoğunluğu, değiş tokuş edilen nesnelere için anlamsal anlamın tercümesinde bir kayıpla takip edilebilir.

Amin Zeinalzadeh (2011) endüstri makineleri üreten bir firma üstünde yaptığı bir çalışmada az sayıda aktivitelerden oluşan bir sürecin her ne kadar deneme-yanılma yoluyla optimum yapım planlamasının hesaplanması mümkün olsa da inşaat gibi çok sayıda aktivite içeren projelerin bilimsel yollarla planlanmasının daha uygun olacağını göstermiştir.

1956 yılında L. R. Ford ve D. R. Fulkerson 1941'de Frank L. Hitchcock tarafından formüle edilmiş olan Hitchcock problemini akış algoritmasını kullanarak çözdüler. Hitchcock problemi (HP) çoklu kaynak alternatifine ve birden fazla uygulama seçeneğine sahip uygulamaların en az maliyetli alternatifin belirlenmesine yönelik bir çalışmadır. Aynı yılda yürüttüğü bir çalışmada Fulkerson, HP'de kullanılan yöntemi, her bir aktiviteye bir matematiksel ifade atayarak nakliye ve işçi-saat problemlerinde kullanılabileceğini gösterdi. Yaptığı çalışmada n adet işçi(i) ve n adet işin(j) olduğunu varsayıp (i) işçisi tarafından yapılacak olan (a_{ij}) işine bir uygulanabilirlik derecesi atayıp GA'yı kullanarak minimum maliyete sahip yapım alternatifini saptamaya çalışmıştır.

Kelley ve Walker (1959) yaptığı bir çalışmada zaman maliyet ödünleşim problemini, kritik yol metodu (KYM) adı altında geliştirdikleri tekniği kullanarak UNIVAC I, 1103A ve 1105 model bilgisayarlarında PERT (Program Evaluation and Review Technique) sistemi yardımıyla çözmeye çalıştılar. Her bir aktivitenin birden fazla alternatife sahip olduğunu göz önüne bulundurup alternatiflere hayatta kalma olasılığı atayarak maliyet eğrisi ve Genetik Algoritma (GA) yardımıyla optimum iş bitiş süresini saptayan PERT olarak bilinen hesap sistemini geliştirdiler. PERT deneme amaçlı \$10.000.000 yapım maliyetine sahip bir kimyasal tesis yapım planlamasında kullanıldığında süreden yaklaşık 2 ay tasarruf edilmiştir.

Murray (1963), İstatistiksel hesaplamalardan oluşan kritik yol metodunda bir ağ içinde herhangi bir alternatif yoldan belli bir noktaya (aktiviteye) ulaşma zamanı inşaat projelerinde optimum seçenek olarak bilinen kritik yoldan aynı noktaya ulaşma zamanıyla aynı istatistiksel dağılımına sahip olduğunu varsaymıştır. Daha sonra Clark (1961) bu yolların normal değişkenler olup eşit olmayan varyans ve ortalama değerlerine sahip olduğunu belirtmiştir. Clark varsayımı bu değişkenlerin en büyük değer dağılımı normale yakın bir değer olduğunu kabul etmiştir.

Ravi Shankar vd. (2010) KYM'dan farklı olarak GSYA (Geçici Sıralı Yönlendirme Algoritması) uygulaması yardımıyla yenilenebilir kaynak ve kalite sınırlamalarını kullanan yeni KYM geliştirdiler. Fakat yaptıkları analiz sonucu aynı kalite ve kaynak

kısıtlamalarına sahip bir projen üstünde Geleneksel KYM tarafından önerilen çözümün daha az maliyetli olduğu görülmüştür.

Meyer ve Shaffer (1965) ZMÖP'ün çözümü için karma tamsayı programlaması kullanmıştır. Daha sonra Moussourakis ve Haksever 2004 yılında yaptıkları analizde dolaylı maliyeti göz önünde bulundurarak esnek bir tamsayı modelini sundular. Sundukları modelde zaman-maliyet fonksiyonunun türü ile ilgili minimal varsayımlar kullanıldı. Ağ için belirli bir notasyon sisteminin olmadığını varsayarak, bu model parçalı doğrusal, doğrusal veya ayrık olan fonksiyonları ele almıştır. Bu yaklaşımda doğrusal olmayan sürekli fonksiyonlar parçalı doğrusal olarak ifade edilmektedir. Bu modelin optimum projenin toplam maliyetini en aza indirmektedir. Ayrıca, algorithmada ufak bir değişiklik yapıp bütçe kısıtlamasına göre toplam maliyet minimuma düşürebilir. Başka bir yaklaşımla, bu model planlama aşamasında birkaç birbirinden farklı senaryoları ölçmede yardımcı olabilmektedir.

J. Magalhães-Mendes (2015), Gen and Cheng'in (1999) yaptığı çalışmadan esinlenerek Mendes'in (2015) kullandığı alternatif değerleri yardımıyla GA'yı kullanarak daha etkili bir sezgisel zamanlama metodu geliştirmiştir. Bu yaklaşımın Genetik Algoritma, İş planlama şematiği ve Rastgele anahtar varyant optimizasyonu olarak adlandırılan yerel arama prosedürünü birleştirip çok amaçlı optimizasyon problemlerinde en cazip alternatifin bulunmasında yardımcı olacağı düşünülmüştür.

Afshar vd. (2008) Belirsiz ortamlarda ZMÖP dengesi optimizasyonu için Dominant Olmayan Sıralama Genetik Algoritması (DOSGA) olarak adlandırılan faaliyetlere belirsiz mantık temelli yaklaşımını araştırmışlardır. Aynı zamanda proje yöneticisine, belirsiz mantık teorisinde α -cut metodunu kullanarak kabul edilen risk ölçümüne bağlı olan farklı dominant çözümleri veya pareto çözümlerine sahip olmasının yolunu açar (Haque, 2012). Fakat bu model pratik problemin belirsizliğini tam olarak karşılayamamaktadır.

Santosh Mungle (2014), çalışmasında portföy yaklaşımıyla (portfolio approach) birden fazla algoritma kullanarak ayrık zaman maliyet ödünleşim problemi (AZMÖP)'ini çözmeyi başardı. Yaptığı çalışmada Kuvvetli Pareto evrimsel Algoritması, Dominant olmayan sıralama genetik algoritması, Pareto arşiv evrimsel stratejisi ve Niche Pareto Genetik Algoritması gibi çoklu-amaçlı evrimsel algoritma (ÇEA)'ları kullanarak AZMÖP'lerine ürettiği çözüm başka algoritmaların çözümleriyle kıyasen tüm karşılaştırma örneklerinde daha hızlı ve daha üstün kaliteye sahip olduğu görülmüştür.

Siemens (1971) Siemens yaklaşımı adı altında geliştirdiği sezgisel mantık ve analize dayanan Metodunun (SYM) ZMÖP'lerinde hem manuel hem de bilgisayar destekli

hesaplamlarda kullanılabileceğini göstermiştir. SYM, Konveks nonlinear ZMÖP problemlerini, proje ek maliyetini en aza indirmek için, seçilen aktivitelerin zamanını azaltmak amacıyla bir dizi kuralları deneyen çoklu eğrisel yaklaşımlar yaparak çözebilmektedir.

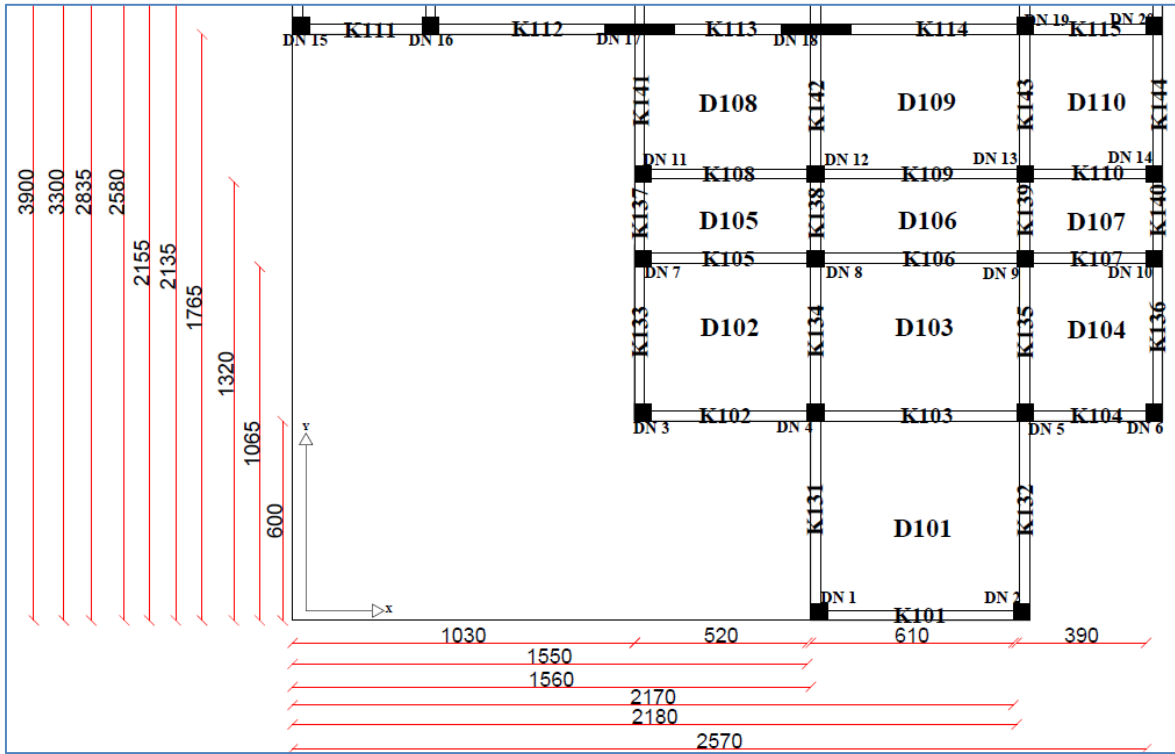
İlk olarak Clorni vd. tarafından (1991), çoklu ZMÖ problemlerin analizinde daha etkili olabilecek Karınca Kolonisi (KK) yöntemi karınca davranışından esinlenerek sunulan KK yöntemi karınca-yoğunluğu, karınca-miktarı ve karınca-çevrimi olarak adlandırılan 3 algoritmadan oluşmaktadır. Clorni'nin yaptığı analiz sonucu, KK'nin ZMÖP'ün optimal çözümünün elde edilmesinde etkili olabileceği görülmüştür.

Haque ve Hasin (2012) belirsiz koşullar altında, belirsiz zaman periyotları altında ZMÖP'ü çözmek için gerçekçi bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Gerçekçi, üçlü belirsiz sayıları ve belirsiz mantık teorisinde α -cut metodu ile problem modellenip arama aracı olarak Genetik Algoritma (GA) kullanılmıştır. Dev-C++ 4.9.9.2 programı ile kodlanan bu çözümünün analizi sonucu en uygun değerlerinin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Aminbakhsh vd. (2017) yaptığı çalışmalarında ZMÖP'nin çözümü için Kuş Sürüsü Algoritması'nı (KSA) uygulamıştır. KSA algoritması kullanılarak zaman ve maliyet bir arada minimize etmekte ve ZMÖP için optimum çözümlmesine olanak sağlamaktadır.

Altun vd. (2014) tarafından, genetik Algoritma (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) algoritmaları gibi sezgisel üstü yöntemlerle klasik metotları dikkate alarak sunulan, Yapay Arı Kolonisi (YAK) algoritması kullanılarak ZMÖP'de düşük fonksiyon değerlendirme sayısı ile optimum değerlere ulaşılmıştır.

Şekil 3.1’de projenin en alt uç noktaları düzlemde birleştirilip referans 0 noktası kabul edilmiştir (Şekil 3.2) Bu referanstan kolon sol alt köşelerine ölçülendirilerek veri girişi sağlanmıştır.



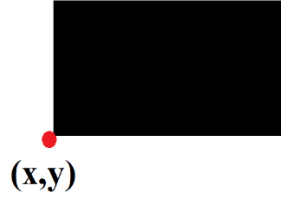
Şekil 3.2 : Kolon, kiriş, döşeme ID numaralarının girilmesi ve ölçülendirilmesi.

Kolon konumlarının ve boyutlarının ölçülendirilip ID numaralarının girilmesinin ardından verileri excel dosyasında tablo halinde oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1 : Kolon ID numaralarının tablo haline getirilmesi.

DN	X	Y	DN	X	Y	DN	X	Y
1	1560	0	14	2570	1320	27	0	2580
2	2170	0	15	0	1765	28	390	2580
3	1030	600	16	390	1765	29	1020	2580
4	1550	600	17	940	1765	30	1540	2580
5	2180	600	18	1470	1765	31	0	2835
6	2570	600	19	2180	1765	32	390	2835
7	1030	1065	20	2570	1765	33	1020	2835
8	1550	1065	21	0	2135	34	1540	2835
9	2180	1065	22	390	2135	35	0	3300
10	2570	1065	23	940	2155	36	390	3300
11	1030	1320	24	1470	2155	37	1020	3300
12	1550	1320	25	2180	2135	38	1540	3300
13	2180	1320	26	2570	2135	39	400	3900
						40	1010	3900

Çizelge 3.1’de belirtildiği üzere sırasıyla projede bulunan 40 adet kolonun referans 0 noktasına koordinat düzleminde sol alt noktalarının koordinatları veri girişi olarak kaydedildi. Düğüm noktalarının x ve y koordinatları cm biriminde girilmiştir. Şekil 3.3’te kolonun koordinat noktalarının belirlendiği sol alt köşe belirtilmiştir.



Şekil 3.3 : Kolon koordinat noktalarının konumu.

Kolon verileri girildikten sonra Kiriş yapı elemanına ait veriler sırasıyla belli kurallar çerçevesinde hesap tablosu uygulama dosyasına girilir. İlk olarak kirişin bağlı olduğu iki kolonun Düğüm Noktası (DN) evvelinden numaralandırıldığı hali ile belirlenip veri girişi olarak girilir. Ardından yapı tasarımında belirlenen kiriş genişliği ve kiriş kalınlığı değerleri tabloya girilir.

Kirişin bağlı olduğu kolonların ID numaraları DN olarak adlandırılmaktadır. Belirtilen düğüm noktası numaraları yapı projesinin en alt sol kısmında bulunan ilk kolondan başlayıp soldan sağa doğru ilerleyerek aynı X koordinatı olan son kolona kadar müteakiben numaralandırıp sağda kolon kalmayınca bir üst kısımda en yakın Y koordinat değerine göre numaralandırma devam edecektir. Böylece tüm kolonlara DN değerleri tanımlanır.

Bu aşamanın ardından Kiriş ID numaraları olarak tanımlanan veri girişleri sağlanarak kirişlerinin numaralandırılması yapılır. Numaralandırma evvela X doğrultusunda olan kirişlerden başlanarak tekrar yapının en alt sol kısmında bulunan kirişten başlanarak müteakip kirişler ID değerleri belirlenir X yönündeki kirişler son bulunca tekrar yapının en alt kısmından başlanarak Y yönünde olan kirişlere numara verilerek kiriş ID değerleri tanımlanmış olur.

Çizelge 3.2’de gösterildiği üzere kiriş numaraları K101 ile başlayıp K164 ile son bulmuştur. Yapıda toplamda 64 adet kiriş mevcuttur. Bu kirişlerin kalınlığı ve genişlik değerleri tasarım aşamasında yük analizleri üzerlerine gelecek moment değerlerine göre boyutlandırılmış olup bunlar sabit değerlerdir.

Başlangıç ve Bitiş DN belli olan kirişlerin açıklık değerlerini hesaplayabilmek için birkaç veriye daha ihtiyaç vardır. Bu veri girişleri de sağlandıktan sonra kiriş açıklıkları formül ile kodlanıp otomatik olarak hesaplanacaktır.

Çizelge 3.2 : Kiriş yapı elemanının verileri.

Kiriş ID	Başl. DN	Bitiş DN	Genişlik	Kalınlık	Kiriş ID	Başl. DN	Bitiş DN	Genişlik	Kalınlık
K101	1	2	30	60	K133	7	3	30	60
K102	3	4	30	60	K134	8	4	30	60
K103	4	5	30	60	K135	9	5	30	60
K104	5	6	30	60	K136	10	6	30	60
K105	7	8	30	60	K137	11	7	30	60
K106	8	9	30	60	K138	12	8	30	60
K107	9	10	30	60	K139	13	9	30	60
K108	11	12	30	60	K140	14	10	30	60
K109	12	13	30	60	K141	17	11	30	60
K110	13	14	30	60	K142	18	12	30	60
K111	15	16	30	60	K143	19	13	30	60
K112	16	17	30	60	K144	20	14	30	60
K113	17	18	30	60	K145	21	15	30	60
K114	18	19	30	60	K146	22	16	30	60
K115	19	20	30	60	K147	23	17	30	60
K116	21	22	30	60	K148	24	18	30	60
K117	22	23	30	60	K149	25	19	30	60
K118	23	24	30	60	K150	26	20	30	60
K119	24	25	30	60	K151	27	21	30	60
K120	25	26	30	60	K152	28	22	30	60
K121	27	28	30	60	K153	29	23	30	60
K122	28	29	30	60	K154	30	24	30	60
K123	29	30	30	60	K155	31	27	30	60
K124	31	32	30	60	K156	32	28	30	60
K125	32	33	30	60	K157	33	29	30	60
K126	33	34	30	60	K158	34	30	30	60
K127	35	36	30	60	K159	35	31	30	60
K128	36	37	30	60	K160	36	32	30	60
K129	37	38	30	60	K161	37	33	30	60
K130	39	40	30	60	K162	38	34	30	60
K131	4	1	30	60	K163	39	36	30	60
K132	5	2	30	60	K164	40	37	30	60

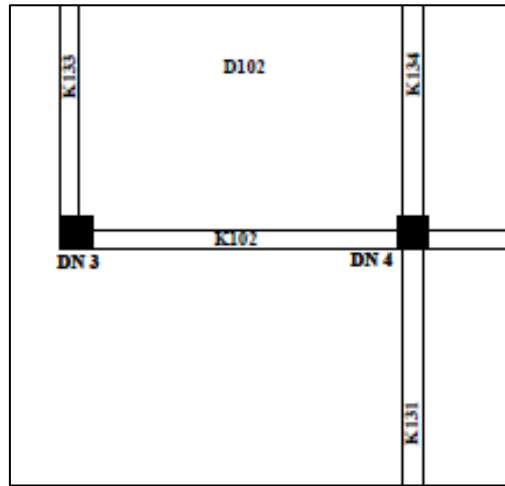
Kolon ve Perde boyutları tasarım aşamasında belirlendikten sonra veri kısmına manuel olarak girişi sağlanmaktadır. Yapıdaki perde yapı elemanı da kolon olarak kabul edilip tasarım yük hesabı olmadığından kolon kabul edilip boyutları dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.3'te kolonların DN numarasına göre X ve Y yönü olarak boyutları girilmiştir. Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.3 verileri kullanılarak tüm kolonların köşe koordinatları hesaplanmıştır.

Çizelge 3.3 : Kolon ve perde boyutları.

DN	X	Y	DN	X	Y
1	50	50	21	50	50
2	50	50	22	50	50
3	50	50	23	210	30
4	50	50	24	210	30
5	50	50	25	50	50
6	50	50	26	50	50
7	50	50	27	50	50
8	50	50	28	50	50
9	50	50	29	50	50
10	50	50	30	50	50
11	50	50	31	50	50
12	50	50	32	50	50
13	50	50	33	50	50
14	50	50	34	50	50
15	50	50	35	50	50
16	50	50	36	50	50
17	210	30	37	50	50
18	210	30	38	50	50
19	50	50	39	50	50
20	50	50	40	50	50

Bir sonraki adımda kiriş açıklıkları, döşeme açıklıkları ve metraj hesaplama kısmının daha hızlı ve doğru yapılabilmesi için yapıdaki kolonlara hangi kirişlerin bağlandığı tablo biçiminde manuel olarak yazılır.



Şekil 3.4 : Kolonlara bağlanan kirişler.

Şekil 3.4'te sunulan DN3 nolu kolonun sol(-x) kısmından başlayarak ilk yüze 1 numarası atanır. Kiriş yapı elemanı var ise 1 yok ise 0 atanarak 4 kenarı kontrol edilir.

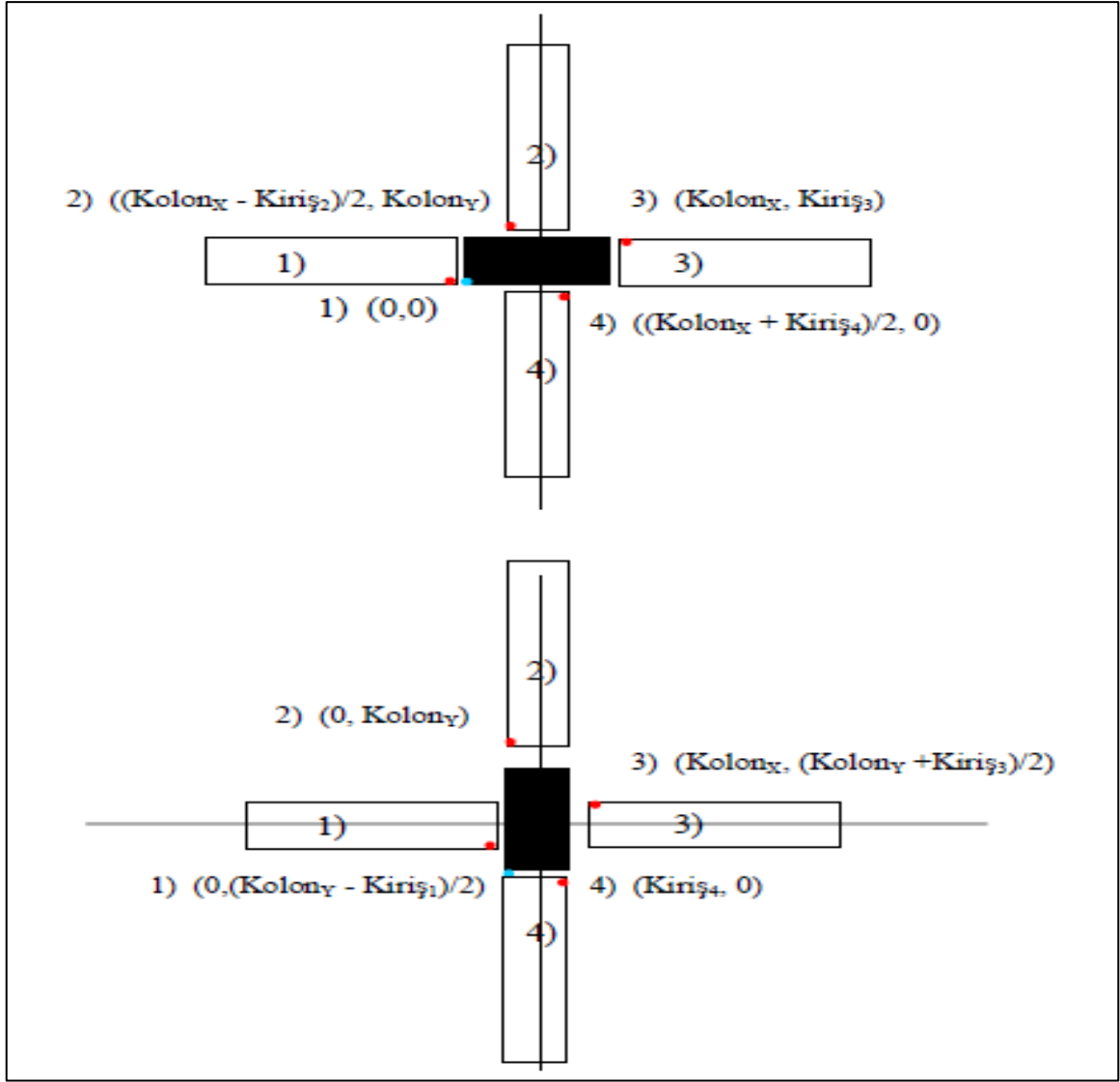
Çizelge 3.4 : Kolon etrafı kiriş durumu.

DN	1 (Sol)	2 (Üst)	3 (Sağ)	4 (Alt)	DN	1 (Sol)	2 (Üst)	3 (Sağ)	4 (Alt)
1	0	1	1	0	21	0	1	1	1
2	1	1	0	0	22	1	1	1	1
3	0	1	1	0	23	1	1	1	1
4	1	1	1	1	24	1	1	1	1
5	1	1	1	1	25	1	0	1	1
6	1	1	0	0	26	1	0	0	1
7	0	1	1	1	27	0	1	1	1
8	1	1	1	1	28	1	1	1	1
9	1	1	1	1	29	1	1	1	1
10	1	1	0	1	30	1	1	0	1
11	0	1	1	1	31	0	1	1	1
12	1	1	1	1	32	1	1	1	1
13	1	1	1	1	33	1	1	1	1
14	1	1	0	1	34	1	1	0	1
15	0	1	1	0	35	0	0	1	1
16	1	1	1	0	36	1	1	1	1
17	1	1	1	1	37	1	1	1	1
18	1	1	1	1	38	1	0	0	1
19	1	1	1	1	39	0	0	1	1
20	1	1	0	1	40	1	0	0	1

Kolon etrafı kiriş varlığı tespit edildikten sonra metraj ve açıklık hesaplamalarının daha hızlı ve doğru yapılabilir hale gelir.

Bu hesaplamaların ilk kısmı olan kaçıklık hesaplaması yapılacak olup bu durum: Kolonun 1(-x) yönünde bulunan kirişin sağ alt noktasının -kolonun sol alt noktasına gelen kısmı- kolonun D.N numarasının hesaplandığı sol alt noktasına olan uzaklığı hesaplanmaktadır. Kolonun 2 (+y) yönünde bulunan kirişin referans alınacak noktası başlangıç noktası olan 1 (-x) yönündeki kirişin sağ alt noktasının saat yönünde dönmesi ile elde edilecek olan kirişin referans koordinatı mevcut 2 (+y) yönünde bulunan kirişin sol alt noktası olur. Bu durum dört kenar için belirlenip kolona saplanan kirişin olup/olmama durumuna ve referans noktalarının kolonun sol alt noktasına olan mesafesi formül ile hesaplanmaktadır.

Şekil 3.5'te örnek olarak iki tip kiriş kolon duruma göre referans noktaları ve koordinat düzlemindeki değerlerinin hesaplanması gösterilmiştir. Şekilde kolonun sol alt kısmında olan mavi nokta referans noktası ve ilk hesaplanan düğüm noktasıdır. Kirişlerin uçlarında kırmızı noktalar ise kirişlerde referans olarak kullanılacak noktalar olup mavi noktaya olan uzaklıkları formül yardımı ile hesaplanmıştır.



Şekil 3.5 : Kolon etrafı kiriş varlığı ile kaçıklık hesaplaması.

Şekilde belirtilen koordinat değerlerine göre 40 adet kolon için etrafında bulunan kirişin kaçıklık değeri koordinat düzleminde (x, y) olarak formül yardımı ile önceden manuel ve tasarımdaki mevcut değerleri olarak aldığımız kolon boyutları, kiriş boyutları ve kolon etrafı kiriş durumuna bağlı tablo değerleri ile hesaplanacaktır.

Çizelge 3.5'te 1 düğüm noktasındaki kolonun etrafındaki kirişlerin kaçıklık hesaplamaları için kullanılan formüller yer almaktadır. Her kenar için sırasıyla soldan başlayarak saat yönü doğrultusunda 1, 2, 3, 4 kenarı için X ve Y yönlü kaçıklık değerleri aşağıda her satırda denk gelen kenar ve eksen için ayrı ayrı otomatik olarak hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda yer alan hücre değerleri ve net sonuç Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E	F
1	Kolon Koordinat	DN	1	2	3	4
2		X	1560	2170	1030	1550
3		Y	0	0	600	600
4						
5	Kiriş Verileri	Kiriş ID	K101	K102	K103	K104
6		Başlangıç DN	1	3	4	5
7		Bitiş DN	2	4	5	6
8		Kiriş Genişliği	30	30	30	30
9		Kiriş Kalınlığı	60	60	60	60
10						
11	Kolon Boyut	DN	1	2	3	4
12		X	50	50	50	50
13		Y	50	50	50	50
14						
15	Kolon etrafı kiriş durumu	DN	1	2	3	4
16		1(Sol)	0	1	0	1
17		2(Üst)	1	1	1	1
18		3(Sağ)	1	0	1	1
19		4(Alt)	0	0	0	1
20						
21	Kiriş kaçıklıkları	DN	1	2	3	4
22		1_X	-1	0	-1	0
23		1_Y	-1	0	-1	0
24		2_X	0	20	0	10
25		2_Y	50	50	50	50
26		3_X	50	-1	50	50
27		3_Y	30	-1	30	30
28		4_X	-1	-1	-1	40
29		4_Y	-1	-1	-1	0
30						

Şekil 3.6 : Kolon etrafı kiriş kaçıklığı tabloları.

Çizelge 3.5 : Kolon etrafı kiriş kaçıklığı hesaplama formülleri.

DN	1
1_X	EĞER(C16=0;-1;1*0)
1_Y	EĞER(C16=0;-1;1*(C13-YATAYARA(C21;\$C\$7:\$BN\$9;2;YANLIŞ))/2)
2_X	EĞER(C17=0;-1;EĞER(C16+C17=1;0;EĞER(C18+C17=1;C12-C8;EĞER(C16+C17+C18+C19=3;(C12-C8)/2;EĞER(C16+C17+C18+C19=4;(C12-C8)/2;-1))))))
2_Y	EĞER(C17=0;-1;1*C13)
3_X	EĞER(C18=0;-1;1*C12)
3_Y	EĞER(D23=-1;-1;D23+C8)
4_X	EĞER(C19=0;-1;EĞER(C18=0;C12;EĞER(C24=-1;C24*0+C8;1*0+C24+C8)))
4_Y	EĞER(C19=0;-1;1*0)

Çizelge 3.5'te formülleri gösterilen hesaplamalar Şekil 3.6'da hücre değerleri belli olan verileri kullanarak kiriş açıklık değerleri aşağıdaki çizelgede kolonların düğüm noktasına göre tüm kenar kiriş kaçıklıkları hesaplanmıştır. Aşağıdaki Çizelge 3.6'da belirtilen formül ile hesaplanan kaçıklık değerleri tablosu yer almaktadır.

Çizelge 3.6 : Kolon etrafı kiriş kaçıklığı hesaplama tablosu.

DN	1_X	1_Y	2_X	2_Y	3_X	3_Y	4_X	4_Y	DN	1_X	1_Y	2_X	2_Y	3_X	3_Y	4_X	4_Y
1	-1	-1	0	50	50	30	-1	-1	21	-1	-1	0	50	5	50	30	0
2	0	0	20	50	-1	-1	-1	-1	22	0	20	10	50	50	50	40	0
3	-1	-1	0	50	50	30	-1	-1	23	0	0	90	30	210	30	120	0
4	0	0	10	50	50	30	40	0	24	0	0	90	30	210	30	120	0
5	0	0	10	50	50	30	40	0	25	0	20	-1	-1	50	50	40	0
6	0	0	20	50	-1	-1	-1	-1	26	0	20	-1	-1	-1	-1	50	0
7	-1	-1	0	50	50	40	30	0	27	-1	-1	0	50	50	40	30	0
8	0	10	10	50	50	40	40	0	28	0	10	10	50	50	40	40	0
9	0	10	10	50	50	40	40	0	29	0	10	10	50	50	40	40	0
10	0	10	20	50	-1	-1	50	0	30	0	10	20	50	-1	-1	50	0
11	-1	-1	0	50	50	40	30	0	31	-1	-1	0	50	50	40	30	0
12	0	10	10	50	50	40	40	0	32	0	10	10	50	50	40	40	0
13	0	10	10	50	50	40	40	0	33	0	10	10	50	50	40	40	0
14	0	10	20	50	-1	-1	50	0	34	0	10	20	50	-1	-1	50	0
15	-1	-1	0	50	50	30	-1	-1	35	-1	-1	-1	-1	50	50	30	0
16	0	0	10	50	50	30	-1	-1	36	0	20	10	50	50	50	40	0
17	0	0	90	30	210	30	120	0	37	0	20	10	50	50	50	40	0
18	0	0	90	30	210	30	120	0	38	0	20	-1	-1	-1	-1	50	0
19	0	0	10	50	50	30	40	0	39	-1	-1	-1	-1	50	50	30	0
20	0	0	20	50	-1	-1	50	0	40	0	20	-1	-1	-1	-1	50	0

Çizelge 3.6’da hesaplanan kiriş kaçıklıklarının otomatik olarak yapılmasının ardından elde edilen kaçıklıklar ve Çizelge 3.7’de belirtilen döşeme etrafı kolon düğüm noktalarının belirlenmesi ile formül kullanarak iki kiriş arasında kalan kolonların minha edilip net döşeme açıklığı hesaplanacaktır.

Belirtilen hesaplamaların gerçekleştirilmesi için yapının temel elamanlarından kolon verileri girilerek, anahtar öznitelik numaralandırmaları yapıp boyutları tablo halinde veri sayfasına işlenmiştir. Ardından kiriş verileri de manuel ve formül yardımı ile sonraki hesaplamalarda kullanılacak şekilde veri sayfasında tablo olarak işlendi. Bir sonraki aşamada yapının en önemli elemanlarından biri olan ve hesaplamaların karmaşık bir hale bürüneceği döşeme yapı elemanı ile ilgili veri bilgi girişlerinin gerçekleştirilmesi yer almaktadır. Öncelikle döşeme ID numaraları kolon ve kirişte olduğu gibi yapının en alt sol kısmından başlayarak numaralandırılmış ve yapıda 25 adet döşeme olduğu tablo haline getirilmiştir. Ardından bu döşemelerin bağlı olduğu kolonların düğüm nokta numaraları belirlenip manuel olarak tablo haline getirilmiştir. Çizelge 3.7’de döşeme ID ve bağlı olduğu kolon düğüm noktaları belirtilmiştir.

