

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE METRO PROJELERİ YATIRIMLARININ
GERİ DÖNÜŞÜM SÜRESİNİN BELİRLENMESİ
VE BU SÜRENİN OPTİMİZASYONU İÇİN ÖNERİLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Şafak UĞUREL**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı İşletmesi

EYLÜL 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE METRO PROJELERİ YATIRIMLARININ
GERİ DÖNÜŞÜM SÜRESİNİN BELİRLENMESİ
VE BU SÜRENİN OPTİMİZASYONU İÇİN ÖNERİLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Şafak UĞUREL
(501071166)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Eylül 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Aralık 2010**

**Tez Danışmanı : Dr. Murat KUROĞLU (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Gürkan Emre GÜRCANLI (İTÜ)
Dr. Erdoğan YILMAZ (YTÜ)**

EYLÜL 2010

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında benden değerli zamanını ve tecrübelerini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Dr. Murat KUROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamdaki tüm maliyet hesaplamalarımda desteğini benden esirgemedi cömertçe tüm verilerini benimle paylaşan Alsim Alarko Taahhüt Grubu çalışanlarından değerli meslektaşım Sn. Mahmut GÜVEN'e, Sn. Vural KORKMAZ'a, Sn. Sevilay DEMİRKESEN'e ve Sn. Halil İbrahim AYIŞ'e teşekkür ederim. Son olarak yaşamım boyunca bana verdikleri emek ve benden hiç esirgemedikleri sevgileri için değerli aileme minnetlerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2010

Şafak UĞUREL
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 “Üretimin Yaşam Döngüsü” ve “Yaşam Döngüsü Maliyeti” Kavramı	3
2. METRO PROJELERİNE GENEL BAKIŞ.....	5
2.1 Tünel İnşaatları Yapım Yöntemleri	5
2.1.1 Delme – patlatma yöntemi	6
2.1.1.1 Tam kesit (full-face) yöntemi.....	7
2.1.1.2 Kalot-Stross yöntemi.....	7
2.1.1.3 Çok galeri yöntemi.....	8
2.1.2. Tünel delme makinası yöntemi (Tunnel boring machine-TBM).....	8
2.1.3. Zemin basıncı dengeleme makinesi yöntemi (Earth pressure balance machine-EPBM).....	12
2.1.4. Aç-kapa yöntemi	14
2.1.5 Yeni Avusturya tünel açma yöntemi (New Australian tunneling method-NATM).....	15
2.1.5.1. NATM ile tünel açma ve kazı iksa (destekleme) sistemleri.....	17
2.1.5.2 NATM’nin avantaj ve dezavantajları.....	18
2.1.5.3 Ülkemizde NATM ile yapılan metro projeleri.....	19
2.1.5.4 NATM ile İstanbul metrosunda uygulanan tünel kesitleri ve kazı iksa (destekleme) sistemleri.....	19
2.1.6 Tünel yapım yöntemlerinin karşılaştırılması	25
2.2 İstanbul’da Raylı Sistemlere Genel Bakış.....	25
2.2.1 IV. Levent-Hacıosman metro projesi:.....	28
2.2.2 Kadıköy-Kartal metro projesi	30
3 METRO PROJELERİNDE FİZİBİLİTE VE YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETİ.....	33
3.1 Terminoloji.....	33
3.2 Yaşam Döngüsü Maliyeti Kavramının Tarihçesi.....	35
3.3 Proje Döngüsü	36
3.3.1 Türkiye’de kamu projeleri proje döngüsü.....	39
3.4 Yaşam Döngüsü Maliyeti Aşamaları	40
3.5 İnşaat Projelerinde Yaşam Döngüsü Maliyeti’nin Ana Unsurları:	43
3.5.1 Yapım maliyetleri	44
3.5.2 İşletim maliyetleri	46
3.5.3 İşletme gelirleri	47

3.6 Neden Yaşam Döngüsü Maliyeti?.....	48
3.7 Metro Projelerinde Fizibilite	50
3.8 Metro Yatırımlarında Fizibilite-YDM Karşılaştırması	54
4 MODEL.....	57
4.1 Yapım Maliyetlerinin Tespit Edilmesi	58
4.2 İşletme Maliyetlerinin Tespit Edilmesi	60
4.3 İşletme Gelirlerinin Tespit Edilmesi	61
4.4 Modelin YDM Analizinin Yapılması ve Sonuçlar.....	62
4.5 Modelin Akış Şeması	63
5 MODEL UYGULAMASI.....	65
5.1 Model Yapım Maliyetleri.....	65
5.1.1 İstasyon m ² yapım maliyetleri.....	67
5.1.2 Hat km maliyetleri.....	70
5.2 Model İşletim Maliyetleri.....	72
5.2.1 Personel maliyetleri.....	73
5.2.2 Yedek parça maliyetleri	75
5.2.3 Enerji maliyetleri.....	76
5.2.4 Sabit ve indirekt giderler	77
5.3 Model İşletme Gelirleri	78
5.3.1 Yolcu gelirleri	78
5.3.2 Reklam gelirleri.....	83
5.3.3 Kiralanabilir alan gelirleri	83
5.4 Modelin Yaşam Döngüsü Maliyeti Hesabı:	84
5.4.1 Modelin yapım maliyetlerinin yıllara göre dağılımı	84
5.4.2 Modelin işletme maliyetlerinin yıllara göre dağılımı.....	85
5.4.3 Modelin işletme gelirlerinin yıllara göre dağılımı	87
6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
6.1 Yapım Sürecinde Dikkate Alınması Gereken Hususlar	90
6.2 İşletme Sürecinde Dikkate Alınması Gereken Hususlar	92
EKLER.....	97

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
AG	: Alçak Gerilim
AOS	: Atatürk Oto Sanayi
AŞ	: Anonim Şirketi
CCTV	: Kapalı Devre Televizyon Sistemi
DC	: Doğru Akım
DTC	: Maliyetine Tasarım (Design To Cost)
E	: Enerji Maliyetlerinin Bugünkü Değeri
E&M	: Elektro-Mekanik
EPBM	: Zemin Basınç Dengeleme Makinesi (Earth Pressure Balance Machine)
I	: Bugünkü Değer Yatırım Maliyeti
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
KKDF	: Kaynak Kullanım Destekleme Fonu
NATM	: Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (New Australian Tunnelling Method)
O	: Diğer Maliyetlerin Bugünkü Değer (Sözleşme Maliyetleri vb.)
OG	: Orta Gerilim
Ort.	: Ortalama
OM&R	: İşletme, Bakım ve Tamirat Maliyetlerinin Bugünkü Değer
REPL	: Bugünkü Değer Sermaye Değişim Maliyeti
RES	: Bugünkü Değer Hurda ve Elden Çıkarma Maliyeti
SCADA	: Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi (Supervisory Control and Data Acquisition)
TBM	: Tünel Delme Makinesi (Tunnel Boring Machine)
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TL	: Türk Lirası
UE	: Uzman Ekip
YDM	: Yaşam Döngüsü Maliyeti
VRF	: Değişken Debili Soğutucu Akışkan (Klima) Sistemi (Variable Refrigerant Flow)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Delme-Patlatma Yönteminin Özellikleri.....	6
Çizelge 2.2: İstanbul Metrosunda uygulanan kazı iksa sistemleri.....	21
Çizelge 2.3: İstanbul Metrosu'nda NATM Kazı İksa Sistemleri	22
Çizelge 2.4: NATM Kazı Destekleme Sisteminin Uygulama Aşamalarına Ait Görünümler	24
Çizelge 2.5: Tünel Yapım Yöntemlerinin Karşılaştırılması	25
Çizelge 2.6: İstanbul'da Yapımına Devam Edilen Raylı Sistem Projeleri.....	27
Çizelge 2.7: İstanbul'da Raylı Sistemlere Ait Genel Bilgiler.....	27
Çizelge 3.1: Proje Döngüsü Önerileri.....	40
Çizelge 3.2: Metro Projelerinde YDM-Fizibilite Karşılaştırması	55
Çizelge 5.1: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Yapım Maliyetleri.....	66
Çizelge 5.2: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi İstasyonlarının m ² Yapım Maliyetleri.	69
Çizelge 5.3: İstasyon m ² Maliyeti Hesabı.....	69
Çizelge 5.4: Sanayi-İTÜ-AOS İstasyonları Arasındaki Hattın Km Başına Maliyeti.....	70
Çizelge 5.5: AOS-Hacıosman İstasyonları Arasındaki Hattın Km Başına Maliyeti.....	71
Çizelge 5.6: Metro İşletmesi Yıllık Personel Maliyetleri.....	74
Çizelge 5.7: Metro İşletmesi Yıllık Yedek Parça Maliyetleri.	75
Çizelge 5.8: Metro İşletmesi Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı.	76
Çizelge 5.9: Metro İşletmesi Yıllık Enerji Maliyetleri.....	77
Çizelge 5.10: Metro Yıllık İşletmesi Sabit ve Indirekt Giderler.	77
Çizelge 5.11: Model Metro Yıllık İşletim Maliyeti.....	78
Çizelge 5.12: Örnek Projedeki İTÜ İstasyonu 2010-2023 Yılları Arasındaki Yolcu Sayısı Tahminleri.	79
Çizelge 5.13: İstasyon Yolcu Sayısındaki Yıllık Artış Oranı.....	80
Çizelge 5.14: Şişhane, Sanayi, İTÜ-Ayazağa ve AOS İstasyonları 2010 Nisan ayı Yolcu Sayısı Verileri ve Akbil-Jeton Kullanım Oranları.....	80
Çizelge 5.15: İstanbul'da Metro'da Kullanılan Akbil-Jeton Oranı.	80
Çizelge 5.16: Taksim-4. Levent Metro Hattı Ücret Tarifesi.	81
Çizelge 5.17: Örnek Projedeki İTÜ-Ayazağa İstasyonu Yıllara Göre Yolcu Geliri.	82
Çizelge 5.18: Yıllık Ortalama Yolcu Geliri.....	83
Çizelge 5.19: Modelin Yıllık Ortalama Reklam Geliri.	83
Çizelge 5.20: Modelin Yıllık Ortalama Kiralanabilir Alan Geliri.....	84
Çizelge 5.21: Modelin Yıllık Ortalama İşletme Gelirleri.....	84
Çizelge 5.22: Model Proje Yapım Maliyeti.....	85
Çizelge 5.23: Modelin Toplam Yapım Maliyetinin Yıllara Göre Dağılımı	85
Çizelge 5.24: Modelin İşletim Maliyetinin Yıllara Göre Dağılımı	86
Çizelge 5.25: Modelin İşletme Gelirinin Yıllara Göre Dağılımı.....	87

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Üretimin Yaşam Döngüsü.....	4
Şekil 2.1: Tünel Açma Teknikleri	6
Şekil 2.2: Tam Kesitli Tünel Patlama Yöntemine IV. Levent – Hacıosman Metro Projesi’nden Bir Örnek	7
Şekil 2.3: Kalot-Stross Tünel Açma Yöntemi	8
Şekil 2.4: Çok Galerli Yöntemi	8
Şekil 2.5: TBM Görünüşü	9
Şekil 2.6: TBM Boykesiti	9
Şekil 2.7: TBM Detayı.....	10
Şekil 2.8: Farklı Formasyonlara Sahip Zeminlerde Kullanılan, Riper Dişler ve Disk Keskili TBM Tasarımı.....	11
Şekil 2.9: Sert Kayaçlarda Kullanılan Disk Keskili TBM Tasarımları	11
Şekil 2.10: EPBM Görünümü.....	12
Şekil 2.11: EPBM Detayı	13
Şekil 2.12: EPB Makineleri Destek Sistemleri.....	13
Şekil 2.13: Aç-Kapa Yöntemi ile İnşa Edilen Tünel	15
Şekil 2.14: Frankfurt Metrosu’ndan Bir Görünüm	16
Şekil 2.15: NATM İle Yapılan Bir Tünelin Kesiti.	17
Şekil 2.16: İstanbul Metrosu’nda Uygulanan Farklı Tünel Tip Kesitleri ve Ortalama Alanlar	20
Şekil 2.17: A1, A2, A3 ve A5 Tipi Kazı İksa Sistemlerinin Şematik Gösterimi	21
Şekil 2.18: Farklı Şehirlerde Raylı Sistemlerin Toplu Taşımadaki Payı.....	26
Şekil 2.19: İstanbul’da Ulaşımın Dağılımı.	26
Şekil 2.20: İstanbul Metrosu’nun Kapasite ve Kullanım Değerleri.	27
Şekil 3.1: YDM Analizi Uygulamalarının Tarihsel Gelişimi.....	35
Şekil 3.2: Unido Proje Döngüsü Yönetimi.....	38
Şekil 3.3: Türkiye’de Kamu Projelerinin Proje Döngüsü Yönetimi.....	39
Şekil 3.4: Temel YDM Aşamaları.	41
Şekil 3.5: YDM Akış Şeması	43
Şekil 3.6: YDM Ana Maliyet Elemanları	44
Şekil 3.7: Yapım Maliyetleri	45
Şekil 3.8: İşletim Maliyetleri	47
Şekil 4.1: Model Akış Şeması	63
Şekil 5.1: Metro İşletmesi Ana Personel Organizasyon Şeması.....	73
Şekil 5.2: Modelin YDM Analizi.	88

TÜRKİYE’DE METRO PROJELERİ YATIRIMLARININ GERİ DÖNÜŞÜM SÜRESİNİN BELİRLENMESİ VE BU SÜRENİN OPTİMİZASYONU İÇİN ÖNERİLER

ÖZET

Ülkemizde inşaat yatırımları hızla artmakta olup özellikle kamu yararına yapılan yatırımlarda gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. Artan şehirleşme ve hızlı nüfus artışı beraberinde ulaşım problemleri de getirdiğinden belediyeler toplu taşıma projelerine ağırlık verilmiştir.

Bu tip projeler içinde teknolojisi, hızı, yolcu taşıma kapasitesinin fazlalığı ve çevreci olması bakımından metro projeleri yatırımları önem kazanmıştır. Özellikle İstanbul gibi büyükşehirlerde ulaşımın gelişmiş bir metro ağı ile yapılması yönünde projeler devam etmektedir. Metro gibi kamu yararına yapılan projelerin alt etüdleri ve fizibilite çalışmaları yapılırken aynı zamanda ileriye dönük yatırım maliyetlerinin geri dönüşümü konusu incelenmelidir. Yurtdışında bu tip yatırım analizleri “Yaşam Döngüsü Maliyeti (Life Cycle Cost)” başlığı altında detaylı çalışmalar ile yapılmakta olup ülkemizde de konu ile ilgili çalışmalar Devlet Planlama Teşkilatı gibi idareler tarafından yürütülmektedir. Özellikle metro projeleri gibi kamu yararına yapılan projelere ait yatırım analizlerinin yapılması artan proje sayısı ile beraber ciddi bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı Türkiye’de ortalama bir metro projesi yatırımının geri dönüşüm süresinin belirlenmesi olup aynı zamanda bu sürenin optimize edilmesi için öneriler sunmaktır. Buna göre; 5 istasyondan oluşan ve toplam hat uzunluğu 8.5 km olan model bir metro projesine ait tüm yapım, bakım ve işletim maliyetleri dikkate alınarak geri dönüşüm maliyetlerinin hesaplanması, yatırımın kaçınıcı yıldan itibaren geri dönüşümünün başlayacağı ve bu sürenin nasıl daha öne çekilebileceği konusunda analizler yapılmıştır.

THE LIFE CYCLE PERIOD OF METRO PROJECTS IN TURKEY AND SUGGESTIONS FOR OPTIMIZATION OF THIS PERIOD

SUMMARY

Construction investments are rapidly increasing in our country lately and especially there is a certain increase in the construction projects that are committed for public benefits. The municipalities concentrate on public transportation projects since rapid urbanization and rapid population increase causes transportation problems at the same time.

Within these type of projects, metro projects has become more of an issue because of their technologies, speed, more passenger capacity and being environmental friendly. Especially in big cities like İstanbul, there are some ongoing projects in order to provide transportation with an advanced metro network. The cycle of investment costs should be taken into account while at the same time the sub-analysis and feasibility studies are performed for the projects that are committed for public benefit like metros. In foreign countries, these type of detailed investment analysis are performed under the scope of “Life Cycle Cost” while in our country the governances like State Planning Organisation are in charge of related studies. There has been a certain need for the investment analysis of the projects that are committed for public benefit like metro ones lately.

The aim of this thesis study is to determine the life cycle period of a standart metro project investment in Turkey while at the same time to optimize this period with suggestions. Therefore; the life cycle cost is determined with all construction, maintenance and management costs for a model metro project with 5 stations and a total line of 8.5 km. while at the same time in how many years the investment is recycled is determined and there are some analysis for shortening this period.

1. GİRİŞ

Türkiye’de kamu yatırımları içinde son yıllarda özellikle toplu taşıma projeleri önem kazanmış olup bu tip projeler içinde metro projeleri sayısındaki artış dikkat çekmektedir. Dünya nüfusunun özellikle şehir merkezlerinde artmasından dolayı şehirler trafik yoğunluğu, gürültü, hava kirliliği ve yoğun olarak şehirleşmiş alanlar için çözüm olması amacıyla yeraltı taşımacılığına yönelmiştir (ITA Working Group, 1987). Ülkemizde de artan şehirleşme ile beraber özellikle İstanbul gibi büyükşehirlerde ulaşım ciddi bir sorun haline gelmiştir. Ulaşım sorunu çözmenin en efektif yolu toplu taşımaya özellikle metro gibi toplu taşıma yöntemlerine eğilimi artırmıştır. Metrolar;

1. Yolcu kapasitesinin fazla oluşu
2. Hızlı olması
3. Çevre dostu olması
4. Trafik sorunu olmaması
5. Günün 24 saati hizmet verebilmesi bakımından diğer toplu taşıma yöntemleri içinde en avantajlı olanıdır.

Metro gibi kamu yararına yapılacak büyük yatırımların öncesinde şehirleşmenin dağılımı, güzergah seçimi, yolcu sayısı tahminleri vb. analizler fizibilite çalışmaları altında değerlendirilmektedir. Özellikle son yıllarda devlet ve belediyeler yatırımın işletmeye açıldıktan ne kadar süre sonra geri dönüşümünün başlayacağı konusuna eğilmektedir. Bu değerlendirme aşamasında; metronun tüm yapım, bakım ve işletim maliyetleri ele alınırken aynı zamanda işletmeye başlanılmasından itibaren oluşacak işletme gelirleri dikkate alınmaktadır. Sonuç olarak her inşaat projesinde olduğu gibi metro projelerine de bir tür kamu yararına açılan ve belli bir işletim süresi ve işletme geliri olan tesisler gibi düşünebiliriz.

Yapılan bu tez çalışmasında, ülkemizde bir metro projesine ait yapılacak yatırım için aşağıda listelenen aşamalar doğrultusunda değerlendirmeler yapılmıştır. Buna göre;

1. Türkiye’de bir metro projesine ait ortalama yapım maliyetleri analiz edilerek istasyon başına m² ve hat boyunca km maliyetleri hesaplanmıştır.
2. Yapım aşaması tamamlandığında garanti dönemi, yedek parça ve bakım-onarım maliyetleri analiz edilmiştir.
3. İşletmeye açıldıktan sonra oluşacak tüm personel, yakıt, temizlik, bakım vb. maliyetleri ele alınarak işletim maliyetleri analiz edilmiştir.
4. İşletmeye açıldıktan sonra yolcu gelirleri, reklam gelirleri vb. unsurlar ele alınarak işletme gelirleri analiz edilmiştir.
5. Yapım maliyetleri, işletme maliyetleri ve işletme gelirleri ile ilgili değerler “Euro” para birimi hesaplanmış olup işletme maliyetleri ve işletme gelirleri ile ilgili yıllık Euro enflasyonu baz alınarak belli bir zaman aralığı içinde ileriye dönük öngörüler yapılmıştır.
6. Hesaplanan gelir ve maliyet analizleri doğrultusunda Türkiye’de ortalama bir metro yatırımın yaşam döngüsü maliyeti ortaya konmuş ve yatırımın ne kadar sürede geri dönüşümün alınacağı hesaplanmıştır.
7. Son olarak bulunan veriler doğrultusunda geri dönüşüm süresinin nasıl öne çekilebileceği konusunda öneriler sunulmuştur.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı Türkiye’de ortalama bir metro projesi yatırımının tüm yapım, bakım, onarım ve işletme maliyetleri ve aynı zamanda işletme gelirleri ele alınarak bir maliyet-kar döngüsü oluşturmak, buna göre yatırımın geri dönüşüm süresini belirlemek ve bu sürenin nasıl öne çekilebileceği konusunda öneriler sunmaktır.