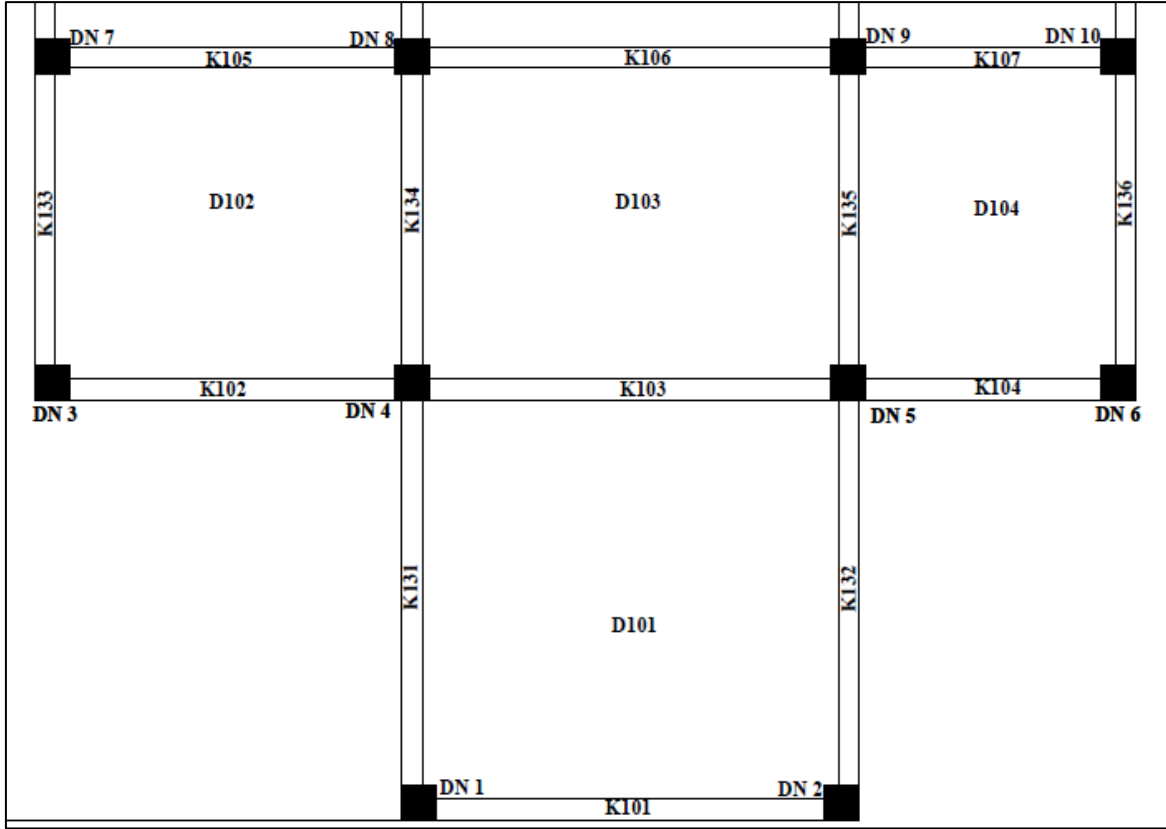
Çizelge 3.7 : Döşeme ID ve bağlı olduğu kolon düğüm noktaları.

Döşeme ID	DN 1(Sol Üst)	DN 2(Sağ Üst)	DN 3(Sağ Alt)	DN 4(Sol Alt)
D101	4	5	2	1
D102	7	8	4	3
D103	8	9	5	4
D104	9	10	6	5
D105	11	12	8	7
D106	12	13	9	8
D107	13	14	10	9
D108	17	18	12	11
D109	18	19	13	12
D110	19	20	14	13
D111	21	22	16	15
D112	22	23	17	16
D113	23	24	18	17
D114	24	25	19	18
D115	25	26	20	19
D116	27	28	22	21
D117	28	29	23	22
D118	29	30	24	23
D119	31	32	28	27
D120	32	33	29	28
D121	33	34	30	29
D122	35	36	32	31
D123	36	37	33	32
D124	37	38	34	33
D125	39	40	37	36

Çizelge 3.7’de sunulduğu üzere döşemenin bağlı olduğu kolonların sırası ile numaralandırılması döşemenin sol üst köşesinden başlanarak saat yönünde devam eden kolonların numarası belirlenerek devam edilip döşeme belirtilen 4 kolonun referans noktasına bağlı hesaplamalarda kolaylık sağlayacaktır.

Şekil 3.7’de gösterildiği üzere yapıya ait ilk 4 döşemenin numaralandırılması D101 ile başlanıp D102, D102 biçiminde devam edip D125’te son bulmuştur. Etrafındaki kolonların düğüm nokta numaraları evvelden numaralandırıldıkları için manuel olarak çizelge 3.7’ye işlenmesi göreceli olarak daha kolay olmuştur.

Bu verilere bağlı olarak etrafındaki giriş numaralarını otomatik olarak formül yardımıyla hesaplanacak manuel giriş yapılmayacak ve giriş kaçıklık tablosundan yararlanılıp döşeme X ve Y yönlü açıklığı otomatik olarak hesaplanacaktır.



Şekil 3.7 : Döşeme ID tanımlaması ve etrafındaki kolon DN ile komşulukları.

Döşeme etrafındaki giriş numaralarının otomatik olarak hesaplanabilmesi için belirlenen kolon düğüm noktalarına bağlanan giriş numaraları evvela başlangıç ve bitiş DN olarak her kolon için iki ayrı değeri formül yardımı ile otomatik oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra döşeme etrafı giriş ID numaraları formül yardımı ile otomatik olarak hesaplanacaktır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
5	Kiriş Verileri	Kiriş ID	K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K111	K112
6		Başlangıç DN	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16
7		Bitiş DN	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17
8		Kiriş Genişliği	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9		Kiriş Kalınlığı	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
30														
31	Döşeme Verileri	Döşeme ID	D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
32		DN 1(Sol Üst)	4	7	8	9	11	12	13	17	18	19	21	22
33		DN 2(Sağ Üst)	5	8	9	10	12	13	14	18	19	20	22	23
34		DN 3(Sağ Alt)	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17
35		DN 4(Sol Alt)	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16
36														
37		Başlangıç DN	31	33	34	35	37	38	39	41	42	43	45	46
38		Bitiş DN	35	38	39	40	42	43	44	46	47	48	50	51
39		Başlangıç DN	32	34	35	36	38	39	40	42	43	44	46	47
40		Bitiş DN	32	34	35	36	38	39	40	42	43	44	46	47
41		Başlangıç DN	1	2	31	32	33	34	35	37	38	39	41	42
42		Bitiş DN	32	34	35	36	38	39	40	42	43	44	46	47
43		Başlangıç DN	31	33	34	35	37	38	39	41	42	43	45	46
44		Bitiş DN	31	33	34	35	37	38	39	41	42	43	45	46
45	Döşeme Kirişleri		D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
46			K103	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K113	K114	K115	K116	K117
47			K132	K134	K135	K136	K138	K139	K140	K142	K143	K144	K146	K147
48			K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K111	K112
49			K131	K133	K134	K135	K137	K138	K139	K141	K142	K143	K145	K146

Şekil 3.8 : Döşemeleri çevreleyen giriş tabloları.

Şekil 3.8’de siyah punto ile yazılmış değerler manuel giriş ve mavi punto ile hesaplanmış değerler formül yardımı ile bir seferliğine formül girilerek hesaplanan otomatik değerlerdir. Çizelge 3.8’de sunulan formüller döşeme etrafındaki kolonlara bağlı kirişlerin numaralarının hesaplanması için yazılmıştır. Alınan sonuçlar şekil 3.8’de gösterilen B37 hücresi ile başlayan tabloda yer almaktadır.

Çizelge 3.8 : D101 döşemesinin başlangıç-bitiş düğüm noktası hesaplamaları.

Başlan gıç DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C32;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0));KAÇINCI(C32;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0)
Bitiş DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C33;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C33;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0));KAÇINCI(C33;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C33;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C33;\$C\$7:\$BN\$7;0)
Başlan gıç DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C33;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0));KAÇINCI(C33;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0)
Bitiş DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C34;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0));KAÇINCI(C34;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0)
Başlan gıç DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C35;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0));KAÇINCI(C35;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0)
Bitiş DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C34;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0));KAÇINCI(C34;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0)
Başlan gıç DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C32;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0));KAÇINCI(C32;KAYDIR(\$C\$6:\$BN\$6;0;KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0)
Bitiş DN	EĞER(ESAYIYSA(KAÇINCI(C35;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C35;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0));KAÇINCI(C35;KAYDIR(\$C\$7:\$BN\$7;0;KAÇINCI(C35;\$C\$7:\$BN\$7;0;1;34);0);0)+KAÇINCI(C35;\$C\$7:\$BN\$7;0)

Çizelge 3.9 : D101 döşemesinin etrafındaki kiriş ID hesaplamaları.

	D101
Ü s t	İNDİS(\$C\$5:\$BN\$5;1;EĞER(KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0)=KAÇINCI(C33;\$C\$7:\$BN\$7;0);KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0);EĞER(C37=C38;C37;EĞER(KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0)=C38;KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0);C37))))
S a ğ	İNDİS(\$C\$5:\$BN\$5;1;EĞER(KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0)=KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0);KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0);EĞER(C39=C40;C39;EĞER(KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0)=C40;KAÇINCI(C33;\$C\$6:\$BN\$6;0);C39))))
A l t	İNDİS(\$C\$5:\$BN\$5;1;EĞER(KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0)=KAÇINCI(C34;\$C\$7:\$BN\$7;0);KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0);EĞER(C41=C42;C41;EĞER(KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0)=C42;KAÇINCI(C35;\$C\$6:\$BN\$6;0);C41))))
S o l	İNDİS(\$C\$5:\$BN\$5;1;EĞER(KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0)=KAÇINCI(C35;\$C\$7:\$BN\$7;0);KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0);EĞER(C43=C44;C43;EĞER(KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0)=C44;KAÇINCI(C32;\$C\$6:\$BN\$6;0);C43))))

Çizelge 3.9’da yapılan formül hesaplamaları döşeme etrafındaki kirişleri belirlemek için tek seferlik girilip sürekli hesaplayabilmek için yazılmıştır. Bu formüller sonucunda bulunan veriler yani herhangi bir döşeme etrafında hangi kirişlerin olduğunu Şekil 3.9’da gösterilen C45 hücresi ile başlayan tabloda hesaplanmıştır. Hesaplanan bu döşeme etrafı kiriş ID numaraları yapının döşeme sürekli/süreksizliğinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
45	Döşeme Kirişleri		D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
46		Kenar 1(Üst)	K103	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K113	K114	K115	K116	K117
47		Kenar 2(Sağ)	K132	K134	K135	K136	K138	K139	K140	K142	K143	K144	K146	K147
48		Kenar 3(Alt)	K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K111	K112
49		Kenar 4(Sol)	K131	K133	K134	K135	K137	K138	K139	K141	K142	K143	K145	K146
50														
68	Sürekli-Süreksiz		D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
69	Kenar Tespiti	Kenar 1(Üst)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
70		Kenar 2(Sağ)	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
71		Kenar 3(Alt)	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
72		Kenar 4(Sol)	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
73														
74	Döşemeye komşu		D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
75	döşemeler	Kenar 1(Üst)	D103	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D113	D114	D115	D116	D117
76		Kenar 2(Sağ)	0	D103	D104	0	D106	D107	0	D109	D110	D111	D112	D113
77		Kenar 3(Alt)	0	0	D101	0	D102	D103	D104	D105	D106	D105	0	0
78		Kenar 4(Sol)	0	0	D102	D103	0	D105	D106	0	D108	D109	0	D111

Şekil 3.9 : Döşemeye ait sürekli/süreksiz kenar tabloları.

Çizelge 3.10 : D101 döşemesinin sürekli/süreksiz kenar hesaplamaları.

	D101
Kenar 1(Üst)	EĞERSAY(\$C\$46:\$AA\$49;C46)-1
Kenar 2(Sağ)	EĞERSAY(\$C\$46:\$AA\$49;C47)-1
Kenar 3(Alt)	EĞERSAY(\$C\$46:\$AA\$49;C48)-1
Kenar 4(Sol)	EĞERSAY(\$C\$46:\$AA\$49;C49)-1

Çizelge 3.10’da sunulan formüller ile incelenen kenar sürekli ise yani komşu döşeme var ise 1 değerini verir. Eğer döşemeye bağlı kirişin komşu döşemesi yok ise o kenar süreksiz kabul edilip 0 değeri atanır.

Şekil 3.9’da bulunan değerlere bağlı olarak sürekli-süreksiz kenar tespiti yapıldıktan sonra sürekli olan kenarlarda bulunan komşu döşemeler tabloya girilmiştir. Bu hesaplamalar ile projenin veri giriş kısmında döşemeye ait hesaplamalardan açıklık hesabı tek kalmıştır. Bu hesaplama yine formül yardımı ile yapılacaktır.

Şekil 3.10’da sunulan verilerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere hesaplamaların otomatik formül ile yapılması sonucu sadece referans olarak mesafe ölçülerinin girildiği kolon koordinat noktalarının ölçüleri ile döşemeler arası X ve Y yönünde hesaplamalar yapılmıştır. Bu döşeme açıkları şekil 3.10’da B60 hücresi ile başlayan tabloda iki satır halinde gösterilmiştir. Bu açıklık hesaplamaları ile metraj hesaplamalarında önemli ölçüde kolaylık sağlanacaktır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Kolon Koordinat	DN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2		X	1560	2170	1030	1550	2180	2570	1030	1550	2180	2570	1030	1550
3		Y	0	0	600	600	600	600	1065	1065	1065	1065	1320	1320
4														
5	Kiriş Verileri	Kiriş ID	K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K111	K112
6		Başlangıç DN	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16
7		Bitiş DN	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17
8		Kiriş Genişliği	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9		Kiriş Kalınlığı	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
20														
21	Kiriş kaçkıtkıları	DN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22		1_X	-1	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0
23		1_Y	-1	0	-1	0	0	0	-1	10	10	10	-1	10
24		2_X	0	20	0	10	10	20	0	10	10	20	0	10
25		2_Y	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
26		3_X	50	-1	50	50	50	-1	50	50	50	-1	50	50
27		3_Y	30	-1	30	30	30	-1	40	40	40	-1	40	40
28		4_X	-1	-1	-1	40	40	-1	30	40	40	50	30	40
29		4_Y	-1	-1	-1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
30														
31	Döşeme Verileri	Döşeme ID	D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
32		DN 1(Sol Üst)	4	7	8	9	11	12	13	17	18	19	21	22
33		DN 2(Sağ Üst)	5	8	9	10	12	13	14	18	19	20	22	23
34		DN 3(Sağ Alt)	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17
35		DN 4(Sol Alt)	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16
36														
60	Döşeme Açıklık Hesabı	Döşeme ID	D101	D102	D103	D104	D105	D106	D107	D108	D109	D110	D111	D112
61		X Doğrultusu	600	500	600	370	500	600	370	500	600	370	370	600
62		Y Doğrultusu	570	445	445	445	225	225	225	405	405	405	360	360

Şekil 3.10 : Döşemeye ait açıklık tabloları.

Çizelge 3.11 : D101 döşemesinin açıklık hesaplamaları.

	D101
X_Doğrultusu	YATAYARA(C33;\$C\$1:\$AP\$3;2;YANLIŞ)+YATAYARA(C33;\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)-YATAYARA(C32;\$C\$1:\$AP\$3;2;YANLIŞ)-YATAYARA(C32;\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)-YATAYARA(C32;\$C\$6:\$BN\$9;3;YANLIŞ)
Y_Doğrultusu	YATAYARA(C32;\$C\$1:\$AP\$3;3;YANLIŞ)+YATAYARA(C32;\$C\$21:\$AP\$29;7;YANLIŞ)-YATAYARA(C32;\$C\$6:\$BN\$9;3;YANLIŞ)-YATAYARA(C35;\$C\$1:\$AP\$3;3;YANLIŞ)-YATAYARA(C35;\$C\$21:\$AP\$29;7;YANLIŞ)

Çizelge 3.11’de belirtilen formüller ile açıklık değerleri otomatik olarak hesaplanmıştır. Döşeme yapı elamanında ihtiyacımız olan tüm verileri manuel ve formül ile otomatik olarak veri girişini sağlanmıştır. Bir sonraki safhada kiriş açıklık değerlerini hesaplamak için kullanılacak veriler aşağıdaki Şekil 3.11’de siyah punto ile yazılmış tablolardaki değerler yardımıyla açıklık hesaplamaları yapılacaktır.

Çizelge 3.12’de sunulan hesaplamalarda kullanılan formüllerin çalışma şekli kısaca bu paragrafta anlatılmaktadır. Kirişin bağlı olduğu kolon düğüm nokta değerlerini başlangıç ve bitiş olarak kiriş ID numarasını kullanıp arama yapılmaktadır. Arama sonucu elde edilen bitiş düğüm noktasını kolon koordinat tablosunda mesafesini bulup başlangıç düğüm noktasının da kolon koordinat tablosundan aratıp mesafelerinin farkı hesaplanır. Düğüm noktaları kolonun sol alt noktasından olduğu için bitiş düğüm noktası ile kiriş bitiş noktası aynı noktaya çıkmaktadır. Başlangıç düğüm noktası ile kiriş başlangıç değeri

arasında kolonun kendi boyutu kadar bir fark mevcuttur. Bu başlangıç düğüm noktasını kolon boyut tablosunda aratıp değerini tekrar fark olarak alındığında Çizelge 3.12’de sunulan formüller uygulanarak Şekil 3.11’de sunulan değerler elde edilecektir.

Çizelge 3.12 : K101 kirişinin açıklık hesaplamaları.

	K101
X_Doğ rultusu	EĞER(YATAYARA(C7;\$C\$1:\$AP\$3;2;YANLIŞ)-YATAYARA(C6;\$C\$1:\$AP\$3;2;YANLIŞ)-YATAYARA(C6;\$C\$11:\$AP\$13;2;YANLIŞ)>0;YATAYARA(C7;\$C\$1:\$AP\$3;2;YANLIŞ)-YATAYARA(C6;\$C\$1:\$AP\$3;2;YANLIŞ)-YATAYARA(C6;\$C\$11:\$AP\$13;2;YANLIŞ);0)
Y_Doğ rultusu	EĞER(YATAYARA(C6;\$C\$1:\$AP\$3;3;YANLIŞ)-YATAYARA(C7;\$C\$1:\$AP\$3;3;YANLIŞ)-YATAYARA(C7;\$C\$11:\$AP\$13;3;YANLIŞ)>0;YATAYARA(C6;\$C\$1:\$AP\$3;3;YANLIŞ)-YATAYARA(C7;\$C\$1:\$AP\$3;3;YANLIŞ)-YATAYARA(C7;\$C\$11:\$AP\$13;3;YANLIŞ);0)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1 Kolon Koordinat	DN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	X		1560	2170	1030	1550	2180	2570	1030	1550	2180	2570	1030	1550
3	Y		0	0	600	600	600	600	1065	1065	1065	1065	1320	1320
4														
5 Kiriş Verileri	Kiriş ID	K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K111	K112	
6	Başlangıç DN		1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	15	16
7	Bitiş DN		2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17
8	Kiriş Genişliği		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
9	Kiriş Kalmığı		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
10														
11 Kolon Boyut	DN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	X		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
13	Y		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
14														
52 Kiriş Açıklık Hesabı	Kiriş ID	K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108	K109	K110	K111	K112	
53	X Doğrultusu		560	470	580	340	470	580	340	470	580	340	340	500
54	Y Doğrultusu		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55 İki kenarında var ise 1, yok ise 0	Döşeme durumu		0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0

Şekil 3.11 : Kirişlere ait açıklık tablosu.

Bu değerler hesaplandıktan sonra metraj kısmında kolaylık olması açısından kiriş kenar durumunun hesaplanması Şekil 3.11’de 55. Sütün da görülmektedir. Kirişin her iki kenarında bağlı döşeme var ise 1 değeri yazılır. Eğer sadece bir kenarında döşeme var ise 0 değeri yazılır.

Bu şekilde yapılan hesaplamalar ile yapının temel elemanlarından olan Kolon, Kiriş ve Döşemeye ait veriler hesaplanmış olup sonraki hesaplamalarda kolaylık olması için tablo haline getirilmiştir. Temel olarak kullanılacak sabit değerler formül haline getirilip değer atandıktan sonra işlem kolaylığı sağlayacaktır.

3.2 Metraj Hazırlama

İnşaat sürecinin en emek yoğun ve hataya açık aktivitelerden olan metraj hazırlama; Yapıyı oluşturacak tüm faaliyet ve malzemelerin detaylı bir şekilde birimlerine ayrılıp sınıflandırması olarak kısaca tanımlanabilir.

Metraj çalışması uygulanacak binanın geometrisi aks değerleri ile tanımlanacak şekilde girdisi yapılır. Metraj kaleminin birim hesabına göre binanın veri girişi kullanılarak birim metrajlar hesaplanır. Örnek metraj kalemleri ve birimleri aşağıda belirtilmiştir;

$$\text{Kazı} = \text{m}^3$$

$$\text{Kalıp} = \text{m}^2$$

$$\text{Demir} = \text{kg/ton}$$

$$\text{Duvar} = \text{m}^2$$

$$\text{Sıva} = \text{m}^2$$

$$\text{Boya} = \text{m}^2$$

$$\text{Seramik} = \text{m}^2$$

$$\text{Süpürgelik} = \text{m}$$

3.2.1 Kaba işler metrajının hazırlanması

3.2.1.1 Kalıp metraji

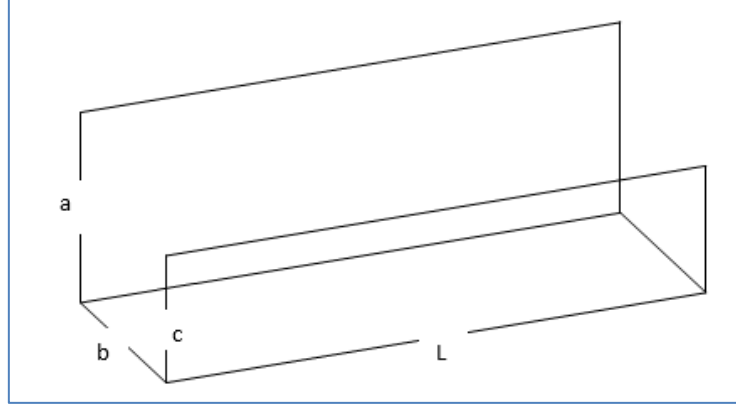
Yapıda kalıp hesabının yapılacağı Kolon, Kiriş ve Döşeme olmak üzere 3 adet yapı elemanı bulunmaktadır. Belirtilen yapı elemanı metrajlarının en basit hesabı sırasıyla kolon ve kirişin metrajının hesaplanmasıdır. Döşeme kalıp hesabı en zor metraj kalemlerinden biridir. Çünkü döşemede minha yapılacak kolon dışlarını formül haline getirmek gayet zor bir iş halinde iken uygulanan geometrik tanımlamalar metrajı da basite indirgeyip hesabını sadece Döşeme ID numarası girilerek gerçekleştirilebilir hale getirilmiştir.

Kısacası kalıp hesabı yapılırken hangi yapı elemanı olursa olsun sadece ID numarası girilince yazılan formüller ve veri sayfasında yapılan tablolar sayesinde metraj otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Örnek olarak yapılan bir yapının Kiriş kalıp metraj hesabı detaylarıyla birlikte aşağıdaki gibidir.

Şekil 3.12'de bir binada bulunan basit dış yüzeydeki kiriş kalıbının şekli görülmektedir. Bu kalıp şekline göre yaygın olan hesap yöntemi aşağıda belirtilmiştir.

Örnek projede 64 adet kiriş bulunmakta ve bu kirişlerin kalıp hesabı hepsi için ayrı ayrı ölçülerine göre yapılmaktadır.



Şekil 3.12 : Basit Kiriş Kesiti.

Şekil 3.12’de bulunan kiriş kalıbının normal metraj hesabı;
Kiriş Eni= b, Kiriş Arka Yüz Derinliği= a, Kiriş Ön Yüz Derinliği= c, Kiriş Boyu= L ile belirtilmiştir. Kirişin 3 yüzünün alanın belirlenmesi aşağıda sunulan eşitliklerle yapılır.

Ön yüz kalıp= $L \cdot c$

Arka yüz kalıp= $L \cdot a$

Alt taban kalıp= $L \cdot b$

Toplam Kiriş Kalıbı= $L(a+b+c)$

Şeklinde kalıp hesabı her kiriş için ayrı açıklık ve derinlik değerleri ile yapılabilir. Tabii bu durum sürekli hesap karışıklığına sebebiyet verecekken en başında planlama safhasında kirişe ait açıklık, genişlik ve kalınlık değerlerini otomatik olarak hesaplayıp kiriş ID numarasına göre tablo haline getirilmiştir. Bu safhada yapılması gereken kiriş ID numarasını girip kirişin verilerini formül ile çağdırdıktan sonra otomatik çarpma-toplama işlemlerini sağlamaktır.

Çizelge 3.13’te belirtilen CF sütununda kiriş ID değerleri sunulmuştur. Hesaplama yapılabilmesi için bu sütuna herhangi bir kirişin ID numarasının girilmesi yeterli olacaktır. Yan sütunlarda görülen hesaplamaların detayı Çizelge 3.13’te gösterilecektir.

Çizelge 3.13 : K101 kirişinin kalıp hesaplamaları.

	K101
Açıklık(m)	$YATAYARA(CF16;Veri!$C$52:$B$56;2;YANLIŞ)/100+YATAYARA(CF16;Veri!C52:B56;3;YANLIŞ)/100$
Genişlik(m)	$EĞER(YATAYARA(CF16;Veri!$C$52:$B$57;6;YANLIŞ)=0;(Kirişderinliği+Kirişeni+Kirişderinliği)/100-Döşemekalınlığı;(Kirişderinliği+Kirişeni+Kirişderinliği)/100-Döşemekalınlığı*2)$
Alan(m²)	$CG16*CH16$

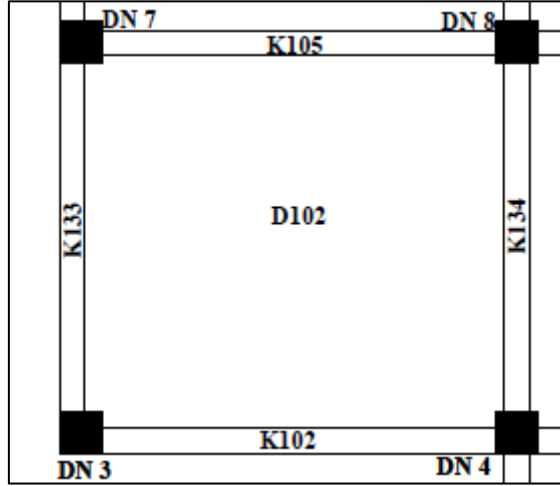
	CF	CG	CH	CI
15		Açıklık(m)	Genişlik(m)	Alan(m2)
16	K101	5,6	1,35	7,56
17	K102	4,7	1,35	6,345
18	K103	5,8	1,2	6,96
19	K104	3,4	1,35	4,59
20	K105	4,7	1,2	5,64
21	K106	5,8	1,2	6,96
22	K107	3,4	1,2	4,08
23	K108	4,7	1,2	5,64
24	K109	5,8	1,2	6,96
25	K110	3,4	1,2	4,08
26	K111	3,4	1,35	4,59
27	K112	5	1,35	6,75
28	K113	3,2	1,2	3,84
29	K114	5	1,2	6
30	K115	3,4	1,2	4,08
31	K116	3,4	1,2	4,08
32	K117	5	1,2	6
33	K118	3,2	1,2	3,84
34	K119	5	1,35	6,75
35	K120	3,4	1,35	4,59
38	K121	3,4	1,2	4,08
37	K122	5,8	1,2	6,96
38	K123	4,7	1,2	5,64
39	K124	3,4	1,2	4,08
40	K125	5,8	1,2	6,96
41	K126	4,7	1,2	5,64
42	K127	3,4	1,35	4,59
43	K128	5,8	1,2	6,96
44	K129	4,7	1,35	6,345
45	K130	5,6	1,35	7,56

Şekil 3.13 : Kiriş kalıbı metraj tablosu.

Çizelge 3.12’de yer alan formüllerin hücre numaraları şekil 3.13’te belirtilen tablo ile ortak bakıldığında hangi hücrenin nereye ait olduğu anlaşılacaktır. Bu formüller de yapılan hesaplamaların dayandığı aşağıda özetlenmiştir;

Açıklık değeri kiriş ID numarasına göre Veri sayfasında bulunan kiriş açıklık tablosundan çekip getirilmektedir. Genişlik değeri tekrar açıklıkta olduğu gibi tablodan getirilmektedir. Fakat bu kısımda iki alternatif olabilmektedir. Kirişin bir kısmında döşeme olma durumu yahut iki kısmında döşeme olma durumu bulunmaktadır. Kirişler için daha önceden döşemeye komşu olma durumları incelenmiş ve ilgili durum 1 ve 0 ile tanımlanmıştır. Belirtilen veri kullanılarak kirişin her iki yüzeyinde döşeme olup olmama durumuna göre yüksekliklerin farklı olma durumu incelenmektedir. Buna göre döşeme komşuluğu tablosunda 1 değerini getirilirse kiriş kalınlığından döşeme yüksekliği düşülecek 0 değeri getirilirse döşeme yüksekliği düşülmeyecektir. Alan hesabı da açıklık ve genişlik değerlerinin çarpımı ile gerçekleştirilir. Belirtilen hesaplamalar tüm kirişlere uygulanarak kirişin kalıp alanı hesaplanır.

Yapıdaki örnek döşeme kalıbı Şekil 3.14’te sunulmuştur.



Şekil 3.14 : Döşeme kalıp planı.

Şekil 3.14’te döşemeye ait kalıp planında D102 döşemesinin kalıbı hesaplanırken; D102 döşemesinin X ve Y yönlü açıklıkları kiriş yüzeyinden alınarak belirlenip çarpımı sonucu brüt kalıp alanı elde edilecektir.

Bulunan brüt döşeme kalıp alanından DN 3, 4, 8, 7 kolonların döşeme içine giren alanları minha edilip net döşeme kalıp alanı hesaplanacaktır. Her döşeme için kolon dışlarının hesaplanması ve tek tek belirlenip açıklıkların bulunması gayet karmaşık ve yorucu bir hal alabilir.

Yapılan hesaplamalarda sadece döşeme ID numarasını girdikten sonra bu döşemenin net açıklıklarını veri kısmından çekerek getirip 4 kenarında bulunan kolonların ID numaralarını bulmaktadır. Bunlar yapıldıktan sonra döşeme etrafındaki kolonların dış uzunlukları tekrar veri kısmında hazırlanan tablodan ve hesaplamalar eklenerek formül ile otomatik olarak getirilecek olup hesaplamalar tamamen formüller yardımı ile otomatik hesaplanmaktadır.

Şekil 3.15’te sunulan döşeme ID altındaki tablolarda D102 döşemesi ele alınmıştır. BT15 hücresi liste halinde döşeme ID’lerini taşımaktadır. Veri hücresinden D102 döşemesi seçildiğinde tabloda sayısal görülen tüm değerler otomatik olarak hesaplanıp net kalıp alanı hesabı çıkarılmaktadır.

BU17 ve BV17 hücreleri döşemenin net açıklıkları olup nasıl çağrıldıkları çizelge 3.13’te D102 satırı altında bulunan X ve Y satırlarının karşısındaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Veri sayfasında oluşturulan tabloların yardımı ile diğer tüm değerler hesaplanmakta metraj kısmında sadece yapı elemanının adının yazılması yeterlidir.

BT18, BT19, BT20, BT21 nolu hücrelerde döşeme etrafındaki kolonlar tanımlanmıştır. Hesaplamalar Çizelge 3.13'te kolon ID satırı karşısında gösterilmektedir. Bu kolonlar belirlendikten sonra kolonların döşeme içinde dış yapıp yapmaması ve yaptıysa hangi eksende ne kadar dış yaptığının hesaplanması için çizelgede Kolon ID satırı altında bulunan X ve Y satırları karşısındaki formüller sabit olup her döşeme için farklı sonuçları yanılma payı olmadan hesapladığı şekilde gözükmektedir.

Çizelge 3.14 : D102 döşemesinin kalıp hesaplamaları.

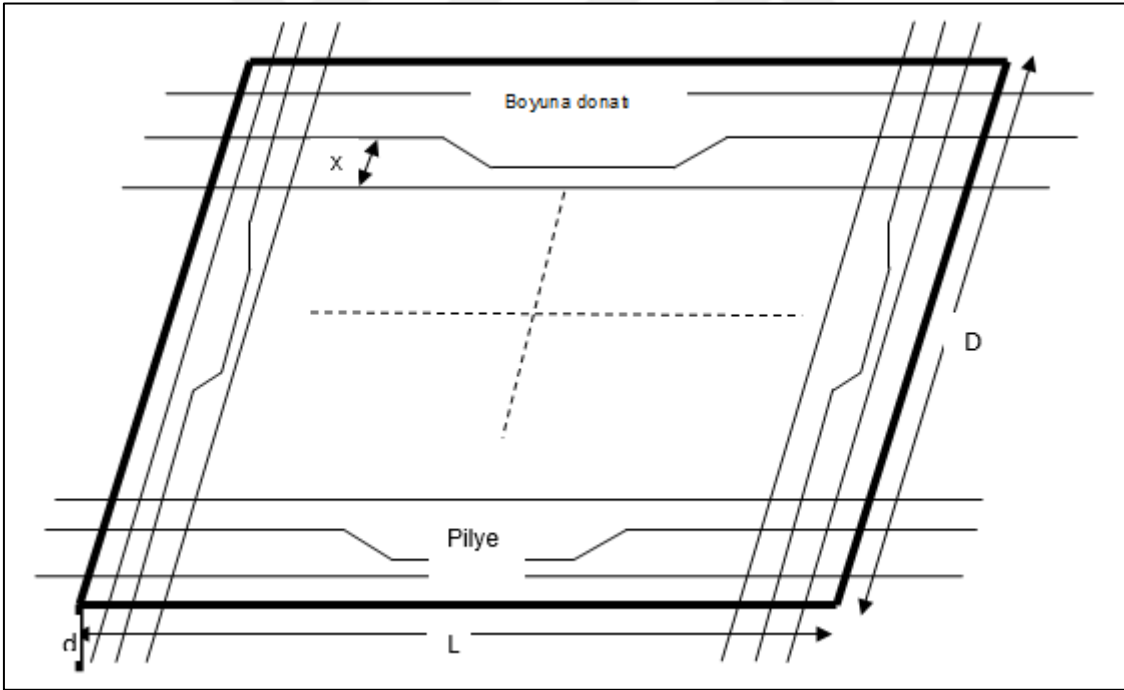
D102	
X	YATAYARA(BT15;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100
Y	YATAYARA(BT15;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100
Kolon ID	YATAYARA(BT15;Veri!\$C\$31:\$AA\$35;2;YANLIŞ)
X	YATAYARA(BT18;Veri!\$C\$11:\$AP\$13;2;YANLIŞ)/100- YATAYARA(BT18;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)/100
Y	YATAYARA(BT18;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;7;YANLIŞ)/100-Kirişeni/100
Kolon ID	YATAYARA(BT15;Veri!\$C\$31:\$AA\$35;3;YANLIŞ)
X	YATAYARA(BT19;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)/100-Kirişeni/100
Y	YATAYARA(BT19;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;3;YANLIŞ)/100
Kolon ID	YATAYARA(BT15;Veri!\$C\$31:\$AA\$35;4;YANLIŞ)
X	YATAYARA(BT20;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;4;YANLIŞ)/100
Y	YATAYARA(BT20;Veri!\$C\$11:\$AP\$13;3;YANLIŞ)/100- (YATAYARA(BT20;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;3;YANLIŞ)/100+Kirişeni/100)
Kolon ID	YATAYARA(BT15;Veri!\$C\$31:\$AA\$35;5;YANLIŞ)
X	YATAYARA(BT21;Veri!\$C\$11:\$AP\$13;2;YANLIŞ)/100- (YATAYARA(BT21;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;4;YANLIŞ)/100+Kirişeni/100)
Y	YATAYARA(BT21;Veri!\$C\$11:\$AP\$13;3;YANLIŞ)/100- YATAYARA(BT21;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;7;YANLIŞ)/100

	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD
15	D101				D102				D103								
16		X	Y	Alan				X	Y	Alan				X	Y	Alan	
17	Döşeme	6	5,7	34,20 m2			Döşeme	5	4,45	22,25 m2			Döşeme	6	4,45	26,70 m2	
18	4	0,1	0	0,00 m2			7	0,2	0,1	0,02 m2			8	0,1	0,1	0,01 m2	
19	5	0,1	0	0,00 m2			8	0,1	0,1	0,01 m2			9	0,1	0,1	0,01 m2	
20	2	0,2	0,2	0,04 m2			4	0,1	0,2	0,02 m2			5	0,1	0,2	0,02 m2	
21	1	0,2	0,2	0,04 m2			3	0,2	0,2	0,04 m2			4	0,1	0,2	0,02 m2	
22																	
23	Toplam Kalıp Alanı				34,12 m2		Toplam Kalıp Alanı				22,16 m2		Toplam Kalıp Alanı				26,64 m2
24	D104				D105				D106								
26		X	Y	Alan				X	Y	Alan				X	Y	Alan	
27	Döşeme	3,7	4,45	16,47 m2			Döşeme	5	2,25	11,25 m2			Döşeme	6	2,25	13,50 m2	
28	9	0,1	0,1	0,01 m2			11	0,2	0,1	0,02 m2			12	0,1	0,1	0,01 m2	
29	10	0,2	0,1	0,02 m2			12	0,1	0,1	0,01 m2			13	0,1	0,1	0,01 m2	
30	6	0,2	0,2	0,04 m2			8	0,1	0,1	0,01 m2			9	0,1	0,1	0,01 m2	
31	5	0,1	0,2	0,02 m2			7	0,2	0,1	0,02 m2			8	0,1	0,1	0,01 m2	
32																	
33	Toplam Kalıp Alanı				16,38 m2		Toplam Kalıp Alanı				11,19 m2		Toplam Kalıp Alanı				13,46 m2
34	D107				D108				D109								
36		X	Y	Alan				X	Y	Alan				X	Y	Alan	
37	Döşeme	3,7	2,25	8,33 m2			Döşeme	5	4,05	20,25 m2			Döşeme	6	4,05	24,30 m2	
38	13	0,1	0,1	0,01 m2			17	0,9	0	0,00 m2			18	0,9	0	0,00 m2	
39	14	0,2	0,1	0,02 m2			18	0,9	0	0,00 m2			19	0,1	0	0,00 m2	
40	10	0,2	0,1	0,02 m2			12	0,1	0,1	0,01 m2			13	0,1	0,1	0,01 m2	
41	9	0,1	0,1	0,01 m2			11	0,2	0,1	0,02 m2			12	0,1	0,1	0,01 m2	
42																	
43	Toplam Kalıp Alanı				8,27 m2		Toplam Kalıp Alanı				20,22 m2		Toplam Kalıp Alanı				24,28 m2

Şekil 3.15 : Döşeme kalıp metrajı tablosu.

3.2.1.2 Donatı metrajı

Yapının donatı hesaplaması yapılırken Kolon, Kiriş ve Döşeme olmak üzere 3 adet yapı elemanının donatı hesaplamaları göz önüne alınmıştır. Donatı hesaplamalarında hem titiz hem çok dikkatli davranmak gerekmektedir. Bu hesaplamaları kalıp metrajında göz ardı edilecek değerler olmayıp ülkemizde donatı çeliğinin maddi değeri göz önüne alındığında hesaplamalarda hatanın çok düşük değerlerde tutulması gerektiği görülmektedir. Mevcut bazı statik programlar yapı statiğini çizildiğinde donatı metrajı çıkarmakta yalnız opsiyonları mühendis eliyle düzeltilmediği zaman vahim metraj hataları ile karşılaşmaktadır. Bu çalışmada hesaplamalar yapılırken mevcut projede tasarım aşamasında belirlenen kriterler donatı çapı, donatı aralıkları gibi değerleri tasarımdan alıp kalan hesaplamaları herkesin anlayabileceği bir tablo haline getirip kısım kısım veyahut toplam halinde değerlendirmesi yapılabilen bir çözüm sunulmuştur. Hesaplamalar şekil 16 ve takip eden çizelgelerde detaylarıyla yer almaktadır.



Şekil 3.16 : Döşeme donatı planı.

Şekil 3.16'da bulunan basit bir döşeme donatı planı için donatı hesabı aşağıdaki gibidir;

Döşeme eni= L, Döşeme Boyu= D, Döşeme Derinliği= d, Döşeme Donatı aralığı= x,

Donatı çapı birim ağırlığı= m;

Boyuna donatı uzunluk= L + (Komşu Kiriş Eni)*2 + (Komşu döşeme Eni/4)*2

$$\text{Pilye uzunluk} = L + 2 \cdot 0,82 \cdot d$$

$$\text{Boyuna donatı sayısı} = D/x + 1$$

$$\text{Pilye sayısı} = (D/x + 1) - 1$$

$$\text{Boyuna donatı ağırlığı} = (L + (\text{Komşu Kiriş Eni}) \cdot 2 + (\text{Komşu döşeme Eni}/4) \cdot 2) \cdot (D/x + 1) \cdot (m)$$

$$\text{Pilye ağırlığı} = (L + 2 \cdot 0,82 \cdot d) \cdot ((D/x + 1) - 1) \cdot (m)$$

$$\text{Tek yönde bulunan toplam boyuna donatı ağırlığı} = (L + (\text{Komşu Kiriş Eni}) \cdot 2 + (\text{Komşu döşeme Eni}/4) \cdot 2) \cdot (D/x + 1) \cdot (m) + (L + 2 \cdot 0,82 \cdot d) \cdot ((D/x + 1) - 1) \cdot (m)$$

Yapılan işlemlerde sadece tek yönde bulunan donatı ağırlığını hesaplayıp metrajı belirlendi. Aynı işlemler ebatları değiştirilerek enine donatı hesabı içinde yapılır. Tek tip basit döşeme donatı metrajı tamamlanmış olur.

Yapıdaki her döşeme için ayrı ayrı hesaplandığı ve 2 yönlü hesapların değiştiği işlemler dikkate alındığında hesaplamaların oldukça karmaşık hale gelebileceği görülmektedir.

Bu işlemlerin hepsini basit bir tablo ile çözümlenmek daha basit daha uygulanabilir ve her kişinin az da olsa inşaat bilgisine sahip birinin hesaplamaları incelediğinde neye ulaşılacak istendiği ve sonuçların daha muntazam ve nizami hal alacağı aşağıdaki tablo ve çizelgeler de gösterilecektir.

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
16	D101					D102					D103						
18	Donatı Aralık h=döş. Kal.		Donatı çapı			Donatı Aralık h=döş. Kal.		Donatı çapı			Donatı Aralık h=döş. Kal.		Donatı çapı				
17	0,38		0,15 Ø8			0,38		0,15 Ø8			0,38		0,15 Ø8				
18	X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			
19	Düz	5,9	16	6,60 m		Düz	4,9	13	5,35 m		Düz	5,9	16	5,35 m			
20	Pilye	5,71	16	7,75 m		Pilye	4,71	13	5,95 m		Pilye	5,71	16	7,23 m			
21	Ara Toplam			229,67 Ø8		Ara Toplam			146,96 Ø8		Ara Toplam			201,27 Ø8			
22																	
23	Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			
24	Düz	5,6	15	6,90 m		Düz	4,35	12	5,90 m		Düz	4,35	12	6,90 m			
25	Pilye	5,41	15	7,09 m		Pilye	4,16	11	7,44 m		Pilye	4,16	11	8,97 m			
26	Ara Toplam			209,88 Ø8		Ara Toplam			152,66 Ø8		Ara Toplam			181,44 Ø8			
27																	
28	Toplam Uzunluk			439,55 m Ø8		Toplam Uzunluk			299,62 m Ø8		Toplam Uzunluk			382,71 m Ø8			
29	Toplam Ağırlık			173,62 Ø8		Toplam Ağırlık			118,35 Ø8		Toplam Ağırlık			151,17 Ø8			
30																	
31	D104					D105					D106						
32	Donatı Aralık h=döş. Kal.		Donatı çapı			Donatı Aralık h=döş. Kal.		Donatı çapı			Donatı Aralık h=döş. Kal.		Donatı çapı				
33	0,38		0,15 Ø8			0,38		0,15 Ø8			0,38		0,15 Ø8				
34	X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			
35	Düz	3,6	10	5,35 m		Düz	4,9	13	3,15 m		Düz	5,9	16	3,15 m			
36	Pilye	3,41	9	5,95 m		Pilye	4,71	13	5,17 m		Pilye	5,71	16	5,17 m			
37	Ara Toplam			107,09 Ø8		Ara Toplam			108,12 Ø8		Ara Toplam			133,07 Ø8			
38																	
39	Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			
40	Düz	4,35	12	4,60 m		Düz	2,15	6	5,90 m		Düz	2,15	6	6,90 m			
41	Pilye	4,16	11	6,14 m		Pilye	1,96	6	7,44 m		Pilye	1,96	6	8,97 m			
42	Ara Toplam			122,76 Ø8		Ara Toplam			80,05 Ø8		Ara Toplam			95,20 Ø8			
43																	
44	Toplam Uzunluk			229,85 m Ø8		Toplam Uzunluk			188,17 m Ø8		Toplam Uzunluk			228,27 m Ø8			
45	Toplam Ağırlık			90,79 Ø8		Toplam Ağırlık			74,33 Ø8		Toplam Ağırlık			90,17 Ø8			

Şekil 3.17 : Döşeme donatı metrajı tablosu.

Şekil 3.17'deki tabloda, projede ele alınan 6 adet döşemenin çift yönlü düz ve pilye donatı hesabı ve her döşeme de kullanılacak donatı miktarı teferruatıyla görülmektedir. Bu tabloda örnek olarak D103 döşemesi incelenmiştir. Planda görülebileceği üzere belirtilen döşemenin 4 tarafında sürekli komşu döşemeler mevcuttur. Donatı hesabında normal kalemlerin hesaplanması elbet karmaşık bir hal almaktadır.

Pilye hesabı yapılırken hangi yönde donatı konulacaksa aksi yöndeki komşu döşeme uzunlukların belirlenmesi ve hesaba dâhil edilmesi başlı başına bir problemi içinde barındırmaktadır. Örnek pilye hesabı yazılı ifadesi ile şöyledir ki;

“Döşemenin kendi boyu + pilyenin bükülme boyları + komşu döşeme var ise komşu döşemenin uzunluğunun dörtte biri +kanca boyu”

Olarak ifade edilen hesaplamaların tek tek her döşeme için tüm kombinasyonlar dikkate alınarak hesaplandığı göz önüne alındığında hem saat olarak hem de iş yükü olarak ne kadar yorucu olabileceği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.15 : D103 döşemesinin donatı metrajı hesaplamaları.

X_Yönü	Düz
Açıklık	YATAYARA(V15;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100-2*0,05
Adet	YUKARIYUVARLA(W19/V17+0,01;0)
Boy(m)	YATAYARA(V15;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+2*Kirişeni/100+2*Kirişderinliği/100/4
	Pilye
Açıklık	W19-V17/2
Adet	YUKARIYUVARLA(W20/V17+0,01;0)
Boy(m)	YATAYARA(V15;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+2*12*(DÜŞEYARA(X17;Veri!\$A\$121:\$D\$130;4;YANLIŞ)/1000)+ 2*Kirişeni/100+ (2-(YATAYARA(V15;Veri!\$C\$68:\$AA\$72;2;YANLIŞ) + YATAYARA(V15;Veri!\$C\$68:\$AA\$72;4; YANLIŞ)))* Kirişderinliği/100/4+(((EĞER(EĞER(YATAYARA(V15;Veri!\$C\$74:\$AA\$78;2;YANLIŞ)>0; YATAYARA(V15;Veri!\$C\$74:\$AA\$78;2;YANLIŞ);0)>0; YATAYARA(YATAYARA(V15;Veri!\$C\$74:\$AA\$78;2;YANLIŞ); Veri!\$C\$60:\$AA\$62;3;YANLIŞ);0))/(4*100))+((EĞER(EĞER(YATAYARA(V15;Veri!\$C\$74:\$AA\$78;4;YANLIŞ)>0; YATAYARA(V15;Veri!\$C\$74:\$AA\$78;4;YANLIŞ);0)>0; YATAYARA(YATAYARA(V15;Veri!\$C\$74:\$AA\$78;4;YANLIŞ); Veri!\$C\$60:\$AA\$62;3;YANLIŞ);0))/(4*100)))

Çizelge 3.15'te D103 döşemesinin sadece X yönlü uzanacak olan düz ve pilye donatı hesaplarının formül haline getirilmesinde kullanılan işlemler görülmektedir. Bu işlemler dizisinde temel olay ve işlemlerin donatı hesaplamaları ile ilgili ilk giriş te belirtildiği kadar karmaşık bir hal almamasının en önemli sebebi veri giriş kısmının evvelce manuel veyahut formül yardımı ile tablolarla donatılıp sonraki işlemlerde daha elverişli kullanıma

imkân sağlamasıdır. Bu yönü ile ele alındığında bu formüller 24 adet döşemenin hepsi için geçerli olup sadece Şekil 3.17’de de görüldüğü üzere döşeme ID numarası dışında bir farklılık bulunmamaktadır. Döşeme ID numarası liste halindedir. Herhangi bir döşeme ID aynı anda değiştirilip tüm hesaplamaların değişmesi aşağıda örnek olarak gösterilecektir.

	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
15	D102						D103					
16	D102						Donatı Aralk	h=döş. Kal.	Donatı çapı			
17	D103						0,38	0,15	Ø8			
18	D104						X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		
19	D105						Düz	5,9	16	5,35	m	
20	D106						Pilye	5,71	16	7,23	m	
21	Ara Toplam				146,96	Ø8	Ara Toplam			201,27	Ø8	
22												
23	Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		
24	Düz	4,35	12	5,90	m		Düz	4,35	12	6,90	m	
25	Pilye	4,16	11	7,44	m		Pilye	4,16	11	8,97	m	
26	Ara Toplam			152,66	Ø8		Ara Toplam			181,44	Ø8	
27												
28	Toplam Uzunluk				299,62	m Ø8	Toplam Uzunluk				382,71	m Ø8
29	Toplam Ağırlık				118,35	Ø8	Toplam Ağırlık				151,17	Ø8
30												

Şekil 3.18 : Döşeme ID numarasını seçme listesi.

	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
15	D101						D103						D103					
16	Donatı Aralk	h=döş. Kal.	Donatı çapı				Donatı Aralk	h=döş. Kal.	Donatı çapı				Donatı Aralk	h=döş. Kal.	Donatı çapı			
17	0,38		0,15	Ø8			0,38		0,15	Ø8			0,38		0,15	Ø8		
18	X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			X_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		
19	Düz	5,9	16	6,60	m		Düz	5,9	16	5,35	m		Düz	5,9	16	5,35	m	
20	Pilye	5,71	16	7,75	m		Pilye	5,71	16	7,23	m		Pilye	5,71	16	7,23	m	
21	Ara Toplam			229,67	Ø8		Ara Toplam			201,27	Ø8		Ara Toplam			201,27	Ø8	
22																		
23	Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy			Y_YÖNÜ	Açıklık	Adet	Boy		
24	Düz	5,6	15	6,90	m		Düz	4,35	12	6,90	m		Düz	4,35	12	6,90	m	
25	Pilye	5,41	15	7,09	m		Pilye	4,16	11	8,97	m		Pilye	4,16	11	8,97	m	
26	Ara Toplam			209,88	Ø8		Ara Toplam			181,44	Ø8		Ara Toplam			181,44	Ø8	
27																		
28	Toplam Uzunluk				439,55	m Ø8	Toplam Uzunluk				382,71	m Ø8	Toplam Uzunluk				382,71	m Ø8
29	Toplam Ağırlık				173,62	Ø8	Toplam Ağırlık				151,17	Ø8	Toplam Ağırlık				151,17	Ø8

Şekil 3.19 : D103 için donatı metrajı tablosu.

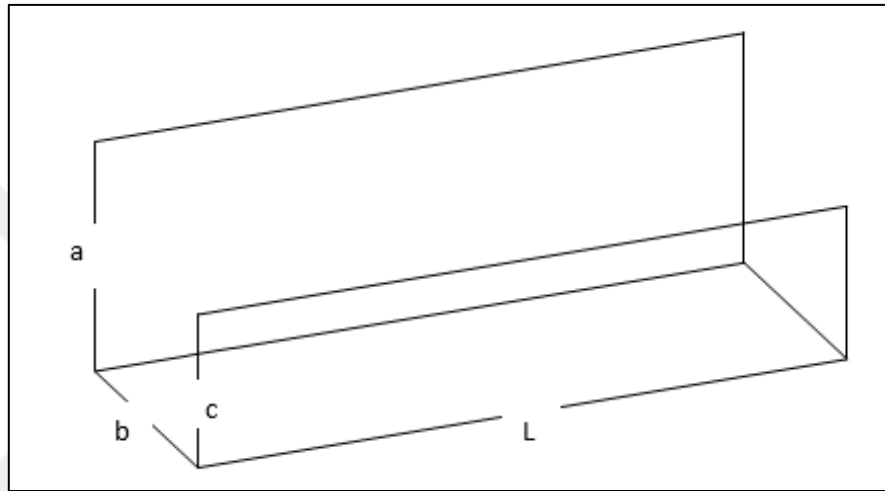
Şekil 3.19’da görüleceği üzere şekil 3.17’de sunulan hücre numaraları kullanılarak D102 döşemesinin şekil 3.18’de liste halinde olan döşeme ID’leri arasından seçilerek metrajının ve hesaplama detaylarının incelenmesi sağlanmıştır. Hesaplamaların tutarlı olduğunun görülebilmesi ve sonuçların karşılaştırılabilmesine olanak vermesi için şekillerde de görüleceği üzere en karmaşık halde olan döşeme donatı metraj hesaplaması sadece bir hücreden bir numara seçmekten ibaret olması elbet de her kullanıcıya kolaylık sağlayıp işlemlerin daha pratik ve daha anlaşılır olup uygulanabilirlik açısından önemli bir yer tutmaktadır.

Donatı ve kalıp metrajlarında başlıca kalemlerin işlem adımları ve hesap tabloları yapıldıktan sonra kaba iş olarak adlandırılan beton metraj hesabı yapılacaktır.

3.2.1.3 Beton metrajı

Beton hesabı çok karmaşık olmayıp yine de hesap fazlalığı isteyen bir metraj kalemidir. Bu metraj hesabını yaparken kullanacak veri kaynağı dosyamızda yer alan veri sayfasında oluşturulan tablolardır.

Örnek olarak kiriş kalıbının beton metrajı Şekil 20’de gösterilen geometri dikkate alınarak hesaplanmaktadır.



Şekil 3.20 : Basit kiriş kesiti.

Kiriş Eni= b , Kiriş Arka Derinliği= a, Kiriş Ön Derinliği= c, Kiriş Boyu= L

Beton metrajı= a*b*L

Basit bir işlemle hesaplanacaktır. Lakin yapıdaki tüm kirişleri ayrı ayrı aks uzunluğu dikkate alındığında de pratikte hesaplayan kişi için zaman kaybı oluşturacaktır. Mevcut hesaplamalarda her kiriş aks uzunluğu elde etmişti. Kiriş kesit ölçüleri de tasarım hesaplamalarında bulunduğu için basit birkaç formül ile tablo halinde daha anlaşılabilir bir metraj tablosu oluşturabilir. Bunun için Çizelge 3.16’da tanımlanan formüller oluşturulmuştur.

Çizelge 3.16 : K101 kirişinin beton metrajı hesaplamaları.

	K101
Açıklık	YATAYARA(DV16;Veri!\$C\$52:\$BN\$56;2;YANLIŞ)/100+ YATAYARA(DV16;Veri!\$C\$52:\$BN\$56;3;YANLIŞ)/100
Alan	YATAYARA(DV16;Veri!\$C\$52:\$BN\$56;4;YANLIŞ)/100* YATAYARA(DV16;Veri!\$C\$52:\$BN\$56;5;YANLIŞ)/100
Hacim	DW16*DX16

Yukarıda tabloda K101 kirişine ait metrajda kullanılacak değerlerin nasıl formül kullanılarak getirildiği detaylarla yer almaktadır. Bu durumda tabloda yapılacak tek şey kiriş ID numarasının belirtilerek hesaplamaların otomatik olarak hesaplanmasını sağlamaktır.

	DV	DW	DX	DY	DZ
15	Kiriş ID	Kiriş Açıklığı	Kesit Alanı	Hacim	
16	K101	5,60	0,18	1,01	m3
17	K102	4,70	0,18	0,85	m3
18	K103	5,80	0,18	1,04	m3
19	K104	3,40	0,18	0,61	m3
20	K105	4,70	0,18	0,85	m3
21	K106	5,80	0,18	1,04	m3
22	K107	3,40	0,18	0,61	m3
23	K108	4,70	0,18	0,85	m3
24	K109	5,80	0,18	1,04	m3
25	K110	3,40	0,18	0,61	m3
26	K111	3,40	0,18	0,61	m3
27	K112	5,00	0,18	0,90	m3
28	K113	3,20	0,18	0,58	m3
29	K114	5,00	0,18	0,90	m3
30	K115	3,40	0,18	0,61	m3
31	K116	3,40	0,18	0,61	m3
32	K117	5,00	0,18	0,90	m3
33	K118	3,20	0,18	0,58	m3
34	K119	5,00	0,18	0,90	m3
35	K120	3,40	0,18	0,61	m3
36	K121	3,40	0,18	0,61	m3
37	K122	5,80	0,18	1,04	m3
38	K123	4,70	0,18	0,85	m3
39	K124	3,40	0,18	0,61	m3
40	K125	5,80	0,18	1,04	m3
41	K126	4,70	0,18	0,85	m3
42	K127	3,40	0,18	0,61	m3
43	K128	5,80	0,18	1,04	m3
44	K129	4,70	0,18	0,85	m3
45	K130	5,60	0,18	1,01	m3
46	K131	5,50	0,18	0,99	m3
47	K132	5,50	0,18	0,99	m3
48	K133	4,15	0,18	0,75	m3
49	K134	4,15	0,18	0,75	m3

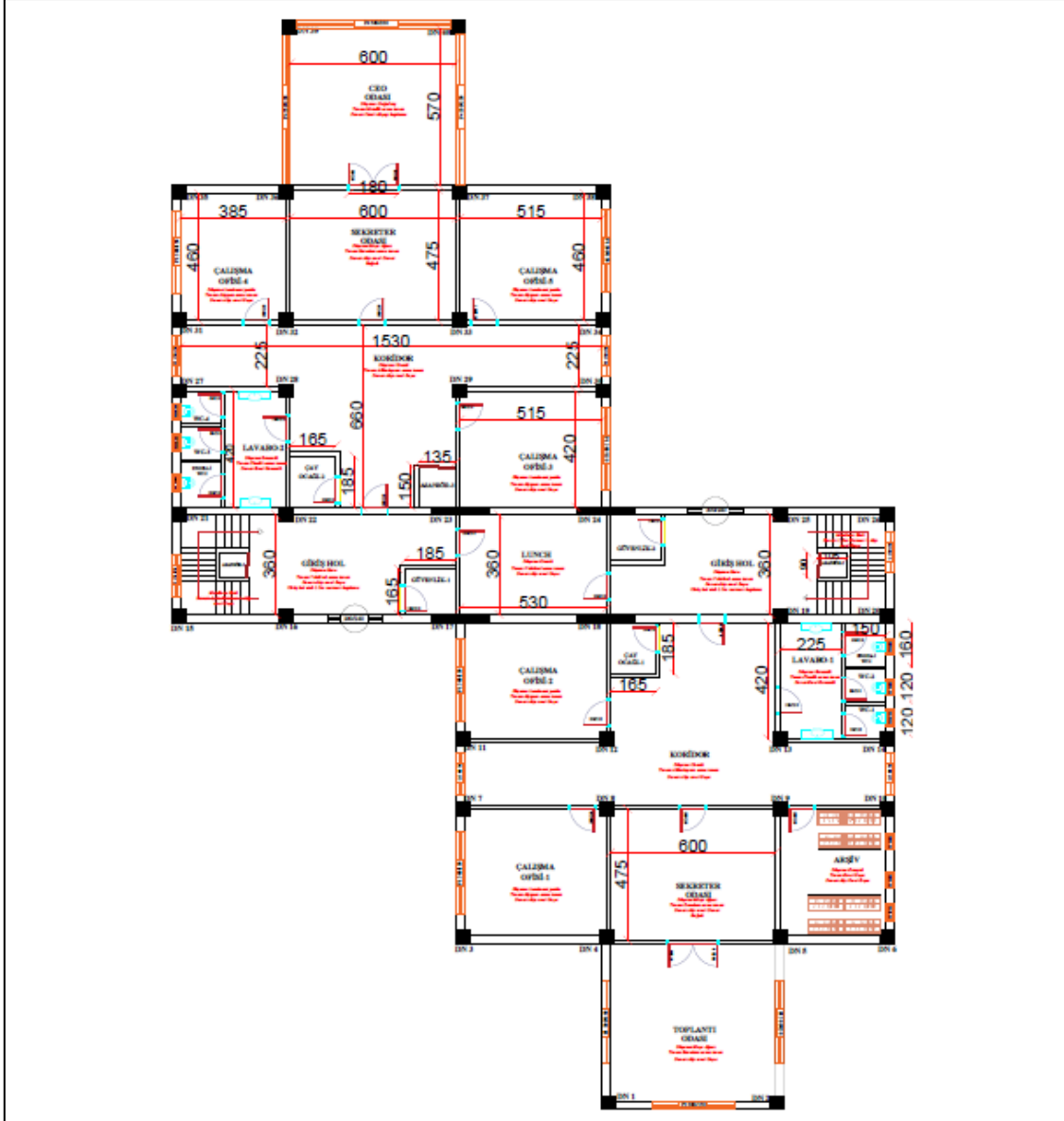
Şekil 3.21 : Kiriş için beton metrajı tablosu.

Şekil 3.21’de sunulduğu üzere hangi kirişin ne kadar uzunlukta ve ne kadar beton metrajının olduğu basit ve anlaşılır bir tablo halinde kullanıcıya raporlanmaktadır. Bu şekilde fazla detaya girmeden her iş kaleminden birkaç şekil ve çizelge ile yapının metraj hazırlama bölümünün kaba işler olarak tabir edilen inşaat metraj hesaplamalarında ana iş kalemlerinde olan Kalıp, Donatı, Beton metrajları ayrı ayrı yapı elemanları için örnek olacak şekillerce ve formüller ile detaylıca ifade edilmiştir.

Bu hesaplamalar ve oluşturulan tablolar tamamen kullanıcıya hitap edebilmesi için basit ve herkesin anlayacağı bir şekilde rahat bir dil kullanılmış ve terim karmaşası oluşmaması için tamamen piyasanın talepleri doğrultusunda hazırlanmaya dikkat gösterilmiştir.

3.2.2 İnce işler metrajının hazırlanması

Kaba iş metrajının ardından ince iş kalemleri metraj hesaplamaları gerçekleştirilmektedir. Hesaplamaların teknik detayı Şekil 3.22’de sunulan mimari plana göre hazırlanmaktadır.



Şekil 3.22 : Mimari plan projesi.

Projenin detayı incelendiğinde ince olarak tanımlanan başlıca iş kalemleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

Dış Duvar

İç Duvar

Kılıcına Duvar

Cephe İskelesi

Dış Cephe Mantolama

Dış Cephe Sıva

Dış Cephe Boya

İç Cephe Duvar Sıva

İç Cephe Tavan Sıva

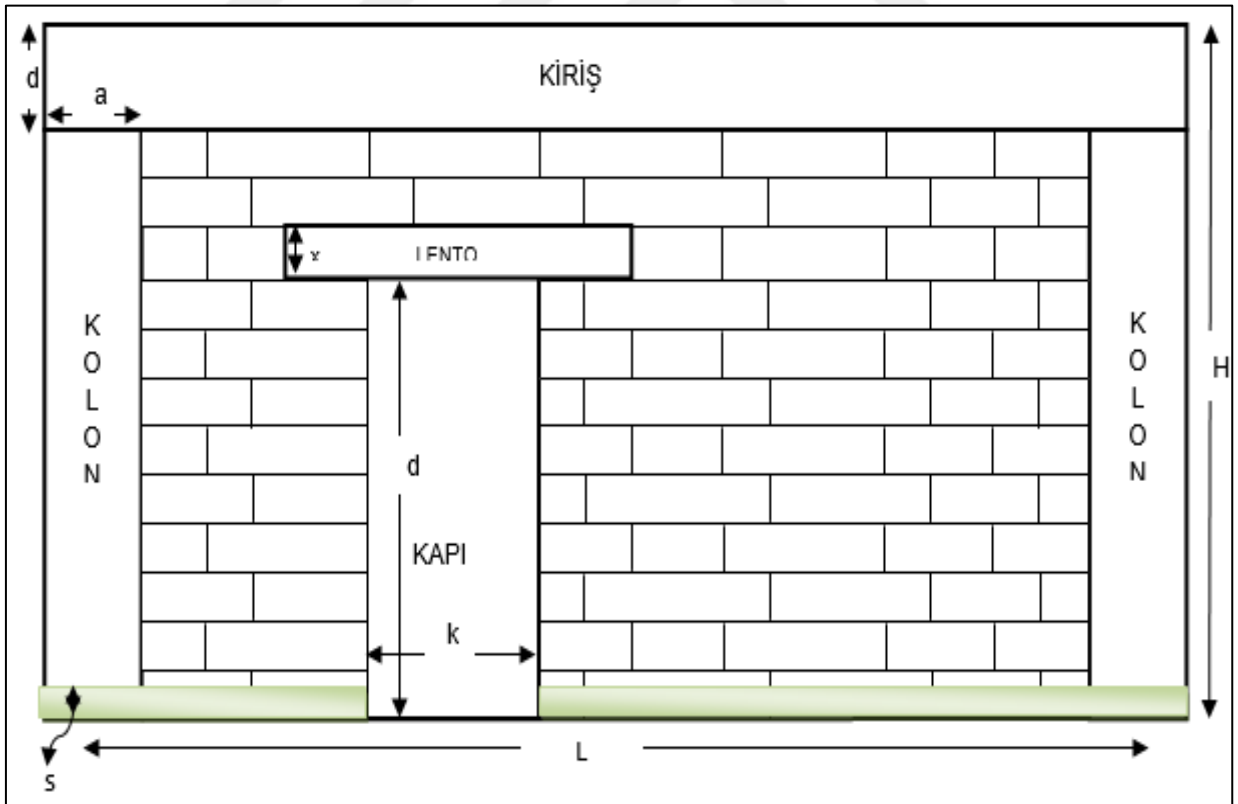
Yer Döşemesi (Doğal taş, Granit, Mermer, Meşe Ağacı, Karo, Kauçuk, Laminant Parke, Seramik)

Süpürgelik (Doğal taş, Granit, Mermer, Meşe Ağacı, Karo, Kauçuk, Laminant Parke, Seramik)

Duvar Kaplama (Boya, Traverten, Ahşap, Mermer, Duvar Fayans)

Belirtilen iş kalemlerinin metraj hesaplamalarında yapıya dair belirtilen tüm kalemlerin formüleştirmeleri yapılmış olup detaylı tablolar ile anlaşılabilir bir hale getirilmiştir. Konusu olacak tüm iş kalemleri burada anlatılmayacak ele alınacak kalemler çoğu işlem tablosunun mahiyetini barındıracak şekilde olacaktır.

Önce iç mahal ve dış mahal duvar imalatı yapılacaktır. Duvarı etkileyen yapısal ve mimari elemanlar ile detaylar Şekil 3.23'te gösterilmiştir.



Şekil 3.23 : Duvar kesiti.