Çalışmada ülkemizde yeni yeni ele alınan fakat yurtdışında yeterince ilgi gören “Yaşam Döngüsü Maliyeti (Life Cycle Cost)” kavramı üzerinde durulmaktadır. Buna göre ülkemizde bir metro projesine ait “Yaşam Döngüsü Maliyeti (YDM)” üzerine değinilmiş ve metro gibi kamu yararı için yapılan büyük yatırımlarda maliyet döngüsünü ortaya koyarak, gelecekte yapılacak benzer büyük yatırımlara ışık tutmak amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında ayrıca bir metro projesi yatırımının işletmeye başladıktan ne kadar süre sonra geri dönüşümünün alınmaya başlanacağı konusuna değinilmiş ve sürenin mümkün oldukça öne çekilebilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.

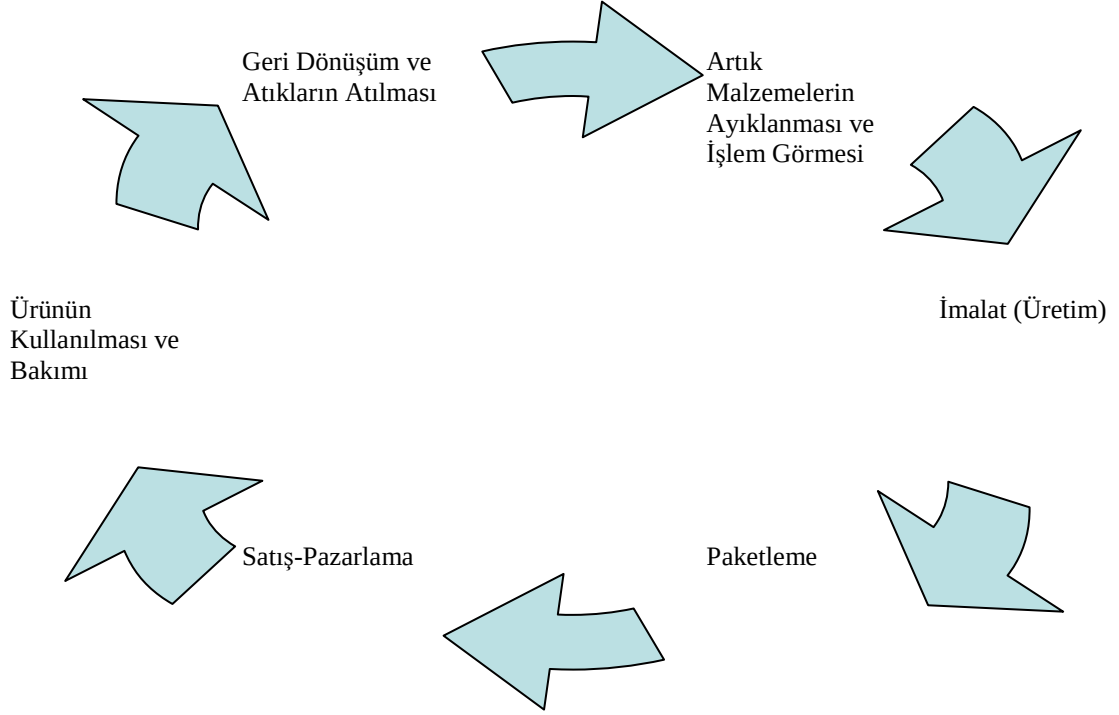
1.2 “Üretimin Yaşam Döngüsü” ve “Yaşam Döngüsü Maliyeti” Kavramı

İster bir inşaat projesi olsun ister bir fabrika ürünü, her üretimin yapım, kullanım ve elden çıkarılması süreçlerini içeren bir döngüsü vardır. Üretilen her ürün belli bir süre boyunca kullanılır, bakımı yapılır, rehabilite edilir ve son olarak elden çıkarılır. Bu sürecin tamamı “Ürünün Yaşam Döngüsü” olarak adlandırılır. Bu yaşamsal döngü aynı zamanda belli bir maliyet döngüsünü de beraberinde sürdürür. Ürünün üretimi, kullanımı, bakımı ve elden çıkarılması süreçlerinin tamamı belli maliyetler içinde gerçekleşir. Bu maliyetler genel anlamıyla ürünün “Yaşam Döngüsü Maliyeti (YDM)” olarak adlandırılır.

“Yaşam Döngüsü Maliyeti (YDM)” kavramı ülkemizde yeni yeni ele alınan bir konudur. Literatürde yaşam döngüsü maliyeti; belli bir zaman aralığında bir yapı veya yapı sistemlerinin tüm yapım, işletim, bakım ve elden çıkarmasının toplam maliyeti olarak tanımlanabilir (Mearig, Coffee ve Morgan, 1999). Yaşam döngüsü maliyeti analizi, bir tesise sahip olma ve belli bir zaman aralığında onu işletmenin toplam maliyetini belirleyen bir ekonomik değerlendirme yöntemidir (Mearig, Coffee ve Morgan, 1999). Bu tanımları akılda tutarak; YDM denkleminin 2 değişkeni olduğu söylenebilir; ilgili yapım maliyeti, bu maliyetlerin yer aldığı zaman aralığı ve gelecekte oluşacak maliyetlerini günümüz maliyetleri ile eşitleyecek indirim oranı (Mearig, Coffee ve Morgan, 1999). YDM analizi;

1. Alternatif dizayn değerlendirme ve karşılaştırmaları,
2. Projelerin ekonomik olarak varlığını sürdürebilmelerini değerlendirmede,
3. Maliyet unsurlarının ve maliyet etkinliği ilerlemelerinin tanımlanması,
4. Ürünün kullanımı, işletimi, testi, montajı, bakımı vb. için alternatif stratejilerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması,
5. Yıllanmış tesislerin yer değiştirmesi, rehabilitasyonu/ömrünün uzatılması veya elden çıkarılması için farklı yaklaşımların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması,

6. Ürün geliştirme/iyileştirme amacıyla yapılan süreçlerdeki aktiviteler için mevcut kaynakların optimum olarak paylaşılması,
7. Doğrulama testleri ve değiş-tokuşları ile ürünün garanti kriterlerinin değerlendirilmesi,
8. Uzun dönem mali planlama çalışmalarında kullanılmaktadır (Kawauchi ve Rausand, 1999).



Şekil 1.1 : Üretimin Yaşam Döngüsü.

2. METRO PROJELERİNE GENEL BAKIŞ

Bu bölümde dünyada ve Türkiye’de kullanılan tünel yapım yöntemlerine değinilmiştir. Bununla beraber, bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılan “Yeni Avusturya Yöntemi” ile yapımı gerçekleşen iki büyük metro projesi hakkında bilgi verilmiş olup aynı zamanda İstanbul’da metro ile toplu taşımanın genel durumuna değinilmiştir.

2.1 Tünel İnşaatları Yapım Yöntemleri

Son yıllarda özellikle artan şehirleşme potansiyeli ile beraber metro ile ulaşım önem kazanmıştır. Özellikle büyükşehirlerde metro, trafiğin yoğun olarak işlediği bölgelerde toplu ulaşımı kolaylaştıran önemli bir unsurdur.

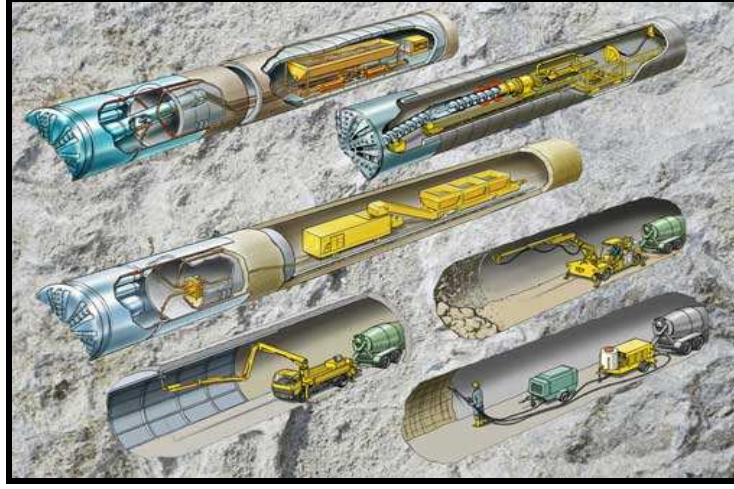
Bununla beraber tünelcilikte ters zemin koşullarının beklenenden yüksek veya alçak olasılıkta gerçekleşmesi durumunda yapımın ve dolayısıyla maliyetinin yüksek olma riski bulunmaktadır (Kolymbas, 2005). Risk yalnızca öngörülemeyen veya değişen zemin koşullarında olmamakla beraber aynı zamanda etkileşim, üçüncü faktörlerin etkisi (yer tesliminin gecikmesi, yasal sorunlar vb.) ve dizayn hatalarından doğabilir ve yüklenici veya mal sahibi (idare) tarafından üstlenilebilir (Kolymbas, 2005).

Kısaca tünelcilik kendi içinde oldukça büyük risk barındırmaktadır. Gelişmiş inşaat teknikleri ve ilerleyen makine teknolojisi sayesinde metro gibi büyük inşaatlar daha gelişmiş projeler ile hayat geçmektedir. İlerleyen teknoloji sayesinde inşaat süresi kısalmış ve yeterli sayıda işgücü ve ekipman ile projeler oldukça verimli bir süreçte tamamlanabilmektedir.

Dünyada genel olarak tünel inşaatları başlıca aşağıda listelenen metodlar ile yapılmaktadır:

- Delme - Patlatma Yöntemi,
- Tünel Delme Makinesi Yöntemi (Tunnel Boring Machine-TBM)
- Zemin Basınç Dengeleme Makinesi Yöntemi (Earth Pressure Balance Machine -EPBM)
- Aç - Kapa Yöntemi.

- Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (New Australian Tunnelling Method-NATM)



Şekil 2.1: Tünel Açma Teknikleri

2.1.1 Delme – patlatma yöntemi:

Yeraltı kazılarında uzun süreden beri kullanılan bu yöntem, tünel duvarlarındaki kayalara ve tünel çeperine zarar vermeden, açılacak yerdeki kayaları, hızlı ve ekonomik şekilde çıkarmayı amaçlamaktadır (Ayis, 2010). Delme-Patlatma yönteminin bazı olumlu ve olumsuz özellikleri şöyle özetlenebilir (Ayis, 2010):

Çizelge 2.1: Delme-Patlatma Yönteminin Özellikleri

Olumlu özellikler	Olumsuz özellikler
- o Büyük miktarda ilk yatırım maliyeti gerektirmez. - o Piyasadan temin edilmesi hızlı ve kolaydır. - o Makine ile kazıdaki gibi enerji ve güç teminine ihtiyaç yoktur.	- o Duraklamalı üretim söz konusudur. - o Metan tehlikesi olan işletmelerde kullanılamaz. - o İşyeri emniyeti açısından risklidir. - o Galeri iç cidarlarında önemli çatlak ve kırıklar geliştiğinden iyi bir tahkimata gerek vardır. - o Fazla söküm dolayısıyla pasa nakli artar. - o İlerleme hızı düşüktür. - o Yerleşim bölgelerindeki tünelcilik faaliyetlerinde kullanımı sakıncalıdır.

Delme patlatma yöntemi patlatılan kayaların kemerlenme durumuna ve patlatılacak kayanın sağlamlığına göre *Tam Kesit*, *Kalot-Stross* ve *Çok Galeri Yöntemi* olarak 3 kısımda incelenir (Ayis, 2010).

2.1.1.1 Tam kesit (full-face) yöntemi

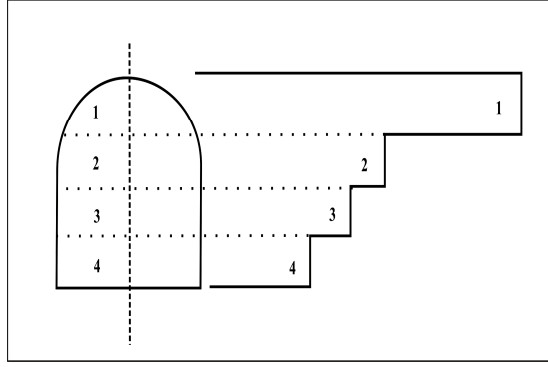
Patlatmadan sonra, formasyon kendisini tutuyorsa, kemerlenme söz konusudur ve destek sistemine ihtiyaç yoktur. Parçalanmış kısımlar kaya bulonları ile sağlamlaştırılır ve sonra gerekli yerlere kaplama yapılır. Kemerlenme süresine bağlı olarak patlatma yöntemi uygulanır. Kemerlenme süresi uzun olan sert kayalar ve küçük çaplı tüneller için uygun bir çözüm yöntemi olup, aynı zamanda en ekonomik tünel açma şeklidir. Söz konusu yöntemin uygulamasında çeşitli geçici destek ve nervür elemanları kullanılır (Ayis, 2010).



Şekil 2.2: Tam Kesitli Tünel Patlama Yöntemine IV. Levent – Hacıosman Metro Projesi’nden Bir Örnek

2.1.1.2 Kalot-Stross yöntemi

Kemerlenme süresi kısa, masif, çatlaklı kayalarda Kalot-Stross yöntemi uygulanmaktadır (Ayis, 2010). Bu yöntemde öncelikle tünelin üst kısmında (Kalot-Heading) (Şekil 2.3; 1 nolu bölge) dinamitle patlatma yapılarak tünel boyunca ilerlenir, daha sonra alt kısım (Stross) (Şekil 2.3; 2, 3 ve 4 nolu bölgeler) açılır. Bazen de, bütün tünel boyunca önce üst kısımda ilerlenir ve sonra alt kısım açılır, buna üst kalot (top heading) yöntemi denir. İki aşama halinde patlatma yapıldığı için maliyeti yüksek ve tam kesit yöntemine göre daha zahmetli bir tünel açma yöntemi olup, çok tercih edilen bir yöntem değildir (Ayis, 2010).

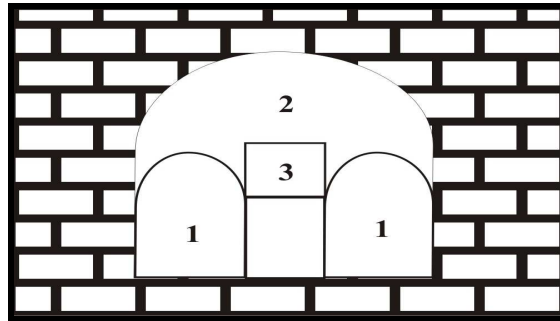


Şekil 2.3: Kalot-Stross Tünel Açma Yöntemi

2.1.1.3 Çok galeri yöntemi

Daha zayıf kayalarda Çok Galerî Yönteminin (multiple-drift); yan galerî (side-drift), orta galerî (central drift) , kemer galerî (arch-drift) sistemleriyle tünel açılır.

Bu yöntemlerde aynanın iki yanında öncelikle ufak yan galeriler açılır (Şekil 2.4; 1 nolu bölgeler), dinamitlemeden önce yan galerilerin destekleri kaldırılır. Bütün bu yöntemlerde, yerli kaya ile destek arasında boşluk kalmamasına dikkat edilmeli, boşluklar beton veya kaya parçaları ile doldurulmalıdır; aksi halde, tavan desteksiz kalır ve düşer (Ayis, 2010).



Şekil 2.4: Çok Galerî Yöntemi

2.1.2. Tünel delme makinası yöntemi (Tunnel boring machine-TBM)

Gelişen teknoloji ile beraber inşaat projeleri içinde altyapı projeleri büyük önem kazanmış olup, bu tip projelerin sayısı ngünden güne artmaktadır. Özellikle büyükşehirlerde altyapı projelerine oldukça önem verilmekte olup elektrik, su, kanalizasyon, telefon, doğalgaz hattı ve metro tünelleri gibi yapıların açılması sırasında, çevreye ve yerüstü yapılara zarar verilmemesi açısından kullanılacak yöntemin doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bu yöntemler içinde en yaygın olarak

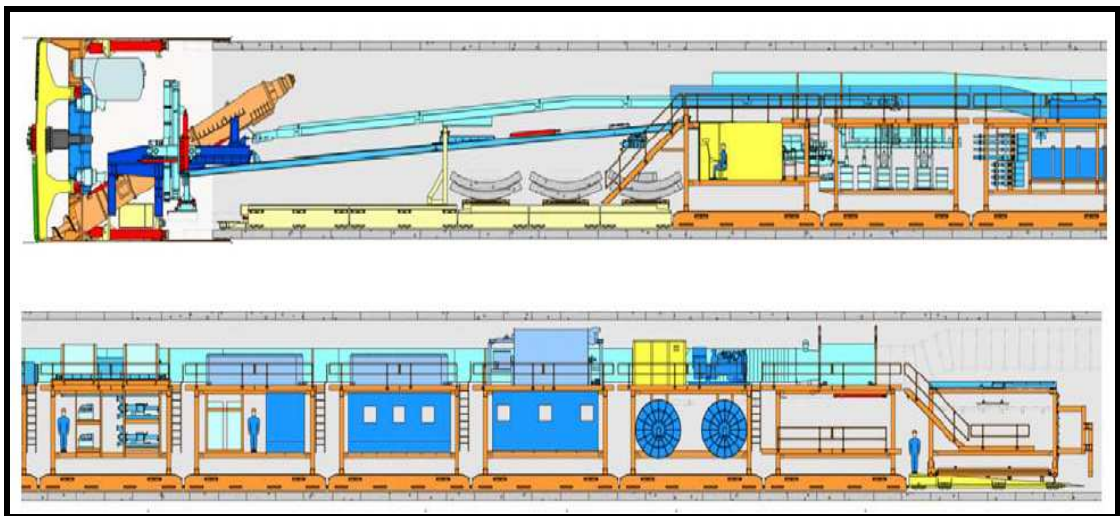
kullanılan Tünel Delme Makinası Yöntemi (TBM) olup genellikle sert ve orta zeminlerde kullanılmaktadır.