Şekil 3.23'de görünen duvar kesitinin metraj hesabı yapılırken;

Net açıklık= L(İki kolonun merkezinden merkezine),

Kat Yüksekliği= H,

Kapı Yüksekliği= d,

Kapı Genişliği= k,

Kolon Eni= a,

Kiriş Derinliği= d,

Lento Yüksekliği= x,

Lento Genişliği= k + 2x,

Süpürgelik Yüksekliği= s;

Duvar net yüksekliği= (H – d)

Duvar net genişliği= (L – 2*(a/2))

Kapı Minha(Boşluk)= k*d

Lento Minha= x*(k+2x)

Duvar Yüzey alanı= [(H – d) * (L – 2*(a/2))] – [(k*d) + x*(k+2x)] m²'dir.

Şekil 3.22'de gösterilen kesitte yer alan sıvanacak alanın boyutları;

Sıva yüksekliği= H

Sıva genişliği= (L + 2*(a/2))

Kapı Minha(Boşluk)= k*d

Sıva Yüzey alanı= [(H) * (L + 2*(a/2))] – [(k*d)] m²'dir.

Kesitte yer alan boyanacak alanın boyutları;

Boya yüksekliği= H - s

Boya genişliği= (L + 2*(a/2))

Kapı Minha(Boşluk)= k * (d – s)

Boya Yüzey alanı= [(H - s) * (L + 2*(a/2))] – [(k * (d – s))] m²'dir.

Belirtilen metraj kalemleri ve hesaplamaları sadece bir mahal deki bir adet duvar imalatının kesitinde hesaplanabilecek metrajlardır. Bu işlemleri her mahallin 4 adet duvara sahip olduğu düşünüldüğünde ve duvarın tek yüz diğer kalemlerin ayrı ayrı yüzleri hesaplandığı zaman ortaya çıkacak işlem karmaşası ve karışıklığı çözümlenmek bir dert ifade edebilmek apayrı bir sorunu içinde barındırmaktadır. Mahal açıklıklarını sınırlayan kirişler ve bağlı oldukları kolonlar olduğuna göre veri sayfasında kullanılan tablolardan yararlanarak her duvarın açıklığı ile uğraşmaktan kaçınıp işlemleri daha şematik ve mantıklı bir şekilde çözümlenmek gerekmektedir.

3.2.2.1 Duvar Metraji

İlk olarak ele alınacak iş kalemi dış duvar metrajının hesaplanması olacaktır. Bu hesaplama yapılırken dış duvarların denk geleceği kiriş ID numaraları evvelden tablo haline getirilir. Bu duvarlara gelecek kapı ve pencere çeşitleri belirlenir. Bu işlemin ardından metraj tablosunda hangi duvarda hangi doğrama çeşidinin olduğunu girilir.

	K	L	M	N	O	P	Q
13	DIŞ DUVAR						
14	TOPLAM DIŞ DUVAR ALANI					221,97 M2	
15							
16		Benzeri	Genişlik(m)	Yükseklik(m)	Azı(m2)	Minha(m2)	TOPLAM(M2)
17	K101	1	5,6	2,4	13,44		13,44
18	P1	1	3	1,5		4,5	8,94
19	K4	0	0	0		0	8,94
20	K102	1	4,7	2,4	11,28		20,22
21	P1	0	0	0		0	20,22
22	K4	0	0	0		0	20,22
23	K104	1	3,4	2,4	8,16		28,38
24	P1	0	0	0		0	28,38
25	K4	0	0	0		0	28,38
26	K111	1	3,4	2,4	8,16		36,54
27	P1	0	0	0		0	36,54
28	K4	0	0	0		0	36,54
29	K112	1	5	2,4	12		48,54
30	P1	0	0	0		0	48,54
31	K4	1	2	2,4		4,8	43,74
32	K113	1	3,2	2,4	7,68		51,42
33	P1	0	0	0		0	51,42
34	K4	0	0	0		0	51,42
35	K114	1	5	2,4	12		63,42
36	P1	0	0	0		0	63,42
37	K1	1	1	2,1		2,1	61,32
38	K115	1	3,4	2,4	8,16		69,48
39	P1	0	0	0		0	69,48
40	K4	0	0	0		0	69,48

Şekil 3.24 : Dış duvar metraj tablosu.

Dış duvar metrajı hesaplanırken

- Kiriş ID
- Kiriş benzeri sütunu
- Pencere No
- Pencere benzeri sütunu
- Kapı No
- Kapı benzeri sütunu

İşlem adımları sırasıyla şöyledir;

- 1) Kiriş altına gelen duvar var ise Kırmızı hücreye Kiriş ID, benzeri sütununa 1 yazılır. Kiriş altına gelen duvar yok ise benzeri sütununa 0 yazılır.

2) Pencere varsa Liste halinde olan hücreden Pencere çeşidi seçilir ve benzeri sütununa 1 yazılır. Pencere yoksa pencere numarasının benzeri sütununa 0 yazılır.

3) Kapı varsa Liste halinde olan Kiriş ID altındaki hücreden kapı çeşidi seçilir ve benzeri sütununa 1 yazılır.

Kapı yoksa Kapı numarasının benzeri sütununa 0 yazılarak veri girişi tamamlanır. Duvar metrajı girilen veriler kullanılarak otomatik hesaplanır. Metraj tablosunun hazırlanması için kullanılan veri giriş bilgileri Çizelge 3.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.17 : Kirişlerin dış ve iç mahal olarak ayrıldığı tablo.

K101	Dış	K133	Dış
K102	Dış	K134	İç
K103	İç	K135	İç
K104	Dış	K136	Dış
K105	İç	K137	Dış
K106	İç	K138	İç
K107	İç	K139	İç
K108	İç	K140	Dış
K109	İç	K141	Dış
K110	İç	K142	İç
K111	Dış	K143	İç
K112	Dış	K144	Dış
K113	Dış	K145	Dış
K114	Dış	K146	İç
K115	Dış	K147	İç
K116	Dış	K148	İç
K117	Dış	K149	İç
K118	Dış	K150	Dış
K119	Dış	K151	Dış
K120	Dış	K152	İç
K121	İç	K153	İç
K122	İç	K154	Dış
K123	İç	K155	Dış
K124	İç	K156	İç
K125	İç	K157	İç
K126	İç	K158	Dış
K127	Dış	K159	Dış
K128	İç	K160	İç
K129	Dış	K161	İç
K130	Dış	K162	Dış
K131	Dış	K163	Dış
K132	Dış	K164	Dış

Dış ve iç duvar ayrımı yapılmasındaki temel maksat dış duvarların kalınlıklarının farklı olması ve bu durumun maliyette farklılıklar oluşturmasıdır. Maliyet kısmında zorlanmamak için evvelden sıralı bir şekilde tabloların ayrılarak hazırlanması sonraki dış cephe ve iç cephe ayrımının yapılacağı sıva ve boya iş kalemlerinde de rahatlık sağlayacaktır.

Bu tablo oluşturulduktan sonra bütün yapı projesinde mimari tasarım aşamasında belirlenen doğrama çeşitleri kendimizce isimlendirilip boyutları ile tablo haline getirilmiştir.

Çizelge 3.18 : Yapıda kullanılacak doğrama çeşitleri tablosu.

Doğrama Çeşidi	En	Boy	Kasa kalınlığı	Adet
P1	3	1,5	0,1	8
P2	1,5	1,5	0,1	6
P3	0,5	0,5	0,1	9
P4	0	2,4	0,1	3
K1	1	2,1		20
K2	0,8	2,1		4
K3	1,8	2,1		2
K4	2	2,4		2

Çizelge 3.18’de belirtilen doğrama tablosunda P ile başlayan isimler Pencereleri simgelemekte ve K ise Kapıları temsil etmektedir. Her biri kendi boyut farklılıklarına göre sınıflandırılmıştır. Şekil 3.25’te iç duvar metraj tablosu kiriş numaralarına göre ayrılmak suretiyle duvar imalatında bulunan kapı ve lento detayları hepsi liste halinde olan tablolardan seçilecektir.

İç duvar metrajı hesaplanırken 4 hücre kullanılır;

- a) Kiriş ID
- b) Kiriş benzeri sütunu
- c) Kapı No
- d) Kapı benzeri sütunu.

İşlem adımları sırasıyla şöyledir;

1) Kiriş altına gelen duvar var ise kırmızı hücreye Kiriş ID, benzeri sütununa 1 yazılır.

Kiriş altına gelen duvar yok ise benzeri sütununa 0 yazılır.

2) Duvar var ve kapı varsa Liste halinde olan Kiriş ID altındaki hücreden kapı çeşidi seçilir ve benzeri sütununa 1 yazılır.

Duvar var ve kapı yoksa kapı numarasının benzeri sütununa 0 yazılarak veri girişi tamamlanır. Veri girişinin tamamlanmasıyla iç duvar metraji otomatik hesaplanır.

	S	T	U	V	W	X	Y
13	İÇ DUVAR						
14	TOPLAM İÇ DUVAR ALANI					191,48 M2	
15							
16		Benzeri	Genişlik(m)	Yükseklik(m)	Azı(m2)	Minha(m2)	TOPLAM(M2)
17	K103	1	5,8	2,4	13,92		13,92
18	K3	1	1,8	2,1		3,78	10,14
19	Lento	1	2,2	0,2		0,44	9,7
20	K105	1	4,7	2,4	11,28		20,98
21	K1	1	1	2,1		2,1	18,88
22	Lento	1	1,4	0,2		0,28	18,6
23	K106	1	5,8	2,4	13,92		32,52
24	K1	1	1	2,1		2,1	30,42
25	Lento	1	1,4	0,2		0,28	30,14
26	K107	1	3,4	2,4	8,16		38,3
27	K1	1	1	2,1		2,1	36,2
28	Lento	1	1,4	0,2		0,28	35,92
29	K108	1	4,7	2,4	11,28		47,2
30	K1	0	0	0		0	47,2
31	Lento	0	0	0		0	47,2
32	K109	0	0	0	0		47,2
33	K1	0	0	0		0	47,2
34	Lento	0	0	0		0	47,2
35	K110	1	3,4	2,4	8,16		55,36
36	K1	0	0	0		0	55,36
37	Lento	0	0	0		0	55,36
38	K121	1	3,4	2,4	8,16		63,52
39	K1	0	0	0		0	63,52
40	Lento	0	0	0		0	63,52

Şekil 3.25 : İç duvar metraj tablosu.

Şekil 3.24'te dış mahal duvar metrajının hesaplandığı tabloda örnek olarak K17 hücresinde bulunan K101 kirişine denk gelen duvarın metraj hesaplaması yapılırken K101 veyahut kiriş numarasının yazılacağı satırdaki yapılan işlemler metraj tablosuna + değer olarak yansır ve genel metraj toplamının Azı olarak adlandırılan kısmi toplam metraj bölümüne toplam değeri yazılır.

Duvar imalatında minha edilecek alan yani herhangi bir iş kaleminde metraj ve maliyet hesaplarının daha detaylı yapılabilmesi için imalatı yapılan işte o imalatın kapsamına girmeyen her türlü boşluk minha olarak kabul edilip metraj tablosunda – değer olarak yansıtılır. Buda fazladan maliyet oluşmasını engelleyecektir.

Örnek olarak bahsedilecek olursa 3m genişliğinde ve net 3m yüksekliğinde bulunan bir duvarda 2*1m boyutlarında bir pencere mevcuttur. Bu duvar imalatının işçilik ve malzeme dahil m² birim fiyat maliyeti güncel tutarlarla ortalama olarak 100 liraya tekabül

etmektedir. Normal şartlarda $3m \times 3m = 9m^2$ olarak yapılan imalat hesaplanır. Birim fiyat ile çarpılıp $9m^2 * 100 TL/m^2 = 900 TL$ bu duvar imalatının maliyeti olarak çıkarabilir. Lakin pencere boşluğu imalat işlemine tabi olmadığından minha olarak hesaplanıp yeni yapılacak işlem $3m \times 3m - 2m \times 1m^2 = 7m^2$ imalat metrajı. $7m^2 * 100 TL/m^2 = 700 TL$ olarak yeniden hesaplandığında basit bir duvarda normal ebatlarda bir pencere boşluğunun metraj ve dolaylı olarak maliyete olan etkisi yukarıdaki hesaplamalarda görülmektedir. Hal böyle iken yapılacak olan projenin büyüklüğü arttıkça projede oluşacak minha hesaplamaların titizlikle yapılmaması başlı başına bir fiyat külfeti olacaktır.

Dış mahal duvar metrajında minha edilecek yapı elemanları Kapı ve Pencerelelerdir. Tabloda minha başlığı altında eksi değer olarak hesaplandıktan sonra kümülatif toplam işleminde Azı-Minha olarak toplam metraj hesaplamaları yapılmaktadır.

Çizelge 3.19 : Dış duvar K101'in metraj hesaplamaları.

K101	
Benzeri	1
Genişlik(m)	YATAYARA(K17;Veri!\$C\$52:\$BN\$57;2;YANLIŞ)/100+ YATAYARA(K17;Veri!\$C\$52:\$BN\$57;3;YANLIŞ)/100
Yükseklik(m)	Katyüksekliği-Kirişderinliği/100
Azı(m2)	M17*N17*L17
Minha(m2)	0
TOPLAM(M2)	O17-P17
P1	
Benzeri	1
Genişlik(m)	EĞER(VE(L18>0;K18<>"P4");DÜŞEYARA(K18; Veri!\$A\$210:\$C\$213;2;YANLIŞ);EĞER(K18="P4";M17;0))
Yükseklik(m)	EĞER(L18>0;DÜŞEYARA(K18;Veri!\$A\$210:\$C\$213;3;YANLIŞ);0)
Azı(m2)	0
Minha(m2)	L18*M18*N18
TOPLAM(M2)	Q17+O18-P18
K4	
Benzeri	0
Genişlik(m)	EĞER(L19>0;DÜŞEYARA(K19;Veri!\$A\$215:\$C\$218;2;YANLIŞ);0)
Yükseklik(m)	EĞER(L19>0;DÜŞEYARA(K19;Veri!\$A\$215:\$C\$218;3;YANLIŞ);0)
Azı(m2)	0
Minha(m2)	L19*M19*N19
TOPLAM(M2)	Q18+O19-P19

Çizelge 3.19’da Şekil 3.24’te bulunan K17*Q19 tablosunda karşılık gelen değerlerin hesaplanmasında kullanılan formüller bulunmaktadır.

Yukarıda detayıyla anlatıldığı gibi duvarda kapı ve pencere imalatı var ise liste halinde bulunan herhangi bir çeşit seçilir var ise 1 değeri yok ise 0 değeri atanır. Buna karşılık 0 olsa dahi Çizelge 3.de görüldüğü üzere K4 genişlik ve yükseklik tablosu her ihtimale karşı hesaplanmaktadır. Buda kullanım kolaylığı sunmaktadır. Olurda proje revizyonunda K4 kapısı eklendi düşüncesi doğarsa sadece 0 değeri 1 olarak değiştirilip metraj revize edilebilmektedir.

3.2.2.2 Sıva Metrajı

Duvar metrajının ardından yapılacak en karmaşık metraj hesaplamalarından biri olan iç cephe duvar sıva metrajı ve tavan sıva metrajlarıdır. Metraj değerlerine göre sıva kalınlığı ve bundan doğacak kum ve çimento maliyeti; alçı sıva yapılacaksa alçı hamuru ve su maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır. İç mahal olarak kirişlerle sınırlandırılmış bir ofis yahut hangi amaçta kullanılacak bir mahal ise tüm mimari ve yapısal detayları göz önüne alınmalıdır.

	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
13	İÇ CEPHE DUVAR SIVA								
14	TOPLAM İÇ CEPHE DUVAR SIVA ALANI							1126,1925 M2	
15			İç	Dış					
16		Benzeri	Alt/Sol	Üst/Sağ	Genişlik(m)	Yükseklik(m)	Azı(m2)	Minha(m2)	TOPLAM(M2)
17	D101	51,21							0
18	Y-Sol	1	Dış	Dış	5,7	2,85	16,245		16,245
19	X-Üst	1	Dış	Dış	6	2,85	17,1		33,345
20	Y-Sağ	1	Dış	Dış	5,7	2,85	16,245		49,59
21	X-Alt	1	Dış	Dış	6	2,85	17,1		66,69
22	Kiriş Minha	0			0	0		0	66,69
23	P1	3			3	1,5		13,5	53,19
24	P1	3			0,1	6	1,8		54,99
25	K3	1			1,8	2,1		3,78	51,21
26	D102	41,505							51,21
27	Y-Sol	1	Dış	İç	4,6	2,85	13,11		64,32
28	X-Üst	1	Dış	İç	5,15	2,85	14,6775		78,9975
29	Y-Sağ	1	Dış	İç	4,6	2,85	13,11		92,1075
30	X-Alt	1	Dış	İç	5,15	2,85	14,6775		106,785
31	Kiriş Minha	4			0,15	0,45		0,27	106,515
32	P1	3			3	1,5		13,5	93,015
33	P1	3			0,1	6	1,8		94,815
34	K1	1			1	2,1		2,1	92,715
35	D103	55,125							92,715
36	Y-Sol	1	İç	İç	4,75	2,85	13,5375		106,2525
37	X-Üst	1	Dış	Dış	6	2,85	17,1		123,3525
38	Y-Sağ	1	İç	İç	4,75	2,85	13,5375		136,89
39	X-Alt	1	Dış	Dış	6	2,85	17,1		153,99
40	Kiriş Minha	4			0,15	0,45		0,27	153,72
41	K1	1			1	2,1		2,1	151,62
42	K3	1			1,8	2,1		3,78	147,84

Şekil 3.26 : İç cephe duvar sıva metraj tablosu.

Yukarıda şekilde görüleceği üzere sadece 3 döşemenin hesap tablosu bulunmaktadır. Örnek yapıda 25 adet döşeme mevcuttur ve hepsini detaylarıyla aktarmak zor olduğundan tablonun belli kısmında metraj hesaplamasının nasıl yapıldığı incelenecektir.

Bu hususta yapıda sıva metraji yapılırken mahal isimlerinin proje de her vakit önceden belirlenmediği göz önüne alınarak tasarımda kirişlerin sınırladığı döşemeler ve kiriş altlarına gelen duvarlarla bölünmüş mahallere isim olarak bulunduğu döşeme üzerinden tablo oluşturulacaktır.

Oluşturulan tabloda döşeme numarasının olması aynı zamanda işlem adımlarında veri sayfasında hazırlanan döşemeye ait açıklık değerleri hesaplanır. Ardından döşeme sınırlarında bulunan kirişlerin altına gelecek kolonların yer tayini yapılır. Sıvanacak yüzey ölçülerinin hesaplanmasında çok sayıda geometrik formüller kullanılsa da sistematik bir şekilde metraj tablosunun oluşturulması ve değerlerin hesaplanmasında aşırı şekilde karmaşık olan sıva metrajının yapılması daha rahat bir hal alacaktır.

Özet olarak iç cephe duvar sıvası metraji hesaplanırken;

1) Yapıda metrajlar döşeme ve döşeme etrafını sınırlayan kirişler yardımıyla yapılmıştır.

2) Döşemenin 4 kenarında kiriş altına gelen mahal duvarlarının kirişin dış yüzeyinde mi yoksa iç kısmında mı bittiği belirlenir. Duvarın iki ucundaki durum liste halinde İç/dış belirlenir. Kiriş altına gelen duvar yok ise benzeri sütununa 0 yazılır.

3) Minha yapılacak pencere ve kapı varsa liste halinde olan hücreden kapı-pencere çeşidi seçilir ve benzeri sütununa adedi yazılarak metraj kısmı tamamlanır. Geri kalan değerler otomatik hesaplanır.

Başlıkları altında sıva metrajının basit bir hal alacağı görülmektedir. Bu işlem adımlarının rahat bir tabloya dönüşmesinde kullanılacak formüller aşağıda çizelgeler de detayıyla gösterilecektir.

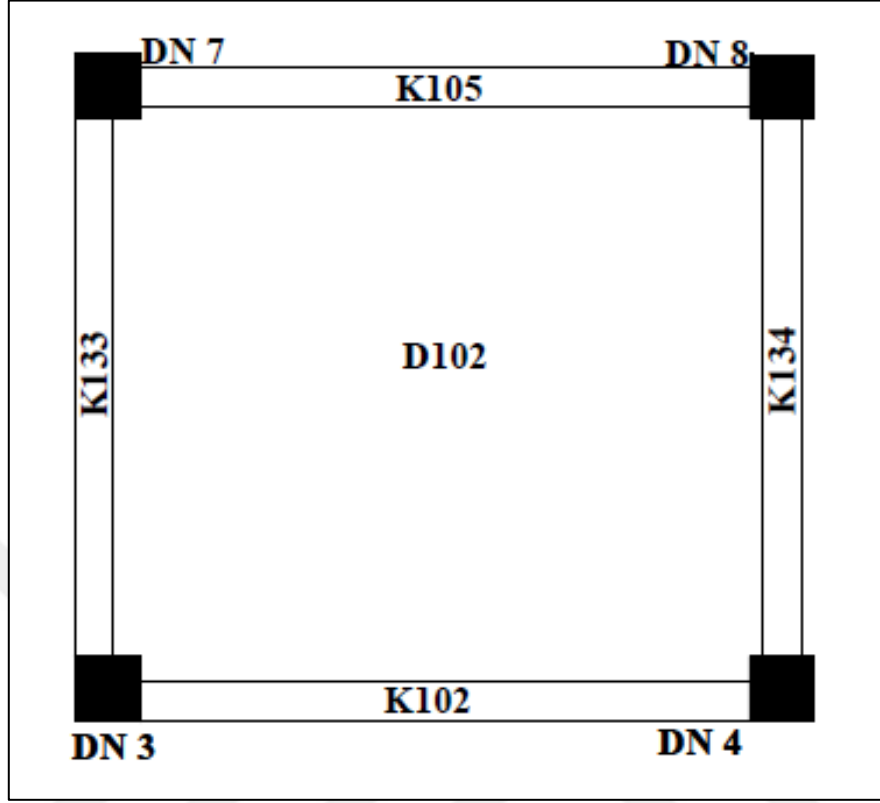
Çizelge 3.20 : İç cephe duvar sıvası D101'in metraj hesaplamaları.

Y-Sol	
Benzeri	1
Alt/Sol	Dış
Üst/Sağ	Dış
Genişlik(m)	EĞER(BQ18>0;(EĞER(VE(BR18="İç";BS18="İç");YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR18="İç";BS18="Dış");YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR18="Dış";BS18="İç");YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR18="Dış";BS18="Dış");YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100;0)))));0)
Yükseklik(m)	EĞER(BQ18>0;Katyüksekliği-Döşemekalınlığı;0)
Azı(m2)	EĞER(BQ18>0;BT18*BU18*BQ18;((YATAYARA(YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$45:\$AA\$49;5;YANLIŞ);Veri!\$C\$52:\$BN\$54;2;YANLIŞ)+YATAYARA(YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$45:\$AA\$49;5;YANLIŞ);Veri!\$C\$52:\$BN\$54;3;YANLIŞ))/100)*(Kirişderinliği/100-Döşemekalınlığı)+((YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$62;3;YANLIŞ)/100-(((YATAYARA(YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$45:\$AA\$49;5;YANLIŞ);Veri!\$C\$52:\$BN\$54;2;YANLIŞ)+YATAYARA(YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$45:\$AA\$49;5;YANLIŞ);Veri!\$C\$52:\$BN\$54;3;YANLIŞ))/100))))*(Katyüksekliği-Döşemekalınlığı)+(((Katyüksekliği-Kirişderinliği/100)*(Kirişeni/100)/2)*2))
Minha(m2)	0
TOPLAM(M2)	BX17+BV18-BW18

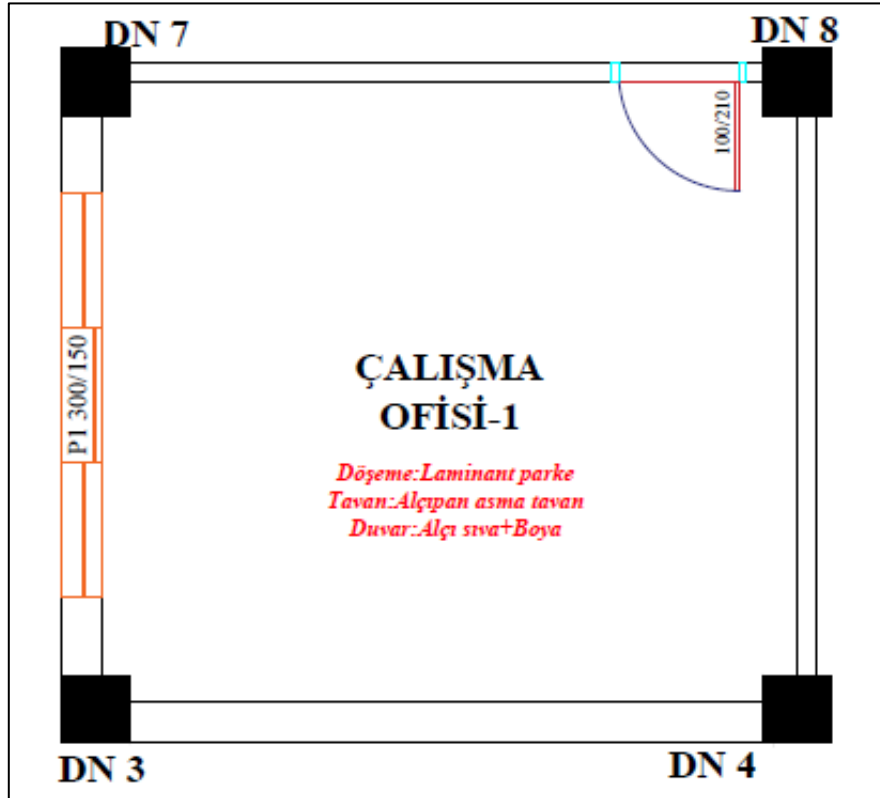
Çizelge 3.20'de bulunan formüller Şekil 3.26'da BP16 hücresinden başlayarak BX25 hücresini kapsayan tabloda sadece BP18-BX18 satırında bulunan Y eksenindeki mahalın sol kısmında kiriş altına denk gelen duvarın sıvanması için gerekli olan ölçülerin hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu duvara tanımlama ve geri dönüşlerde yerinin daha rahat bulunabilmesi için Y-Sol ismi verilmiştir.

Şekil 3.26'da BR18-BS18 hücrelerinde bulunan iç/dış seçenekli hücreler duvarın hangi ekseninde ise o ekseninde karşıt eksen ile kesişeceği noktaya kadar olan mesafesini hesaplamak için kullanılır. Y-Sol duvarının alt ve üst kısmı normal şartlarda kolon ile sınırlandırılmıştır. Lakin hesaplamada rahatlık olması için y ekseninde bulunan sol kısımda sıvanacak yüzey kolonlarla sınırlı değildir. Kolonların y-sağ kısmına sapan duvarların kolon ile duvarın kesişmediği yerlerde kolondan duvardan dolayı kalan boşluklar y ekseninde sıvanacak alan hesabına katılmalıdır.

Örnek olarak D102 döşemesinde bulunan mahal duvarların evvela hesaplama formülleri ve şekillerle durum izah edilecektir.



Şekil 3.27 : D102 döşemesi kiriş durumu.

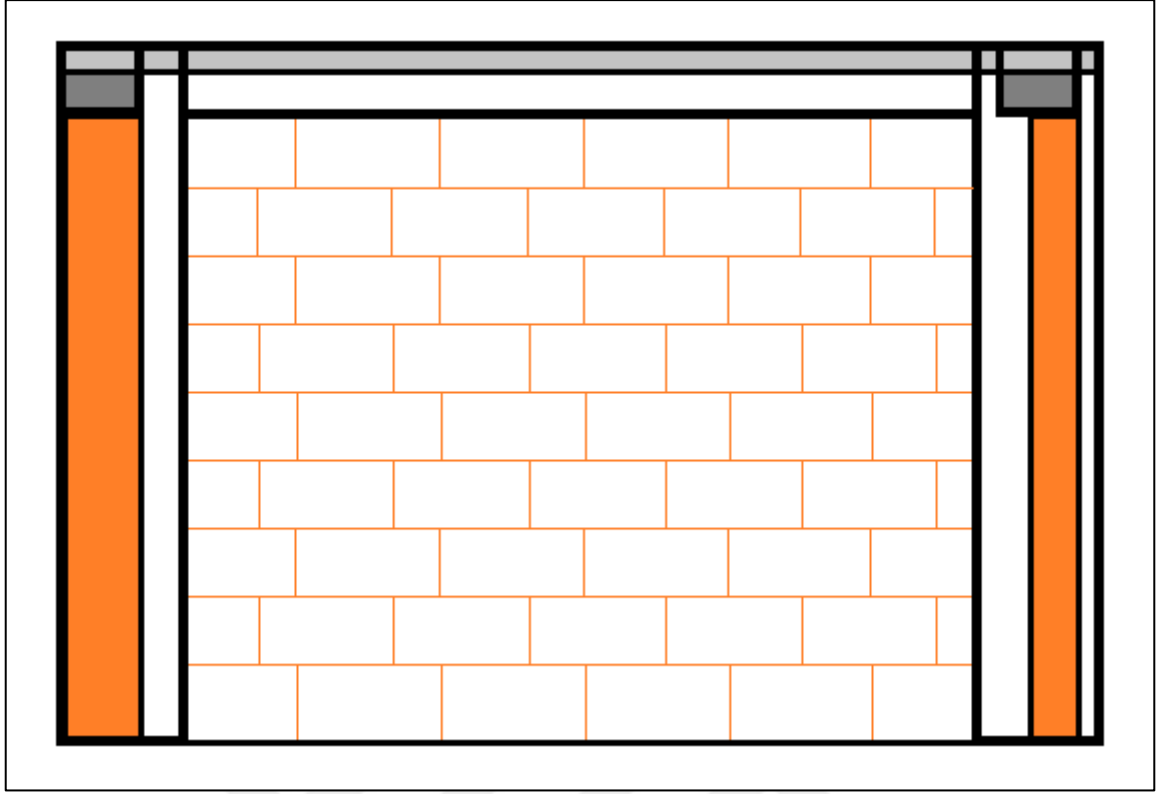


Şekil 3.28 : D102 döşemesi mahal duvar durumu.

Şekil 3.27 ve 28’de D102 döşemesinin kolonlar arasında olan kiriş ve duvar planları mevcuttur. Bu planlara bakıldığında DN3-DN7 arasında bulunan Y-Sol duvar kalınlığı ile kiriş kalınlığı aynıdır ve kirişle tavan tabana örtüşür durumdadır. Bu durumda Şekil 3.26’da BR27-BS27 hücreleri D102 döşemesinin Y-Sol duvarının alt ve üst kısmındaki duvarların kirişlere göre durumunu gösterir hücreler olması itibariyle sırasıyla Alt-Üst sıralı ikisi Dış-İç olarak hesaplanmaların yapılmasına kolaylık sağlamıştır.

BR27 hücresinin Alt durumunun Dış olmasının sebebi duvar yüzeyinin bittiği yerin kiriş yüzeyin dış yüzeyine denk gelmesi yani tavan-tabana örtüşme durumudur. Bu minvalde bakıldığında Y-Sol duvarının Alt durumunu oluşturan duvar Şekil 3.27 ve Şekil 3.28 de gösterildiği üzere ve DN3-DN4 arasında yer alan Şekil 3.26’da görüleceği üzere X-Alt duvarıdır. Bu duvar kalınlığı Şekil 3.27 ve Şekil 3.28’e bakıldığında kiriş kalınlığının duvar kalınlığı ile aynı olduğu görülür ve konum itibari ile kirişin başladığı dış çeperden başlayıp aynı iç çeperde kalınlığı son bulmuştur. Kirişin bittiği yerde duvar kalınlığının da katkısı ile duvarın bitiş yeri kirişin alt kısmında boşluk oluşturmayıp kiriş duvarın tam olarak örtüşmesine ve kirişin dış kısmında son bulduğunu göstermektedir. Belirtilen koşullar dikkate alınarak Y-Sol duvarının alt durumu dış olarak belirlenir.

Y-Sol duvarının Üst durumunu oluşturan duvar Şekil 3.27 ve Şekil 3.28’e bakıldığında DN7-DN8 arasında yer alan Şekil 3.26’da görüleceği üzere X-Üst duvarıdır. Bu duvar kalınlığı Şekil 3.27 ve Şekil 3.28’e bakıldığında kiriş kalınlığının duvar kalınlığı ile aynı olmadığı görülür ve konum itibari ile kirişin başladığı iç çeperden başlayıp aynı iç çeperde kalınlığı son bulmamıştır. Kirişin bittiği yerde duvar kalınlığının da katkısı ile duvarın bitiş yeri kirişin alt kısmında boşluk oluşturup kiriş duvarın tam olarak örtüşmemesine ve kirişin dış kısmında son bulmayıp kirişin iç kısmında kaldığı görülmektedir. Tespit edilen koşullar dikkate alındığında Y-Sol duvarının üst durumu iç olarak belirlenir.



Şekil 3.29 : D102 Y-Sol Duvar kesiti.

Şekil 3.29’da görüleceği üzere turuncu ile boyanmış alanlar duvarın kolona saplandığı yerlerdir. Açık gri renk ile boyanan kısım döşeme kesitinin kolon ve kirişi kestiği temsili göstermedir. Koyu gri renk ile boyanmış alanlar ise kirişin kolona saplandığı yerlerdir.

Sıva yapılırken sıvanacak yatay mesafe bu iki duvar kesiti arasında kalan mesafedir. Yani sıva yapılacak alan ise dolgu olan renkler dışında kalan beyaz alanların kompleksi sıva yapılacaktır. Hali hazırda genişlik hesabı üzerinden genişliğin tespit edilmesi hali üzerinde durduğumuz için kalan diğer minha ve yükseklik hesaplamaları detaylı biçimde açıklanacaktır.

Genişlik mesafesinin tespiti her duvar için bulunması ayrı ayrı çok zor olduğundan sadece proje üzerinden konumuna bakılarak İç-Dış durumunun tayin edilmesi ile genişlik daha rahat bir şekilde hesaplanmaktadır.

Sağ tarafta bulunan duvar kalınlığı kiriş kesitinin iç kısmında bittiği için iç iç şeklinde belirlenerek yazılan formüller yardımı ile her türlü kombinasyon göz önüne alınarak İç-dış durumları için Çizelge 3.20’de tabloda bulunan Genişlik hesabının yapılmasında kullanılan formül ile yapılan kombinasyon ve hesaplamalar bulunmaktadır.

Çizelge 3.20’de tabloda bulunan Yükseklik hesabının yapılması için Şekil 3.29’a bakıldığında beyaz alanı dikeyde kısıtlayacak tek etken açık gri renkteki döşeme kalınlığıdır. Yükseklik bulunurken kat yüksekliğinden döşeme kalınlığının çıkarılmasında

elde kalan mesafe sıva yüksekliğini belirler. Bu durumda genişlik ve yüksekliği verdiği için yatay dikey mesafe çarpımında alan hesabı kolaylıkla yapılabilecektir. Lakin Çizelge 3.20’de tabloda alan çarpımının yapılacağı satır da Şekil 3.25’te de görülebileceği gibi Azı ifadesi yer almakta ve Çizelge 3.de formül hesabının normalden fazla olduğu görülmektedir.

Bu durum olası ihtimalleri göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Maksat tabloda ekstra işlemler açmasına engel olmak ve insicamı bozmamak için hesaplamaları mümkün olduğunca daha az tablo satır ve sütunu ile gösterilmiştir.

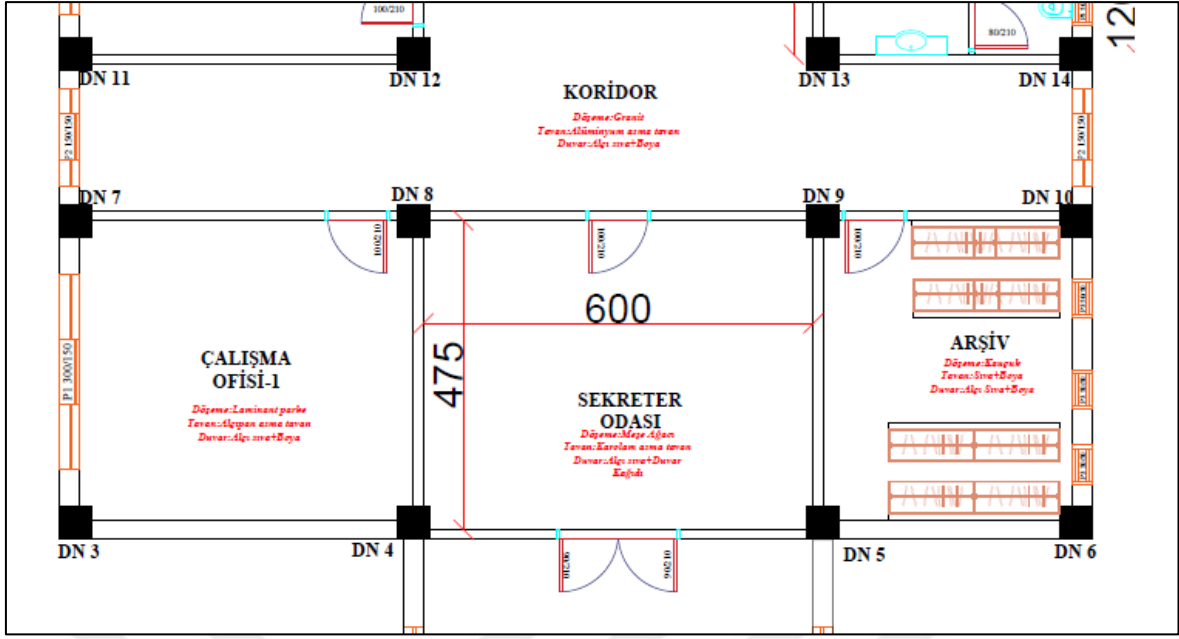
Çizelge 3.20’de Azı satırında bulunan formüle bakıldığında normal şartlarda duvar olması durumunda yapılması işlemin duvar var ve 1 değeri atanmış ise normal çarpma işlemi yapmaktadır. Fakat duvar olmaması durumunda ve ilgili hücreye yani Şekil 3.25’te BQ sütununda duvar isimlerinin bulunduğu hücrede 0 değeri var ise bu yüzeyde bulunan kolonun duvardan arta kalan yüzeyleri ve giriş dış yüzeyinin sıva hesabı yazılan formül ile rahatlıkla ekstra işlem kalabalığı olmadan hesaplanmaktadır.

Aşağıdaki Şekil 3.30’da iç duvar sıva tablosunun devamı olan tabloda D105, D106 ve D107 döşemelerinin Şekil 3.31’de belirtilen planda duvarlarının olmadığı kısımların belirlenip tabloya yazılması sonucu elde edilen değerler detaylarıyla yer almaktadır.

Örnek olarak D105 döşemesinin Şekil 3.30’da BQ56 hücresine ait değeri 0 yazılmıştır. Yani bu bize bu döşemenin Y-Sağ kısmında duvar olmadığını söylemektedir. Şekil 3.31’de DN11-DN12-DN7-DN8 kolonların çevrelediği D105 döşemesinin duvarı olmadığı mimari plandan görülmektedir.

	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
52	D105	33,225							193,535
53	Y-Sol	1	D ₁₅	D ₁₅	2,25	2,85	6,4125		199,9475
54	X-Üst	1	D ₁₅	D ₁₅	5	2,85	14,25		214,1975
55	Y-Sağ	0	D ₁₅	D ₁₅	0	0	2,2125		216,41
56	X-Alt	1	D ₁₅	D ₁₅	5	2,85	14,25		230,66
57	Kiriş Minha	0			0	0		0	230,66
58	P2	1			1,5	1,5		2,25	228,41
59	P2	1			0,1	4,5	0,45		228,86
60	K1	1			1	2,1		2,1	226,76
61	D106	23,325							226,76
62	Y-Sol	0	D ₁₅	D ₁₅	0	0	2,2125		228,9725
63	X-Üst	0	D ₁₅	D ₁₅	0	0	3,9		232,8725
64	Y-Sağ	0	D ₁₅	D ₁₅	0	0	2,2125		235,085
65	X-Alt	1	D ₁₅	D ₁₅	6	2,85	17,1		252,185
66	Kiriş Minha	0			0	0		0	252,185
67	K1	1			1	2,1		2,1	250,085
68	D107	25,815							250,085
69	Y-Sol	0	D ₁₅	D ₁₅	0	0	2,2125		252,2975
70	X-Üst	1	D ₁₅	D ₁₅	3,7	2,85	10,545		262,8425
71	Y-Sağ	1	D ₁₅	D ₁₅	2,25	2,85	6,4125		269,255
72	X-Alt	1	D ₁₅	D ₁₅	3,7	2,85	10,545		279,8
73	Kiriş Minha	0			0	0		0	279,8
74	P2	1			1,5	1,5		2,25	277,55
75	P2	1			0,1	4,5	0,45		278
76	K1	1			1	2,1		2,1	275,9

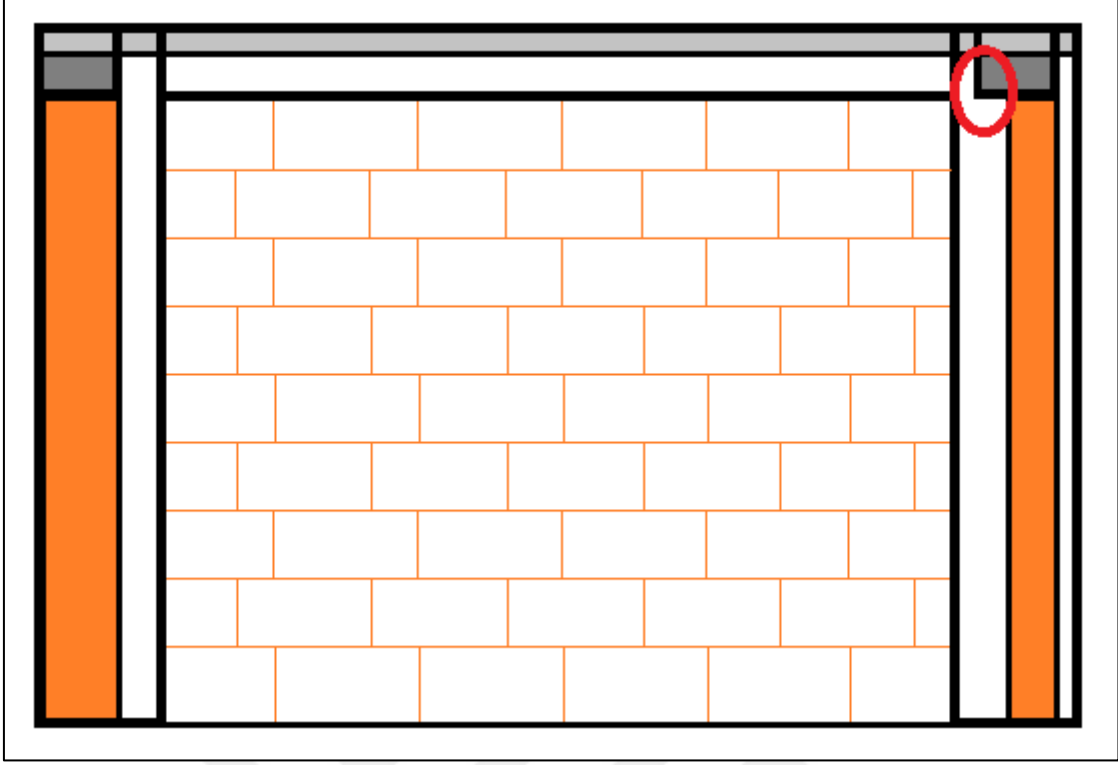
Şekil 3.30 : İç cephe duvar sıva metraj tablosu devamı.



Şekil 3.31 : Mimari plan mahal detayları.

Mimari planda belirtilen boyutlar tabloda ilgili yerlere girilerek tanımlanır ve hesaplamalar bunun ışığında yapılır. Alan hesabında duvar olmaması durumunda D105 döşemesinin Y-Sağ kısmında azı miktarı Şekil 3.30'da tabloda BV55 hücresinde görüleceği üzere 0'dan büyük bir değer aldığı görülmektedir. Bu değer genelde hesaplamalarda hep gözden kaçan ve metraj tablolarında ilk olarak duvar bazlı hesaplamaların yapıldığı sonra kiriş ve kolon yüzeylerinin hesaba katıldığı tablolarda oldukça eksik metraj hesaplamalarına sebebiyet vermektedir. Bu durumun önüne Şekil 3.31 ve Çizelge 3.33'te detaylarının sunulduğu üzere birkaç manuel giriş ile sıva metrajının hesaplanabildiği bir uygulama ile oluşturulmuştur.

Bu işlemler neticesinde bulunan alan dikdörtgendir. Minhaların düşülmemesi nedeniyle kesin alan olmadığı için Azı olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.32 : D102 Y-Sol duvar kesiti kiriş minhası.

Şekil 3.32’de kırmızı daire içine alınan alan dikdörtgen olarak hesaplanmış duvar sıva metrajının Azı olarak bilinen kısımdan kirişin saplandığı yerde yaptığı dış minha edilecek yüzey alanıdır. Bu durum mahaldeki her duvar ve her kiriş için düşünüldüğünde minha edilecek yüzey alanı tek duvar için az olarak gözükse de yapı bütünü düşünüldüğünde dikkate alınmayan bu değer fazladan maliyet olarak karşımıza çıkacaktır.

Hesaplama yapılırken dikkat edilecek husus ise genelde duvar kalınlığının kiriş kalınlığına eşit olmadığı durumlarda sıva metrajı tablomuzda İç-Dış kavramı oluşmaktaydı. Eğer bir duvar dış ile belirlenmişse orda herhangi bir dış oluşmayacak ve kiriş minhasına gerek kalmayacaktır. Ama iç olması durumunda kiriş yüksekliği ve kiriş kalınlığından duvar kalınlığını çıkararak elde edilecek genişlik kadar bir dikdörtgen alan minha edilmesi gerekecektir.

Bu durum her duvar için tek tek yapılmak yerine Şekil 3.26’da BQ31 hücresinde kiriş minha sayısının aynı şekilde iç-dış durumunda dört tane iç olduğu görülmekte ve değer yazılan formül yardımı ile otomatik olarak hesaplanmaktadır.

	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX
16		Benzeri	Alt/Sol	Üst/Sağ	Genişlik(m)	Yükseklik(m)	Azı(m ²)	Minha(m ²)	TOPLAM(M ²)
26	D102	41,505							51,21
27	Y-Sol	1	Dış	İç	4,6	2,85	13,11		64,32
28	X-Üst	1	Dış	İç	5,15	2,85	14,6775		78,9975
29	Y-Sağ	1	Dış	İç	4,6	2,85	13,11		92,1075
30	X-Alt	1	Dış	İç	5,15	2,85	14,6775		106,785
31	Kiriş Minha	4			0,15	0,45		0,27	106,515
32	P1	3			3	1,5		13,5	93,015
33	P1	3			0,1	6	1,8		94,815
34	K1	1			1	2,1		2,1	92,715

Şekil 3.33 : D102 minha hesaplama tablosu.

Şekil 3.33’de görülen tabloda 31. satırda giriş minhasına ait değerleri göstermektedir. Aşağıdaki çizelgede ise bu satırda kullanılan formüller ve hesaplamalar yer almaktadır.

Çizelge 3.21 : D102 döşemesi giriş minha hesaplamaları.

	Kiriş Minha
Benzeri	EĞERSAY(BR27:BS30;"İç")
Alt/Sol	0
Üst/Sağ	0
Genişlik(m)	EĞER(BQ31>0;(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);0)
Yükseklik(m)	EĞER(BQ31>0;Kirişderinliği/100-Döşemekalınlığı;0)
Azı(m ²)	0
Minha(m ²)	BQ31*BT31*BU31
TOPLAM(M ²)	0

D102 döşemesinde sıva hesaplamasında minha edilecek diğer alanlar ise mahal duvarlarında bulunan pencere ve kapı gibi yapı elemanlarının kaplayacağı alanın minhasıdır. Bu durumda duvar metrajında yapıldığı gibi Şekil 3.33’te de detaylarının 32 ve 34. Satırlarda bulunduğu kapı ve pencere minhası liste halinde olan kapı ve pencerenin seçilmesi ile detaylarının veri sayfasında mevcut bulunan Çizelge 3.18’de yer alan tablodan ilgili değerlerin çekilerek minha alanı hesaplanmaktadır.

Önemli bir diğer husus ise pencere kalınlığının duvar kalınlığına denk gelmediği durumlarda duvarın iç yüzeyinin pencereden kalan açıklık sebebiyle sıvanacak olması durumudur. Buda tabloya + değer olarak yansıtacağından dikkat edilmesi gereken bir

husustur. Şekil 3.33'te 33. satırda pencere minhası yapıldıktan sonra kalan iç yüzeylerin hesaplanması için kullanılmıştır.

Duvar sıva metrajı tamamlandıktan sonra sıradaki metraj tablosu tavan sıva metraj hesaplamasını içeren tablo olacaktır.

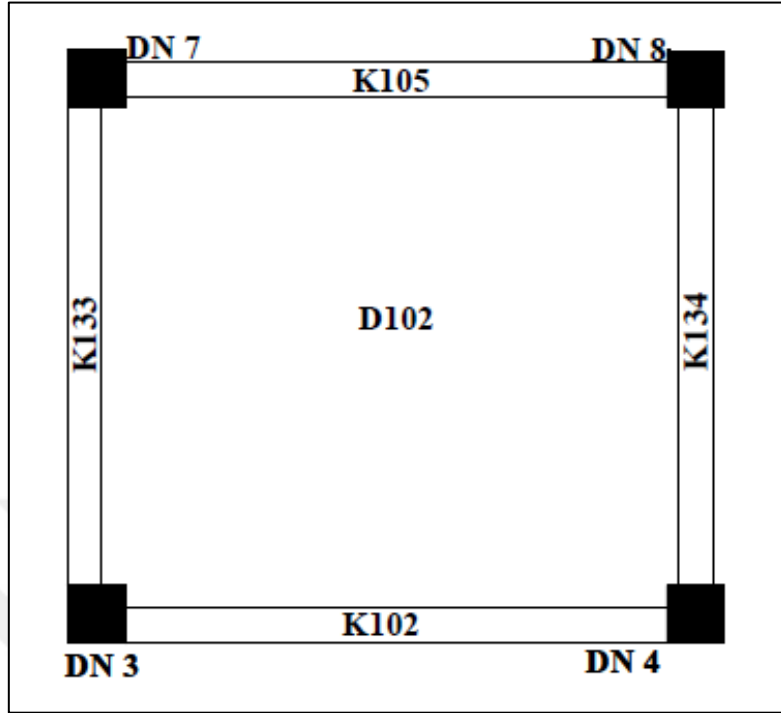
	BZ	CA	CB	CC	CD	CE
13	İÇ CEPHE TAVAN SIVA					
14	TOPLAM İÇ CEPHE TAVAN SIVA ALANI				475,875 M2	
15						
16		X(m)	Y(m)	Azı(m2)	Minha(m2)	TOPLAM(M2)
17						0
18	D101		6	5,7	34,2	34,2
19	4	0,1	0		0	34,2
20	5	0,1	0		0	34,2
21	2	0,2	0,2		0,04	34,16
22	1	0,2	0,2		0,04	34,12
23	D102	5,15	4,6	23,69		57,81
24	7	0,2	0,25		0,05	57,76
25	8	0,25	0,25		0,0625	57,6975
26	4	0,25	0,2		0,05	57,6475
27	3	0,2	0,2		0,04	57,6075
28	D103	6	4,75	28,5		86,1075
29	8	0,1	0,25		0,025	86,0825
30	9	0,1	0,25		0,025	86,0575
31	5	0,1	0,35		0,035	86,0225
32	4	0,1	0,35		0,035	85,9875
33	D104	3,85	4,6	17,71		103,6975
34	9	0,25	0,25		0,0625	103,635
35	10	0,2	0,25		0,05	103,585
36	6	0,2	0,2		0,04	103,545
37	5	0,25	0,2		0,05	103,495
38	D105	5	2,25	11,25		114,745
39	11	0,2	0,1		0,02	114,725
40	12	0,1	0,1		0,01	114,715
41	8	0,1	0,1		0,01	114,705
42	7	0,2	0,1		0,02	114,685

Şekil 3.34 : İç cephe tavan sıva metraj tablosu.

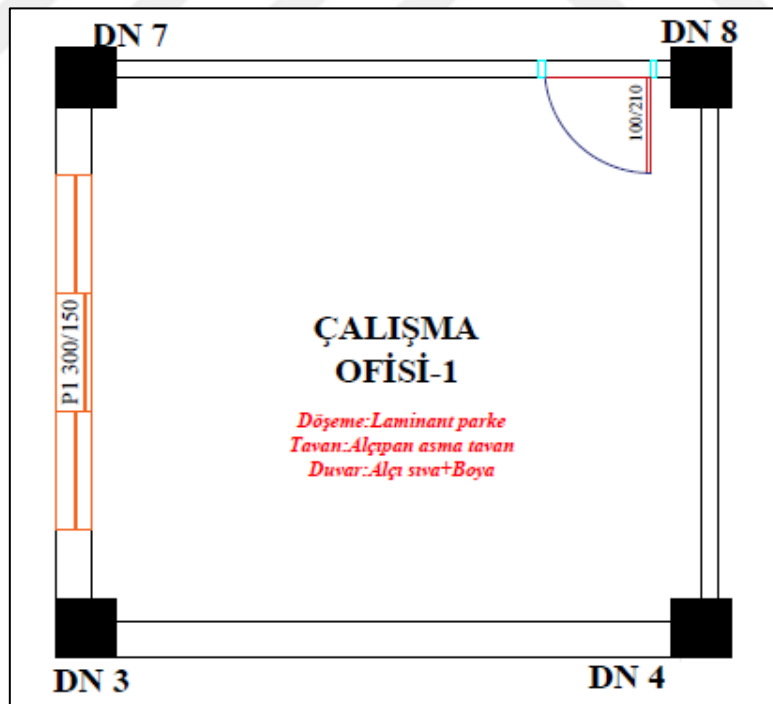
Tavan sıva metrajı hesaplanırken Şekil 3.34'te görüleceği üzere döşeme kalıbının hesaplanmasına benzer şekilde ilk olarak döşemenin x ve y yönlü açıklıkları bulunup Azı olarak yer alan sütunda brüt sıva metraj alanı bulunur. Bulunan bu alandan kolonların yaptığı dişler minha edilecektir. Kolon dişlerinin yüzey alanları formüller yardımı ile belirlenip minha edildikten sonra kümülatif toplam sayesinde mevzu olan döşemenin tavan sıva metrajı tamamlanmış olur.

Burada dikkat edilecek bir diğer husus ise açıklığın duvar yüzünden diğer duvar yüzüne kadar olan mesafenin bulunmasıdır. Döşeme kalıp metrajında açıklık kiriş yüzeyinden kiriş yüzeyine iken burada böyle olmasının sebebi ise duvar kalınlığının kiriş kalınlığına eşit olmadığı durumlarda kiriş tabanında boşluk oluşması durumudur. Bu durum ile karşılaşıldığında normalde tavan net alanı alınıp daha sonra kalan kiriş taban alanları hesaba katılır. Bu işlem hem karmaşık ve unutulmaya sebebiyet vermektedir.

Aşağıdaki şekillerde D102 döşemesinin hem statik hem de mimari detayı ayrı ayrı şekillerle gösterilmektedir.



Şekil 3.35 : D102 döşemesi tavan sıva alanı.



Şekil 3.36 : D102 döşemesi tavan sıvasında duvar İç-Dış durumu.

Şekillerden de görüleceği üzere K105 ve K134 kirişlerinin kalınlığı onlara denk gelen duvarlarla aynı olmamakta ve kirişin döşeme referansı ile dış yüzeyinde başlayıp iç kısmında bitmektedir. Bu durum iç duvar sıva metraj hesabında İç-Dış durumu ile hesap

kolaylığı sağlanan hâli ile aynı durumu oluşturmaktadır. Hesaplama yaparken iç duvar sıva metrajında oluşturduğumuz duvar iç-dış durumundan istifade edip açıklığı ve kolondan kaynaklanan minha edilecek yüzeyleri daha kolay bir şekilde bularak işlemi çok basit bir hale indirgenmiştir.

Çizelge 3.22 : D102 döşemesi tavan sıva metraj hesaplamaları.

D102	
X	EĞER(VE(BR19="İç";BS19="İç");YATAYARA (BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı); EĞER(VE(BR19="İç";BS19="Dış"); YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+ (Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR19="Dış";BS19="İç"); YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+ (Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR19="Dış";BS19="Dış"); YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100;0))))
Y	EĞER(VE(BR18="İç";BS18="İç");YATAYARA (BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı); EĞER(VE(BR18="İç";BS18="Dış"); YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+ (Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR18="Dış";BS18="İç"); YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+ (Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(BR18="Dış";BS18="Dış"); YATAYARA(BP17;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100;0))))
Kolon ID	YATAYARA(BZ18;Veri!\$C\$31:\$AA\$35;2;YANLIŞ)
X	EĞER(BR19="Dış";YATAYARA (BZ19;Veri!\$C\$11:\$AP\$13;2;YANLIŞ)/100YATAYARA(BZ19; Veri!\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)/100;EĞER(BR19="İç"; (YATAYARA(BZ19;Veri!\$C\$11:\$AP\$13;2;YANLIŞ)/100- YATAYARA(BZ19;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)/100)+ (Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı))
Y	EĞER(BS18="Dış";YATAYARA(BZ19;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;7;YANLIŞ)/100- Kirişeni/100;EĞER(BS18="İç";(YATAYARA(BZ19;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;7; YANLIŞ)/100-Kirişeni/100)+(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı))
Kolon ID	YATAYARA(BZ18;Veri!\$C\$31:\$AA\$35;3;YANLIŞ)
X	EĞER(BS19="Dış";YATAYARA(BZ20;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;8;YANLIŞ)/100- Kirişeni/100;EĞER(BS19="İç";(YATAYARA(BZ20;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;8; YANLIŞ)/100-Kirişeni/100)+(Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı))
Y	EĞER(BS20="Dış";YATAYARA(BZ20;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;3;YANLIŞ)/100; EĞER(BS20="İç";(YATAYARA(BZ20;Veri!\$C\$21:\$AP\$29;3;YANLIŞ)/100)+ (Kirişeni/100-İçduvarkalınlığı))

Çizelge 3.22’de yapılan hesaplamalar sayesinde karmaşık bir hal alacak tavan sıva metrajı bir sefer formül haline getirilen tablo sayesinde sadece döşeme ID numarasının değiştirilmesi ile baştan sona teyit edilmiş tüm değerler doğru olarak alıp metraj hesabını yapmaktadır. Burada minha edilecek kolon dışlarında aranan özellik formül detayında yer aldığı üzere duvar iç-dış durumu yapılmaktadır.

İç cephe tavan sıva metrajı kısaca anlatımıyla bu şekilde her döşeme için açıklık ve her döşeme etrafında bulunan kolonların minha durumuna göre hesaplanmaktadır.

3.2.2.3 Yer Döşemesi Metraji

Yer döşemesi metraj hesabı yapılırken tavan alanı ile zemin alanı arasında hesapta bir farklılık olmadığı için hesap adımları ve tablolar aynı şekilde oluşturulmuş sadece döşeme seçiminde çeşitlilik olması halinde alternatifler sunulmuştur.

	CG	CH	CI	CJ	CK	CL
13	YER DÖŞEMESİ					
14	TOPLAM YER DÖŞEMESİ ALANI				475,875	M2
15				Doğaltaş	34,120	M2
16				Granit	124,020	M2
17				Mermer	0,000	M2
18				Meşe Ağacı	90,385	M2
19				Karo	59,440	M2
20				Kauçuk	17,508	M2
21				Laminant Parke	107,518	M2
22				Fayans	42,885	M2
23						
24		X(m)	Y(m)	Azı(m2)	Minha(m2)	TOPLAM(M2)
25						0
26	D101	6	5,7	34,2		34,2
27	4	0,1	0		0	34,2
28	5	0,1	0		0	34,2
29	2	0,2	0,2		0,04	34,16
30	1	0,2	0,2		0,04	34,12
31	Döşeme Türü	Meşe Ağacı	34,12			34,12
32	D102	5,15	4,6	23,69		57,81
33	7	0,2	0,25		0,05	57,76
34	8	0,25	0,25		0,0625	57,6975
35	4	0,25	0,2		0,05	57,6475
36	3	0,2	0,2		0,04	57,6075
37	Döşeme Türü	Laminant Parke	23,4875			57,6075
38	D103	6	4,75	28,5		86,1075
39	8	0,1	0,25		0,025	86,0825
40	9	0,1	0,25		0,025	86,0575
41	5	0,1	0,35		0,035	86,0225
42	4	0,1	0,35		0,035	85,9875
43	Döşeme Türü	Meşe Ağacı	28,38			85,9875

Şekil 3.37 : Yer döşemesi metraj tablosu.

Şekil 3.37’de görüldüğü üzere her mahal için liste halinde olan mavi kutucuklardan döşeme ismi seçilmektedir. Bu mahal için belirlenen döşeme yazılan formül yardımıyla metraj tablosunun en üst kısmında toplu halde yapıda kullanılacak tüm döşeme çeşidini ve miktarını göstererek kolaylık sağlamaktadır. İsteğe göre bu çeşitler güncellenebilmekte ve poz detayı ile tablo ve değerler revize edilebilmekte olanağını sunmaktadır.

3.2.2.4 Süpürgelik Metraji

Yer döşemesi hesaplandıktan sonra aynı kalem olarak ele alınamasa da döşeme çeşidi bakımında aynı olan süpürgelik hesabı duvarın kirişe göre iç-dış konumuna göre döşeme açıklığına bağlı olarak m cinsinden hesaplanıp tablo haline getirilmiştir.

	CN	CO	CP	CQ	CR	CS
13	SÜPÜRGELİK					
14	TOPLAM SÜPÜRGELİK UZUNLUĞU					349 M
15				Doğaltaş		21,6 M
16				Granit		74,7 M
17				Mermer		0,0 M
18				Meşe Ağacı		59,0 M
19				Karo		54,4 M
20				Kaçuk		15,9 M
21				Laminant Parke		99,4 M
22				Fayans		24,0 M
23						
24			İç	Dış		
25		Benzeri	Alt/Sol	Üst/Sağ	Genişlik(m)	TOPLAM(M)
26	D101					
27	Y-Sol		1 Dış	Dış	5,7	
28	X-Üst		1 Dış	Dış	6	
29	Y-Sağ		1 Dış	Dış	5,7	
30	X-Alt		1 Dış	Dış	6	
31	K3		1		1,8	
32	Döşeme Türü	Meşe Ağacı				21,6
33	D102					
34	Y-Sol		1 Dış	İç	4,6	
35	X-Üst		1 Dış	İç	5,15	
36	Y-Sağ		1 Dış	İç	4,6	
37	X-Alt		1 Dış	İç	5,15	
38	K1		1		1	
39	Döşeme Türü	Laminant Parke				18,5

Şekil 3.38 : Süpürgelik metraj tablosu.

Şekil 3.38’de belirtildiği üzere önce Döşeme ID numarası girilir. Bu döşemenin 4 kenarında ki mahal duvarları var/yok durumuna göre 1/0 değerleri tanımlanır. Eğer var ise duvarın kirişe göre iç/dış durumu belirlenir. Bunlara bağlı olarak Genişlik hesabı aşağıdaki Çizelge 3.de belirtilen formül yardımıyla otomatik hesaplanır.

Minhası yapılacak tek uzunluk kapı açıklığıdır. Buda mahal içinde evvelden birçok tabloda belirlendiğinden kolaylıkla tayini yapılmakta ve değeri rahat bir şekilde hesaplanıp kapı açıklığı minha edilir.

Burada dikkat edilecek diğer husus döşemede kolon dışlarının durumudur. Hesap birimi m bazında olduğundan kolon her iki kenarı dış yapsa bile açıklığa ne ek olarak bir fazlalık ne de eksi bir değe yansıtmayacağından dikkate alınmayarak sadece döşemenin her iki yönde x/y yönlü açıklıkların duvar yüzünden duvar yüzüne mesafelerinin hesaplanması ile bu iş kaleminin metraj hesaplaması tamamlanmış olacaktır.

Çizelge 3.23 : D101 döşemesi süpürgelik metraj hesaplamaları.

D101	Genişlik
Y-Sol	EĞER(CO27>0;(EĞER(VE(CP27="İç";CQ27="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP27="İç";CQ27="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı); EĞER(VE(CP27="Dış";CQ27="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP27="Dış";CQ27="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100;0)))));0)
X-Üst	EĞER(CO28>0;(EĞER(VE(CP28="İç";CQ28="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP28="İç";CQ28="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı); EĞER(VE(CP28="Dış";CQ28="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP28="Dış";CQ28="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100;0)))));0)
Y-Sağ	EĞER(CO29>0;(EĞER(VE(CP29="İç";CQ29="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP29="İç";CQ29="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı); EĞER(VE(CP29="Dış";CQ29="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP29="Dış";CQ29="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;3;YANLIŞ)/100;0)))));0)
X-Alt	EĞER(CO30>0;(EĞER(VE(CP30="İç";CQ30="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+2*(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP30="İç";CQ30="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı); EĞER(VE(CP30="Dış";CQ30="İç"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100+(Kirişeni/100- İçduvarkalınlığı);EĞER(VE(CP30="Dış";CQ30="Dış"); YATAYARA(CN26;Veri!\$C\$60:\$AA\$65;2;YANLIŞ)/100;0)))));0)
K3	EĞER(CO31>0;DÜŞEYARA(CN31;Veri!\$A\$215:\$C\$218;2;YANLIŞ);0)

Çizelge 3.23'te belirtilen formüller uzun ve karmaşık olsa da mantığı diğer tablo ve çizelgelerde olan hesaplamalardan çokta ayrılmayan sadece bir seferlik yazıldıktan sonra geriye veri kısmında veri değişmesi halinde değişen veri değerine bağlı olarak tablo nizamını bozmadan belirtilen döşeme de duvar konumlarına göre istenilen açıklık değerlerini hesaplamakta ve toplam metrajı bulmaktadır. Süpürgelik hesabı tamamlandıktan sonra Şekil 3.38.'de CQ15*CR22 tablosunda belirtilen toplam metrajlara bağlı olarak sipariş durumu ve malzeme tayini yapılabilmektedir.

3.2.2.5 Duvar Kaplama Metraji

İşlem sırası duvar kaplama metrajının hesaplanmasıdır. Yapıda metrajlar döşeme ve döşeme etrafını sınırlayan kirişler yardımıyla yapılmıştır. Döşemenin 4 kenarında Kiriş altına gelen mahal duvarlarının Kirişin dış yüzeyinde mi bittiği, İç kısmında bittiği belirlenir. Duvarın iki ucundaki durum liste halinde İç/dış belirlenir. Kiriş altına gelen duvar yok ise benzeri sütununa 0 yazılır. Minha yapılacak pencere ve kapı varsa Liste halinde olan hücreden kapı-pencere çeşidi seçilir ve benzeri sütununa adedi yazılır. Kaplama türü Mavi hücrede liste ile seçilir. Geri kalan değerler otomatik hesaplanır.