TBM sayesinde tüneller hızlı, ekonomik ve emniyetli bir şekilde açılabilmektedir. *İlk yatırım maliyeti yüksek* de olsa tam cepheli tünel açma özelliğine sahip TBM'ler; *çökme (tasman) önleme kabiliyeti, daha sessiz, titreşimsiz ve hızlı çalışması* nedeniyle günümüzde tercih edilen kazı makineleri haline gelmiştir (Ayis, 2010). Tipik bir TBM'in görünüşü aşağıdaki gibidir:



Şekil 2.5: TBM Görünüşü

TBM; kesici kafa, itme silindirleri, yönlendirme silindirleri, kilitleme pabuçları (*gripper*), kesici kafayı döndüren motorlar ve beton tahkimat elemanlarını yerleştiren erektörlerden meydana gelir. TBM arkasında bulunan back-up sistemler olarak adlandırılan kısımda ise hidrolik güç üniteleri, elektrik trafoları, tavan civataları için bir delici, havalandırma fanları, pasa nakliyatı için bant konveyörler, vagonlar bulunmaktadır (Çınar ve Feridunoğlu, 1994). Tipik bir TBM boykesiti aşağıdaki gibidir:

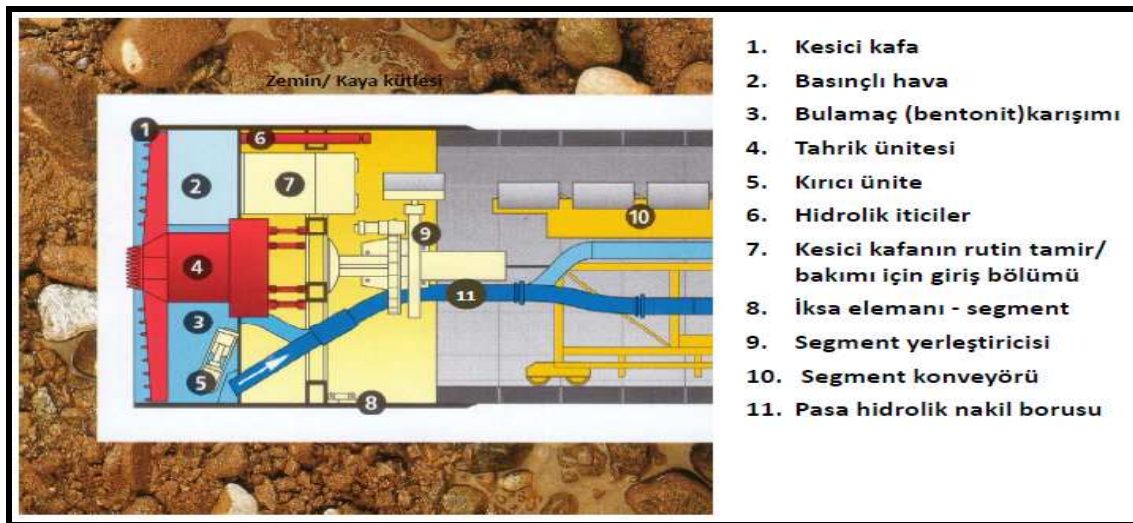


Şekil 2.6: TBM Boykesiti

Sistem; inşa edilmesi tasarlanan boyutta dairesel bir silindirik formu olan ring içerisinde tünel yapımı için gerekli teknolojiyi barındırır (Şekil 2.7). Makinenin silindirik formu, kazılan zemin stabilitesinin korunmasını sağlar. Kazma işleminin gerçekleşmesi için iki önemli kuvvet vardır. Kesici kafanın aynaya doğru itilmesi ve bu ileri itilme sırasında kafanın dönmeye başlaması kazı işlemini gerçekleştirir. Tam cephe tünel açma makineleri aynayı kesikleri ile tamamen kavrar. Aynadan kazılan malzeme, kesici kafa üzerinde bulunan kanatçıklar tarafından kesici kafa arkasındaki hazneye aktarılır. Hazne içerisinde bulunan burgu konveyör, çıkan kazı malzemesinin (*pasa*) nakliyatını yapar (Ayis, 2010). Bununla beraber TBM, Delme-Patlatma Yöntemine göre daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Buna göre:

- Tünel çapı ve tünel uzunluğu,
- Tünel açılacak formasyonun basınç dayanımları ve kazılabilirlik,
- Çalışma saatleri,
- Patlayıcı madde ile kazıyı engelleyen sebepler,
- Tünele uygun makinelerin temin zorlukları (küçük çaplı tünellerde Del-Pat sonrası ayna pašasının yüklenmesi, taşınması vb. işler için spesifik makinelerin kolay bulunamaması gibi),
- İşin süresi

gibi koşullar bir arada ele alındığı takdirde kazı çapı 3 metre olan bir tünelin kazısında 5. metreden sonra TBM yönteminin uygulanmasının daha ekonomik olduğu sonucuna varılabilir (Çınar ve Feridunoğlu, 1994).



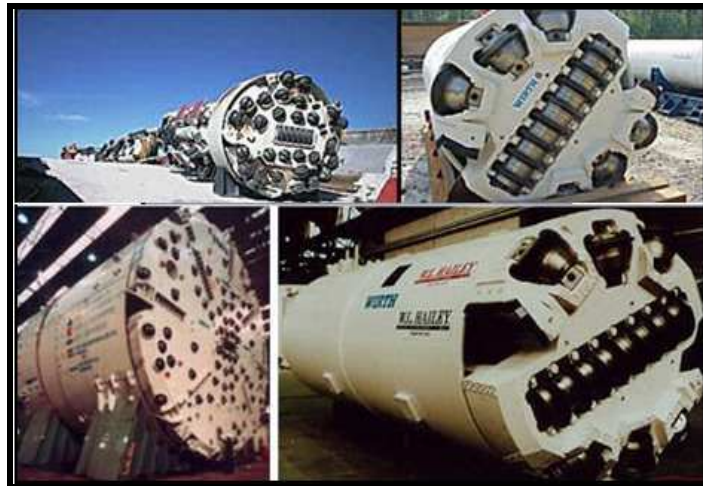
Şekil 2.7: TBM Detayı

TBM' ler genel olarak çalıştığı zemin formasyonuna göre sınıflandırılır. Sert, orta sert, yumuşak ve zayıf formasyonlar için kullanılacak kafa tasarımları ve keski tipleri, makineyi dengeleme sistemleri, destekleme (tahkimat) sistemleri, çıkarılan pasayı taşıma sistemleri farklılıklar göstermektedir.

Yumuşak formasyonlarda kesici kafa tasarımında, *riper (manivela) dişler* ve *kalem keskiler* kullanılır. Sert ve zayıf kayacın bir arada olduğu durumda ise kesici kafa, hem riperler hem de disk keskilerden oluşur (Şekil 2.44). Disk keskiler, olası sert damarları ve kayaları kesmek için kesici kafaya yerleştirilmiştir. Sert kayada kesici kafada sadece *disk keskiler* bulunur (Ayis, 2010).



Şekil 2.8: Farklı Formasyonlara Sahip Zeminlerde Kullanılan, Riper Dişler ve Disk Keskili TBM Tasarımı

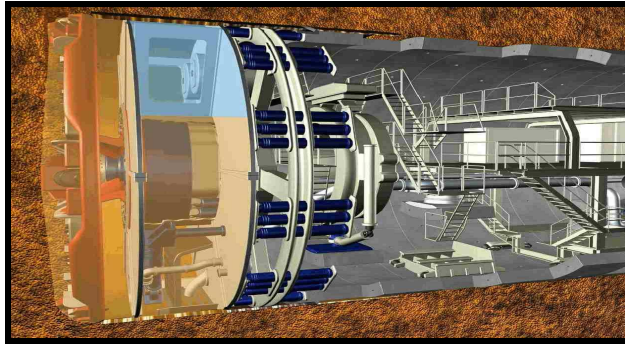


Şekil 2.9: Sert Kayaçalarda Kullanılan Disk Keskili TBM Tasarımları

Kazı işleminin gerçekleşmesi için TBM üzerinde bulunan itme silindirleri beton segmentlere dayanarak, kesici kafayı aynaya doğru iter ve kafa dönmeye başlar. Kazı işlemi, beton segmentlerin yerleştirilmesi için gerekli açıklık sağlandıktan sonra durdurulur. TBM üzerindeki basınçlı erektörler yardımıyla, beton segmentler tünel çeperine yerleştirilir ve civata (bulon) vasıtası ile birbirlerine montajı yapılır. Kazı yüzeyi ile segmentler arasına beton enjeksiyonu yapılarak tahkimat işlemleri bitirilir (Ayis, 2010).

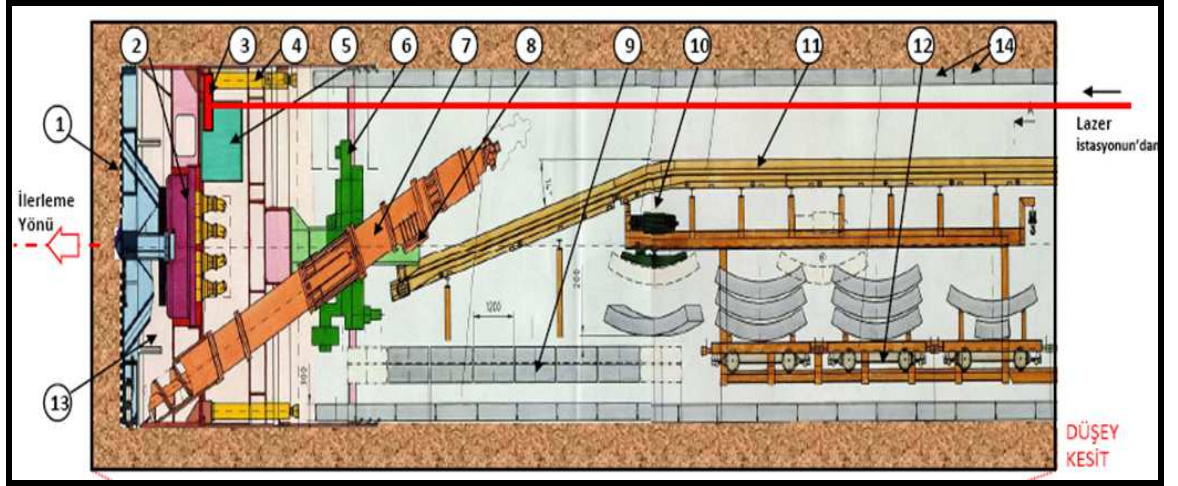
2.1.3. Zemin basıncı dengeleme makinesi yöntemi (Earth pressure balance machine-EPBM)

TBM teknolojisinde, kohezif olmayan ortamlarda ve yeraltı su seviyesi altındaki zeminlerde ilerleme sırasında stabilite kaybı kaçınılmazdır. Kendini kısa süreli bile tutamayan gevşek formasyon kazılarında ayna stabilitesini sağlamak ve sistemi dengede tutmak için zemin denge basıncından yararlanılır (Kesici kafanın ilerlemesiyle ön kısmın stabilitesi de hemen gerisindeki çok sayıda piston tarafından sağlanır). Bu yöntem, Zemin Basıncı Dengeleme Makinesi Yöntemi (Earth Pressure Balance Machine Method) (EPBM) ismi verilir (Ayis, 2010).



Şekil 2.10: EPBM Görünümü

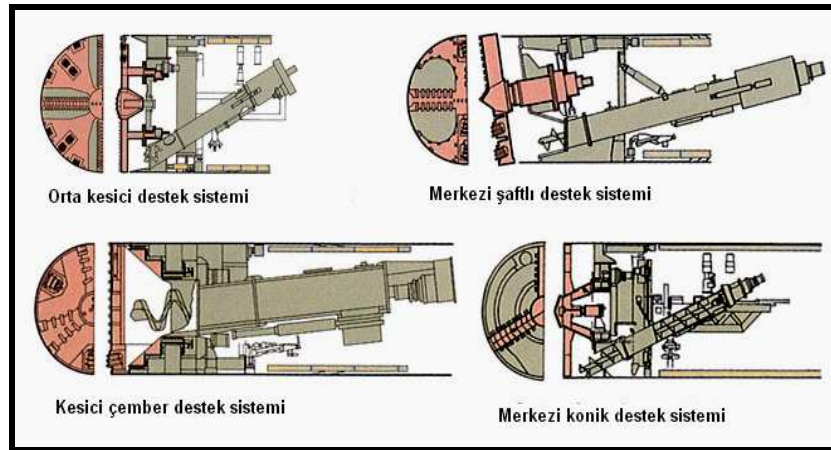
Temel çalışma prensibi, “kesici kafa ve ayna boşluğunun kapalı bir hacim haline getirilerek basınç altında tutulması” olarak tanımlanabilir. Akıcı formasyon, döner kafadaki kesimler tarafından kazılır. Formasyonu destekleme basıncı, kesici kafa haznesinin kazılan malzeme ile doldurulmasıyla meydana getirilen basınç duvarı yoluyla aynaya transfer edilir. Ayna, daha fazla yük alamadığı anda denge sağlanmış olur (Ayis, 2010).



- | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 1-Kesici Kafa | 6-Montaj Aparatı | 11-Konveyör |
| 2-Tahrik Ünitesi (Motor) | 7-Vidalı Konveyör | 12-Taşıma Dekovili |
| 3-Elektronik Hedef Panosu | 8-Vidalı Konveyör Kapağı | 13-Basınçlı Bölüm |
| 4- İtici Silindir | 9-Segment Besleme Ünitesi | 14-Yerleştirilmiş Segmentler |
| 5-Hava Kilidi | 10-Segment Vinci | |

Şekil 2.11: EPBM Detayı

EPB makineleri çalışma prensiplerine bağlı olarak çeşitli isimler alır: Malzeme Hapsedici Şiltleri (*Soil Confinement Shields*), Su Basıncını Destekleme Şiltleri (*Water Pressure Balance Shields*), Yüksek Yoğunluktaki Çamur Şiltleri (*High Density Slurry Shields*) ve Çamur Şiltleri (*Mud Shields*) (Ayis, 2010).



Şekil 2.12: EPB Makineleri Destek Sistemleri

EPB makineleri aşağıdaki özelliklere sahiptir:

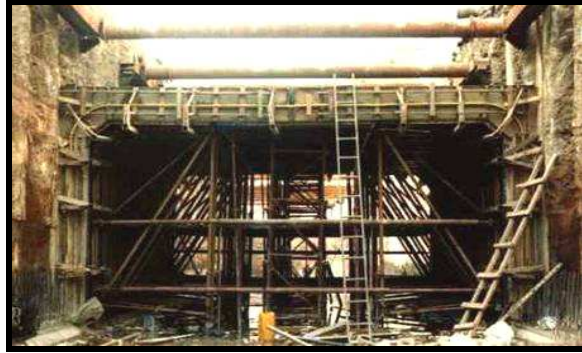
- 10 bar (1 MPa)'a kadar ulaşan basınç altında çalışabilir.

- Formasyonu destekleme basıncı, sağlanan dengenin üzerine çıkarsa formasyon çok daha sağlam bir hale gelecektir. Tünel yeryüzüne yakınsa çok fazla uygulanan basınç nedeni ile yüzeyde kabarmalar görülebilir.
- Kazılan malzeme, bir vida (burgu) konveyör vasıtası ile kesici kafa haznesinden çıkarılır. Malzeme çıkış hızı, makine ilerleme hızına eşit olmalıdır; zemin oturmalarına yol açabilecek fazla malzeme çıkışına izin verilmez.
- Malzeme, basıncı sağlayabilecek ve konveyörle taşınacak kıvamda değilse, ya kazı aynasında iken doğrudan ya da kesici kafa haznesine alındıktan sonra kıvamlaştırıcı katkı maddeleri enjekte etmek gerekebilir.
- Tünel boyunca taşıma, bant konveyörlerle, vagonlarla, damperli kamyonlarla ya da borular içerisine taşınmayı kolaylaştıran bir katkı maddesi eklendikten sonra katı taşıma pompaları yardımıyla yapılabilir.
- Çalışmalarındaki basitlik ve uygulama alanlarının genişliğinden dolayı, giderek çamur makinelerin (*slurry machines*) yerlerini almaktadır.
- En iyi çalışma koşulları arazi nemlilik oranının % 10-15 veya daha az olduğu durumlardır (Ayis, 2010).

2.1.4. Aç-kapa yöntemi

Metro tünellerinin güzergah itibariyle ana yolların altından geçtiği yüzeye yakın kısımları, çığ tünelleri, kanalizasyon ve içme suyu tünelleri ile yer altı geçitlerin (yaya, menfez vb.) inşası, aç-kapa yöntemi ile açılabilir. Aç-kapa yöntemi, diğer yöntemlere nazaran daha basit ve ekonomik bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemde önce kazı boşluğu çevresi betonarme kazık veya betonarme perde duvar ile desteklendikten sonra, yüzeyden hendek şeklinde kazılarak açılır. Yeraltı suları yüzeye yakınsa yeraltı su seviyesi düşürülür veya su, derin kuyulara drene edilir. Tamamen açık havadaki duvar, örme usullerine göre yapılır. Tavanın oluşturulmasında eğer yeryüzünden yeteri kadar derinlik varsa bir kemer oluşturulur ve bu kemer kısmı da açık havada oluşturulacağından fazla güçlüklerle karşılaşmaz. Eğer yeryüzünden yeteri kadar derinlik yoksa betonarme bir tavan oluşturulabilir. Yerleşim alanları içerisinde yapılan kazı çalışmaları, gürültü ve

trafiğin engellenmesi gibi zararları nedeniyle pek tercih sebebi değildir. Trafiğin gidişatını engellemek için seyyar köprüler kullanılabilir (Ayis, 2010).



Şekil 2.13: Aç-Kapa Yöntemi ile İnşa Edilen Tünel

Aç-Kapa tünel açma yönteminin diğer yöntemlerden farkı, tavanda çökme (tasman) oluşmamasıdır. Bu nedenle çevredeki yapılara zarar vermeden geçilmesi mümkündür. Ayrıca diğer yöntemlerle yeteri kadar yapılamayan izolasyon işlemi bu yöntemle kolaylıkla yapılabilir (Ayis, 2010).

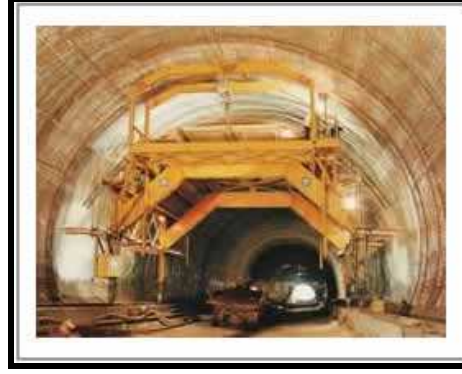
2.1.5 Yeni Avusturya tünel açma yöntemi (New Australian tunneling method-NATM)

Tünel açma yöntemlerinden en yaygın olarak uygulanan “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi” (NATM) klasik tünel açma tekniklerinin *en deneysel ve esnek* olanı, *en optimum* destek ve kazı yöntemlerinin uygulanabildiği tünelcilik anlayışıdır (Ünlütepe, 2005). Ülkemizde de en yaygın olarak kullanılan tünel yapım metodu “Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM)” dir.

NATM, 1957 ve 1965 yılları erasında Avusturya’da geliştirilmiştir. Yöntem ilk olarak 1962’de L.V. Rabcewicz tarafından kazıdan sonra mümkün olan en kısa sürede invert betonu ile kapatılan ince bir püskürtme beton yardımı ile, oluşan deformasyonların dengelenmesi şeklinde tanımlanmış yöntem üç aşamada gerçekleştirilir.

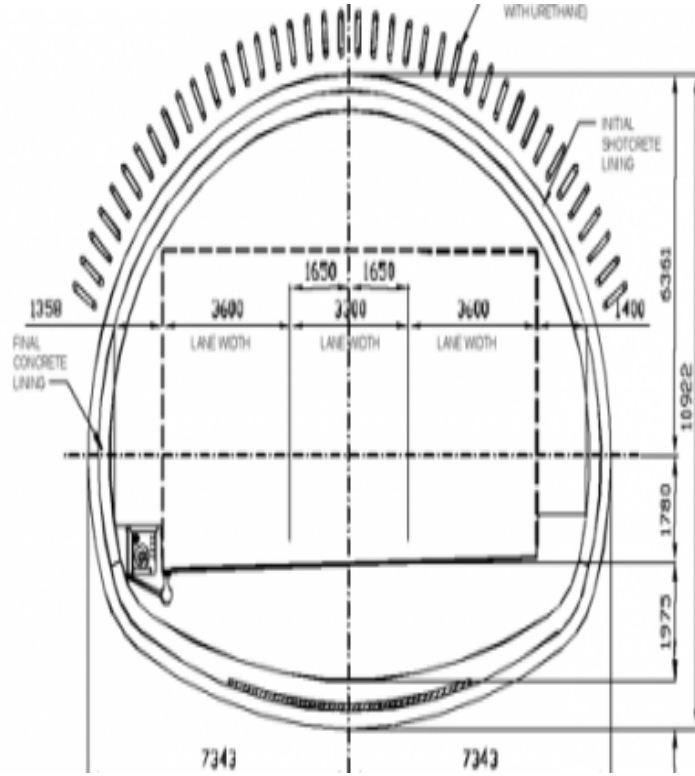
- İnce bir püskürtme beton uygulaması,
- Tünel cidarındaki koruyucu halkanın mümkün olan en kısa sürede tamamlanması
- Sistematik deformasyon ölçümlerinin yapılması (Url-1 <http://forumaden.com>, 2009).

1969 yılında yöntem, *resmi olarak ilk defa* Frankfurt Metrosu inşaatında kullanılmış; iç içe tabakalı kil, marn, tebeşir ve kum taşı geçilmiştir (Ayis, 2010).



Şekil 2.14: Frankfurt Metrosu'ndan Bir Görünüm

Yeni Avusturya Yöntemi; tünel adı altında yeraltında oluşturulan iki ucu açık, boyu eninden fazla, eğimi 30°den az, kalınlığı boşluk duvarından etkilenme sınırına kadar ulaşan ve ana malzemesi kaya olan çok kalın cidarlı silindirik bir yer altı kaya yapısını tanımlamaktadır. Bu tünel açma yönteminde ana ilke; en uygun kazı ve sağlamlaştırma yöntemlerinin seçilerek kazı sonrasında oluşan ikincil gerilme ve deformasyonların, kaya yapısının stabilitesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlığını olabildiğince koruyarak boşluğu çevreleyen bölgenin kendi kendisini tutan ve taşıyan bir statik sistem oluşturmasını sağlamaktadır (Url-2 <http://www.rayturk.net>, 2010).



Şekil 2.15: NATM İle Yapılan Bir Tünelin Kesiti.

2.1.5.1. NATM ile tünel açma ve kazı iksa (destekleme) sistemleri

NATM’de ana ilke; en uygun kazı ve destekleme yönteminin seçilerek, kazı sonrası oluşacak ikincil gerilme ve deformasyonların kaya yapısının stabilitesini bozmayacak şekilde denetlenmesi, yönlendirilmesi ve kayaçların ilk sağlamlığının olabildiğince korunarak; boşluğu çevreleyen bölgede kaya/zemin kütlesi ve destekleme elemanlarının doğrudan teması ile kendini tutan ve taşıyan *kompozit* bir statik sistem oluşturmaktır. NATM ile açılan tüneller genellikle iki aşama halinde (alt yarı ve üst yarı) açılmaktadır. Öncelikle üst yarı kısmında kazı destekleme işlemi yapıldıktan sonra belli bir mesafe aralığında alt yarının kazı destekleme işlemi gerçekleştirilir. Böylece tünelde kazı iksa işlemi tamamlanmış olur (Ayis, 2010).

NATM detayları, tünel güzergahı boyunca topoğrafya, zemin etütleri ve tünel geometrisine bağlı olarak belirlenir. Ayrıca zemin gözlemleri ve deformasyon ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre, kazı destek ve inşa tipi ekipmanı uygulama sırasında sürekli gözden geçirilir. Böylece gerektiği kadar destekleme yapılarak, iyi bir zamanlama ve optimum maliyetle gerek duyulduğu ölçüde yapı emniyeti sağlanır (Ayis, 2010).

NATM' de tünel kazı destekleme sistemindeki uygulama aşamaları genel olarak sırasıyla;

- o Uygun açıklık aralığında kazı yapılması,
- o Hasır elik donatısının yerleştirilmesi,
- o elik iksanın yerleştirilmesi,
- o İlk kademe püskürtme betonun atılması (yaklaşık 15 cm kalınlığında),
- o İkinci kat elik hasır donatısının yerleştirilmesi,
- o Püskürtme betonun projede belirtilen nihai kalınlığının tamamlanması,
- o Püskürtme betonun priz almasının ardından tünel cidarına kaya bulonu çakılması.

aşamalardan oluşmaktadır (Ayis, 2010).

2.1.5.2 NATM'nin avantaj ve dezavantajları

Avantajları:

- Çok değişik zemin şartlarına uyumludur.
- Farklı enine kesitlere kolaylıkla ve esnek olarak uygulanabilir.
- Kısa ve küçültülmüş bölümlere ekonomik uygulanabilir.
- Tam kesit galeri açma makineleri ile birlikte kullanımı kolaydır.
- Yatırım maliyetleri düşük ve amortismanı daha çabuktur.

Dezavantajları:

- Yeraltı suyunun altında uygulanması sadece ek ölçümlerle olabilir.
- İlerleme oranı nispeten düşüktür ve önemli artışlar sağlanamaz.
- Personel eğitimi, yetiştirilmesi ve pratik kazandırılması kolay değildir.
- Kalifiye işçilik ve yüksek kaliteli malzeme gerektirir.
- Projeyi yaptıran ve yapan açısından anlaşma ve risk dağılımı zordur.
- Otomasyon olasılığı sınırlıdır (Url-1 <http://forumaden.com>, 2009).

2.1.5.3 Ülkemizde NATM ile yapılan metro projeleri

Ülkemizde özellikle büyükşehirlerde gerçekleşen metro projeleri içinde tünel inşaatlarında NATM yöntemi ile yapılan bazı projeler;

- Taksim-Yenikapı Metrosu, İstanbul.
- Taksim-4. Levent Metrosu, İstanbul.
- 4. Levent-Hacıosman Metrosu İstanbul.
- Kadıköy-Kartal Metrosu, İstanbul.
- Taksim-Kabataş Füniküler Sistemi, İstanbul.
- Marmaray Projesi, İstanbul.
- İzmir Metrosu (Bornova-Üçyol Hattı), İzmir.
- Tandoğam-Keçiören Metro Hattı, Ankara.
- Kızılay-Çayyolu Metro Hattı, Ankara.

Genel olarak görüldüğü üzere metro gibi büyük çaplı yatırımlar genellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi büyükşehirlerde yapılmakta olup şehirleşmenin önemli bir unsuru olarak değerlendirilebilir. Özellikle İstanbul’da Taksim-Şişhane, Taksim-4. Levent ve 4. Levent-Hacıosman metro projeleri ve Kadıköy-Kartal metro projesi büyük çaplı kamu yatırımları olup halen yapım süreçleri devam eden projelerdir.

2.1.5.4 NATM ile İstanbul metrosunda uygulanan tünel kesitleri ve kazı iksa (destekleme) sistemleri

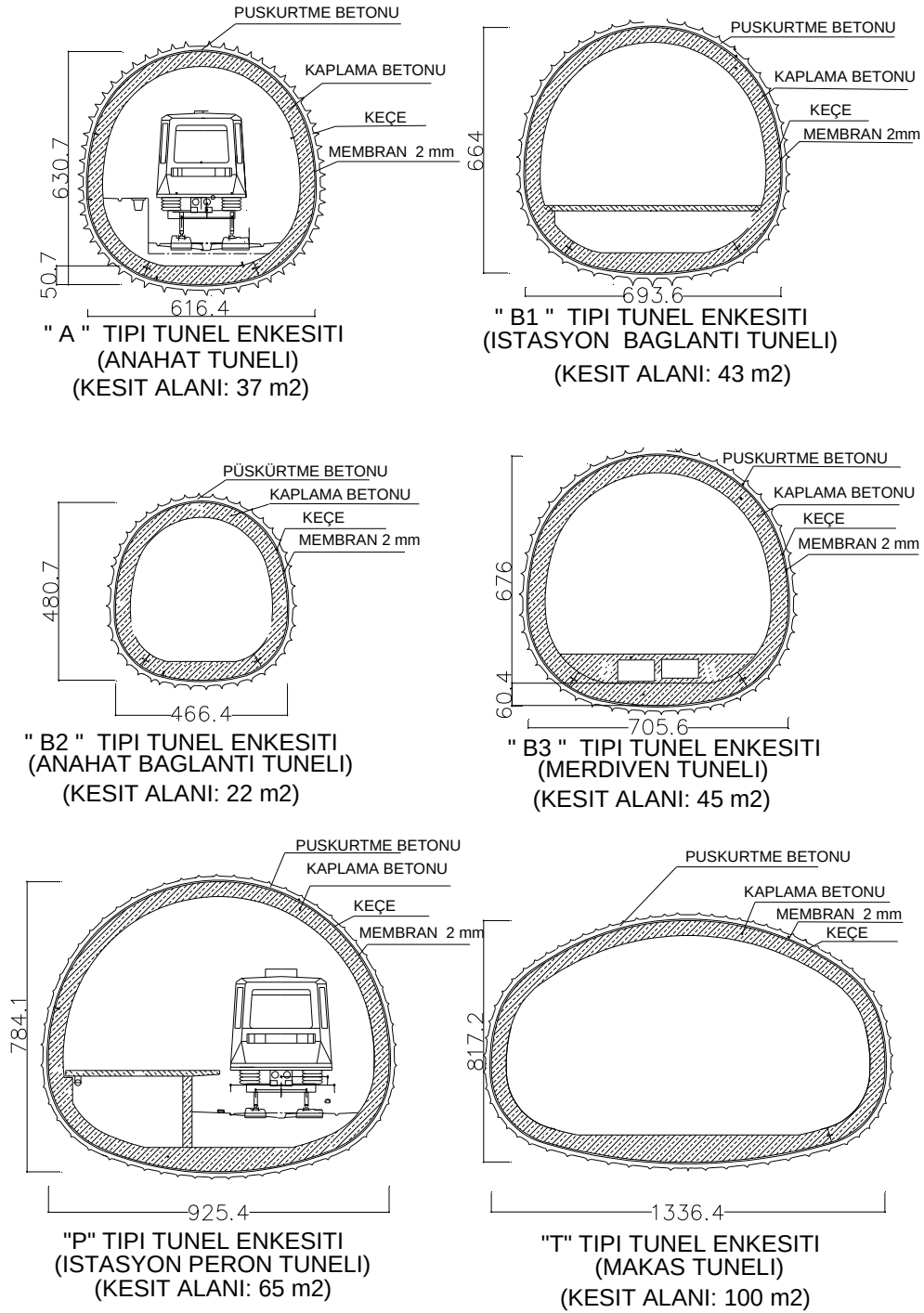
Tünel enkesiti; hatta çalıştırılacak trenlerin maksimum kapasitesi, tren ticari hızı, koltuk sayısı, konfor derecesi, araç sayısı, araç kapı sayısı, istasyon uzunluğu, tren dizilerinin takip aralıkları, sinyalizasyon durumu ve ücret toplama sistemlerine bağlıdır (Ayis, 2010).

İstanbul Metrosu tünelleri gidiş-dönüş olmak üzere iki ayrı hat olarak açılmakta olup, 4 farklı tünel kesiti kullanılmaktadır. Bunlar, A (ana hat tünelleri), P (peron tünelleri), T (makas tünelleri) ve B tipi (bağlantı tünelleri) tünellerdir. Bu tünellerin tip kesitleri ve ortalama alanları Şekil 2.16’da verilmiştir (Ayis, 2010).

Kazı yapılan kayanın stabilitesi, tünel üstündeki örtü kalınlığı, tünel güzergâhı üzerindeki yapıların veya yapılaşmanın niteliği ve projelendirme aşamasında tünel içindeki gerilmelerin özellikle yoğunlaştığı bölgeler, kazı destekleme tipinin

belirlenmesinde temel parametrelerdir (Ayis, 2010). Aynayı teşkil eden kayacın yapısal özellikleri ve su durumu stabiliteyi belirler. Eğer stabilite düşükse, buna bağlı olarak destekleme artırılır. Aynı şekilde örtü kalınlığı da, kazı destek oranıyla ters orantılıdır. Tünel içi gerilmelerin yoğunlaşması ve yüzeydeki yapı yoğunluğu ise destekleme oranı ile doğru orantılıdır (Ayis, 2010).

İSTANBUL METROSU TUNEL TIP ENKESİTLERİ



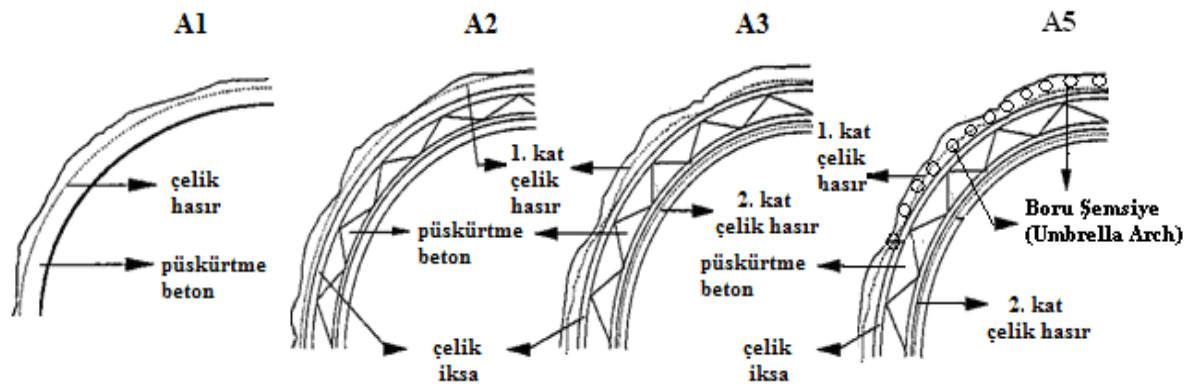
Şekil 2.16: İstanbul Metrosu'nda Uygulanan Farklı Tünel Tip Kesitleri ve Ortalama Alanlar

İstanbul Metrosu NATM ile açılan tünellerde zemin durumuna göre uygulanan kazı iksa tipleri dört grupta toplanabilir. Uygulanan kazı iksa sistemlerinin mühendislik özellikleri özet olarak Çizelge 2.2’de, detaylı olarak Çizelge 2.3’de verilmiştir (Ayis, 2010).

Çizelge 2.2: İstanbul Metrosunda uygulanan kazı iksa sistemleri

	A1	A2	A3	A5
ORTAM	Sağlam kaya	Orta-sağlam kaya	Zayıf kaya	Zemin
ÇELİK İKSA (kafes kiris)	Yok	Var	Var	Var
ÇELİK HASIR	Tek kat (Q221/221)	Tek kat (Q221/221)	Çift kat (Q221/221)	Çift kat (Q377/221)
PÜSKÜRTME BETON	d=10-15 cm	d=20 cm	d=20 cm	d=25 cm
KAYA BULONU (adet) (şaşırtmalı)	4-5	6-7	7-8	—
ZEMİN ÇİVİSİ (adet)	—	—	—	Aynaya: 8-20 Yanlara: her iksada (3 sağ, 3 sol)
SÜREN (adet)	Yok	12 (ort.)	20 (ort.)	—
ŞEMSİYE BORUSU(adet)	—	—	—	23-27
KAZI ANO BOYU	1.5 m (maks.)	1-1.2 m	0.8-1 m	0.8 m

A1, A2, A3 kazı iksa (destekleme) sistemlerinin şematik gösterimi ise Şekil 2.17’de verilmiştir.



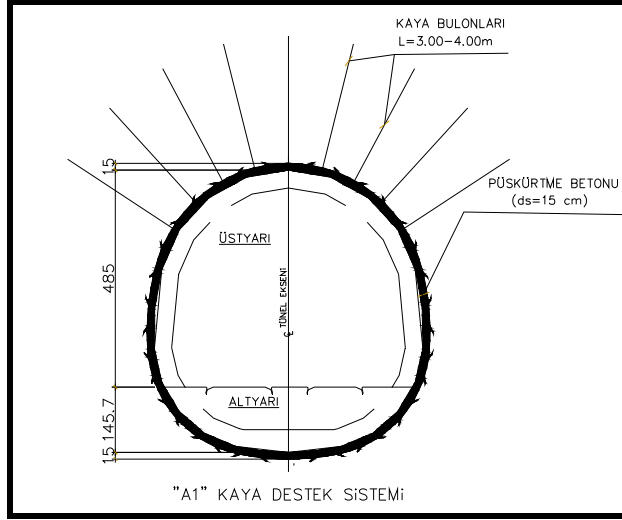
Şekil 2.17: A1, A2, A3 ve A5 Tipi Kazı İksa Sistemlerinin Şematik Gösterimi

İstanbul metrosunda kullanılan genel kazı iksa sistemleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

Çizelge 2.3: İstanbul Metrosu'nda NATM Kazı İksa Sistemleri

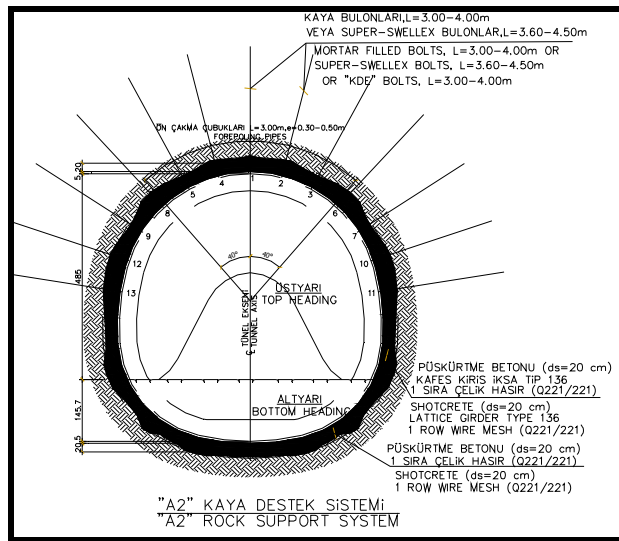
• A1 tipi kazı iksa sistemi

A1 kazı iksa sistemi *sağlam kaya* ortamını karakterize eder. Destekleme elemanları azaltılmıştır, kazı boyu maksimum 1.5 m olarak belirlenmiştir. Kazı tamamlandıktan sonra doğrudan çelik hasır montajı yapılmakta ve çelik iksa kullanılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Çelik hasır kaya yüzeyine maksimum oranda yaklaştırılıp, yatay ve düşey yönde 30 cm bindirme ile bağlantılar yapılmaktadır. Daha sonra püskürtme beton uygulanır. Kayanın duraylılığı yüksek olduğundan, ilerleme yapılırken süren kullanımına ihtiyaç yoktur. Kaya bulonları ise şaşırtmalı olarak 4–5 adet çakılır.



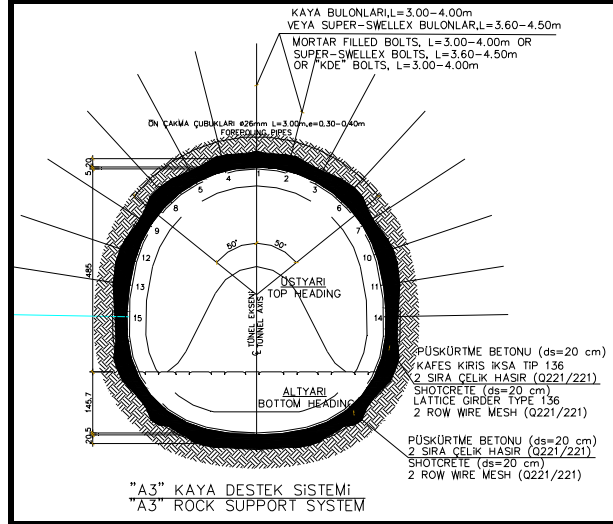
• A2 tipi kazı iksa sistemi

A2 tipi kazı iksa sistemi *orta sağlam-orta zayıf kaya* ortamını karakterize eder. A1 kazı tipinde aynada göbek bırakılmamasına karşın, bu sistemde uygun göbek bırakılarak kazı çalışmaları yürütülür. Kazı ano boyu 1–1.2 m arasında değişebilir, kazı sonunda çelik hasır montajını takiben iksa montajı yapılarak püskürtme beton uygulamasına geçilir. Bir sonraki kazı adımını güvenli yapabilmek, olası aşırı sökülme önlemek ve çalışma emniyeti sağlamak amacıyla gerekli görülürse her iki çelik iksada bir olmak üzere süren çakılır. 6–7 adet şaşırtmalı olarak uygulanan kaya bulonları, aynayı maksimum 3 m geriden takip edecek şekilde çakılır.