	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE
13	DUVAR KAPLAMA										
14	TOPLAM DUVAR KAPLAMA ALANI									1560,600	M2
15									Boya	1216,630	
16									Traverten	103,800	
17									Ahşap	23,690	
18									Mermer	81,600	
19									Duvar Fayans	134,880	
20											
21					İç	Dış					
22		Kaplama Türü	Alan	Benzeri	Alt/Sol	Üst/Sağ	Genişlik(m)	Yükseklik(m)	Azı(m2)	Minha(m2)	TOPLAM(M2)
23	D101	Boya	47,7								0
24	Y-Sol			1	Dış	Dış	5,7	2,7	15,39		15,39
25	X-Üst			1	Dış	Dış	6	2,7	16,2		31,59
26	Y-Sağ			1	Dış	Dış	5,7	2,7	15,39		46,98
27	X-Alt			1	Dış	Dış	6	2,7	16,2		63,18
28	Kiriş Minha			0			0	0		0	63,18
29	P1			3			3	1,5		13,5	49,68
30	P1			3			0,1	6	1,8		51,48
31	K3			1			1,8	2,1		3,78	47,7
32	D102	Boya	38,58								47,7
33	Y-Sol			1	Dış	İç	4,6	2,7	12,42		60,12
34	X-Üst			1	Dış	İç	5,15	2,7	13,905		74,025
35	Y-Sağ			1	Dış	İç	4,6	2,7	12,42		86,445
36	X-Alt			1	Dış	İç	5,15	2,7	13,905		100,35
37	Kiriş Minha			4			0,15	0,45		0,27	100,08
38	P1			3			3	1,5		13,5	86,58
39	P1			3			0,1	6	1,8		88,38
40	K1			1			1	2,1		2,1	86,28

Şekil 3.39 : Duvar kaplama metraj tablosu.

Şekil 3.39'da yer alan tablodaki değerler ve hesaplama türü önceki tablolarla benzerlik gösterdiğinden hesap detayına girilmeyecektir. Duvar kaplama metrajında ek olarak bilinmesi gereken detay herhangi bir mahal de kullanılacak kaplama çeşidinin alternatifli olmasıdır.

3.3 Maliyet Analizi

Yapılacak işin maliyet analizi yapılırken kaç takvim gününde tamamlanacağı inşaat simülasyonu ile hesaplanmakta ve buna göre dolaylı maliyetler ve fırsat maliyetleri de hesaplanıp direk maliyetlere eklenmektedir. Böylece inşaat projesinin toplam maliyeti belirlenecek ve planlamacı toplam maliyeti göz önüne alarak işçi ve makine sayılarını en düşük maliyeti verecek şekilde düzenleyebilecektir.

Maliyet Analizinin yapılabilmesi için aşağıda listelenen hesap aşamaları yürütülmektedir.

- 1)Metraj Özeti
- 2)Birim Fiyatların tablo haline getirilmesi
- 3)Malzeme ve İşçilik Hesaplarının yapılması
- 4)İş programının/Planının yapılması
- 5)Verim ve Tatil tabloları
- 6)Gannt şemalarının oluşturulması
- 7)Rayiçlerin belirlenmesi
- 8)İşçilik ve Malzeme Maliyeti

Poz numaralarına bağlı olarak rayiç bedelleri ile günlük ve haftalık hak ediş olarak aylık hesaplamalar yapılır. Ardından gerekli görülen parametreler arasında değişkenlik sağlanıp maliyet analizi gerçekleştirilir. Esas amaç ne maliyetten kısım kaliteyi düşürmek ne de yapım aşamasına hız kazandırarak yaşanabilecek olumsuz kazalara sebebiyet vermektir. Tam anlamıyla optimum iş süresi ve optimum maliyet dengesi kurulana kadar iş planı üzerinde senaryolar gerçekleştirilip gerçeğe en yakın veriyi elde etmektir.

Bu minvalde yapılan senaryolarda her türlü iyi ve kötü koşul göz önüne alınarak her türlü olasılığa hazır olmaya çalışılmaktadır. İlk olarak Metraj hazırlama kısmında işlem ve metraj hesabı yapılan tüm iş kalemleri belli bir düzen ve toplu halde bundan sonra oluşturulacak maliyet analizinin bir nevi Veri sayfası gibi düşünülerek bir sayfaya toplanır. Bu sayfaya yapılan tüm metrajların tek yerde toplanması hasebiyle metraj özeti oluşturularak iş kalemlerinin metraj miktarları tek tabloda raporlanır.

3.3.1 Metraj özeti

Yapılan tüm iş kalemlerin bölüm bölüm sınıflandırılarak bir sayfa altında toplanmasıdır.

	B	C	D	E	F	G
2	ZEMİN	Adet	İnce donatı(8-12)ton	Kalın donatı(14-28)ton	Beton(m3)	Kalıp(m2)
3	Fore kazık	1	0,06	0,66	2,88	-
4	Başlık kirişi-A	1	1,21	2,93	73,70	159,40
5	Başlık kirişi-B	1	1,21	2,93	73,70	159,40
6	Kuşak kirişi-A	1	1,24	3,01	38,10	120,30
7	Kuşak kirişi-B	1	1,24	3,01	38,10	120,30
8						
9	ANKRAJ	Adet	Boy(m)	Enjeksiyonlu boy	Grout(m3)	
10	Ankraj 1A	30	25,18	12	4,5	
11	Ankraj 1B	30	25,18	12	4,5	
12	Ankraj 2A	30	22,18	12	4,5	
13	Ankraj 2B	30	22,18	12	4,5	
14	Ankraj 3A	30	19,18	12	4,5	
15	Ankraj 3B	30	19,18	12	4,5	
16						
17	KAZI HACMİ			FORE KAZIK	15,75	m
18	Kazı 1A	808,76	m3		Adet	
19	Kazı 1B	808,76	m3	FK1	111	adet
20	Kazı 2A	808,76	m3	FK2	74	adet
21	Kazı 2B	808,76	m3	FK3	111	adet
22	Kazı 3A	808,76	m3	FK4	74	adet
23	Kazı 3B	808,76	m3			
24	Kazı 4A	404,38	m3			
25	Kazı 4B	404,38	m3			
26						
27	TEMEL			RAMPA(1 Kat)		
28	Kalıp	170,82	m2	Kalıp	317,88	m2
29	İnce donatı(8-12)	5,79	ton	İnce donatı(8-12)	5,52	ton
30	Kalın donatı(14-28)	65,50	ton	Beton	55,16	m3
31	Beton	699,79	m3			
32	Grobeton	80,06	m3			
33	Blokaj	153,95	m3			
34	Membran	780,06	m2			
35	Geri Dolgu	328,50	m3			

Şekil 3.40 : Zemin ve Temel metraj özeti tablosu.

Şekil 3.40 ve 41’de her büyük başlık altına gelen iş kalemleri ve metraj değerleri evvelce veri ve tablolar yardımıyla hesaplanan iş kalemlerinin kümülatif bir sayfa da göz önünde bulunmasıdır. Kısaca özetlemek gerekirse yapılan proje de derin kazı bulunmakta ve derin kazının yapılabilmesi için kazı alanı etrafı fore kazık ile tahkimatının yapılması gerekmektedir.

Fore kazık işlemi kendi için başlık ve kuşak kirişi olmak üzere iki destek kirişi barındırmaktadır. Fore kazık kirişlerini ve dahi fore kazığı desteklemek maksadıyla ankraj işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemler eş zamanlı olarak kazı ile beraber devam etmektedir.

Kazı ve zemin işlemleri tamamlandıktan sonra Temel ve 3 katlı otopark olacak bodrum için helix dönel rampa yani araç yolu yapılacaktır.

	I	J	K	L	M	N	O
2	BODRUM(1 Kat)				NORMAL KAT		
3	Kalıp	1036,71	m2		Kalıp	1036,7	m2
4	İnce donatı(8-12)	6,79	ton		İnce donatı(8-12)	6,79	ton
5	Kalın donatı(14-28)	12,47	ton		Kalın donatı(14-28)	12,47	ton
6	Beton	151,59	m3		Beton	151,59	m3
7	Kalıp İskelesi	1419,3	m3		Kalıp İskelesi	1419,3	m3
8	Dış Duvar	303,36	m2		Dış Duvar	221,97	m2
9	İç Duvar	46,84	m2		İç Duvar	191,48	m2
10	Kılıcına Duvar	46,403	m2		Kılıcına Duvar	74,855	m2
11	Dış Cephe Yalıtım	370,2	m2		Cephe İskelesi	418,2	m2
12	Dış Cephe Sıva	370,2	m2		Dış Cephe Mantolama	293,01	m2
13	İç Cephe Duvar Kaba Sıva	603,08	m2		Dış Cephe Sıva	304,96	m2
14	Yer Döşemesi				Dış Cephe Boya	304,96	m2
15	Fayans	30,675	m2		İç Cephe Duvar Alçı Sıva	1126,2	m2
16	Epoksi	444,14	m2		İç Cephe Tavan Kaba Sıva	475,88	m2
17	Duvar Kaplama				Yer Döşemesi		
18	Duvar Fayans	134,88	m2		Doğaltaş	34,12	m2
19	Boya	229,5	m2		Granit	124,02	m2
20	Geri Dolgu	788,4	m3		Mermer	0	m2
21					Meşe Ağacı	90,385	m2
22					Karo	59,44	m2
23					Kauçuk	17,508	m2
24					Laminant Parke	107,52	m2
25					Fayans	42,885	m2
26					Duvar Kaplama		
27					Boya	1216,6	m2
28					Traverten	103,8	m2
29					Ahşap	23,69	m2
30					Mermer	81,6	m2
31					Duvar Fayans	134,88	m2

Şekil 3.41 : Bodrum ve Normal katlar metraj özeti tablosu.

Bina inşaatına burada başlanmakta ve sırasıyla bakıldığında bodrum imalatında gerekli olacak ve yapılacak iş kalemleri detaylarıyla birlikte Şekil 3.41.'de yer almaktadır. Kaba inşaat devam etmekte ve normal katlara gelindiğinde iş kalemlerinin arttığı görülmektedir. Yapı projesi esas olarak 3 kısımda ele alınacaktır;

Zemin

Kaba İşler

İnce İşler

Bu ayrımın yapılmasında ki maksat bütün kalemlerle ayrı ayrı uğraşmak yerine benzer işleri tek bir başlık altına toplamaktır. Değerlendirme yapılırken binaya ait elde edilen ve sonraki tüm hesaplamalarda kullanılacak olan değerler bu sayfada tek bir yere toplanarak daha kolay analiz kabiliyeti sağlamaktadır. Hangi iş kaleminin ne kadar tutacağı tahminen de olsa bilinse bile bu sayede kullanıcıya işlem kabiliyeti kazandıracaktır. Bu açıdan bakıldığında deneme yanılma ile senaryo analizi yapma fırsatı da sunmaktadır.

3.3.2 Birim fiyatların tablo haline getirilmesi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının her sene özenle hazırlayıp hem kamu hem de özel sektörde büyük takdir toplayan İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları tablosunda iş kalemleri rayiç fiyatları, malzeme çeşitleri, malzeme kalemleri vb. tüm tabloları özenle kullanıma sunmuştur.

Bu tabloda binlerce çeşit malzeme ve işçilik durumu olduğundan tablo yardımıyla manuel olarak girişin yapıldığı poz numarası sayfası tarafımızca oluşturulmuştur. Her sene yeni tablo yayımlayan bakanlığın tablolarda değişen tek kalem malzeme ve işçilik fiyatları olduğu gözlemlendiğinden tablo sabit tutulup malzeme fiyatları güncellemeye tabidir. Bu tablo yardımıyla metraj özeti sayfasında bahsi geçen işçilik ve malzeme kalemleri poz numaraları belirlenip belli bir sıra halinde tablo oluşturulmuştur.

B	C	D	E	F
576	15.490.1003	Ac4 sınıf 32 laminat yer kaplaması ile döşeme kaplaması yapılması (stüptürgelik dahil)(M2)		
577	Birim Fiyat	Rayiç No	Tanımı	Birimi
578			Malzeme :	Miktar
579	38	10.170.1203	Laminat yer kaplamaları ac4 sınıf 32 (TS EN 13329+A1)(Stüptürgelik ve zayıf dahil)	m2
580	0,54	10.330.3501	2 mm parke altı siltesi (politenlen köpük)	m2
581			İşçilik :	
582	22,5	10.100.1009	Marangoz ustası	saat
583	16,45	10.100.1062	Düz işçi	saat
584				
585				
586	15.480.1001	15-16 mm kalınlıkta L.sınıf meşe parke kaplama yapılması(M2)		
587	Birim Fiyat	Rayiç No	Tanımı	Birimi
588			Malzeme:	Miktar
589	93	10.170.1001	15-16 mm kalınlıkta işlenmiş meşe parke 1.sınıf (TS en 13226)	m2
590	1400	10.130.4502	Çam kerestesi 2.sınıf(Tahta ve lita)	m3
591	3,95	10.420.1006	Çiviler (ts 155)	kg
592	1,4	10.420.1852	Hafif agrega (elenmiş)	m3
593	483,5	19.100.1091	Ahşap doğrama imalat atelyesinin 1 saatlik ücreti	saat
594			İşçilik:	
595	22,5	10.100.1017	Dölgör ustası	saat
596	16,45	10.100.1062	Düz işçi	saat
597				
598				
599	15.190.1014	2,5 mm kalınlıkta self leveling Epoksi esash zemin kaplaması yapılması(M2)		
600	Birim Fiyat	Rayiç No	Tanımı	Birimi
601			Malzeme:	Miktar
602	47	10.300.2152	Epoksi esash zemin kaplama öncesi astar (iki bileşenli) (ts en 1504-2)	kg
603	0,4	10.130.1049	Silis (kavars) kumu ve çakılı (TS EN 12904)Kavars kumu karşılığı (epoksi astar içerisine)	kg
604	0,4	10.130.1049	Silis (kavars) kumu ve çakılı (TS EN 12904)Kavars kumu karşılığı; kütüleme yapma (epoksi astar üzerine)	kg
605	30,5	10.300.2153	Epoksi esash (self leveling) zemin kaplaması (iki bileşenli)(Ara kat)	kg
606	0,4	10.130.1049	Silis (kavars) kumu ve çakılı (TS EN 12904)Kavars kumu karşılığı (ara kat içerisine)	kg
607	30,5	10.300.2153	Epoksi esash (self leveling) zemin kaplaması (iki bileşenli)(Son kat)	kg
608	0,4	10.130.1049	Silis (kavars) kumu ve çakılı (TS EN 12904) Kavars kumu karşılığı (son kat içerisine)	kg
609			Ekipman	
610	1,02	19.100.1085	Karıştırıcı (blender)'in 1 saatlik ücreti	saat
611	45,86	19.100.1032	Mozayik Silme Makinasının 1 Saatlik ÜcretiYakımlı biyeyleme makinası (shotblasting makinası) ve endüstriyel stüptürge karşılığı	saat
612			İşçilik	
613	22,5	10.100.1068	Birinci sınıf usta	saat
614	16,8	10.100.1069	Birinci sınıf usta yardımcısı	saat
615	16,45	10.100.1062	Düz işçi	saat

Şekil 3.42 : İşçilik ve Malzeme birim fiyat tablosu.

Yukarıdaki Şekil 3.42'de bulunan tabloda B sütununda kırmızı punto ile yazılan başlıklar işçilik kalemlerine ait poz numaraları olup literatürlerde bu poz numaraları ile

aranıp detaylarına erişilmektedir. Çizelge 3.24'te kalıp işinin poz analizi örnek olarak sunulmuştur. Belirtilen poz için birim fiyat analizi örnek olarak sunulmuştur.

Çizelge 3.24 : Kalıp işçilik ve malzeme birim fiyat analizi.

Plywood ile düz yüzeyle betonarme kalıbı yapılması (1 m2 için)					
Birim Fiyat	Rayıç No	Tanımı	Biri mi	Mi kt ar	Hızlan dırma
15.180 .1003		KALIP			
		Malzeme:			
90	04.168/B3	Film kaplı 21 mm Plywood kalıp malzemeleri (TS 46) (1,20/30= 0,04 m2)	m ²	1,2	
90	04.168/B3	Film kaplı 21 mm Plywood kalıp malzemeleri (TS 46) (Bağlantı malzemeleri vb. karşılığı %10)	m ²	0,004	
4,85	04.116/1	Yağ bazlı kalıp ayırıcı (konsantre kalıp yağı, ahşap-plastik)	kg	0,1	
41,5	04.168/C	I kesitli ahşap kiriş (alt ve üst başlıklar min.40x80 mm) (T3S 46) ((Alt ve üst başlıklar min. 40x80 mm fırınlanmış ladin, köknar vb. kereste gövde suya dayanıklı sunta veya kontraplak min. 30 mm.kalınlıkta) (1,10 / 10	m	1,1	
8,4	04.272	Çatal çivi (TS 155)	kg	0,1	
3,95	04.270	Çiviler (TS 155)	kg	0,2	
		İşçilik:			8
		Yapılması ve sökülmesi			Kolay iş
22,5	01.009	Marangoz ustası	Saat	1,1	0,1375
16,8	01.209	Marangoz usta yardımcısı	Saat	1,1	0,1375
16,45	01.501	Düz işçi	Saat	0,75	0,09375

Çizelge 3.24'te sunulan tablo örnek şekilde belirtilen işçilik kalemlerinden biri olan kalıp işçilik ve malzeme birim fiyat tablosudur. Veriler ve fiyatlar 2021 yılı rayiç bedellerinden alınmıştır. Sunulan tablo yardımı ile metrajı belirlenen kalıp iş kaleminin işçilik saatini ve kullanılacak malzemelerin miktarını belirleyebilmekte ve daha inşaat yapım aşamasına başlamadan yapıda kalıp işi için gereken kaynaklar tespit edilebilecektir.

Tablo analizi yapılırken değer okumalar iş kaleminin birimine bağlı verilen malzeme ve işçiliklerin birim karşılığıdır.

Malzeme olarak;

Kalıp tahtası= 1m² kalıp yapımı için firesiyle beraber 1,2m² kalıp tahtası

Yağ bazlı kalıp ayırıcı= 1m² kalıp yüzeyinin yağlanabilmesi için 0,1kg kalıp yağı

I kesitli ahşap kiriş= 1m² kalıba destek yapılabilmesi için 1,1m destek ahşap kirişi

Çiviler= 1 m² kalıbın destek kirişlere sağlam tutturulması için 0,2 kg çivi

İşçilik olarak;

Kalıp (Marangoz) Ustası= 1m² kalıp montajı için Kalıp Ustasının 1,1 Saat çalışması gereklidir.

Kalıp (Marangoz) Usta Yardımcısı= 1m² kalıp montajı için Kalıp Usta Yardımcısının 1,1 Saat çalışması gereklidir.

Düz İşçi = 1 m² kalıp montajı için (malzeme taşıma vb.) Düz İşçinin 0,75 Saat çalışması gereklidir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı işçilik ihtiyaçlarını belirlerken işçilerin çalışılmayan durumlarda da yevmiye aldığını varsayar ve işçilik hesaplamalarını maliyet analizi için gerçekleştirir. Fakat, iş için gerekli personel hesaplamalarında kullanmak için birim işçilik miktarlarının düşürülmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda her iş kalemine hızlandırma katsayısı eklenmiştir. İş kalemlerinin işçilik ihtiyaçlarının revize edilebilmesi için eklenen hızlandırma sütunu Çizelge 3.24'te gösterilmektedir.

Sektörde çalışarak edinilen tecrübelerle göre plywood yüzeyli kalıp işçiliğinde 1m² için 1,1 saat çalışma durumu gerçek değerlerin çok üzerindedir. Bu nedenle hesaplamalar sonucunda normal değerlerin çok üzerinde süre ve beraberinde direk maliyet olarak görülmektedir. Örnek olarak projede 500 m² olan kalıp işi için sadece 1 ustanın 550 saat çalışması gerekmektedir. Günlük çalışma süresi 10 saat kabul edildiğinde 1 usta ile 55 günde yapılmaktadır. Kalıp ekipleri 5 usta 5 usta yardımcı ve 4 işçi olarak düşünüldüğünde bu metrajdaki bir kalıp 11 günde başa baş olabilecek seviyede tamamlanmaktadır. Halbuki piyasada 5 usta 5 usta yardımcı ve 4 işçiden oluşan 14 kişilik bir ekip 500 m² işi 5 iş günü içinde tamamlayabilmektedir. Bu durum dikkate alındığında Çevre ve Şehircilik Bakanlığının önerdiği işçilik miktarları gerçek değerlerin iki katı olmaktadır.

Örnek olarak verilen hızlandırma 8 kat değeri düz zemin üstünde başlık kirişleri için yapılacak kalıplarda kullanılmıştır. Tablo da 3 Şekil 3.gerektiği takdirde hızlandırma yapılmakta bunlar kolay iş, orta iş, orta-zor iş sırasıyla hızlandırma katları 8, 4, 2 olarak yapılarak gerçeğe en yakın değerler hesaplanmaktadır.

3.3.3 Malzeme ve işçilik hesaplarının yapılması

İnşaat işlerinin metrajlarının hesaplanması ile metraj kalemlerine ait bakanlık tarafından belirlenen birim fiyat ve işçilik tabloları oluşturuldu. Belirtilen veriler kullanılarak adam.saat olarak adlandırılan işçilik gereksinimleri hesaplanacaktır. Bu aşamada

Yapılacak işin süresi

İşçilik miktarı

Ekipteki işçi sayıları

Hesaplanacaktır.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
172	KABA İŞLER		Temel	İşçi	Rampa	İşçi	Bodrum	İşçi	Normal	İşçi
173	Kalıp	Süre(gün)	1		3		5		5	
174	Şantiyeye gelecek kalıp	m2	204,98		381,46		1244,05		1244,05	
175	Bağlantı malzemesi	m2	0,68		1,27		4,15		4,15	
176	Kalıp yağı	kg	17,08		31,79		103,67		103,67	
177	I kesitli ahşap kiriş	m	187,90		349,67		1140,38		1140,38	
178	Çatal çivi	kg	17,08		31,79		103,67		103,67	
179	Çiviler	kg	34,16		63,58		207,34		207,34	
180	Marangoz ustası	saat	23,49	3	87,42	3	285,10	6	285,10	6
181	Marangoz usta yardımcısı	saat	23,49	3	87,42	3	285,10	6	285,10	6
182	Düz işçi	saat	16,01	2	59,60	2	194,38	4	194,38	4
183	Donatı	Süre(gün)	4		4		5		5	
184	Şantiyeye gelecek (8-12) donatı	Ton	6,08		5,79		7,13		7,13	
185	Şantiyeye gelecek (14-28) donatı	Ton	70,08		0,00		13,34		13,34	
186	Demir kesme ve bükme makinesi	Adet	142,56	4	11,03	1	38,51	1	38,51	1
187	Soğuk demirci ustası	saat	72,73	2	27,58	1	83,81	2	83,81	2
188	Soğuk demirci usta yardımcısı	saat	109,09	3	41,37	1	125,71	3	125,71	3
189	Düz işçi	saat	198,19	5	68,95	2	221,98	5	221,98	5
190	Kalıp iskelesi						5		5	
191	Çelik boru	kg					567,705		567,71	
192	Düz siyah sac	kg					113,541		113,54	
193	Atelye	Saat					56,7705		56,771	
194	Marangoz ustası						42,577875	1	42,578	1
195	Düz işçi						85,15575	2	85,156	2
196	Beton dökme	Süre(gün)	1		1		1		1	
197	C25 Beton	m3	699,79		55,16		151,59		151,59	
198	Betoncu ustası	saat	13,12	2	4,14	1	11,37	2	11,37	2
199	Düz işçi	saat	26,24	3	8,27	1	22,74	3	22,74	3
200	Priz alma süresi	Süre(gün)	4		4		4		4	

Şekil 3.43 : Kaba işler adam.saat tablosu.

Şekil 3.43'te bulunan tablo örnek projede kaba işlerin yapılacağı Temel, Rampa, Bodrum, Normal katlar için Kalıp, Donatı, Kalıp İskelesi, Beton Dökme işleri için kullanılacak malzemeler, işçilik saatleri ve işin yapılacağı gün sayısını içermektedir. Tanımlı verilere bağlı olarak işin yapılması için gereken işçilik saatlerini formül yardımıyla dönüştürülen kişi sayıları ve projenin hangi safhasında kullanılacak ekip sayısı yapılan hesaplamalar sayesinde belirlenmektedir. Bunun gibi Zemin ve İnce İşler için her iş kalemi için ayrı ayrı ekipler oluşturulmuştur.

Örnek olarak Çizelge 3.25’de piyasada demircilik olarak adlandırılan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı pozlarında donatı işçiliği diye geçen donatı iş kaleminde malzeme ve işçilik hesaplamalarında kullanılan formüller gösterilmektedir.

Çizelge 3.25 : Donatı işçilik ve malzeme adam.saat hesaplamaları.

Donatı	Süre(gün)	Normal Kat
Şantiyeye gelecek (8-12) donatı	Ton	'Metraj Özeti'!\$C\$64*'Poz No'!F34
Şantiyeye gelecek (14-28) donatı	Ton	'Metraj Özeti'!\$C\$65*'Poz No'!F47
Demir kesme ve bükme makinesi	Adet	'Metraj Özeti'!\$C\$64*'Poz No'!F38+ 'Metraj Özeti'!\$C\$65*'Poz No'!F51
Soğuk demirci ustası	saat	'Metraj Özeti'!\$C\$64*'Poz No'!G39+ 'Metraj Özeti'!\$C\$65*'Poz No'!G52
Soğuk demirci usta yardımcısı	saat	'Metraj Özeti'!\$C\$64*'Poz No'!G40+ 'Metraj Özeti'!\$C\$65*'Poz No'!G53
Düz işçi	saat	'Metraj Özeti'!\$C\$64*'Poz No'!G41+ 'Metraj Özeti'!\$C\$65*'Poz No'!G54

Formüllerde Normal kat sütununda yer alan formüllerde bahsi geçen Metraj Özeti ve Poz No Sayfalarına ait veri tabloları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

	B	C	D
62	NORMAL KAT		
63	Kalıp	1036,71	m2
64	İnce donatı(8-12)	6,79	ton
65	Kalın donatı(14-28)	12,47	ton
66	Beton	151,592	m3

Şekil 3.44 : Metraj Özeti donatı metraj tablosu.

	B	C	D	E	F	G	H	I
31	15.160.1003	Ø8 - Ø12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması(1 ton için)						
32	Birim Fiyat	Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktar			
33			Malzeme:					
34	4,79	10.130.1704	Beton çelik çubuğu, nervürlü Ø8 - Ø12mm (S420, B420B-C, B500B-C)	kg	1,050			
35			Zayıyatı ve bağlantı teli dahil					
36			İşçilik:					
37					Hızlandırma =>	2	5	8
38	7,54	19.100.1111	Demir kesme ve bükme makinası'nın 1 saatlik ücreti Kesilmesi, bükülmesi, yerine	saat	2	orta zorluk	orta kolay	kolay iş
39	22,5	10.100.1019	Soğuk demirci ustası	saat	10	5	2	1,25
40	16,75	10.100.1047	Soğuk demirci usta yardımcısı	saat	15	7,5	3	1,875
41	16,45	10.100.1062	Düz işçi (İnşaat yerindeki yükleme, boşaltma, yatay ve düşey taşıma)	saat	25	12,5	5	3,125
42								
43								
44	15.160.1004	Ø14 - Ø28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.(1 ton için)						
45	Birim Fiyat	Rayıç No	Tanımı	Birimi	Miktar			
46			Malzeme:					
47	4,79	10.130.1705	Beton çelik çubuğu, nervürlü Ø14 - Ø32mm (S420, B420B-C, B500B-C)	kg	1,070			
48			Zayıyatı ve bağlantı teli dahil					
49			İşçilik:					
50					Hızlandırma =>	2	5	8
51	7,54	19.100.1111	Demir kesme ve bükme makinası'nın 1 saatlik ücreti Kesilmesi, bükülmesi, yerine	saat	2	orta zorluk	orta kolay	kolay iş
52	22,5	10.100.1019	Soğuk demirci ustası	saat	8	4	1,6	1
53	16,75	10.100.1047	Soğuk demirci usta yardımcısı	saat	12	6	2,4	1,5
54	16,45	10.100.1062	Düz işçi	saat	22	11	4,4	2,75

Şekil 3.45 : Poz No ince-kalın donatı birim fiyat tablosu.

Yukarıdaki Şekil 3.ve çizelgelerde belirtilen formüller bahsi geçen iki sayfadan formül hesabı için veri olarak kullanılmaktadır. Metraj Özeti ve Poz No sayfaları adam.saat hesaplamalarının yapılabilmesi için evvelce hazırlanma safhası detaylarıyla anlatılmıştı. Burada her iş kalemi için her mahal için metraj özeti sayfasında bulunan her metraj değeri için adam.saat hesaplamaları yapılmakta ve bu değerler sayesinde ekipler oluşturulmaktadır.

Şekil 3.43'te Donatı işinin normal kat için hesap adımları yukarıda detaylarıyla yer almaktadır. Aşağıdaki Çizelge 3.26'da her iş için ekiplerin oluşturulmasında kullanılacak günlük çalışma süresi 10 saat olarak ve fazla mesai süresi 2 saat olarak belirlenen Şekil 3.43'te normal kat için donatı işçi sayısı sütununda belirtilen işçi sayılarının belirlenmesinde kullanılan formül bulunmaktadır.

Çizelge 3.26 : Donatı işçi sayısı hesaplamaları.

Donatı	Süre(gün)	İşçi
Soğuk demirci ustası	Saat	$EĞER((J188-(AŞAĞIYUVARLA(J188/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0)) * Günlükçalışmasüresi* \$J\$184) < Fazlamesaisüresi; AŞAĞIYUVARLA(J188/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0); YUKARIYUVARLA(J188/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0))$
Soğuk demirci usta yardımcısı	Saat	$EĞER((J189-(AŞAĞIYUVARLA(J189/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0)) * Günlükçalışmasüresi* \$J\$184) < Fazlamesaisüresi; AŞAĞIYUVARLA(J189/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0); YUKARIYUVARLA(J189/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0))$
Düz işçi	Saat	$EĞER((J190-(AŞAĞIYUVARLA(J190/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0)) * Günlükçalışmasüresi* \$J\$184) < Fazlamesaisüresi; AŞAĞIYUVARLA(J190/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0); YUKARIYUVARLA(J190/(\$J\$184*Günlükçalışmasüresi);0))$

Bu formül J184 hücresindeki iş süresine ve J188, J189, J190'da bulunan işçilik saatlerine bağlı olarak ekip sayısını oluşturarak en optimum saatte işçi ve ustadan faydalanmayı öngörmektedir.

3.3.4 İş programının/planının yapılması

Adam saat hesaplamaları tamamlanıp iş süreleri ve ekip sayıları belirlendikten sonra a Zemin, İnce İşler ve Kaba İşler için ön tahmin bir iş programı oluşturulacak ve en ideal süre yakalanana kadar senaryo oluşturulmaya devam edilecektir.

	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO		
						Başlangıç	Süre	Bitiş				Başlangıç	Bitiş				Başlangıç	Süre	Bitiş			
2																						
3					Kat 0	Kalıp	193	5	198								Kat 0	Duvar	358	5	363	
4						Donatı	193	5	198									Tesisat	363	5	368	
5						Beton+Priz	198	5	203									İç cephe sıva	368	5	373	
6					Kat 1	Kalıp	203	5	208									Yer döşemesi	438	3	441	
7						Donatı	203	5	208									Doğrama	443	5	448	
8						Beton+Priz	208	5	213									İç cephe kaplama	448	5	453	
9					Kat 2	Kalıp	213	5	218									Cephe iskelesi	488	1	489	
10						Donatı	213	5	218									Mantolama	493	4	497	
11						Beton+Priz	218	5	223									Dış cephe sıva	498	4	502	
12					Kat 3	Kalıp	223	5	228									Dış cephe boya	503	4	507	
13						Donatı	223	5	228									Kat 1	Duvar	363	5	368
14						Beton+Priz	228	5	233									Tesisat	368	5	373	
15					Kat 4	Kalıp	233	5	238									İç cephe sıva	373	5	378	
16						Donatı	233	5	238									Yer döşemesi	441	3	444	
17						Beton+Priz	238	5	243									Doğrama	448	5	453	
18					Kat 5	Kalıp	243	5	248									İç cephe kaplama	453	5	458	
19						Donatı	243	5	248									Cephe iskelesi	489	1	490	
20						Beton+Priz	248	5	253									Mantolama	497	4	501	
21					Kat 6	Kalıp	253	5	258									Dış cephe sıva	502	4	506	
22						Donatı	253	5	258									Dış cephe boya	507	4	511	
23						Beton+Priz	258	5	263									Kat 2	Duvar	368	5	373
24					Kat 7	Kalıp	263	5	268									Tesisat	373	5	378	
25						Donatı	263	5	268									İç cephe sıva	378	5	383	
26						Beton+Priz	268	5	273									Yer döşemesi	444	3	447	
27					Kat 8	Kalıp	273	5	278									Doğrama	453	5	458	
28						Donatı	273	5	278									İç cephe kaplama	458	5	463	
29						Beton+Priz	278	5	283									Cephe iskelesi	490	1	491	
30					Kat 9	Kalıp	283	5	288									Mantolama	501	4	505	
31						Donatı	283	5	288									Dış cephe sıva	506	4	510	
32						Beton+Priz	288	5	293									Dış cephe boya	511	4	515	

Şekil 3.46 : Kaba ve İnce iş planı tablosu.

Şekil 3.46’da hazırlanan kaba ve ince iş kalemleri için iş sırası ve iş sürelerine bağlı olarak iş planlarının oluşturma şekli gösterilmektedir. Sunulan planlar ışığında ön bilgi olarak projenin hangi işinin, hangi katın veyahut toplam proje süresinin bugün başlanırsa ne zaman sonra biteceği hafta sonu tatilleri ve resmi tatiller dikkate alınmadan işçilik verimi hesaplanmadan %100 verim ile ve işgünü olarak kabul edildiğinde elde edilecek değerler hesaplanmıştır.

Ön çalışma olması açısından oldukça önemlidir. Süre olarak kesinlik içeren ve gerçeğe yakın bir değer bulunmasa dahi hangi iş kolunun hangisinden sonra geleceği hangisi bitince hangisinin başlayacağı gibi muallak durumları inşaat sistematüğünü bilmeyenler için soru işareti olmaktan kaldırması ve ilk başlanacak iş kalemine göre sonraki hesaplamaların dizayn edileceği düşünüldüğünde bu hesaplamalar elbette önemli bir işlem adıdır. Ayrıca optmizasyon öncesi makul değerlerle hesaplamalara başlanılmasını sağlamaktadır.