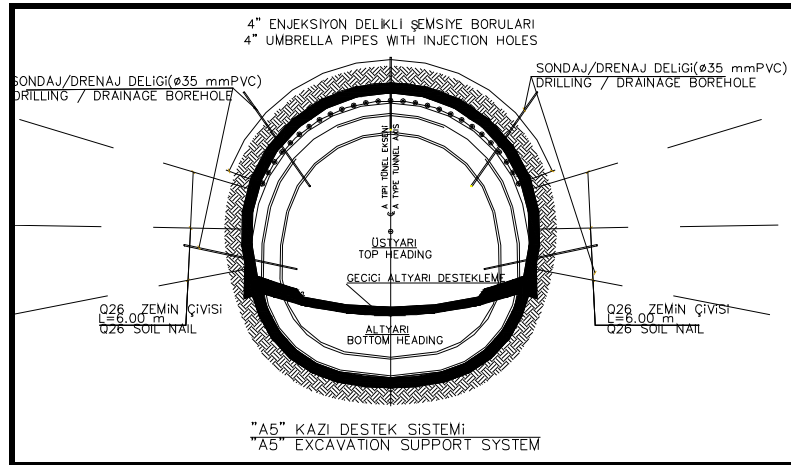
• A3 tipi kazı iksa sistemi

A3 tipi kazı iksa sistemi *duraylılığı düşük, zayıf kaya* ortamını karakterize eder. Kazı adımı 1 m' den düşüktür. Kazı sonrası çelik hasır ve çelik iksa montajı yapıp, 20 cm püskürtme beton atılır. Her iki çelik iksada bir kazı işlemine başlamadan önce süren uygulaması yapılır. Kaya bulonları ise 7-8 adet şaşırtmalı olarak çakılır.



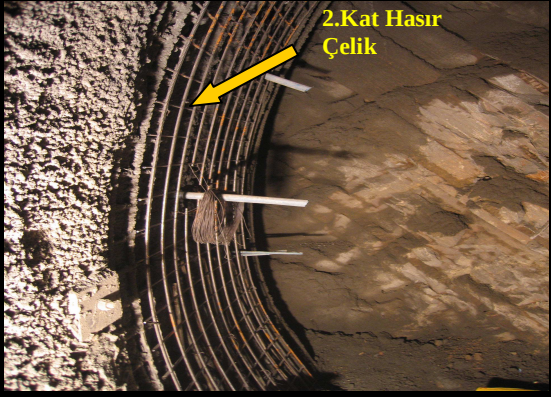
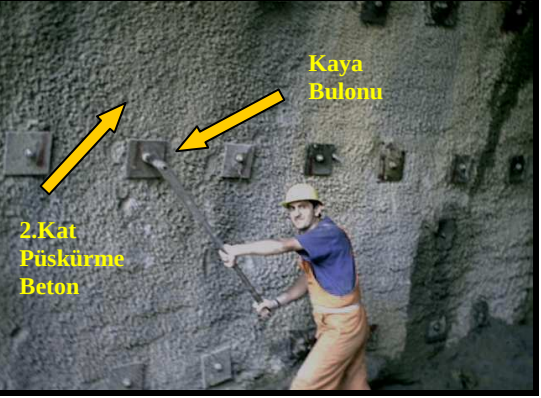
• A5 tipi kazı iksa sistemi

Kaya formasyonda geniş kullanım alanı bulan A1, A2, A3 tipi iksa sistemlerinin, kohezyonu düşük zeminlerde istenilen performansı sağlayamadığının görülmesi üzerine, zayıf formasyonda uygulanabilmesi amacıyla A5 tipi iksa sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde, zayıf formasyondaki aynanın stabilitesi, yüzey oturumları ve çalışma güvenliğini sağlamak amacıyla şemsiye boruları (*umbrella arch*) tünel üst yarısı boyunca uygulanmaktadır. Bu sistem ile tünel ve yüzey emniyeti, verimlilik ve ilerleme hızı performans verileri en üst düzeye çıkartılabilmektedir (İlk defa İtalya'da kullanılan ve çeşitli projelerde de yeterliliğini kanıtlayan bu yöntem İtalya'dan sonra Japonya'da da birçok tünel projesinde kullanılmıştır), (Kurt, vd., 1994). Kohezyonu düşük zeminlerde uygulama alanı bulan diğer iksa elemanı ise zemin çivisidir, A5 sisteminde ayna göbek kısmı ve tünel çeperine uygulanmaktadır. Zemin çivisinin uygulanmasındaki öncelikli amaç, zayıf formasyonlarda ayna stabilitesini sağlamak ve tünel çeperinde oluşabilecek deplasmanları önlemek için sürtünme kolonları oluşturmaktır. Şemsiye borusu ve zemin çivisi uygulaması A5 tipi kazı iksa (destekleme) sisteminde birbirini tamamlayan iki ana unsurdur.



Ayrıca, NATM kazı destekleme sisteminin uygulama aşamaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Çizelge 2.4) (Ayis, 2010):

Çizelge 2.4: NATM Kazı Destekleme Sisteminin Uygulama Aşamalarına Ait Görünümler

	
1.adım : Tünel kazısının yapılması	2.adım : Kazı işlemini takiben 1.kat çelik hasırın yerleştirilmesi
	
3.adım: Çelik hasır uygulamasından sonra çelik kafes iksaların yerleştirilmesi	4.adım : Çelik kafes iksaların yerleşimini takiben, ilk tabaka püskürtme betonun uygulanması
	
5.adım: İlk kat püskürtme betondan sonra ikinci kat hasır çeliğin yerleştirilmesi	6.adım : Çelik hasır üzerine ikinci tabaka uygulanan püskürtme betondan sonra kaya bulonlarının yerleştirilmesi ile kazı destekleme işleminin sonlanması

2.1.6 Tünel yapım yöntemlerinin karşılaştırılması

Bahsi geçen temel tünel yapım yöntemlerinin genel hatlarıyla karşılaştırması Çizelge 2.5’deki gibidir:

Çizelge 2.5: Tünel Yapım Yöntemlerinin Karşılaştırılması

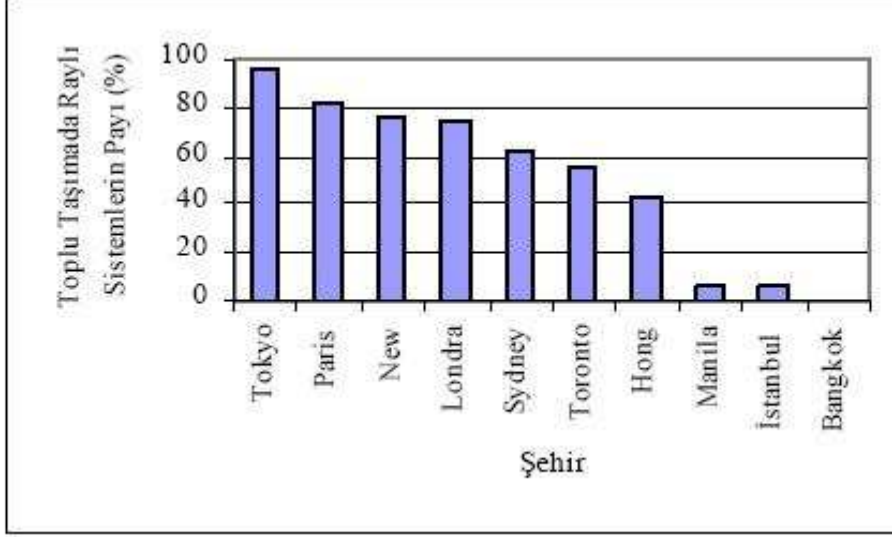
Tünel Yapım Yöntemi	Zemin Tipi	Temin	Sahada Uygulama / Otomasyon	Yerleşim Yerlerinde Uygulama	İş ve Çevre Güvenliği	Hat Uzunluğu	İstasyon Sayısı	İlerleme Hızı	İlk Yatırım Maliyeti
Delme-Patlatma	Sert ve orta	Kolay	Kolay ve hızlı	Riskli	Riskli	Ekstra bir avantaj sağlamıyor	Uygulamada kolaylık	Düşük	Düşük
Tünel Delme Makinası (TBM)	Her tip zemin	Zor	Kolay ve hızlı	Az riskli	Az riskli	Uzun hatlarda avantajlı	Uygulamada zorluk	Yüksek	Yüksek
Zemin Basınç Dengeleme Makinası (EPBM)	Orta ve yumuşak, az nemli zemin	Orta	Kolay ve hızlı	Orta derecede riskli	Az riskli	Ekstra bir avantaj sağlamıyor	Uygulamada zorluk	Orta	Orta
Aç-Kapa	Orta ve yumuşak, az nemli zemin	Kolay	Kolay ve orta derecede hızlı	Az riskli	Orta derecede riskli	Ekstra bir avantaj sağlamıyor	Uygulamada kolaylık	Orta	Orta
Yeni Avusturya (NATM)	Her tip zemin	Zor	Zor ve yavaş	Orta derecede riskli	Orta derecede riskli	Uzun hatlarda avantajlı	Uygulamada kolaylık	Düşük	Düşük

Çizelge 2.5’den de anlaşılacağı gibi ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, istasyon sayısının fazla olduğu hatlarda uygulama zorluğu bulunmasına ve teminin zor olmasına rağmen, çevre ve işgüvenliği açısından emniyetli olması, otomasyon imkanı sağlaması, uzun hatlarda uygulama açısından avantaj sağlaması ve oldukça hızlı tünel açılmasını sağlaması sebebiyle temel tünel yapım yöntemleri içinde Tünel Delme Makinası Yöntemi en avantajlısıdır sonucuna varabiliriz. Bu yöntem sayesinde tünel projelerinde kazı işleri oldukça hızlı ilerlediğinden proje iş bitim süresi oldukça kısalmaktadır. Bu sayede metro gibi tünel yapılarının oldukça erken yapımının tamamlanıp işletmeye açılması imkanı doğmakta, bu da beraberinde yatırımın kendini amorti edeceği sürenin daha kısa olmasını sağlamaktadır.

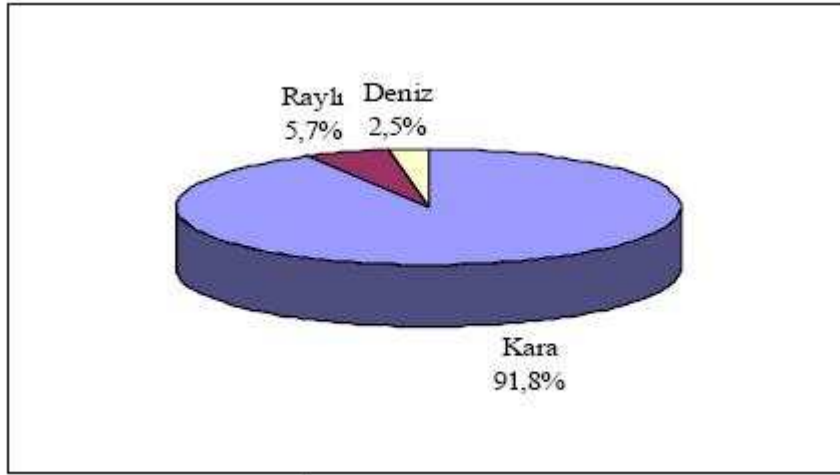
2.2 İstanbul’da Raylı Sistemlere Genel Bakış

Metro gibi büyük çaplı kamu yatırımlarında fizibilite çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Özellikle İstanbul gibi ulaşım problemi olan şehirlerde bu tip büyük yatırımlar yapılmadan önce detaylı bir ön çalışma hazırlığı yapılmakta ve yatırımın maliyet-fayda unsurları ele alınmaktadır.

İstanbul’da ilki 1985 yılında olmak üzere 3 adet ulaşım etüdü yapılmıştır. Bu etüdlerde ulaşım probleminin çözümü için raylı sistemlerin önemine vurgu yapılmıştır (Ocak ve Manisalı, 2006). İstanbul için asıl problem toplu taşımada raylı sistem taşımacılığının azlığından kaynaklanmaktadır. Toplu taşımada raylı sistemlerin ağırlığı sadece % 5.7 düzeyindedir (Ocak ve Manisalı, 2006).



Şekil 2.18: Farklı Şehirlerde Raylı Sistemlerin Toplu Taşımadaki Payı.



Şekil 2.19: İstanbul’da Ulaşımın Dağılımı.

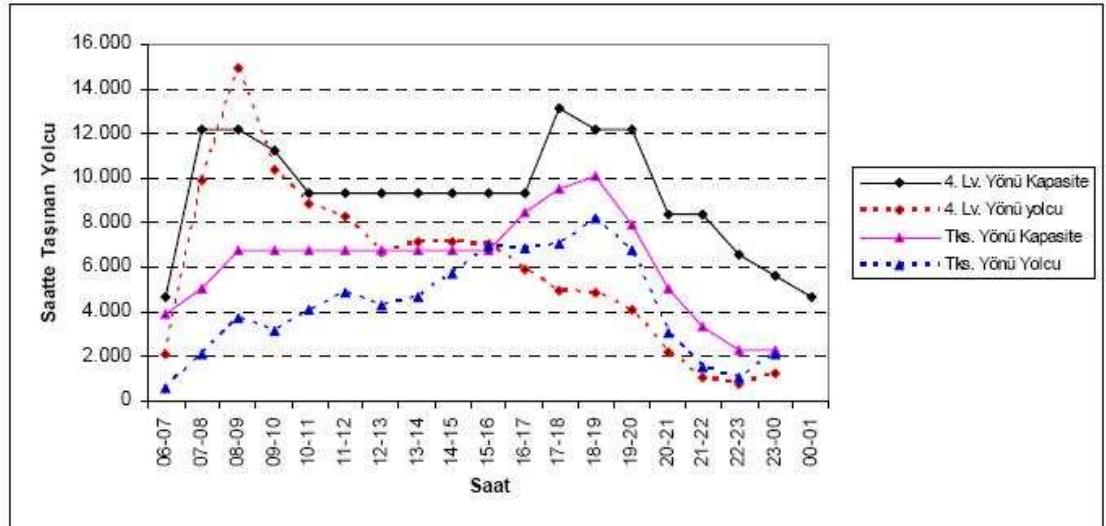
Bununla beraber İstanbul’da yapımına devam eden ve ihale aşamasında olan pek çok raylı sistem projesi bulunmaktadır. Bu projelerden bazıları aşağıdaki tablo özetlenmiştir.

Çizelge 2.6: İstanbul’da Yapımına Devam Edilen Raylı Sistem Projeleri.

Proje	Güzergah	Uzunluk (km)	Keşif Bedeli (Milyon USD)	Kapasite (Yolcu/s/yön)
Metro	Levent-Ayazağa (2. aşama)	3.6	253	70,000
Metro	Kadıköy- Kartal	21.5	1,000	65,000
Metro	Taksim-Yenikapı	5.2	370	70,000
Metro	İkitelli-Olimpiyat Köyü	2.9	73	15,000
HRS	Aksaray-Yenikapı	0.7	28	35,000
HRS	Otogar-Bağcılar	4.5	173	35,000
Cadde Tramvayı	Vezneciler-Sultan Çiftliği	15.8	175	15,000
Boğaz Tüp Geçişi	Kadıköy- Eminönü	13.6	850	75,000
Toplam		67.8	2,922	389,000

Çizelge 2.7: İstanbul’da Raylı Sistemlere Ait Genel Bilgiler.

Sistem	Yıllık Taşınan Yolcu Sayısı		Teorik Kapasite		Kapasite Kullanım % si		Artış %
	Kasım 2004	Kasım 2005	Kasım 2004	Kasım 2005	Kasım 2004	Kasım 2005	
Hafif Metro	5 818 280	6 278 843	14 405 040	16 621 200	40.4	37.8	7.92
Tramvay	4 464 530	4 934 469	9 120 600	9 120 600	48.9	54.1	10.53
Metro	3 101 380	4 291 557	14 152 320	14 152 320	21.9	30.3	38.38
Toplam	13 384 190	15 504 869	37 677 960	39 894 120	35.5	38.9	15.84



Şekil 2.20: İstanbul Metrosu’nun Kapasite ve Kullanım Değerleri.

İstanbul’da 1985, 1987 ve 1997 yıllarında yapılan ulaşım planlaması çalışmalarının tamamında raylı sistemler trafik probleminin çözümünde esas çıkış yolu olarak görülmüştür (Ocak ve Manisalı, 2006).

İstanbul’da şu an itibari ile yapımına devam edilen 2 büyük metro projesi bulunmaktadır. Bunlar; 4. Levent-Hacıosman ve Kadıköy-Kartal metro projeleridir. Aşağıda bu projelerle ilgili özet bilgiler verilmiştir.

2.2.1 IV. Levent-Hacıosman metro projesi:

Sözleşme Bilgileri:

İşin Adı	: İstanbul Metrosu III. Aşama IV. Levent –Ayazağa Seyrantepe Depo Sahası ve Depo Bağlantı Hatları İkmâl İnşaatı Elektro – Mekanik Sistemler Temin Montaj ve İşletmeye Alma İşleri
İşveren	: T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Yüklenici	: Alarko-Makyol Ortak Girişimi
İhale Bedeli	: 316,317,214.16 €
İhale Tarihi	: 18.10.2007
Sözleşme İmza Tarihi	: 24.12.2007
İşyeri Teslim Tarihi	: 07.01.2008
İşin Süresi	: 1,095 gün
İşin Bitiş Tarihi	: 06.01.2011
Garanti Süresi	: 24 Ay

III. Aşama kapsamındaki çift hatlı güzergâh, IV. Levent’te 1. Aşama güzergahına bağlanmaktadır. III. Aşama ana hattı, mevcut 1. Aşama IV. Levent İstasyonu kuyruk hattından başlayarak Sanayi İstasyonu’na doğru alçalmakta ve Sanayi İstasyonu sonrasında TEM kavşağının altından geçecek şekilde alçalıp, kavşak geçişi sonrasında yükselerek İTÜ İstasyonu’na ulaşmaktadır. İTÜ İstasyonu sonrasında yükselerek Atatürk Oto Sanayi İstasyonu’na varmakta ve Atatürk Oto Sanayi İstasyonu sonrasında alçalarak makas bölgesinden geçerek Darüşşafaka İstasyonu’na ulaşmaktadır. Darüşşafaka İstasyonu sonrasında alçalarak makas bölgesinden geçtikten sonra Hacıosman İstasyonu’na ulaşmaktadır. Güzergâh, Hacıosman İstasyonu sonrasında teşkil edilen kuyruk hattında sonlanmaktadır.

- İstanbul Metrosu mevcut I. Aşama sonu IV. Levent İstasyonu kuyruk hattından Hacıosman İstasyonu kuyruk hattı sonuna kadar olan ana hat kesimi, Sanayi, İTÜ Ayazağa, Atatürk Oto Sanayi, Darüşşafaka, Hacıosman İstasyonları, Seyrantepe Depo Sahası Bağlantı Hatları ile Seyrantepe Depo Sahası, Atölye ve İstasyon Binası, İnşaat İnce İşleri ile Elektro-Mekanik Sistemler Temin, Montaj ve İşletmeye Alma İşleri,
- Seyrantepe Depo Sahası, Atölye ve İstasyon Binası yapım işleri, mevcut I. Aşama IV. Levent İstasyonu geçici bakım atölyesinin kaldırılarak hattın çift yönlü ticari işletmeye açılması işleri, mevcut Taksim Kumanda Merkezi'ne entegrasyon ve Seyrantepe Trafik Kontrol Merkezi'nin teşkili işleri,
- Atatürk Oto Sanayi sonrası yer alan makas tüneli (Hat 1: Km: 22+405.338, Hat 2: Km= 22+429.875) ile Hacıosman İstasyonu kuyruk tüneli sonu (Hat 1: Km= 24+515.487, Hat 2: Km= 24+548.175) arası tünelleri inşaatı, Darüşşafaka ve Hacıosman İstasyonları inşaatı, Depo Sahası İstasyon Binası temel altı zemin iyileştirmesi, Depo Sahası kazı iksa sistemlerinin ilave işleri,
- Tüm bu işlerle ilgili İdare tarafından verilecek kesin projeler doğrultusunda uygulama projelerinin hazırlanması işleri kapsama dahildir.

Bu kapsam içinde ana kalemler olarak :

- Güç Temini ve Cer Gücü,
- Sinyalizasyon,
- Kontrol ve Haberleşme,
- Havalandırma ve Klima,
- İstasyon Yardımcı Tesisleri,
- Yürüyen Merdiven ve Asansörler,
- Seyrantepe Depo Sahası inşaat işleri,
- Darüşşafaka ve Hacıosman İstasyonları inşaat işleri,
- Atatürk Oto Sanayi İstasyonu sonrası makas tüneli ile Hacıosman İstasyonu kuyruk tüneli arası hat kesimi tünel inşaatı işleri,
- İstasyonların mimari ve ince işleri,
- Demiryolu işleri bulunmaktadır.

(Alarko-Makyol Adi Ortaklığı, Ocak Ayı İdari Raporu, 2010).

2.2.2 Kadıköy-Kartal metro projesi

Sözleşme Bilgileri:

Yüklenici	: Astaldi–Makyol–Gülermak Ortak Girişimi
Güzergâh Uzunluğu	: 21.663 m
Toplam Tek Hat Tünel Boyu:	43.326 m
İstasyon Sayısı	: 16
İstasyonlar	: Kadıköy, İbrahimağa, Acıbadem, Ünalın, Göztepe, Yenisahra, Kozyatağı, Bostancı, Küçükyalı, Altayçeşme, Maltepe, Gülsuyu, Cevizli, Hastane, Soğanlık, Kartal.
İhale Bedeli	: 751.256.042,50 €+KDV
İhale Tarihi	: 14.01.2008
Sözleşme Tarihi	: 06.03.2008
İşe Başlama Tarihi	: 21.03.2008
İş Bitim Tarihi	: 11.09.2010
Sistem Kapasitesi	: 70.000 Yolcu/Saat/Yön
Maksimum Hız	: 80 km/saat
Yolculuk Zamanı	: 30 dak.
İstasyonlarda Durma Süresi	: 20 sn.
Araç Sıklığı	: 2,5 dak. (başlangıçta) 90 sn. (nihai)
Araç Sayısı	: 120
Araç Boyu	: 22,5 m
Araç Yolcu Kapasitesi	: 1000 yolcu (4' lü dizi)

Kadıköy-Kartal Metro Hattı; Kaynarca istikametine doğru uzatılacak olup, Kartal-Kaynarca arası yaklaşık 4.8 km'dir. Bu hat üzerinde Yakacık İstasyonu, Pendik İstasyonu ve Kaynarca İstasyonları olmak üzere toplam 3 adet istasyon yer almaktadır. İstasyon yapıları, D-100 Karayolu güzergahında 1,1 – 1,8 km arası değişen ara mesafelerde ve D-100 Karayolunun paralelinde inşa edilecektir. Kartal-

Kaynarca arası ana hat tünelleri için 2 adet TBM (Tünel Açma Makinası) Kartal Yaklaşım Tünelinden hatta alınmıştır.

Kartal yaklaşım tünelinden alınan TBM'ler ile kazılara başlanmış olup Kasım başı itibariyle toplam 905 m. tünel açılmıştır. İstasyon peron tünelleri ve makas tünelleri ise NATM (Yeni Avusturya Metodu) ile inşa edilmektedir (Url-3 <http://www.ibb.gov.tr>, 2010).

3 METRO PROJELERİNDE FİZİBİLİTE VE YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETİ

Yaşam Döngüsü Maliyeti (YDM) kavramı özellikle son yıllarda önem kazanmış bir kavramdır. Son yıllarda gerçekleşen büyük inşaat projelerinde yatırımın kaçınıcı yıldan sonra geri dönüşümünün başlayacağı hususu önem kazanmıştır.

YDM; üretim, işletim, bakım, dönüşüm ve/veya hizmetten çıkarma maliyetlerini dahil olmak koşulu ile tüm makine ve ekipmanlara ait toplam maliyettir (Barringer, 2003). Aynı zamanda YDM; tüm ekipmanların ve analitik çalışma sonucu belirlenen projelerin başlangıştan elden çıkarmaya kadar tüm maliyet tahminlerinin ve paranın zamansal değerini de göz önüne alarak proje süresince yıllık artışlarda görülen toplam maliyet tahminlerinin birikimidir (Barringer, 2003). YDM analizinin amacı, en düşük uzun vadeli işveren maliyetini sağlamak için çeşitli alternatifler içinde maliyet açısından en etkin yaklaşımın seçilmesidir diyebiliriz (Barringer, 2003). YDM analizinin bir diğer amacı ise bir ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan toplam maliyetinin araştırma ve geliştirme, yapım, işletme, bakım ve elden çıkarılması dahil rakamsal olarak ölçülmesidir (Kawauchi ve Rausand, 1999).

3.1 Terminoloji

Yaşam Döngüsü: Bir ürünün fikir aşamasından elden çıkarılmasına arasındaki zaman aralığıdır (Kawauchi ve Rausand, 1999).

Yaşam Döngüsü Maliyeti (YDM): Bir ürünün yaşam döngüsünün toplam maliyetidir (Kawauchi ve Rausand, 1999).

Yaşam Döngüsü Maliyetleme: Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca yaşam döngüsü maliyetine değer biçmek için yapılan ekonomik analizin süreci veya sürecin bir parçası (Kawauchi ve Rausand, 1999).

Maliyet Unsuru: YDM üzerinde önemli bir etkinliği olan YDM unsuru (maliyet faktörü) (Kawauchi ve Rausand, 1999).

Maliyet Profili: Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca (veya bir parçası boyunca) maliyetinin dağılımını gösteren grafik veya çizelgelerin sunumu (Kawauchi ve Rausand, 1999).

Tasarım Maliyeti: Dizayn, geliştirme ve mühendislik çalışmalarının maliyeti (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Yapım Maliyeti: Başlangıç sermaye yatırımı ve finansmanı (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Bakım Maliyeti: İşletme, bakım, bölümlerin rutin yer değiştirmeleri dahil fonksiyonel kullanımının maliyeti (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Yenileme Maliyeti: Değiştirme, geliştirme ve yenileme maliyeti (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Bakım Maliyeti: Servis hatalarında tamirat maliyeti (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Elden Çıkarma Maliyeti: Bir tesisin kullanım süresinin sonunda elden çıkarma maliyeti (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Yapımın Kullanıcı Maliyeti: Yapım süreci boyunca gecikmeler, servis hizmeti vb. için toplu taşıma maliyeti (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

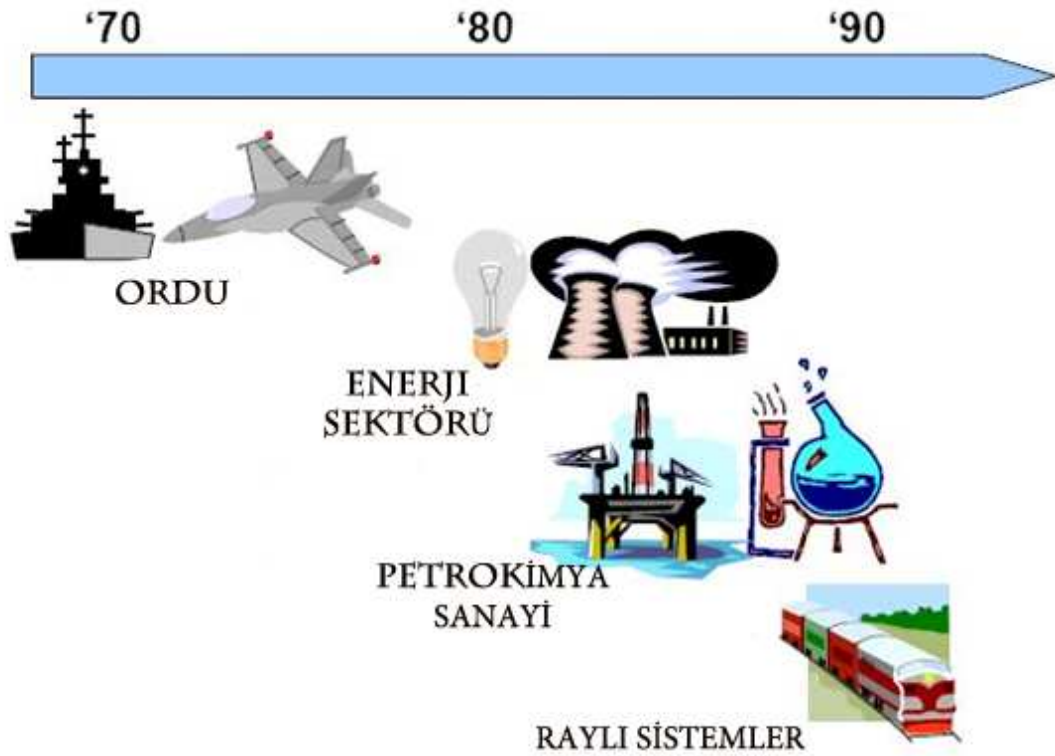
İşletme Maliyeti: Toplu taşımanın yapım maliyetleri hariç ilgili giderleri (Grandsberg ve Molenaar, 2003).

Maliyet-Kazanç Analizi: Yasal kurumların yatırım, operasyon veya düzenlemede alternatif eylemleri hayata geçirme esnasında kullandığı bir karar verme çerçevesi (LeeJr, 2000).

3.2 Yaşam Döngüsü Maliyeti Kavramının Tarihçesi

YDM kavramı ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmıştır. Özellikle Amerikan Savunma Bakanlığı YDM üzerine ilk çalışmaları yapmış bir kurumdur. Kavram ilk olarak “Maliyetine Tasarım (Design to Cost-DTC)” çalışmalarında ele alınmıştır. 1972 yılından beri bu prosedürler Amerikan Donanması'na ait tüm ana havacılık üretimlerinde yer almaktadır (Kawauchi ve Rausand, 1999). Amerikan Savunma Bakanlığı'nın bu kavram ile ilgili politikası; yapım maliyetlerini düşünerek maliyet parametreleri belirlemek ve farklı maliyet unsurlarını dizayn gerekliliklerine dönüştürmektir (Kawauchi ve Rausand, 1999).

1970'lerden 1980'lerin başına kadar, YDM analizleri genellikle askeri alanlarda uygulanmıştır (Kawauchi ve Rausand, 1999). Bu dönemden sonra, YDM analizi uygulamaları uçak, elektrik güç santralleri, petrol ve kimya endüstrileri ve demiryolu endüstrisi gibi pek çok endüstri alanına yayılmıştır (Kawauchi ve Rausand, 1999).



Şekil 3.1: YDM Analizi Uygulamalarının Tarihsel Gelişimi.

Bunlara ek olarak; 1975 yılında Amerika Sağlık, Eğitim ve Sosyal Yardım Bakanlığı tarafından “Karar Vermede Yaşam Döngüsü Bütçeleme ve Maliyetlendirme” adlı bir proje başlatıldı (Dhillon, 1989). 1974 yılında ise Florida Eyaleti resmi olarak YDM benimsedi ve 1978’de Amerikan Meclisi “Uluslar arası Enerji Koruma Politikası Hareketi”ni başlattı (Dhillon, 1989). Bu hareket tüm federal binaların yaşam döngüsü maliyeti bakımından efektif olmasını gerektirmekteydi (Dhillon, 1989).

1974’den beri Amerika Birleşik Devletleri’ndeki birçok eyalet, eyalet binalarının planlaması, dizaynı ve yapımında YDM kavramının zorunlu olarak uygulanması için yasalar çıkarmıştır (Dhillon, 1989). Bu eyaletlerden bazıları; New Mexico, Alaska, Maryland, Kuzey Carolina ve Teksas’dır (Dhillon, 1989).

Günümüzde YDM pek çok alanda kullanılmasına rağmen özellikle inşaat projelerinde önem kazanmış bir kavram olmaya başlamıştır. İnşaat projelerinde gelişen teknoloji ile beraber yapım süreçlerinin de gelişmesi, son yıllarda özellikle çevre dostu binaların yapımında artış olması, yapılarda uzun ömürlü efektif kullanımın amaçlanması gibi sebepler YDM’nin inşaat sektöründe de etkin olarak dikkate alınmasının sebepleri arasında değerlendirilebilir.

3.3 Proje Döngüsü

“Proje döngüsü” kavramının ne olduğuna değinmeden önce “proje” kavramı üzerinde durmak daha doğru olacaktır. Buna göre;

- Esas olarak proje bir yatırım önerisidir.
- Proje, ekonomik ve teknik olarak yapılabilirliğe sahip küçük bir yatırımdır.
- Yatırıma yönelik olarak herhangi bir tasarımın analiz edilerek değerlendirilebilen en küçük birimi projedir.
- Proje, herhangi bir yatırımın başlı başına değerlendirilebilme yeteneğine sahip bir elemanıdır (Aydeniz, 2007).

Bu tanımlara göre proje kavramını yatırım projesi olarak ele almak daha doğru olacaktır. Yatırım projeleri genel olarak;

- Gerçek bir ihtiyaçtan ortaya çıkarlar ve bu talebi karşılamaya yönelik olarak tasarlanırlar.

- Belirli bir zaman ve yerde gerçekleştirilirler.
- Kaynak olarak belirli giderleri harcayarak, mal veya hizmet şeklinde çıktılar üretirler.
- Mevcut yatırım projeleri, olası alternatif projelerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli girdileri tüketecek bir tercih konusudur (Aydeniz, 2007).

Bununla beraber “Proje Döngüsü” kavramı da günümüzde yatırım projeleri ile beraber önem kazanmıştır. Proje döngüsünün ilk modeli Baum tarafından 1970’lerde Dünya Bankası için geliştirilmiş olup bu modelde proje döngüsü yönetiminin 4 aşaması bulunmaktadır; proje oluşturma, proje hazırlama, proje analizi ve uygulama. Daha sonra bu döngüye uygulama sonrası değerlendirme evresi de eklenmiştir (Yılmaz ve Akça, 2002).

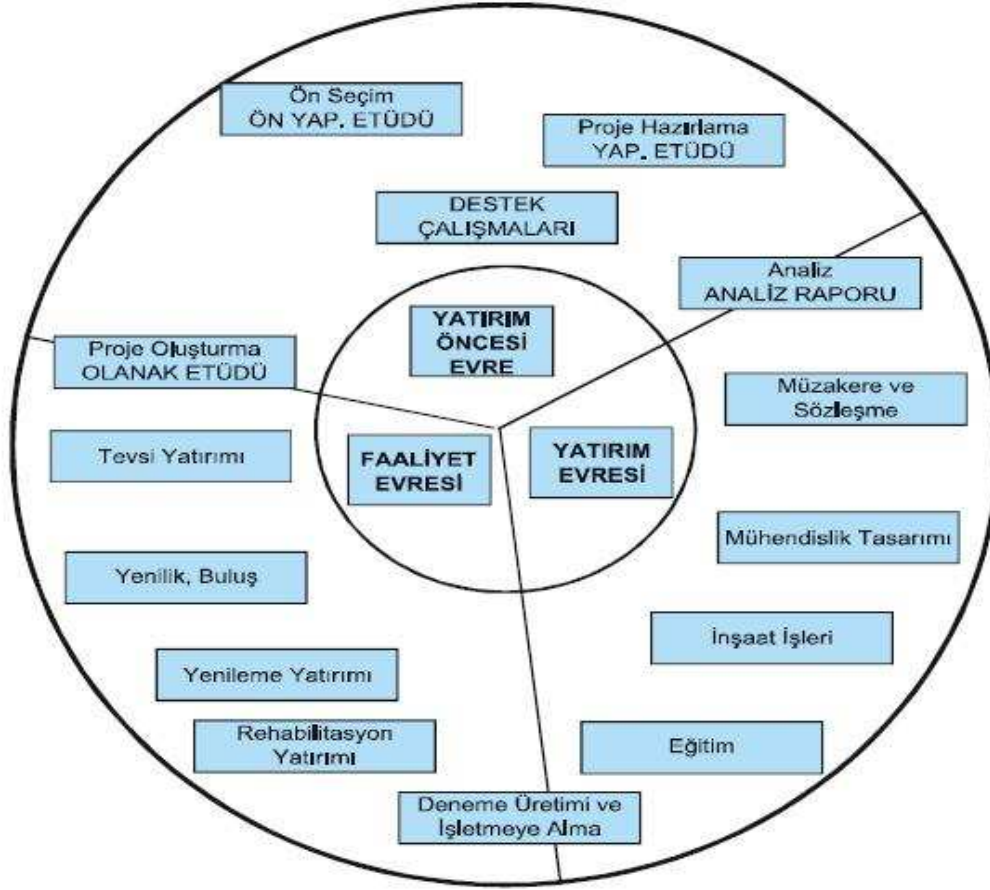
Özellikle kamu yararına yapılan yatırım projelerinde karar verme unsuru çok önemlidir. Karar verme aşamasında ise projenin girdileri, döngüsü ve çıktıları ele alınır ve bu noktada YDM kavramı öne çıkar. Projenin en başında karar verme noktasında YDM belirleyici unsurlar içinde yer almaktadır.

Bu açıdan ele alındığında proje döngüsü şu aşamalardan oluşmaktadır;

- Proje geliştirme
- Proje hazırlama
- Proje analizi
- Proje uygulama
- Proje değerlendirme (Aydeniz, 2007).

Karar alma sürecinde birbirleriyle ilişkili olan ve bütün olarak ele alınması gereken bu aşamaların dikkatle ele alınarak üzerinde durulmaları gerekmektedir (Aydeniz, 2007).

Baum’un çalışmalarından sonra proje döngüsü modeli Goodman ve Love tarafından geliştirilmiş ve son olarak Behrans ve Hawranek tarafından yatırımın 3 evresi olan yatırım öncesi evre, yatırım evresi ve işletme evresinin ortaya konması ile beraber detaylandırılmıştır (Yılmaz ve Akça, 2002).



Şekil 3.2: Unido Proje Döngüsü Yönetimi.

Özetlersek, proje döngüsü yönetimi şu aşamalarda oluşmaktadır;

o Yatırım öncesi aşaması

- Proje oluşturma ve olanak etüdü,
- Ön seçim ve ön yapılabilirlik etüdü,
- Proje hazırlama ve yapılabilirlik etüdü,
- Proje destek çalışmaları.

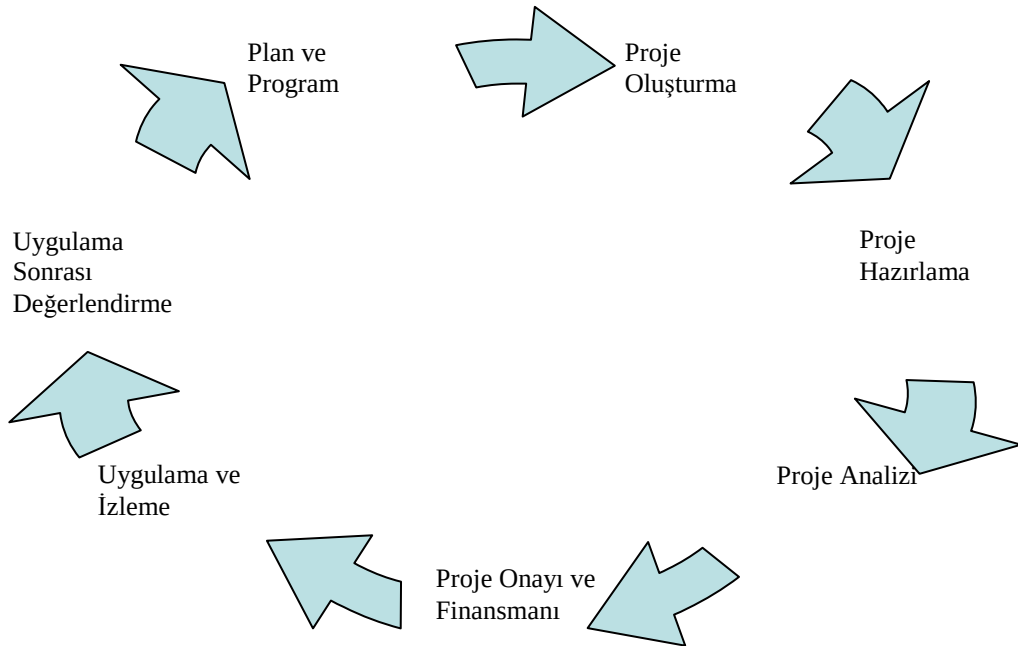
o Yatırım aşaması

- Analiz ve analiz raporu,
- Müzakere ve sözleşme,
- Mühendislik tasarımı,
- İnşaat işleri

- Denetim ve eğitim,
- **Faaliyet (işletme) aşaması**
- Deneme üretimi ve işletmeye alma,
- İyileştirme yatırımı,
- Yenileme yatırımı,
- Yenilikler ve buluşlar,
- Gelişme (tevsî) yatırımı (Aydeniz, 2007).