3.3.5 Verim ve tatil tabloları

İş planları oluşturulduktan sonra gerçeğe yakın günlük iş planı Gantt şeması biçimde oluşturulmuştur. İş programının en gerçekçi biçimde elde edilebilmesi için projenin yapılacağı coğrafyaya ait iklimsel verilere bağlı olarak iş kalem verimleri, ramazan ayına denk gelecek iş günlerinde işçilik veriminde doğacak düşüğe bağlı verim ve iş kalemlerinde çalışan ekiplerin çalışmayacağı iş günleri belirlenip şemaya tanıtılır. Şekil 3.47 ve 48’de sisteme tanımlanan Coğrafi ve Meteorolojik veriler sunulmuştur.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
3	Sıcaklık												
4	Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	[°C]	0,6	2,7	7,8	12,9	17,4	23,2	27,4	27,3	21,9	14,7	7,3	2
6	Bağıl nem	73	68	61	55	51	41	35	35	40	56	70	75
7	Verim												
8	İşler/Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	Kalıp	0,6	0,6	0,75	0,8	0,95	0,95	0,9	0,9	0,85	0,9	0,8	0,6
10	Donatı	0,6	0,6	0,75	0,8	0,95	0,95	0,9	0,9	0,85	0,9	0,8	0,6
11	Beton	0,6	0,6	0,75	0,8	0,95	0,95	0,9	0,9	0,85	0,9	0,8	0,6
12													
13	Duvar	0,6	0,5	0,75	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
14	Tesisat	0,6	0,5	0,75	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
15	İç cephe Sıva	0,6	0,5	0,75	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
16	Yer Döşemesi	0,7	0,65	0,8	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
17	Doğrama	0,7	0,65	0,8	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
18	İç cephe Boya	0,6	0,5	0,75	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
19	Cephe iskelesi	0,5	0,7	0,85	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,5
20	Mantolama	0,5	0,5	0,7	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
21	Dış cephe Sıva	0,5	0,5	0,7	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6
22	Dış cephe Boya	0,5	0,5	0,7	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,8	0,6

Şekil 3.47 : Sıcaklığa bağlı verim tablosu.

	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
3	Rüzgar Verisi												
4	Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	[km/h]	8	8,8	11,2	11,1	10,9	13,1	13,3	11,6	10,6	8,6	7,9	7,5
6													
7	Verim												
8	İşler/Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	Kalıp	0,87	0,85	0,81	0,82	0,82	0,78	0,78	0,81	0,82	0,86	0,87	0,88
10	Donatı	0,87	0,85	0,81	0,82	0,82	0,78	0,78	0,81	0,82	0,86	0,87	0,88
11	Beton	0,87	0,85	0,81	0,82	0,82	0,78	0,78	0,81	0,82	0,86	0,87	0,88
12													
13	Duvar	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93
14	Tesisat	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93
15	İç cephe Sıva	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93
16	Yer Döşemesi	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93
17	Doğrama	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93
18	İç cephe Boya	0,92	0,91	0,89	0,89	0,89	0,87	0,87	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93
19	Cephe iskelesi	0,87	0,85	0,81	0,82	0,82	0,78	0,78	0,81	0,82	0,86	0,87	0,88
20	Mantolama	0,84	0,82	0,78	0,78	0,78	0,74	0,73	0,77	0,79	0,83	0,84	0,85
21	Dış cephe Sıva	0,87	0,85	0,81	0,82	0,82	0,78	0,78	0,81	0,82	0,86	0,87	0,88
22	Dış cephe Boya	0,87	0,85	0,81	0,82	0,82	0,78	0,78	0,81	0,82	0,86	0,87	0,88

Şekil 3.48 : Rüzgar hızına bağlı verim tablosu.

Çizelge 3.27 : Katlara bağlı işçilik verim değerleri.

Katlar	Verim	Katlar	Verim
0	1,00	15	0,97
1	1,00	16	0,95
2	1,00	17	0,93
3	1,00	18	0,91
4	1,00	19	0,89
5	1,00	20	0,87
6	1,00	21	0,86
7	1,00	22	0,84
8	1,00	23	0,83
9	1,00	24	0,81
10	1,00	25	0,80
11	1,00	26	0,78
12	1,00	27	0,77
13	1,00	28	0,75
14	1,00	29	0,74
		30	0,72

Çizelge 3.28 : Ramazan ayına bağlı yıllık verim değerleri.

	Ramazan ayı	
	Başlama	Bitiş
2017	27.5.2017	25.6.2017
2018	16.5.2018	14.6.2018
2019	6.5.2019	3.6.2019
2020	24.4.2020	23.5.2020
2021	13.4.2021	12.5.2021
Verim	75%	

Örnek proje mevcut enflasyon ve faiz oranlarının daha net bilinmesi ve coğrafi koşulların daha iyi analiz yapılabilmesi için Türkiye'nin Malatya ilinde 2017 senesinde başladığı kabul edilmiştir. Birim fiyat analizinde rayiç bedellerinin daha net belirleneceği ve yıllara bağlı olarak mevcut içinde bulunulan seneyi aşmaması için en ideal zamanın aşılmaması hasebiyle ve içinde bulunduğumuz ekonomik koşullar gerekçe gösterilerek gelecekte her an ekonomide ve sektörde yaşanabilecek aşırı kur ve fiyat farkından doğacak bir malzeme fiyat artışı durumunda proje maliyetinin kesinden uzak hesaplanma durumu göz önüne alınarak hesap kriterler mevcut şekilde belirtilmiştir.

30 katlı yapılacak bu yapının verim durumları yukarıdaki Şekil 3.47 ile 3.48 ile takip eden tablolarda belirtilen yıllık iklim verilerine dayanılarak elde edilen kaynaklar ile sıcaklığa bağlı iş verimi, rüzgâra bağlı iş verimi, Ramazan aylarının denk geleceği günlerdeki iş verimi ve kat durumuna bağlı yükseklikten dolayı olacak işçilik verimi daha sonra detaylarının verileceği hesaplama aşamasında minimum değeri verecek verim dikkate alınarak işçilik hesaplamaları yapılmıştır.

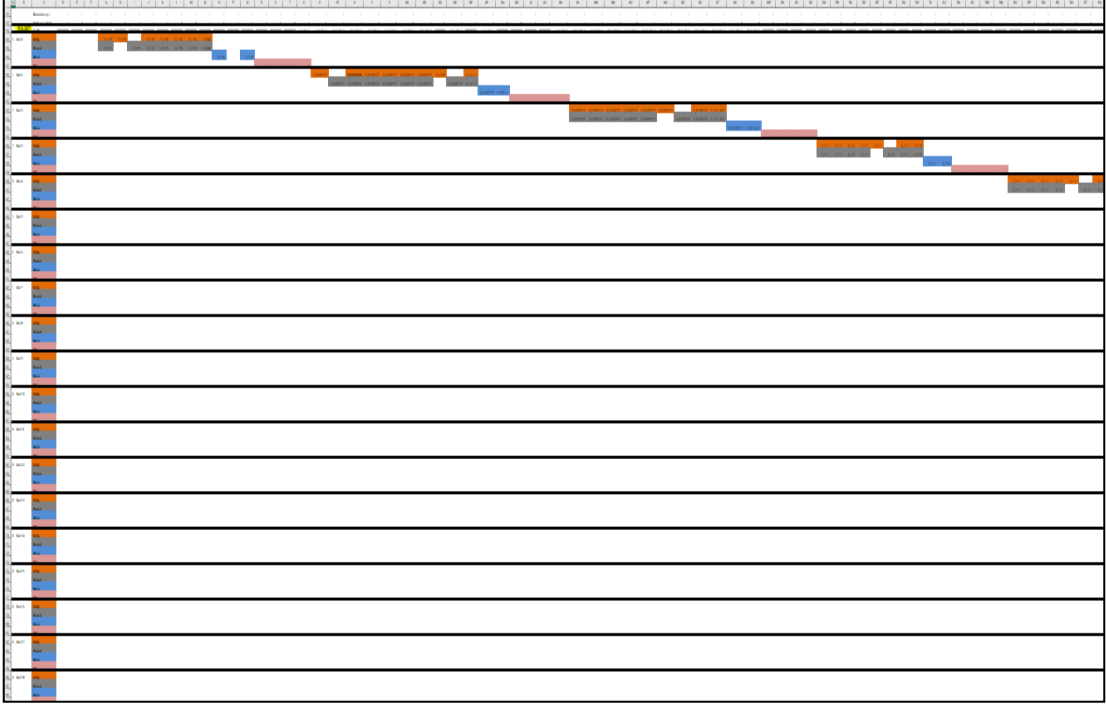
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3	KABA İŞLER	İzin Günü(Liste)	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	Ctsi-Pazar
4	Kalıp	Pazar							7	
5	Donatı	Pazartesi						6		
6	Beton	Çarşamba							7	
7	Priz	Perşembe								
8	İNCE İŞLER	Cuma								
9	Duvar	Cumartesi								
10	Tesisat	Cumartesi						6		
11	İç cephe sıva	Cuma					5			
12	Yer döşemesi	Perşembe				4				
13	Doğrama	Perşembe				4				
14	İç cephe kaplama	Cuma					5			
15	Cephe iskelesi	Cumartesi						6		
16	Mantolama	Pazar							7	
17	Dış cephe sıva	Pazar							7	
18	Dış cephe boya	Pazar							7	

Şekil 3.49 : İş kalemlerinin haftalık tatil tablosu.

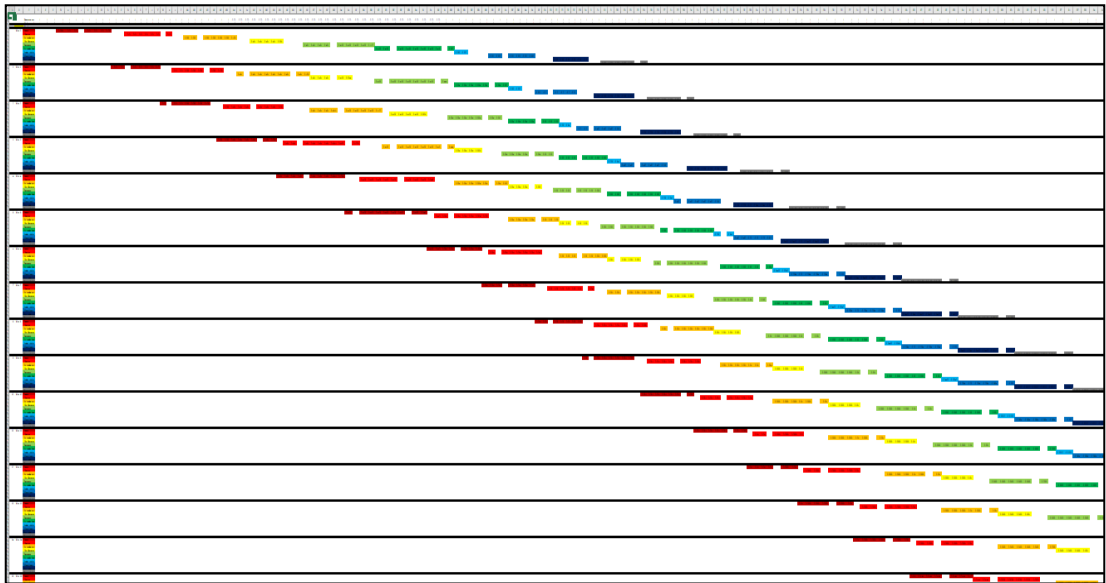
Şekil 3.49’da mevcut tabloda ekiplerinin tatil koşulları her ekip için farklı alternatifler denenerek örnek olarak sunulmuştur. Tatil günü belirlenirken hücre açılımı verilen C4 hücresinde liste halinde olan günlerden herhangi biri yahut hafta sonu hiç çalışmayacaksa her iki tatil gününü seçme seçeneği olarak verilmiştir. Şekiller ve çizelgelerle izah edilen verim ve tatil tabloları mevcut iş planında hesaplanan süreyi daha ileriye taşıyarak gerçekçi değer almaya en yakın sonucun alınmasını sağlayacaktır.

3.3.6 Gantt şemalarının oluşturulması

Asıl iş programı olarak kullanılacak olan tatil günlerinin dikkate alındığı takvimli iş programı mevcut veriler sayesinde hazırlanabilir hale gelmiştir. Asıl maksat projenin herhangi bir tarihte hangi iş kaleminde ve hangi safhada olduğunu görmektir. İş ilerlemesini daha verimli kontrol edip müdahale edilmesi yerlerde gecikme yaşanmasını önlemek gibi birçok açıdan projenin yürütülmesine kolaylık sağlayacaktır.



Şekil 3.50 : Kaba işler Gantt şeması tablosu.



Şekil 3.51 : İnce işler Gantt şeması tablosu.

Genel şema hali uzaktan verilen yukarıdaki şekillerin detayına girilecektir. Evvela iki farklı iş bölümünün şema halinde her iş kolunun farklı renklerle en üst satır tarih, en sol sütun iş kalemlerini göstermekte şemada herhangi bir tarihe ait durum arama komutu yahut manuel olarak rahatça belirlenmektedir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
3				Gün	Başlama	Bitiş	Toplam gün											
4			Kalıp	5	16.8.2017	10.1.2019	512											
5			Donatı	5	16.8.2017	10.1.2019	512											
6			Beton	1	24.8.2017	13.1.2019	507											
7			Priz	4	26.8.2017	17.1.2019	509											
8			Kaba İşler Toplam				519											
9																		
10																		
11			Ramazan ayı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12			Haftanın günü	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2
13		15.8.2017	Tarih	15.8.2017	16.8.2017	17.8.2017	18.8.2017	19.8.2017	20.8.2017	21.8.2017	22.8.2017	23.8.2017	24.8.2017	25.8.2017	26.8.2017	27.8.2017	28.8.2017	29.8.2017
14	0	Kat 0	Kalıp		0,726	0,726	0,726	0,726		0,726	0,726	0,644						
15			Donatı		0,726	0,726	0,726		0,726	0,726	0,726	0,644						
16			Beton										0,726	0,274				
17			Priz												1	1	1	1
18	1	Kat 1	Kalıp															
19			Donatı															
20			Beton															
21			Priz															
22	2	Kat 2	Kalıp															
23			Donatı															
24			Beton															
25			Priz															

Şekil 3.52 : Kaba işler gantt şeması detay tablosu.

Şekil 3.52’de detay tablosu Şekil 3.50’deki kaba işler Gantt şemasının sadece ilk 3 katının gösterimi bulunmaktadır. Şemada okunacak değerler ise kat 0 olarak adlandırılan zemin kat iş ilerleme durumunu gösteren iş planından başlayarak yer kat sınıflara ayrılarak aktiviteler gösterilmiştir.

Bu tabloda kaba işler Gantt şemasında 4 iş durumu göz önüne alınmıştır.

- Kalıp işçiliği
- Donatı işçiliği
- Beton işçiliği ve
- Beton priz alma süresi.

Şekil 3.46’da iş planı aşamasında W sütununa bakıldığında W3 kalıp süresini 5 iş günü olarak hesaplamakta ve keza Şekil 3.52’de mevcut iş süreleri D sütununda belirtilmiş ve kalıp için D4 sütununda aynı iş gününü görmek mümkündür. İş planı oluşturulduğunda bu süreye göre hesaplar yapıp tahmini iş süresi belirlenmiştir.

Lakin Şekil 3.52’de kat 0 yani zemin katta 14. Satır da kalıp işinin takvim süresi dikkate alınır 16.08.2017’de başlayan iş 23.08.2017 tarihinde sonlandırılmış ve ardından beton dökümü yapılmaya başlanmıştır.

Burada normal iş süresi 5 gün olarak belirlenen kalıp işçiliği 8 iş günü sürmüştür ve 7 gün aktif iş günü çalışılmıştır. Değerlerin bu Şekil 3.bir hal almasını sağlayan verim ve tatil tabloları sayesinde iş planı daha gerçekçi ve aldatmaya yer vermeden yapılmıştır. Kalıp satırında kahverengi ile boyanmış hücreler toplandığında iş gücünden kayıplar dikkate alınarak hesaplanan iş günü tekrar 5 gün olacaktır. Kalıp işi satırında yer alan değerler;

$$0,726+0,726+0,726+0,726+0,726+0,726+0,644 = 5 \text{ iş günü değerini sağlıyorur.}$$

Diğer bir durum ise katlara ve aylara bağlı iklimsel koşullara göre oluşabilecek işçilik verim farklılıklarının tabloya yansımalarının nasıl olduğudur.

A	B	C	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II
3																		
4		Kalıp																
5		Donatı																
6		Beton																
7		Priz																
8		Kaba İşler Top.																
9																		
10																		
11		Ramazan ayı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12		Haftanın günü	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
13		18.8.2017 Tarih	27.3.2018	28.3.2018	29.3.2018	30.3.2018	31.3.2018	1.4.2018	2.4.2018	3.4.2018	4.4.2018	5.4.2018	6.4.2018	7.4.2018	8.4.2018	9.4.2018	10.4.2018	11.4.2018
14	Kat 14	Kalıp		0,61	0,61	0,61	0,61		0,652	0,652	0,652	0,604						
15		Donatı		0,61	0,61	0,61		0,652	0,652	0,652	0,652	0,562						
16		Beton										0,652	0,348					
17		Priz													1	1	1	1
18	Kat 15	Kalıp																
19		Donatı																
20		Beton																
21		Priz																
22	Kat 16	Kalıp																
23		Donatı																
24		Beton																
25		Priz																
26	Kat 17	Kalıp																
27		Donatı																
28		Beton																
29		Priz																

Şekil 3.53 : Kaba işler 14. kat iş ilerleme durumu.

A	B	C	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
3																							
4		Kalip																					
5		Donatı																					
6		Beton																					
7		Priz																					
8		Kaba İşler Toplamı																					
9																							
10																							
11		Ramazan ayı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12		Haftanın günü	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2
13		15.8.2017 Tarih	11.4.2018	12.4.2018	13.4.2018	14.4.2018	15.4.2018	16.4.2018	17.4.2018	18.4.2018	19.4.2018	20.4.2018	21.4.2018	22.4.2018	23.4.2018	24.4.2018	25.4.2018	26.4.2018	27.4.2018				
14	15	Kat 15																					
15		Kalip		0,63244	0,63244	0,63244		0,63244	0,63244	0,63244	0,63244	0,57292											
16		Donatı		0,63244	0,63244		0,63244	0,63244	0,63244	0,63244	0,63244	0,57292											
17		Beton										0,63244		0,36758									
18		Priz														1	1	1	1				
19	16	Kat 16																					
20		Kalip																					
21		Donatı																					
22		Beton																					
23		Priz																					
24	17	Kat 17																					
25		Kalip																					
26		Donatı																					
27		Beton																					
28		Priz																					

Şekil 3.54 : Kaba işler 15. kat iş ilerleme durumu.

Yukarıda Şekil 3.53 ve 54'te iki farklı kat iki farklı ay ve ramazan ayı etkisinin görüldüğü tüm olası ihtimallerinin bir arada bulunması halinde iş süresinin etkilenmesi ve iş verimleri arasındaki farkın görülmesi açısından önemli bir mukayese olanağıdır.

Bakıldığı zaman Şekil 3.53'te kalıp işi 70. Satırda 28.3.2018 de başlayıp, 5.4.2018 de bitmiştir. İki farklı ay içinde ve ramazan ayındaki verim düşüşü etkisi de dikkate alındığında ve farklı aylar içinde bulunması nedeniyle günler arasında bile değişen verim değerleri tabloda okunmaktadır.

Örnek olarak;

- 3. Ay olan Mart ayında Şekil 3.47 ve Şekil 3.48.'e bakıldığında sırasıyla sıcaklık ve rüzgâr değerlerine bağlı olarak hesaplanan verim değeri sırası ile kalıp işi için 0,75 ve 0,81'dir.
- 4. Ay olan Nisan ayı için sıcaklık ve rüzgâr değerlerine bağlı olarak hesaplanan verim değeri sırası ile kalıp işi için 0,8 ve 0,82'dir.

Bu bilgiler ışığında Şekil 3.53.te görüleceği üzere 3. Ay olan Mart ayları içerisinde işçilik verim değeri 0,61 iken.

Mevsimsel koşullarda iyileşmeler ve verim artışındaki değerler dikkate alınarak aynı katta yapılan kalıp işi 4. Ay olan Nisan ayları içerisinde işçilik verim değeri 0,652 değerine yükselmiştir.

Kalıp işi ile ilgili Şekil 3.49'a incelendiğinde Pazar günleri tatil olarak seçildiği için HY70 hücrenin renksiz olduğu görülecektir. Hücrenin 2 üst satırında "+HAFTANINGÜNÜ(HY13;2)" formülü yardımıyla herhangi bir tarihin haftanın hangi günü olduğunu hesaplanmaktadır. Formülde 1 ile 7 arasında 1= Pazartesi ve devamı

gelecek şekilde 7= Pazar olacak şekilde çevirilen formül ile Pazar günlerinde kalıp ekipleri çalışmadığından işçilik verim değerleri 0 olmakta ve tabloda o günlere değer ve renk atanmamaktadır.

Bir diğer koşul olan katlar arası verim etkisine bakıldığında;

- Çizelge 3.27'de 14. Kat verim değeri 1,00 iken
- 15. Kat verim değeri 0,97 olarak düşmüştür.

Bu durumun tabloya yansımaya durumu ise Şekil 3.53 ve 54'e mukayese edilecek şekilde bakıldığında aynı ay içinde olmasına rağmen Şekil 3.53'de 14. Katta Nisan ayının 2, 3, ve 4. Günlerinde kalıp işçiliğinde verim değeri 0,652'dir.

Şekil 3.53 incelendiğinde 15. Katta Nisan ayının 12, 13 ve devam eden günlerinde kalıp işçiliğinde verim değerinin 0,632 olduğu görülebilmektedir.

Aynı zamanda Şekil 3.52'de zemin katta kalıp iş süresinin mevsimsel ve kat koşulları göz önüne alınarak hesaplanan işçilik verimleri altında 7 iş süresi ve 8 takvim günü sürmesine karşın, bu değer Şekil 3.54'te 15. Katta 8 iş süresi ve 9 takvim günü olarak ilk kata nazaran daha geç sürmesi planlanan takvim ve iş planı şemasının gerçeğe daha uyumlu ve yakın sonuç verdiği açısından önemlidir.

Yerden çalışma yüksekliği arttıkça malzeme taşıma işi şiddetli rüzgâr gibi en büyük sorunlardan biriyle karşılaşılacağından ve rüzgâr kuvvetinin yükseklik arttıkça şiddetini arttırdığı gerçeği göz önüne alınarak hesaplanan verim değerlerinin tabloya uyarlanması sonucu alınan değerleri daha işi planlama aşamasında tatmin edici bir durumdur.

Bu hesaplamaların yapılmasında kullanılan ve Şekil 3.52'de E14 hücresinde kullanılan formül;

```
=EĞER(VE(TOPLA($C14:D14)<$D4;D14>-1);  
MİN(EĞER(YADA(EĞERSAY(Tatil!$D$4:$J$4;E$12)>0;E$13<$E4);0;YATAYARA(A  
Y(E$13);Verim!$C$8:$N$22;2;YANLIŞ)*E$11*YATAYARA(AY(E$13);Verim!$Q$8:$  
AC$22;2;YANLIŞ)*YATAYARA($A$14;Verim!$B$24:$AF$25;2;YANLIŞ));$D4-  
TOPLA($C14:D14));-1)
```

Formüle bakıldığında tatil ve verim sayfasında bulunan tablolar yardımı ile verim değeri hesaplayıp iş başlangıç değerini hemen üst satırlarında yer alan kalıp işi başlangıç süre değerinden almaktadır.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
3				Gün	Başlama	Bitiş	Toplam gün																
4			Duvar	5	13.4.2018	2.2.2019	295																
5			Tesisat	5	23.4.2018	21.2.2019	304																
6			İç cephe sıva	5	3.5.2018	8.3.2019	309																
7			Yer döşemesi	3	13.5.2018	14.3.2019	305																
8			Doğrama	5	21.5.2018	26.3.2019	309																
9			İç cephe kaplama	5	31.5.2018	7.4.2019	311																
10			Cephe işçileşi	1	10.6.2018	9.4.2019	303																
11			Mantolama	4	16.6.2018	18.4.2019	306																
12			Dış cephe sıva	4	25.6.2018	27.4.2019	306																
13			Dış cephe boya	4	4.7.2018	7.5.2019	307																
14			İnce İşler Toplam				389																
15																							
16																							
17																							
18			Ramazan ayı	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
19			Hafızın günü	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	
20			12.4.2018	Tarih	12.4.2018	13.4.2018	14.4.2018	15.4.2018	16.4.2018	17.4.2018	18.4.2018	19.4.2018	20.4.2018	21.4.2018	22.4.2018	23.4.2018	24.4.2018	25.4.2018	26.4.2018	27.4.2018	28.4.2018	29.4.2018	30.4.2018
21		0 Kat 0	Duvar		0,8001	0,8001		0,8001	0,8001	0,8001	0,8001	0,1999											
22			Tesisat												0,8001	0,8001	0,8001	0,8001	0,8001		0,8001	0,1999	
23			İç cephe sıva																				
24			Yer döşemesi																				
25			Doğrama																				
26			İç cephe kaplama																				
27			Cephe işçileşi																				
28			Mantolama																				
29			Dış cephe sıva																				
30			Dış cephe boya																				

Şekil 3.55 : İnce işler zemin kat iş ilerleme durumu.

Şekilde ince işlere ait şema gösterilmiştir. İnce iş kalemi 10 adet olduğundan ve her birinin iş süresi normal tabloya sığma ihtimali olmadığından anlaşılır olması açısından duvar ve tesisat kalemlerinin işçilik verimlerine bağlı iş ve takvim günleri detayıyla yer almaktadır.

Şekil 3.55'te iş kalemlerinin başlangıç değerleri iş planı safhasında belirlenen kriterler ile belirlense de Gantt şemasını oluşturmak için yazılan formüllerde iş hızına bağlı olarak kendinden önceki kattan gelen iş kalemi ile kendinden sonra gelecek iş kalemini sıkıştırmadan güvenli süreler bırakarak hangi kata ne zaman başlayacağını otomatik olarak hesaplamaktadır. Bu tablonun oluşturulmasında bitiş değerleri belirlenirken;

	B	C	AAG	AAH	AAI
20	12.4.2018	Tarih			
21	Kat 0	Duvar			21.4.2018
22		Tesisat			1.5.2018
23		İç cephe sıva			11.5.2018
24		Yer döşemesi			17.5.2018
25		Doğrama			31.5.2018
26		İç cephe kaplama			11.6.2018
27		Cephe iskelesi			13.6.2018
28		Mantolama			23.6.2018
29		Dış cephe sıva			1.7.2018
30		Dış cephe boya			11.7.2018
31	Kat 1	Duvar			29.4.2018
32		Tesisat			9.5.2018
33		İç cephe sıva			20.5.2018
34		Yer döşemesi			26.5.2018
35		Doğrama			11.6.2018
36		İç cephe kaplama			20.6.2018
37		Cephe iskelesi			22.6.2018
38		Mantolama			30.6.2018
39		Dış cephe sıva			8.7.2018
40		Dış cephe boya			18.7.2018

Şekil 3.56 : İnce işler aktivite bitiş tarihi.

Şekil 3.56’da görülen tablonun en sonunda AAI satırında hesaplanan değerler her aktivitenin hangi kat için ne zaman bittiğini otomatik olarak; “=İNDİS(D\$20:AAA\$20;1;KAÇINCI(-1;D21:AAA21;0))” formülü ile hesaplamaktadır. Ayrıca oluşturulan tablo yardımı ile hangi aktivitenin ne zaman biteceği de gözlemlenebilir.

3.3.7 Rayiçlerin belirlenmesi

Maliyet analizinin en temel faktörlerinden olan malzeme ve işçilik rayiç bedellerinin istenilen değerleri bakanlık tarafından paylaşılan tablodan alıntı yapılarak oluşturulan tablolara uygunluk oluşturması için ayrıca işlenmiştir.

Değerlerin geçmiş yıllara ait olmasındaki sebep ise daha önce açıklandığı gibi ülkemizde yaşanan ekonomik kur dalgalanmaları ve ekonomik istikrarsız sebebiyle proje bugün baz alınarak başlatıldığında toplam 500 gün süreceği varsayılarak hesaplandığında 2 ay sonra bile oluşacak fiyat farkları maliyet analizinde ön görülemeyen maliyetlerle karşı karşıya kalmamıza sebebiyet verebilmekte ve aynı zamanda değeri bilinen yıllara ait rayiçlerin kullanması deneme aşamasında olması hasebiyle proje açısından önemli ve kesin sonuçların alınmasını sağlayacaktır.

Çizelge 3.29 : İşçilik maliyetinin yıllara bağlı rayiç değerleri(günlük TL).

		İŞÇİLER				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Marangoz ustası	101	108,5	124	157	184,5
2	Marangoz usta yardımcısı	75,5	81	92,5	117	137,5
3	Soğuk demirci ustası	101	108,5	124	157	184,5
4	Soğuk demirci usta yardımcısı	75,5	81	92,5	117	137,5
5	Betoncu ustası	101	108,5	124	157	184,5
6	Duvarcı ustası	101	108,5	124	157	184,5
7	Tesisat ustası	101	108,5	124	157	184,5
8	Sıvacı ustası	101	108,5	124	157	184,5
9	Sıvacı usta yardımcısı	75,5	81	92,5	117	137,5
10	Mermer kaplama ustası	101	108,5	124	157	184,5
11	Seramik kaplama ustası	101	108,5	124	157	184,5
12	Fayans kaplama ustası	101	108,5	124	157	184,5
13	Dülger ustası	101	108,5	124	157	184,5
14	Birinci sınıf usta	101	108,5	124	157	184,5
15	Birinci sınıf usta yardımcısı	75,5	81	92,5	117	137,5
16	Marangoz ustası	101	108,5	124	157	184,5
17	Doğrama ustası	101	108,5	124	157	184,5
18	Boyacı ustası	101	108,5	124	157	184,5
19	Doğramacı ustası	101	108,5	124	157	184,5
20	Yalıtımcı ustası	101	108,5	124	157	184,5
21	Yalıtımcı usta yardımcısı	75,5	81	92,5	117	137,5
22	Düz işçi	74	79,5	91	115	135

Çizelge 3.29’da 2016-2020 yılları arasında günlük 10 saat çalışma yapılması durumunda projemizde çalışacak olan farklı iş kollarına mensup usta, usta yardımcısı ve düz işçilerin günlük maliyetleri yer almaktadır.

Çizelge 3.30 : Malzeme maliyetinin yıllara bağlı rayiç değerleri(TL).

MALZEMELER						
		2016	2017	2018	2019	2020
1	İnce Donatı(ton)	1807,64	2552,31	2935,16	3170	3450
2	Kalın Donatı(ton)	1751,08	2503,23	2878,71	3120	3400
3	Kalıp Tahtası(m2)	36,99	39,63	45,57	51	59
4	Beton(m3)	172,38	178,78	205,60	220,11	253,63
5	İç cephe Boya(kg)	6,85	7,25	7,70	8	8,4
6	Fayans(m2)	16,5	18,3	19,00	20,5	22,5
7	Laminant(m2)	22	25	28,2	30	33
8	Granit(m2)	61,45	65,11	74,88	80,54	85,6
9	Karo Parke(m2)	16,5	18,3	19,00	21	22,70
10	Marley(m2)	35,3	37,1	42,67	45	48,56
11	Ofis Halısı(m2)	49,11	54,65	62,85	65,8	70,5
12	Mozaik(m2)	31,65	36,74	42,25	48,65	55
13	Membran(m2)	12	13,2	15,18	18	22,25
14	Tuğla(adet)-135*190*190	0,28	0,3	0,35	0,39	0,46
15	Gazbeton(m2)- 30cm_5,00N/mm2	45,6	48	55,20	57	63
16	Gazbeton Tutkal	0,42	0,44	0,51	0,53	0,6
17	Üstkatlar Tuğla(adet)- 135*190*190	0,28	0,3	0,35	0,39	0,46
18	Sıva ve Duvar Çimento(ton)	168	176	202,40	227	238
19	Sıva ve Duvar Kum(m3)	14,5	16	18,40	24	28
20	Kireç(ton)	210	243	285,00	305	360
21	Boya Macunu(kg)	4,3	4,75	5,15	5,5	5,8
22	Boya Astarı(kg)	4,3	4,75	5,15	5,5	5,8
23	Karo Yapıştırıcı(kg)	1,9	2	2,15	2,4	2,6
24	Karo Derz Dolgusu(kg)	1,25	1,4	1,50	1,7	1,85
25	Dış Cephe Boyası(kg)	11,55	12	12,6	13	13,7

Çizelge 3.30’da belli başlı ana kalemlerden olan malzemelerin 2016-2020 yılları arasındaki cinsine göre her malzemenin ayrı maliyeti yer almaktadır. Belirlenen maliyetler işçilik ve malzemelerin günlük Gantt şemasına göre yapılan işçiliğe göre maliyet çıkarmamızda yardımcı olacaktır.

Genel hatlarıyla yukarıdaki şekiller de malzeme ve işçilik hesaplamaları için kullanılacak tablolar görülmektedir.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2													
3		KABA İŞLER											
4	15.8.2017	Tarih	15.8.2017	16.8.2017	17.8.2017	18.8.2017	19.8.2017	20.8.2017	21.8.2017	22.8.2017	23.8.2017	24.8.2017	25.8.2017
5		Kalıp											
6		Şantiyeye gelecek kalıp	m2	180,636	180,636	180,636	180,636		180,636	180,636	160,234		
7		Bağlantı malzemesi	m2	0,602	0,602	0,602	0,602		0,602	0,602	0,534		
8		Kalıp yağı	kg	15,053	15,053	15,053	15,053		15,053	15,053	13,353		
9		I kesitli ahşap kiriş	m	165,583	165,583	165,583	165,583		165,583	165,583	146,881		
10		Çatal çivi	kg	15,053	15,053	15,053	15,053		15,053	15,053	13,353		
11		Çiviler	kg	30,106	30,106	30,106	30,106		30,106	30,106	26,706		
12		Donatı											
13		Şantiyeye gelecek (8-12) donatı	Ton	1,035	1,035	1,035		1,035	1,035	1,035	0,918		
14		Şantiyeye gelecek (14-28) donatı	Ton	1,937	1,937	1,937		1,937	1,937	1,937	1,718		
15		Demir kesme ve bükme makinesi	Adet	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,000		
16		Kalıp inkelesi											
17		Çelik boru	kg	82,431	82,431	82,431	82,431		82,431	82,431	73,120		
18		Düz siyah sac	kg	16,486	16,486	16,486	16,486		16,486	16,486	14,624		
19		Atelye	adet	8,243	8,243	8,243	8,243		8,243	8,243	7,312		
20		Beton dökme											
21		Beton	m3									110,05543	41,536071
22													
23													
24													
25													

Şekil 3.59 : Kaba işlerde zemin katta kullanılacak malzemelerin tablosu.