3.3.1 Türkiye’de kamu projeleri proje döngüsü

Türkiye’deki kamu projelerinde proje döngüsü daha önce açıklanan genel proje döngüsüne benzemektedir. Kamu projelerinde proje döngüsü aşamaları; plan ve program, proje oluşturma, proje hazırlama, proje analizi, proje onayı ve finansmanı, uygulama ve izleme ve uygulama sonrası değerlendirmeden oluşmaktadır.



Şekil 3.3: Türkiye’de Kamu Projelerinin Proje Döngüsü Yönetimi.

Ülkemizde bununla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da proje döngüsü ile ilgili ülkemizde uygulanması gereken aşamalar ile ilgili Yılmaz ve Akça tarafından aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

Çizelge 3.1: Proje Döngüsü Önerileri.

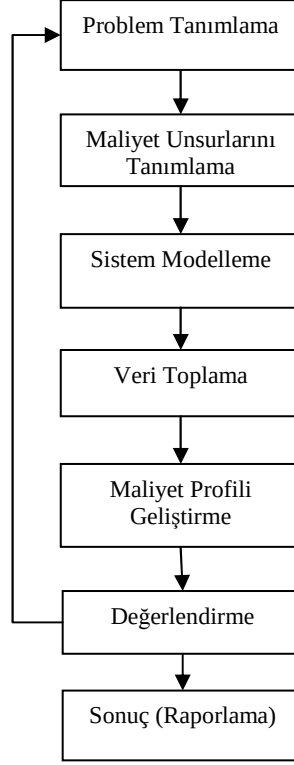
Döngü Evresi	Yapılacak Çalışmalar	Çalışmayı Yapacak Kuruluşlar	Karar Kriterleri
1. Plan ve Program	.Kalkınma Planı ve ÖİK Raporları .Bölgesel Planlar .Master Planlar .Sektörel Planlar	.DPT .Yatırımcı Kuruluşlar .Sivil Toplum Örgütleri (STÖ) .Üniversiteler	.Teknik Açidan Uluslararası Standartlara Uygunluk .Siyasi Açidan Belirlenen Stratejik Hedeflere Uygunluk
2. Proje Oluşturma	.Proje Fikirleri Listesi Çıkarılması .Olanak Etüdüleri Yapılması .Ön Fizibilite Hazırlanması	.DPT .Yatırımcı Kuruluşlar .Mühendislik, Müşavirlik Büroları	.Gerçek İhtiyaca Dönük Olması .Plan ve Programlara Uygunluk .Etkin Kaynak Kullanımı .vd
3. Proje Hazırlama	.Destek Çalışmalar .Fizibilite Etüdü	.Yatırımcı Kuruluşlar .Mühendislik, Müşavirlik Büroları .Üniversiteler	.Uluslararası Proje/Fizibilite Standartlarına Uygunluk .Şartnameye Uygunluk
4. Proje Analizi	.Makro, Teknik, Ekonomik, Sosyal, Çevresel, Kurumsal ve Mekansal Analizler .Proje Analiz Raporu (PAR) Hazırlanması .Yapılabilir Projeler Listesi Oluşturulması	.DPT .İlgili Devlet Kurumları (Çevre Bak., Sanayi Bak., Turizm Bak. vs.)	.Karlılık, Verimlilik, Etkinlik, Etkililik, Uygunluk, Sürdürülebilirlik
5. Proje Onayı ve Finansmanı	.Analiz Sonucu Olumlu Bulunanan Projeler Arasında Sektörel, Bölgesel vb. Kriterlere göre Ödenek Tahsisi	.DPT, YPK	.Projenin Analiz Sonuçları .Sektör ve Bölgesel Analiz Sonuçları .Hazinenin Dış Finansmana İlişkin Görüşü
6. Uygulama ve İzleme	.Proje Yönetim Ekibinin Oluşturulması .İş Planının, İhalelerin Yapılması vb. .Projenin Koordinasyonu .Projenin Denetimi .Proje İzleme Raporu Hazırlanması	.Yatırımcı Kuruluş (Proje Yönetim Ekibi ³⁾ ; .DPT .Denetim Kuruluşları .İzleme Grubu ⁴	.İş Programına ve Mevzuata Uygunluk .Performans Ölçütleri
7. Uygulama Sonrası Değerlendirme	.Değerlendirme Raporu Hazırlanması ve Çıkan Sonuçların Planlama Sürecine Aktarılması	.Değerlendirme Grubu ⁵	.Projenin Planlanan Hedeflere göre Başarıyla Uygulanıp Uygulanmadığı

Bununla beraber benzer çalışmalar Devlet Planlama Teşkilatı, Belediyeler vb. kurum ve kuruluşlar tarafından da halen sürdürülmektedir.

3.4 Yaşam Döngüsü Maliyeti Aşamaları

YDM analizleri çeşitli aşamalar ile yapılmaktadır. Bunlar;

- Problemin tanımlaması
- Maliyet unsurlarının tanımlanması
- Sistem modelleme
- Data toplama
- Maliyet profili geliştirme
- Değerlendirme (Kawauchi ve Rausand, 1999).



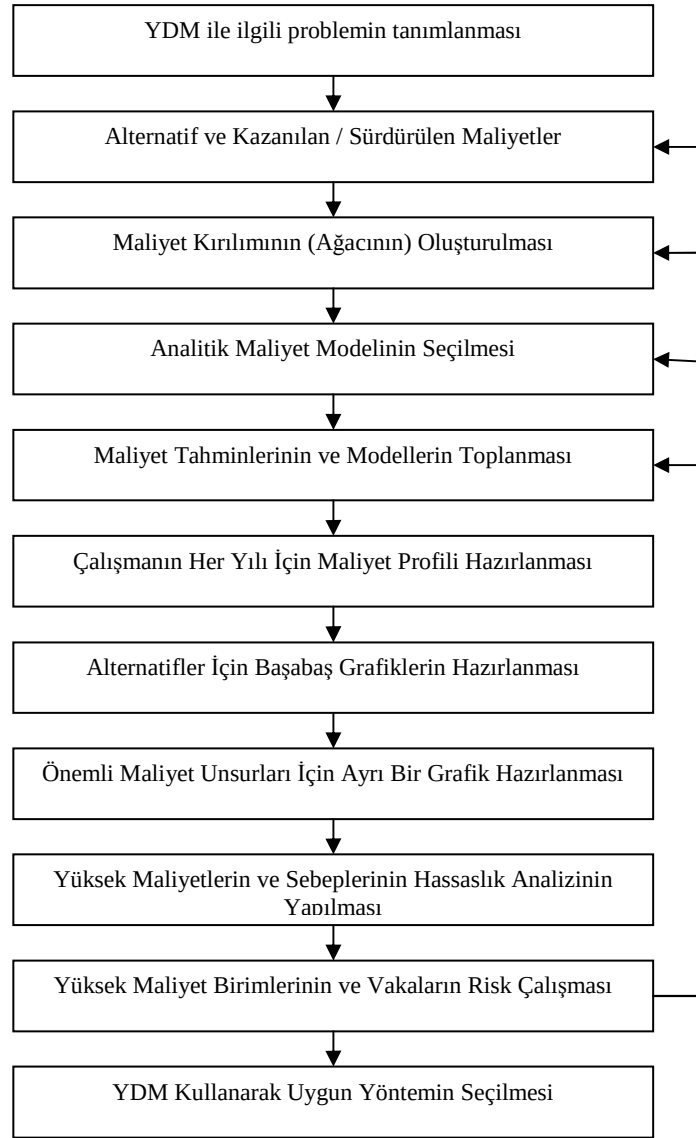
Şekil 3.4: Temel YDM Aşamaları.

Buna ek olarak YDM aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Neyin analiz edilmesi ve projenin yaşam çalışması için zamansal periyodunun uygun finansal kriterler ile tespit edilmesi.
2. Alternatif çözümler bulmak için teknik verilerin ekonomik sonuçlarına odaklanması.
3. Yıllara göre maliyet detaylarının geliştirilmesi.
4. Uygun maliyet modelinin seçilmesi.
5. Maliyet detaylarının elde edilmesi.
6. Yıllık maliyet profillerinin bir araya getirilmesi.
7. Ana unsurlarda detayları zaman ve paraya indirmek için başa baş grafiklerin hazırlanması.
8. Büyük maliyet unsurlarının araştırılması.
9. Yüksek maliyet unsurları için alternatif araştırılması (Örneğin; bakım maliyeti +/- %10 olarak dikkate alınır mı ne olabilir?).

10. Yüksek maliyet unsurları için mantıksal kontrol ve geridönüşüm sağlanması gibi belirsizlik / hata oluşma riski / alternatiflerinin çalışmalarının yapılması.
11. Tercih edilen davranış şeklinin belirlenmesi ve grafiklerle argumanın desteklenmesi için planlama yapılması (Barringer, 2003).

Bütün bu aşamalar neticesinde YDM kavramının iyi bir proje yönetimi olan bir inşaat projesinde de uygulanabilir diyebiliriz. İyi bir proje yönetimi ve planlama çerçevesinde bir projenin yatırım maliyetinin üretim ve işletmeye açıldıktan ne kadar süre sonra geri dönüşümünün başlayacağı genel çerçeveleriyle tespit edilebilir. Bu durum projenin henüz fikir aşamasında yatırımın geleceğinin görülmesini sağlayacaktır.



Şekil 3.5: YDM Akış Şeması

3.5 İnşaat Projelerinde Yaşam Döngüsü Maliyeti'nin Ana Unsurları:

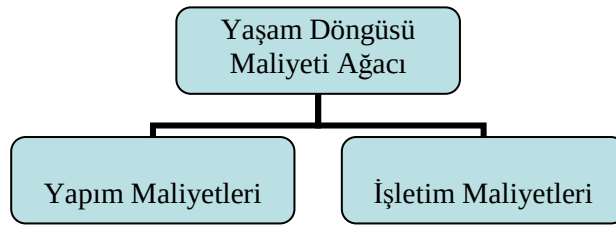
YDM temelde 3 ana unsur içermektedir. Bunlar yapım maliyetleri, işletim maliyetleri ve işletme gelirleridir.

Her yapılan inşaat projesi işletme maliyeti içermese de mutlaka yapım maliyeti içermektedir. Yapım maliyeti; projenin fiili olarak başlangıcından sonuna kadar geçen sürede inşaat, elektrik ve mekanik tüm işlerinin tamamlanması için harcanan yapım giderlerini içermektedir.

İşletim maliyeti ise genellikle kamu yararına yapılan büyük çaplı projelerde (Örn: metro, havaalanı, santral vb.) ortaya çıkan bir unsurdur. İşletim maliyeti, yatırımının fiili olarak kamu yararına hizmeti başladığı andan itibaren ortaya çıkar. İşletme maliyetleri içinde işletmenin tüm bakım, onarım, yedek parça, personel, yakıt, enerji giderleri ele alınmalıdır.

YDM kavramı içinde ele alınması gereken bir diğer unsur da işletim gelirleridir. Özellikle kamu yararına hizmet veren projelerde işletme hizmete açıldıktan sonra işletme geliri elde etmeye başlamaktadır. İşletme gelirleri içinde hizmet sağlayıcı unsurlardan elde edilen gelirler (Örn: Bir metroda yolculardan elde edilen akbil, jeton gelirleri), işletme yeri kiralari, reklam gelirleri vb. unsurlar değerlendirilebilir.

YDM'nin 2 ana maliyet unsuru olan yapım ve işletim maliyetleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;



Şekil 3.6: YDM Ana Maliyet Elemanları

3.5.1 Yapım maliyetleri

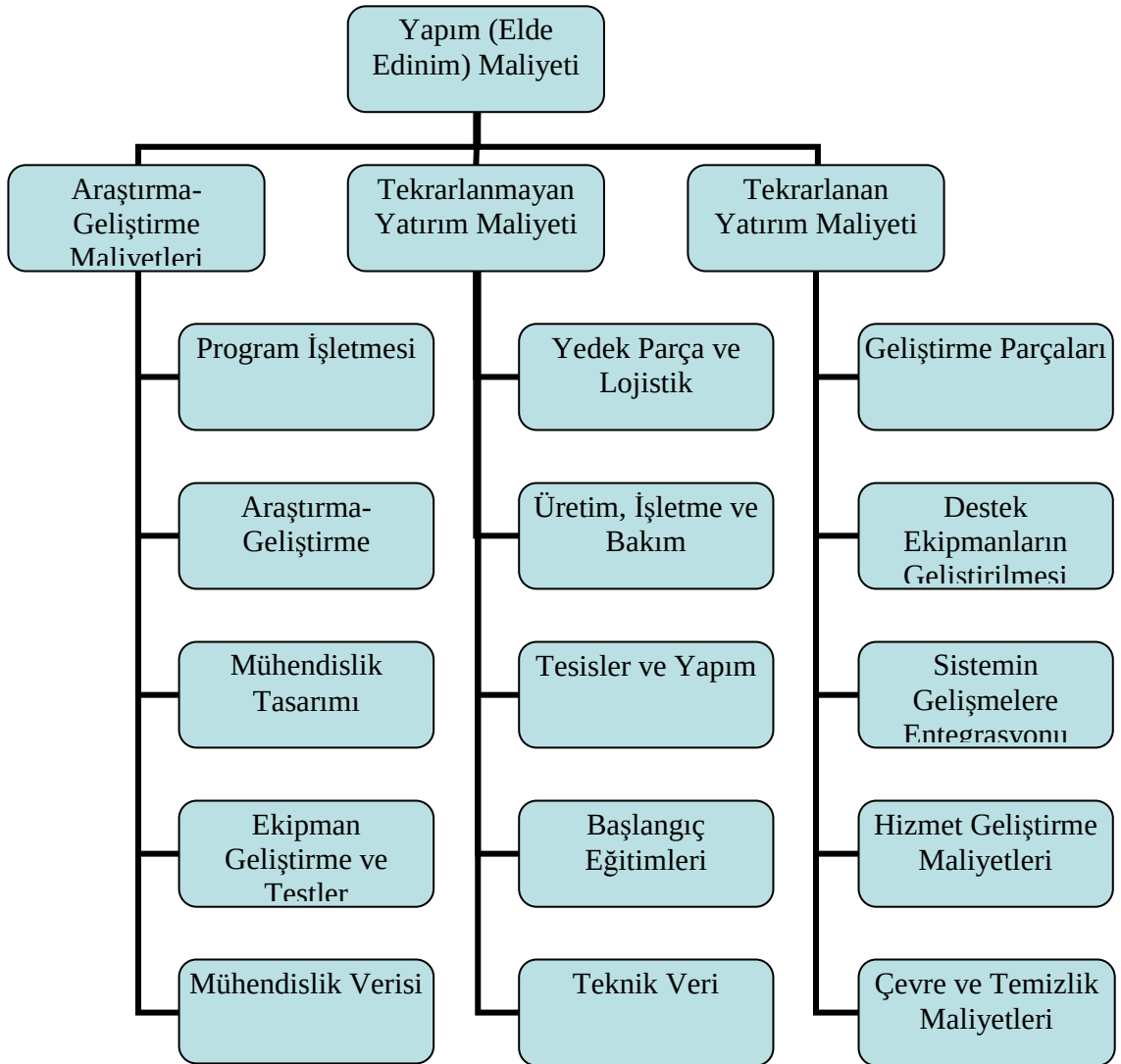
Her inşaat projesinin bir yapım maliyeti bulunmaktadır. Yapım maliyeti ana başlıklar olarak ele alınırsa eğer;

- Araştırma-geliştirme maliyetleri,
- Tekrarlanmayan yatırım maliyetleri,
- Tekrarlanan yatırım maliyetleri olarak gruplanabilir.

Araştırma-geliştirme maliyetleri içinde proje dizayn maliyetleri, fizibilite çalışmaları maliyetleri, yazılım ve işletme maliyetleri, mühendislik verileri maliyeti ve ekipman testleri maliyeti bulunmaktadır. Araştırma-geliştirme maliyetleri projenin başından teslimine kadar süregelen maliyetlerdir.

Tekrarlanmayan yatırım maliyetleri içinde yedek parça ve lojistik maliyetleri (gümrük, kkdf vb.), üretim, işletim ve bakım maliyetleri, tesisler ve yapım maliyeti, teknik veriler ve ilk eğitim maliyetleri yer almaktadır. Genel olarak bakıldığında tekrarlanmayan yatırım maliyetleri başlı başına bir inşaat projesinin yapım maliyetleri olarak değerlendirilebilir.

Tekrarlanan yatırım maliyetleri ise geliştirme maliyetleri, destek ekipmanlar sağlama maliyeti, sistem entegrasyon maliyetleri, fayda geliştirme maliyetlerini içermektedir. Aynı zamanda tekrarlanan yatırım maliyetlerini, bir proje hayat geçtikten sonra yani işletmeye açıldıktan sonra oluşabilecek araştırma, geliştirme, destekleme ve entegrasyon maliyetleri olarak da ele alabiliriz.