A	B	C	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM
25																
26		İNCE İŞLER														
27	12.4.2018	Tarih	25.6.2018	26.6.2018	27.6.2018	28.6.2018	29.6.2018	30.6.2018	1.7.2018	2.7.2018	3.7.2018	4.7.2018	5.7.2018	6.7.2018	7.7.2018	8.7.2018
28		Duvar														
29		Dış duvar(Gaz beton)														
30		Gaz beton	m2	37,748951	37,74895	37,74895	37,74895	37,74895	37,74895		2,135396	37,66207	37,66207	37,66207	37,66207	37,66207
31		Tutkal	kg	241,88648	241,8865	241,8865	241,8865	241,8865	241,8865		13,68312	241,3298	241,3298	241,3298	241,3298	241,3298
32		İç duvar														
33		Tuğla	adet	821,99683	821,9968	821,9968	821,9968	821,9968	821,9968		46,499	820,105	820,105	820,105	820,105	820,105
34		Kireç harcı	m3	0,5058442	0,505844	0,505844	0,505844	0,505844	0,505844		0,028615	0,50468	0,50468	0,50468	0,50468	0,50468
35		Kum(tuvenan agrega)	m3	0,5058442	0,505844	0,505844	0,505844	0,505844	0,505844		0,028615	0,50468	0,50468	0,50468	0,50468	0,50468
36		Çimento	Torba	2,64176	2,64176	2,64176	2,64176	2,64176	2,64176		0,14944	2,63568	2,63568	2,63568	2,63568	2,63568
37		Sönmüş toz kireci	Torba	1,6511	1,6511	1,6511	1,6511	1,6511	1,6511		0,0934	1,6473	1,6473	1,6473	1,6473	1,6473
38		Su	m3	0,4451429	0,445143	0,445143	0,445143	0,445143	0,445143		0,025181	0,444118	0,444118	0,444118	0,444118	0,444118
39		Kılıcına duvar														
40		Tuğla	adet	321,34204	321,342	321,342	321,342	321,342	321,342		18,17779	320,6025	320,6025	320,6025	320,6025	320,6025
41		Kireç harcı	m3	0,1235931	0,123593	0,123593	0,123593	0,123593	0,123593		0,006991	0,123309	0,123309	0,123309	0,123309	0,123309
42		Kum(tuvenan agrega)	m3	0,1235931	0,123593	0,123593	0,123593	0,123593	0,123593		0,006991	0,123309	0,123309	0,123309	0,123309	0,123309
43		Çimento	Torba	0,66044	0,66044	0,66044	0,66044	0,66044	0,66044		0,03736	0,65892	0,65892	0,65892	0,65892	0,65892
44		Sönmüş toz kireci	Torba	0,49533	0,49533	0,49533	0,49533	0,49533	0,49533		0,02802	0,49419	0,49419	0,49419	0,49419	0,49419
45		Su	m3	0,1551093	0,155109	0,155109	0,155109	0,155109	0,155109		0,008774	0,154752	0,154752	0,154752	0,154752	0,154752
46																
47		Sıva														
48		Dış Cephe Sıva														
49		Kaba Harç	m3	1,3021347	1,302135	1,302135	1,302135	1,302135	1,302135		1,296582	1,296582	1,296582	1,296582	1,296582	0,53117
50		Kum(tuvenan agrega)	m3	1,3021347	1,302135	1,302135	1,302135	1,302135	1,302135		1,296582	1,296582	1,296582	1,296582	1,296582	0,53117
51		İnce Harç	m3	0,5661455	0,566146	0,566146	0,566146	0,566146	0,218872		0,563731	0,563731	0,563731	0,563731	0,563731	0,230944
52		Kum(ince,derz)	m3	0,5661455	0,566146	0,566146	0,566146	0,566146	0,218872		0,563731	0,563731	0,563731	0,563731	0,563731	0,230944
53		Çimento	Torba	10,581813	10,58181	10,58181	10,58181	10,58181	4,090938		10,53669	10,53669	10,53669	10,53669	10,53669	4,316563
54		Su	m3	0,9848102	0,98481	0,98481	0,98481	0,98481	0,380728		0,980611	0,980611	0,980611	0,980611	0,980611	0,401727
55		İç Cephe Kaba Sıva														
56		Kaba Harç	m3	1,8071496	0,102227	1,80715	1,80715		1,80715	1,80299	1,80299	1,80299	0,114705	1,80299		1,80299
57		Kum(tuvenan agrega)	m3	1,8071496	0,102227	1,80715	1,80715		1,80715	1,80299	1,80299	1,80299	0,114705	1,80299		1,80299
58		İnce Harç	m3	0,7857172	0,044447	0,785717	0,785717		0,785717	0,783909	0,783909	0,783909	0,049872	0,783909		0,783909
59		Kum(ince,derz)	m3	0,7857172	0,044447	0,785717	0,785717		0,785717	0,783909	0,783909	0,783909	0,049872	0,783909		0,783909
60		Çimento	Torba	11,22748	0,63512	11,22748	11,22748		11,22748	11,20164	11,20164	11,20164	0,71264	11,20164		11,20164
61		Sönmüş toz kireci	Torba	11,72281	0,669314	11,72281	11,72281		11,72281	11,69583	11,69583	11,69583	0,74408	11,69583		11,69583
62		Su	m3	1,5101485	0,085427	1,510148	1,510148		1,510148	1,506673	1,506673	1,506673	0,085853	1,506673		1,506673

Şekil 3.60 : İnce işlerde bazı aktivitelerde kullanılacak malzemelerin tablosu.

Detay olarak malzeme tablosunda belli bazı kalemlerin detay olarak günlük hangi tarihte hangi iş aktivitesinde hangi malzemeden ne kadar kullanılacağı gösterilmektedir.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
3		KABA İŞLER												
4	15.8.2017		Adet	15.8.2017	16.8.2017	17.8.2017	18.8.2017	19.8.2017	20.8.2017	21.8.2017	22.8.2017	23.8.2017	24.8.2017	25.8.2017
5		Kalp												
6		Marangoz ustası	1686		6	6	6	6		6	6	6		
7		Marangoz usta yardımcısı	1686		6	6	6	6		6	6	6		
8		Düz işçi	1124		4	4	4	4		4	4	4		
9		Donatı												
10		Soğuk demirci ustası	560		2	2	2		2	2	2	2		
11		Soğuk demirci usta yardımcısı	840		3	3	3		3	3	3	3		
12		Düz işçi	1400		5	5	5		5	5	5	5		
13		Kalp iskelesi												
14		Marangoz ustası	281		1	1	1	1		1	1	1		
15		Düz işçi	562		2	2	2	2		2	2	2		
16		Beton dökme												
17		Betoncu ustası	128										2	2
18		Düz işçi	192										3	3
19														
20		TOPLAM KABA İŞLER ELEMEN	8459		29	29	29	19	10	29	29	29	5	5
21		TOPLAM ELEMEN		29	39	29	10	39	39	39	39	39	15	0

Şekil 3.61 : Kaba işlerde bazı aktivitelerde çalışan işçi sayısı tablosu.

	B	C	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN
23	İNCE İŞLER																	
24	Tarih		24.6.2018	25.6.2018	26.6.2018	27.6.2018	28.6.2018	29.6.2018	30.6.2018	1.7.2018	2.7.2018	3.7.2018	4.7.2018	5.7.2018	6.7.2018	7.7.2018	8.7.2018	9.7.2018
25	Duvar																	
26	Duvarcı ustası	1012		4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4		4
27	Düz işçi	1518		6	6	6	6	6	6		6	6	6	6	6	6		6
28																		
29	Tesisat																	
30	Tesisat ustası	518	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
31	Düz işçi	518	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
32																		
33	Sıva																	
34	Dış Cephe Sıva																	
35	Sıvacı ustası	462		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2		2
36	Sıvacı usta yardımcısı	231		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1		1
37	Düz işçi	462		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2		2
38	İç Cephe Kaba Sıva																	
39	Sıvacı ustası	1300	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5	5
40	Sıvacı usta yardımcısı	520	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2
41	Düz işçi	1040	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4
42	İç Cephe Alçı Sıva																	
43	Sıvacı ustası	1820	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		7	7
44	Sıvacı usta yardımcısı	1040	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4
45	Düz işçi	2080	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		8	8
46																		
47	Yer döşemesi																	
48	Doğaltaş																	
49	Mermer kaplama ustası	304				2		2	2						2	2	2	2
50	Düz işçi	304				2		2	2						2	2	2	2
51	Granit																	
52	Seramik kaplama ustası	152				1		1	1	1					1	1	1	1
53	Düz işçi	152				1		1	1	1					1	1	1	1
54	Karo parke																	
55	Seramik kaplama ustası	152				1		1	1	1					1	1	1	1
56	Düz işçi	152				1		1	1	1					1	1	1	1

Şekil 3.62 : İnce işlerde bazı aktivitelerde çalışan işçi sayısı tablosu.

Şekiller incelendiğinde belli aktivitelerde hangi günde kaç işçi çalıştığı ve bu tablolar ışığında bir günde şantiyede çalışacak işçi sayısının belirlenebileceği görülmektedir. İş güvenliği açısından tehlike oluşturabilecek maksimum sayı limitine ulaştığında önceden belirlenip sayı düşürülebilir veyahut aktivite daha az sayıda işçinin çalıştığı bir zamana kadar geciktirilebilir. Bu ve buna benzer sorunların önceden görülüp önüne geçilmesi açısından oldukça ehemmiyet arz etmektedir.

Çizelge 3.31 : Kaba ve İnce işlerde çalışacak toplam işçi sayısı.

KABA İŞLER		
Marangoz ustası	1967	yevmiye
Marangoz usta yardımcısı	1686	yevmiye
Soğuk demirci ustası	560	yevmiye
Soğuk demirci usta yardımcısı	840	yevmiye
Betoncu ustası	128	yevmiye
Düz işçi	3278	yevmiye
İNCE İŞLER		
Duvarcı ustası	1012	yevmiye
Tesisat ustası	518	yevmiye
Sıvacı ustası	3582	yevmiye
Sıvacı usta yardımcısı	1791	yevmiye
Mermer kaplama ustası	1594	yevmiye
Seramik kaplama ustası	304	yevmiye
Fayans kaplama ustası	668	yevmiye
Dülger ustası	456	yevmiye
Birinci sınıf usta	152	yevmiye
Birinci sınıf usta yardımcısı	152	yevmiye
Marangoz ustası	152	yevmiye
Doğrama ustası	498	yevmiye
Boyacı ustası	1776	yevmiye
Doğramacı ustası	258	yevmiye
Yalıtımcı ustası	841	yevmiye
Yalıtımcı usta yardımcısı	235	yevmiye
Düz işçi	11535	yevmiye

Çizelge 3.31de belirtilen işçi sayıları ve yevmiye bedelleri toplam proje maliyetinin %35-40 arası bir kısmını oluşturmaktadır. Bu maliyetin hangi ekibe ne zaman ve ne kadar yansıtacağı konusunda önceden bilgilenmek elbette kredi durumları veyahut nakit kullanımı konusunda yol gösterici olacaktır.

3.4 Süre Analizi

Gelinen aşamada bina inşaatında gerekli her iş kalemi ve aktivite hesaplanmış olup bu aktivitelerin ne zaman ve ne koşullarda yapılacağı belirtilen iş programı takviminde detaylarıyla yer almakta ve inşaat süreci gerçeğe en yakın şekilde takip edilebilme imkânına sahiptir.

Yapılan bu planlamalar ek olarak belirlenen iş takviminin kaç iş günü sürdüğü mevcut tarih ve iklim koşullarıyla belirlenmiş olup örnek olarak Türkiye'nin Malatya İlinde aşağıdaki çizelgede iklim verileri ve başlangıç tarihinin 01.01.2017 seçilmesi ile elde edilen işin tamamlanma süresi aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 3.32 : Malatya iklimsel koşulları.

MALATYA				
Sıcaklık			Rüzgar Verisi	
Aylar	[°C]	Bağıl nem	Aylar	[km/h]
1	1,6	61	1	9,2
2	3,3	57	2	9,4
3	9	52	3	10,4
4	12,2	45	4	10,6
5	17,6	42	5	10,4
6	23,3	47	6	11,9
7	27,3	47	7	12
8	26,7	46	8	11,9
9	22,7	52	9	10,2
10	15,7	54	10	8,4
11	7,5	57	11	6,8
12	3,9	61	12	6,9

Çizelge 3.33 : Malatya iklim ve başlangıç tarihine bağlı iş bitiş süresi.

BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	GÜN
1.1.2017	12.5.2019	861

Bu duruma bakıldığından iş süresini farklı tarihlerde başlatmamız durumunda elde edilecek optimum iş süresini elde etme imkanına sahibiz.

Böylelikle erken bitirme durumu yahut ekonomik ve mevsimsel etkilere bakılarak projenin yapılacağı coğrafyanın iklim koşulları göz önüne alındığında girilecek veriler ışığında yapı inşaatının en uygun ne zaman başlatılıp ne zaman biteceği ve optimum iş

süresinin ne zaman başlatılırsa olduğu proje inşaatına başlamadan önce simüle edilebilir ve daha tutarlı bir iş programı oluşturulur.

Malatya iline ait mevcut iklimsel koşullar göz önüne alındığında 20 farklı senaryoda iş başlangıç sürelerinin değiştirilerek en uygun süreyi bulmak için elde edilen veriler aşağıdaki çizelgede gösterilecektir.

Çizelge 3.34 : Malatya’da farklı başlangıç tarihlerine göre iş bitiş süresi.

	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	GÜN
SENARYO – 1	1.1.2017	12.5.2019	861
SENARYO – 2	1.2.2017	15.6.2019	864
SENARYO – 3	1.3.2017	7.7.2019	858
SENARYO – 4	1.4.2017	10.8.2019	861
SENARYO – 5	1.5.2017	8.9.2019	860
SENARYO – 6	1.6.2017	3.10.2019	854
SENARYO – 7	1.7.2017	24.10.2019	845
SENARYO – 8	1.8.2017	15.11.2019	836
SENARYO – 9	1.9.2017	22.12.2019	842
SENARYO – 10	1.10.2017	2.2.2020	854
SENARYO – 11	1.11.2017	8.3.2020	858
SENARYO – 12	1.12.2017	8.4.2020	859
SENARYO – 13	1.1.2018	22.5.2020	872
SENARYO – 14	1.2.2018	14.6.2020	864
SENARYO – 15	1.3.2018	5.7.2020	857
SENARYO – 16	1.4.2018	14.8.2020	866
SENARYO – 17	1.5.2018	9.9.2020	862
SENARYO – 18	1.6.2018	6.10.2020	858
SENARYO – 19	1.7.2018	21.10.2020	843
SENARYO – 20	1.8.2018	17.11.2020	839

Çizelge 3.34 incelendiğinde her ay başı dikkate alındığında yapılan denemeler sonucu iş süresinin belli bir denemeden sonra hemen hemen aynı sonucu vermeye başladığı yerde deneme tarihleri durdurulmuş olup tarihlerin geriden ziyade ileri gitmesi ise mevcut ekonomik verilerin aşırı dalgalanma oluşmaması için baz alınan 2017 yılından sonrası için oluşturulmuştur.

Bu tablo ışığında yapılacak olan bina inşaatının en uygun görülen başlama süresi senaryo 8’de görüleceği üzere 1.8.2017 tarihidir. Bu tarihte başlatılan bina inşaatı 836 günde tamamlanıp teslim edilmektedir.

Belirtilen mevsimsel etki ve farklı proje başlangıç tarihlerinin mevcut iş süresini nasıl etkileyebildiği görülmektedir. Örnek olarak yapılacak bina kira usulüne göre işletildiği takdirde evvelce 861 günde tamamlanması beklenirken sürenin optimize edilmesi sonucu 836 günde tamamlanabileceği görülmüş ve buda fazladan 25 günlük kira gelirinin kaybının önlenmesi açısından önemli bir durum olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan inşaatın farklı iklim koşullarında olması sonucu olması beklenen senaryo aşağıda belirtilen farklı ülkelerin farklı şehirlerinden alınan iklim verileri ışığında işlenmiş olup iş süresinin nasıl etkilendiği gözler önüne serilecektir.

Çizelge 3.35, 3.36 ve 3.37’de üç farklı coğrafya ve iklim koşullarına sahip olan sırasıyla Dubai, Moskova ve Londra şehirlerinden elde edilen iklim verileri ile mevcut proje incelenmiştir. Öngörülen başlangıç tarihine göre tanımlanan iklim verileri ile elde edilen sonuçlar tablolarda alt kısımlarda topla iş süresi olarak anlayabileceğimiz gün hücrelerinin altında bulunmaktadır.

Dubai iklim koşulları aşırı sıcak olduğundan buna bağlı hâkim rüzgârların bulunması sebebiyle Malatya ile mukayese edildiğinde iş süresinin uzadığı görülmektedir.

Çizelge 3.35 : Dubai iklimsel koşullara bağlı iş süresi tablosu.

DUBAİ (BAE)				
Sıcaklık			Rüzgar Verisi	
Aylar	[°C]	Bağıl nem	Aylar	[km/h]
1	21,3	61	1	12,9
2	22	57	2	13,9
3	24,7	52	3	14,7
4	30,2	45	4	13,2
5	33,2	42	5	13,7
6	36,1	47	6	13,5
7	38,1	47	7	14,1
8	37,5	46	8	13,8
9	35,7	52	9	12,8
10	31,8	54	10	12
11	26,8	57	11	12,6
12	23	61	12	11,6
BAŞLANGIÇ		BİTİŞ		GÜN
1.1.2017		19.6.2019		899

Moskova kuzeyde ve soğuk iklime sahip olduğundan soğuk havalarda işçinin çalışması ve dahi dış cephelerde yapılacak işler baya düşük verimle olacağından iş süresinin oldukça uzadığı görülmektedir.

Çizelge 3.36 : Moskova iklimsel koşullara bağlı iş süresi tablosu.

MOSKOVA(RUSYA)				
Sıcaklık			Rüzgar Verisi	
Aylar	[°C]	Bağıl nem	Aylar	[km/h]
1	-4,8	85	1	13,2
2	-3,9	84	2	13
3	0,6	80	3	12,3
4	6,6	69	4	12,2
5	13,9	64	5	11,2
6	17,6	65	6	11,2
7	18,8	68	7	11,1
8	18,2	70	8	10
9	13,9	75	9	11
10	7,6	79	10	11,7
11	0,9	84	11	12,2
12	-2,3	84	12	12
BAŞLANGIÇ		BİTİŞ		GÜN
1.1.2017		19.9.2019		991

Londra daha çok ılıman ve hava sıcaklığının inşaat minimum 5 °C'nin altına düşmemesi ve verimin daha yükselmesi göz önüne alındığında en ideal sürenin burada elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 3.37 : Londra iklimsel koşullara bağlı iş süresi tablosu.

LONDRA(İNGİLTERE)				
Sıcaklık			Rüzgar Verisi	
Aylar	[°C]	Bağıl nem	Aylar	[km/h]
1	5,9	86	1	14,7
2	6,9	82	2	17,7
3	8,6	78	3	17,6
4	11,4	74	4	13,1
5	14,8	73	5	13
6	17,9	72	6	15,2
7	20,2	70	7	14,1
8	19,3	74	8	14,4
9	16	77	9	14,2
10	12,6	82	10	15
11	8,6	86	11	13,7
12	6,9	86	12	15,6
BAŞLANGIÇ		BİTİŞ		GÜN
1.1.2017		10.4.2019		829

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada çok katlı binaların inşasında metraj hesabı, yapılan metraj kalemine göre ekiplerin adam.saat hesaplamaları, inşaat aşamasında kullanılacak malzemeler ile iş süresinin ve buna bağlı olarak her iş kaleminde ekiplerin oluşturulması, gün ve ekip sayılarına bağlı iş programının hazırlanması aşamasında kullanılacak işlemler yapıya ait geometriden faydalanarak ihtiyaç duyulacak veri girişini çok aza indirerek proje safhasında yapı imalatını göz önüne seren bir senaryo geliştirilmiş ve hesap tablosu yardımıyla uygulama programlanmıştır.

Metraj hesabı yapılırken uygulamanın geometrisine bağlı kalınarak hesaplamalar formüleştirildiği için proje revizyonu veyahut aks düzeltme işlemleri gerçekleştiğinde değişecek ölçüler veri olarak girişi sağlandığı sürece yapı metraj hesabının bozulması beklenmeyeceği gibi en net sonucu tekrar verecektir. Buna bağlı olarak metraj ile başlayıp birim fiyat tabloları yardımı ile her iş kalemi için ekip oluşturulması ve imalatta kullanılacak malzeme ve makine ekipmanı hesaplamaları formüleştirildiğinden değişen veriler neticesinde yeni değerler hesaplanmaktadır. Elde edilen değerler ile iş programı revize edilmekte ve iş planı tüm detaylarıyla güncellenmektedir. Bu da her revize sürecinde gerçekleştirilmesi gereken onlarca hesabın sadece basit birkaç veri girişi ile hem zamandan tasarruf hem işçilikten kazanç olarak geri dönüş sağlayacaktır.

Yapılan metraj hesaplamaları programının ikinci bir veri girişi mahiyetinde olup metrajlara bağlı olarak adam.saat hesaplamaları, malzeme ve ekipman makine ihtiyacı bu veriler ile belirlenmektedir. Hesaplanan bu veriler ile iş programının oluşturulması için her iş kaleminde ekipler oluşturulmuş oluşturulan bu ekiplerde maksimum fayda elde edilecek şekilde fazla mesai kavramı eklenerek saat olarak hesaplanan işçilik miktarından en iyi verimi elde etmek için formüller yardımı ile en ideal ekip sayısı belirlenmiştir. Bu ekipler bağlı olduğu iş kaleminin kaç günde tamamlanacağı hususunda kaynak görevi olduğundan hassas hesaplanmış ve bu sayede iş süresinin optimum sürede tamamlanması sağlanmıştır. Birbirini takip eden iş kalemleri arasında sıralı takip olması ve imalatın hiç duraksamadan devam edebilmesi için bittiğinde başla yolu kullanılarak aktiviteler arası bekleme süresi minimuma indirilerek proje tamamlanma süresinde önemli ölçüde süreden kazanç elde edilmiştir. Yapı inşasında kısıt olarak görülen aynı anda maksimum işçi sayısı da dikkate alınarak hesaplamalar optimize edilip iş sağlığı ve güvenliği kurallarına sadık kalınmıştır. Bu sayede şantiyede yoğunluktan doğabilecek iş kazalarının önüne geçilmiştir. Yine de

ekipler doğrusal iş programına bağlı oluşturulup aktiviteye başladıklarından kısıt oluşturacak durumlar elimine edilerek kısıttan kurtarılarak süre avantajı kullanılmaya devam edilmiştir.

Kazanılan bu süreler günümüz dünyasında bir günün ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermekte iken ticaret, iş merkezleri ve alışveriş mağazaları inşaatı göz önüne alındığında daha inşaat aşamasında ne kadar erken tamamlanırsa global dünyada işletme o kadar kâra geçecektir. Günlük kazançlar itibariyle bakıldığında projenin neden erken bitirilmek istendiği ve her şantiyede bu sıkıştırmadan doğan eksik iş programı ve planlama hataları yüzünden oluşan iş kazaları, çalışmada yaptığımız şekilde daha proje aşamasında hesaplanıp kontrolleri yapıldığından bu gibi durumlarla karşılaşma sorununu ortadan kaldırmıştır.

Yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak dikkate alınan mevsim koşulları, iklime bağlı işçilik verimleri, Müslüman ülkelerde Bayram ayının işçiliğe olan etkisi ve yapı inşaatında çalışacak olan her iş kalemine bağlı taşere edilen ekiplerin tatil günleri bu çalışmada dikkate alınmış olup işçilik verimlerine yansıtılmış olup bu belirtilen durumlar iş programında hesap edilerek gerçeğe en yakın iş programı hesaplanmıştır. İnşaat sürecinde gerçekleşebilecek sürpriz gecikmeler gibi süre dezavantajı ve işgücü kayıplarını önceden dikkate alarak proje safhasında böyle tedbirlerin olması işin yapılmasına olan güveni artıracak ve her kesimin anlayacağı şekilde ifade edildiğinden işi taşere edecek yükleniciler en somut bilgiler ile desteklenebilecektir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada bir bina inşaatının iş programı oluşturulurken ekiplerin tatil günleri, iklim koşulları, mevsimsel etkiler, Ramazan ayı, binanın katsayısı etkenlerine bağlı olarak iş verimi hesaplanmıştır. Ekonomik nedenler, iş güvenliği ve iklim koşulları gereği bina inşaatında her iş kalemi için ayrı ayrı çalışacak ekipler üzerinde kısıtlamalar bulunabilmektedir. İnşaatın yapım süresince kullanılan materyal ve çalışacak ekip üzerindeki belirtilen kısıtların inşaat süresini en az etkilemesi için aktivite süreleri optimize edilmiştir. Önerilen sistemin kullanılması ile mümkün olan en kısa sürede inşaatın tamamlanması sağlanabilecektir. Tasarlanan iş programı mevsim koşullarına ve projenin yapılacağı yerin özellikleri içerdiği için gerçek koşullara çok yakın bir iş programı oluşturulmuştur. Bu çalışmanın literatüre en önemli katkısı gerçeğe yakın iş programlarının oluşturularak inşaat sektöründe görülebilecek iş günü kayıplarının önüne geçilmesinde faydalı olmasıdır.

Böylelikle henüz proje aşamasında olup mevcut yapı inşaatına başlamayan bir taahhüt şirketi için hangi zamanda veyahut hangi iklim koşulları altında yapılacağı verilerini belirleyerek iş süresi ve işin takibi hakkında gerekli olan en detaylı bilgiyi elde edecektir. Buda proje faaliyete geçmeden önce oluşabilecek her türlü soruna karşı önlem almada aktif rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Bazjanac, V.** (2006). Virtual building environments (VBE)-applying information modeling to buildings. *August, 29, 2009.*
- [2] **Feng, C. W., Liu, L., & Burns, S. A.** (1997). Using genetic algorithms to solve construction time-cost trade-off problems. *Journal of computing in civil engineering, 11(3), 184-189.*
- [3] **Li, H., & Love, P.** (1997). Using improved genetic algorithms to facilitate time-cost optimization. *Journal of Construction Engineering and management, 123(3), 233-237.*
- [4] **Pour, N. S., Modarres, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R.** (2012). Time-cost-quality trade-off in project scheduling with linguistic variables. *World applied sciences journal, 18(3), 404-413.*
- [5] **Demian, P., & Walters, D.** (2014). The advantages of information management through building information modelling. *Construction Management and Economics, 32(12), 1153-1165.*
- [6] **Lee, H. W., Oh, H., Kim, Y., & Choi, K.** (2015). Quantitative analysis of warnings in building information modeling (BIM). *Automation in Construction, 51, 23-31.*
- [7] **White, A.** (1985). The Critical Path Method and construction contracts: a polemic. *Construction Management and Economics, 3(1), 15-24.*
- [8] **BETTEMİR, A. Y. Ö. H.** Kaynak Kısıtlı İş Programı Probleminin Doğrusal İş Programı İle Çözümü Solution Of Resource Constrained Project Scheduling By Line Of Balance.
- [9] **Fox, S., & Hietanen, J.** (2007). Interorganizational use of building information models: potential for automational, informational and transformational effects. *Construction Management and Economics, 25(3), 289-296.*
- [10] **Yücel, T., ve Bettemir, Ö. H.** Zaman Maliyet Ödünleşim Probleminin Hesap Cetveli Uygulaması İle Optimum Çözümü Solution Of Time-Cost Trade-Off Problem By Spreadsheet Application.
- [11] **Demirdöven, J. B., ve Arditi, D.** Bina Bilgi Modelleme (BIM) Ortamının Oluşturulması için bir Uzman Sistem.
- [12] **Barak, R., Jeong, Y. S., Sacks, R., ve Eastman, C. M.** (2009). Unique requirements of building information modeling for cast-in-place reinforced concrete. *Journal of computing in civil engineering, 23(2), 64-74.*

- [13] **Becerik-Gerber, B., ve 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.
- [14] **Howard, R., ve Björk, B. C.** (2008). Building information modelling—Experts' views on standardisation and industry deployment. *Advanced engineering informatics*, 22(2), 271-280.
- [15] **Eadie, R., Browne, M., Odeyinka, H., McKeown, C., ve McNiff, S.** (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. *Automation in construction*, 36, 145-151.
- [16] **Love, P. E., Edwards, D. J., Smith, J., ve Walker, D. H.** (2009). Divergence or congruence? A path model of rework for building and civil engineering projects. *Journal of performance of constructed facilities*, 23(6), 480-488.
- [17] **Love, P. E., Edwards, D. J., Han, S., ve Goh, Y. M.** (2011). Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling. *Research in Engineering Design*, 22(3), 173-187.
- [18] **Azhar, S., Khalfan, M., ve Maqsood, T.** (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.
- [19] **Bortoluzzi, B., Efremov, I., Medina, C., Sobieraj, D., ve McArthur, J. J.** (2019). Automating the creation of building information models for existing buildings. *Automation in Construction*, 105, 102838.
- [20] **Taylor, J. E., ve Bernstein, P. G.** (2009). Paradigm trajectories of building information modeling practice in project networks. *Journal of management in engineering*, 25(2), 69-76.
- [21] **Sacks, R., Kaner, I., Eastman, C. M., ve Jeong, Y. S.** (2010). The Rosewood experiment—Building information modeling and interoperability for architectural precast facades. *Automation in Construction*, 19(4), 419-432.
- [22] **Ford, L. R., & Fulkerson, D. R.** (1962). *Flows in Networks*. The Rand Corporation.
- [23] **Fulkerson, D. R.** (1956). *Hitchcock transportation problem*. RAND CORP SANTA MONICA CA.
- [24] **Kelley Jr, J. E., & Walker, M. R.** (1959, December). Critical-path planning and scheduling. In *Papers presented at the December 1-3, 1959, eastern joint IRE-AIEE-ACM computer conference* (pp. 160-173).
- [25] **Murray, J. E.** (1963). Consideration of PERT assumptions. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (3), 94-99.

- [26] **Clark, CE** (1961). Sonlu bir rastgele değişkenler kümesinin en büyüğü. *Yöneylem Araştırması* , 9 (2), 145-162.
- [27] **Shankar, N. R., Raju, M. M. K., & Himabindu, P.** (2010). Discrete time, cost and quality trade off problem with renewable and non renewable resources. *International journal of computational science and mathematics*, 2, 285-290.
- [28] **Meyer, W. L., & Shaffer, L. R.** (1965). Extending CPM for multiform project time-cost curves. *Journal of the Construction Division*, 91(1), 45-67.
- [29] **Ammar, M. A.** (2005). Discussion of “Flexible Model for Time/Cost Tradeoff Problem” by John Moussourakis and Cengiz Haksever. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(8), 942-942.
- [30] **Magalhães-Mendes, J.** (2015). Multiobjective optimization: time-cost application in construction. In *Congresso de Métodos Numéricos em Engenharia*. CMN.
- [31] **Gen, M., & Cheng, R.** (1999). *Genetic algorithms and engineering optimization* (Vol. 7). John Wiley & Sons.
- [32] **Magalhães-Mendes, J.** (2015). Multiobjective Genetic Algorithm-Based for Time-Cost Optimization. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Mathematical Methods, Mathematical Models and Simulation in Science and Engineering*.
- [33] **Pour, N. S., Modarres, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R.** (2012). Time-cost-quality trade-off in project scheduling with linguistic variables. *World applied sciences journal*, 18(3), 404-413.
- [34] **Abbasnia, R., Afshar, A., & Eshtehardi, E.** (2008). Time-cost trade-off problem in construction project management, based on fuzzy logic. *Journal of Applied Sciences*, 8(22), 4159-4165.
- [35] **Haque, K. M., Hasin, M., & Akhtar, A.** (2012). Genetic algorithm for project time-cost optimization in fuzzy environment. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 5(2), 364-381.
- [36] **Mungle, S.** (2014). A portfolio approach to algorithm selection for discrete time-cost trade-off problem. *arXiv preprint arXiv:1412.1913*.
- [37] **Siemens, N.** (1971). A simple CPM time-cost tradeoff algorithm. *Management science*, 17(6), B-354.
- [38] **Colorni, A., Dorigo, M., & Maniezzo, V.** (1991, December). Distributed optimization by ant colonies. In *Proceedings of the first European conference on artificial life* (Vol. 142, pp. 134-142).

- [39] **Keleş, M. K., & Keleş, A. E.** (2017). Veri Madenciliği Uygulamalarının ve Sezgisel Optimizasyon Algoritmalarının Yapım Yönetimindeki Yeri. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1), 235-242.
- [40] **Altun, M., & Akçamete, A.** (2014). Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının Zaman-Maliyet Ödünleşim Problemlerine Uygulanması, 3. *Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı*, 82.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ömer Faruk BULAK

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölüm
- **Yüksek Lisans** : Halen devam, İnönü Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Program

MESLEKİ DENEYİM:

- **Temmuz 2018- Şubat 2019** İnşaat Mühendisi LCW Avm ve Ofis Şantiyesi (Malatya)
İnce İşler Şefi – Şantiye(MARYAP Mimarlık Grup)