Şekil 3.7: Yapım Maliyetleri

3.5.2 İşletim maliyetleri

Her inşaat projesinin yapım maliyeti ile beraber bir işletme ve kullanım maliyeti de vardır. İşletme maliyetleri ana başlıklarla ele alınırsa eğer;

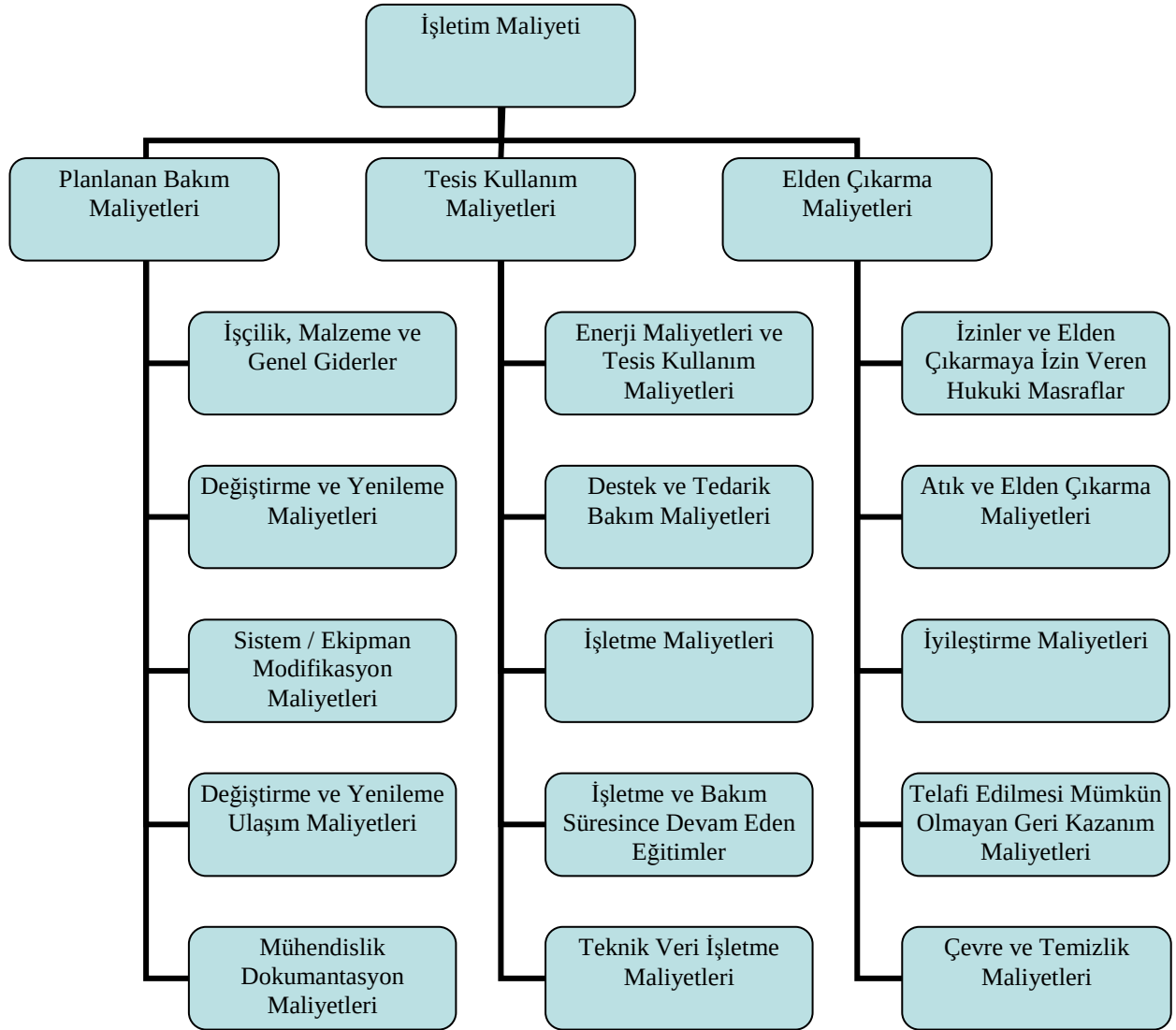
- a. Planlanan bakım maliyetleri,
- b. Tesis kullanım maliyetleri,
- c. Elden çıkarma maliyetleri olarak bölümlendirilebilir.

Planlanan bakım maliyetleri içinde işçilik, malzeme ve genel gider maliyetleri, yenileme ve değiştirme maliyetleri, yenileme ve yer değiştirme nakliye maliyetleri, sistem ve ekipmanların modifikasyon maliyeti ve dokümantasyon maliyetleri yer almaktadır.

Tesis kullanım maliyetleri içinde enerji maliyetleri (su, elektrik, doğalgaz vb.) ve kullanım maliyetleri, destek ve tedarik bakım maliyetleri, işletim maliyetleri, işletme ve bakım için süregelen eğitim maliyetleri ve teknik verilerin işletim maliyetleri yer almaktadır. Kısaca kullanım maliyetleri, bir inşaat yapısı tamamlanıp işletmeye açıldığında hizmet süresi boyunca ortaya çıkan maliyetlerdir diyebiliriz.

Elden çıkarma maliyetleri ise elden çıkarma işlemleri için gerekli tüm yasal işlemlere ait maliyetleri, enkaz yıkım ve elden çıkarma maliyetleri, iyileştirme ve rehabilitasyon maliyetleri, hurda/mülk düzeltme maliyetlerinden oluşturmaktadır.

İşletim maliyetleri içinde aynı zamanda personel maliyetleri (personel maaşları, sigortaları, eğitim ve güvenlik maliyetleri vb.), temizlik maliyetleri, güvenlik maliyetleri, ekipman ve malzemelerin periyodik bakım maliyetleri gibi maliyetler de yer almaktadır. Özellikle kamu yararına gerçekleştirilen ve hizmete açılan inşaat projelerinde (Örneğin; hastane, havaalanı, metro vb.) işletim maliyetleri detaylı olarak ele alınan bir unsurdur.



Şekil 3.8: İşletim Maliyetleri

3.5.3 İşletme gelirleri

YDM kavramı içinde ele alınması gereken diğer bir önemli unsur ise işletme gelirleridir. Her inşaat projesinin yapım ve kullanım süresi boyunca belli bir maliyeti oluşsa da eğer bu proje kamu yararına veren bir proje değilse projenin işletme gelirlerinden bahsedemeyiz.

İşletme geliri ancak kamu yararına hizmet veren projelerin tamamlanıp işletmeye açılmasından itibaren işletim süresi boyunca elde edilir. Bu tip projeler; metro, hastane, havaalanı vb. kamu yararına hizmet veren projelerdir.

Örneğin bir metro projesini ele alırsak eğer işletme gelirleri içinde aşağıdaki ana kalemleri dikkate alabiliriz;

- a. Yolcu gelirleri (jeton ve akbil gelirleri),
- b. Reklam gelirleri,
- c. Büfe, atm vb. kira gelirleri,
- d. Sergiler,
- e. Metro binalarının üzerine yapılan otopark ve yapılar.

Sonuç olarak; yapım ve işletim maliyetlerini ve işletme gelirlerini ele aldığımızda YDM analizinin temel denklemi aşağıdaki şekilde ortaya çıkmaktadır:

$$\text{Yapım Maliyeti} + \text{İşletim Maliyeti} \leq \text{İşletme Geliri}$$

Buna ek olarak YDM analizi genel olarak aşağıdaki prensiple yapılmaktadır;

$$YDM = I + Repl - Res + E + OM\&R + O$$

YDM = Bugünkü değer yaşam döngüsü maliyeti

I = Bugünkü değer yatırım maliyeti

Repl = Bugünkü değer sermaye değişim maliyeti

Res = Bugünkü değer hurda ve elden çıkarma maliyeti

E = Enerji maliyetlerinin bugünkü değeri

OM&R = İşletim, bakım ve tamir maliyetlerinin bugünkü değeri

O = Diğer maliyetlerin bugünkü değeri (sözleşme maliyetleri vb.) (Fuller, 2009).

3.6 Neden Yaşam Döngüsü Maliyeti?

Pek çok ülkede gözlenen çelişki ve problemleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- a. Proje mühendisliği, tek kriter olarak sermaye maliyetlerini minimize etmek istemektedir,

- b. Bakım mühendisliği, tek kriter olarak bakım sürelerini minimize etmek istemektedir,
- c. Üretim, tek kriter olarak çalışma sürelerini maksimize etmek istemektedir,
- d. İşletim mühendisliği, tek kriter olarak aksama ve hatalardan kaçınmak istemektedir,
- e. Muhasebe, tek kriter olarak projenin net bugünkü değerini maksimize etmek istemektedir,
- f. Hissedarlar ise tek kriter olarak hisse senedi değerini maksimize etmek istemektedir (Barringer, 2003).

Proje yönetimi, bu potansiyel fayda çatışmalarına en uzun süreli işletim sınırları altında düzen vermekle sorumludur (Barringer, 2003). YDM bu noktada bitmeyen fayda çatışmalarına gerçekler, para ve zaman üzerinde odaklanarak düzen veren bir karar verme aracıdır (Barringer, 2003).

Bu noktada bakıldığında YDM kavramının uygulanmasında en önemli aşama karar verme noktasıdır. Özellikle inşaat projeleri gibi yapım aşaması tamamlandıktan sonra geriye dönme şansı olmayan veya olsa bile büyük maliyetlerle yeniden yapım, yıkım, restorasyon vb. gerçekleşen projelerde, projenin karar verme aşamasında gerekli tüm analizlerin yapılması ve tüm alternatif sonuçların dikkate alınması gerekmektedir.

Kamu yararına yapılan ve işletmeye açılan inşaat projelerinde ise karar verme noktasında YDM hayati önem taşımaktadır. Yatırımın ne kadar süre işletileceği, ne kadar işletme geliri sağlayacağı, bu gelirin yıllara göre ne oranda artacağı, bunlarla beraber işletim maliyetlerinin yıllara göre nasıl değişeceği vb. unsurlar dikkate alınarak yatırımın daha en başında gerçekleşmesinin gerekliliği ortaya konmalıdır.

Bunlara ek olarak; YDM sadece projenin en başında değil ilerleyen süreçlerinde de karar verme unsuru olarak kullanılabilir. Örneğin; bir projenin işletmesinin herhangi bir aşamasında işletmeye devam edilip edilmemesi hususunda karar vermede YDM analizi yapılabilir ve buna göre işletmenin devam edebilirliğine karar verilebilir.

YDM teknikleri aynı zamanda mühendisler için görselleme teknikleri ile değiş-tokuş fikirlerin üretilmesi için metod sağlamaktadır (Barringer, 2003).

YDM basit olarak maliyetleri düşürme gibi hiç bitmeyen bir maceranın bir durak noktasıdır (Barringer, 2003).

Sonuç olarak; YDM kavramı her geçen gün gelişen ve büyüyen inşaat sektöründe hayati önem taşıyan bir kavram haline gelmiştir. YDM büyük çaplı yatırımlarda fayda-maliyet unsurlarını ortaya koyarken aynı zamanda yatırımcıya da projenin henüz karar aşamasında ışık tutmaktadır. Bu noktadan bakıldığında YDM kavramının gerekliliği göz ardı edilemez.

3.7 Metro Projelerinde Fizibilite

Ön araştırma, ümit verici yatırım alanlarının belirlenmesi için yapılmakta ve bir yatırımın başarısının başlangıç noktasını teşkil etmektedir. Ön araştırma sonucunda ortaya çıkan yatırım alternatiflerinin ekonomik, teknik, finansal ve hukuki fizibilite etüdlerinin hazırlanması, yatırım projelerinde esas (temel) araştırma safhasını oluşturur (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Ekonomik etüdler kapsamında yapılan Pazar araştırması çalışmalarının amacı, gerçek ve potansiyel talep ve arz özelliklerinin bileşimi, üretilecek veya halen üretilen ürünlerin analizini yapmaktır (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Teknik etüdlerde ise, üretim metodunun seçimi, üretim miktarı, cinsi ve değeri, makina ve teçhizat, tesisin yerleşim planı, yapı ve inşaat işleri, montaj işleri, teknik yardım, patent ve know-how'a ilişkin ayrıntı analizlerinin yapılması gereklidir (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Finansal etüdlerin amacı, yatırım tutarının, işletme sermayesi miktarının, birim üretim maliyetinin ve yatırımdan sonra gerçekleşecek karın önceden belirlenmesidir (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Hukuksal etüdlerde ise işletmenin hukuki yapısına ilişkin bilgiler araştırılır (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Metro gibi kamu yararına yapılan projelerin hazırlanmasındaki aşamaları başlıca aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

1. Proje fikrinin doğuşu
2. Ön araştırma
3. Fizibilite etüdü
4. Genel değerlendirme ve yatırım kararının alınması
5. Kesin proje
6. Projenin uygulanması
7. Deneme üretimi
8. Üretime geçiş (işletmeye alma) (Büker ve Aşıkoğlu, 1994).

Genel olarak fizibilite etüdü yapılmasındaki amaç; yatırımcının ne üreteceği, nasıl üreteceği, üretilen malı ne fiyattan nereye satacağı, ne kadarlık bir yatırımın tutarına fon sağlayacağı, yatırımdan ne kadar gelir sağlayacağı sorularına cevap vermektir (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Bununla beraber, yatırım projesinin temel araştırma safhasında yatırımın büyüklüğü, yatırımda teknoloji düzeyi, yatırıma tahsis edilecek sermaye miktarı, kurulacak tesislerden yararlanma süresi, yatırımın sağlayacağı gelir, üretilen mamullerin birim maliyet fiyatları, yatırılan sermayenin verimliliği, üstlenilen risk ve yatırımın milli ekonomi açısından faydası ortaya konur (Büker ve Aşıkoğlu, 1994). Ayrıca yapılacak yatırımın işletmeye açılmasından sonraki süreç ile ilgili talep tahminlerinin de titizlikle yapılması ve buna göre en optimum işletme senaryosunun uygulanması gerekmektedir.

Buradan da anlaşılacağı gibi özellikle metro gibi kamu yararına hizmet veren projelerde fizibilite çalışmaları hayati önem taşımaktadır. Fizibilite kavramı YDM kavramı ile birlikte ele alınan bir kavramdır. Bir projenin ne kadar fizibilite açısından uygun olduğu ile o projenin YDM'i arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır.

Bununla beraber metro gibi kamu yararına hizmet veren projelerde genel olarak fizibilite çalışmaları aşağıdaki aşamalarla yapılmaktadır:

- **Projenin Tanımı**
 - o Giriş
 - o Projenin Kısa Açıklaması
- **Projenin Yapılacağı Ülkenin Genel Tanıtımı**
 - o Genel
 - o Parlamento ve Hükümet Yapısı
 - o Projenin Yapılacağı Ülkenin Ekonomik Yapısı
 - Ekonomik Yapının Genel Değerlendirmesi
 - Finansman Kuruluşları
 - Yabancı Ekonomik Aktiviteler
 - o Projenin Yapılacağı Şehrin Özet Bilgisi
- **Yatırımın Niteliğinin Açıklanması**

- **Projelerin İnceleme ve İrdeleme Raporu**
 - o Mimari Projeler
 - Mimari Projelerin Genel Değerlendirmesi
 - Kullanım Alanları Metrekare Listesi
 - Metraj Ve Keşifler
 - o Statik Betonarme Projeler
 - o Mekanik Tesisat Projeleri
 - İklim Şartları
 - Yapıda Uygulanacak Teçhizat
 - Kullanma Suyu Tesisatı
 - Yangın Suyu Tesisatı
 - Pis Su ve Yağmur suyu Tesisatı
 - Radyatör ile Isıtma Sistemi
 - Fan-Coil ile Isıtma-Soğutma (Klima) Tesisatı
 - Kanallı Havalandırma Tesisatı
 - Egzost Havalandırma Tesisatı
 - Otomatik Kontrol Tesisatı
 - Teçhizat ve Donanım
 - Sonuç
- **Elektrik Tesisatı Projeleri**
 - A.G. Enerji Temini ve Güç Tahmini
 - Yedek Enerji Temini
 - Aydınlatma Tesisatı
 - Kuvvet Tesisatı ve Asansörler
 - Telefon Tesisatı
 - Yangın İhbar ve Alarm Tesisatı
 - Data Sistemi
 - Müzik Yayın Tesisatı
 - Yıldırımdan Korunma ve Topraklama Tesisatı
 - Kesin Projeler
- o Altyapı Projeleri

- **İş Programı**
- **Firma Profili**
- **Finansal Analiz**
 - o Yatırım Tahmini
 - o Yatırımın Finansmanı
 - o Amortismanlar
 - o Yıllık İşletme Giderleri
 - o Gelir Tahminleri
 - Kira Gelirleri
 - Satış Gelirleri
 - o Kar Payı Ödemeleri
 - o Kar ve Zarar Tahminleri
 - o Yatırımın Nakit Akışı
 - o Ekonomik Değerlendirme
 - Geri Dönüş Oranı
 - Geri Dönüş Süresi
 - İskonto Edilmiş Geri Ödeme Süresi
 - Net Bugünkü Değer
 - İç Verim Oranı
 - Modifiye Edilmiş İç Verim Oranı (Url-4 [http:// baskent.edu.tr](http://baskent.edu.tr), 2010).

Buradan da görülebileceği gibi, yapılan fizibilite analizleri, metro projelerine ait ekonomik maliyetleri olduğu kadar ekonomik kazanımları da inceler ve projenin net kazanımlarının ülkedeki diğer yatırım imkanlarından elde edilebilecek kazanımlardan fazla olup olmadığını değerlendirir (Gerçek ve Demir, 2007).

Bir projenin fizibilite açısından ne kadar uygun olduğu doğrudan YDM'yi etkileyen bir unsurdur. Fizibilite açısından yapımı uygun olmayan bir inşaat projesi için efektif bir YDM de hesaplanamaz.

Sonuç olarak metro gibi fizibilite çalışmaları bakımından önem arz eden projelerde dolaylı olarak YDM analizi de kısmen yapılmış olmaktadır.

3.8 Metro Yatırımlarında Fizibilite-YDM Karşılaştırması

Genel olarak fizibilite çalışmaları kapsamında YDM analizlerine benzer çalışmalar yapılsa da projenin amortisman hesabında fizibilite çalışmaları yaklaşık sonuçlar vermektedir. Özellikle metro gibi işletmeye açılan ve gelir sağlayan projelerde yatırım amortismanı hesabında fizibilite yerine YDM analizi kullanmak daha gerçekçi sonuçlar verebilmektedir. Aşağıdaki sebeplerden dolayı metro projesi yatırımlarının geri dönüşüm süresi hesabında fizibilite yerine YDM analizi kullanılmalıdır:

- a. Hem fizibilite hem de YDM analizlerinde proje yapım maliyetleri yatırım amortisman hesabında en önemli unsur olmaktadır. Yapım maliyetleri fizibilite çalışmalarında yaklaşık tahmini değerlerle (Örneğin inşaat m² maliyetlerini kullanarak toplam X m² inşaat alanının yapım maliyetinin tahmin edilmesi) hesaplanırken, YDM analizlerinde yapım maliyetleri daha detaylı ele alınmaktadır. Metro projeleri kapsamında her türlü kaba ve ince inşaat işleri, elektrik, elektronik, sinyalizasyon sistemleri, havalandırma, asansör ve yürüyen merdivenler, atölye ekipmanları ve her türlü tesisat işleri dahil edilerek yapım maliyeti hesaplanmaktadır.
- b. Bununla beraber, her yatırım projesi metro projeleri gibi işletmesi olan ve gelir getiren bir proje olmayabilir. Örneğin bir karayolu projesinde işletme gelirinden söz etmek mümkün değildir. Bu sebeple, bu tip projelerde tahmini fizibilite çalışmaları yapılsa da birebir fayda-maliyet analizi yapmak oldukça zordur. Fakat metro gibi işletme geliri sağlayan yatırım projelerinde YDM analizi ile gerçeğe yakın bir fayda-maliyet sonucuna varılabilmektedir.
- c. Aynı zamanda metro yatırımlarında işletme maliyeti unsuru söz konusudur. Fizibilite yapılan her projede bakım, yedek parça veya personel maliyeti gibi işletme maliyetleri bulunmayabilir. Dolayısıyla yapılan birçok fizibilite çalışmasında sadece yapım maliyeti ele alınarak tahmini yatırım amortismanı yapılmaktadır. Halbuki YDM analizinde yapım maliyetleri ile birlikte metro işletmesi süresince oluşabilecek tüm işletim maliyetleri de dikkate alınmakta ve amortisman hesabı buna göre yapılmaktadır.

- d. Ayrıca metro gibi işletmeye açılan yatırımlarda en efektif işletme senaryosunun uygulanması işletmeden en yüksek gelirin sağlanabilmesi için önemlidir. Bu amaçla metro tren seferlerinin sıklığı, yolcu sayısı ve profili tahminleri, bilet satışları vb. tüm unsurların çeşitli kombinasyonları ile değişik işletme senaryoları oluşturarak içlerinden en çok gelir sağlayanı tercih edilebilir. En doğru işletme senaryosu seçimini tahmini fizibilite çalışmaları yerine YDM analizi ile yapmak daha gerçekçi sonuçlar verebilmektedir.

Bu sebeplerden dolayı metro yatırımlarının geri dönüşüm süresi hesaplamalarında fizibilite etüdüleri yerine YDM analizleri uygulanmasının daha gerçekçi sonuç vereceği düşünülmüş, yapılan bu tez çalışmasında YDM analizi tercih edilmiştir. Aşağıdaki çizelgede özet karşılaştırma mevcuttur.

Çizelge 3.2: Metro Projelerinde YDM-Fizibilite Karşılaştırması

YDM Analizi		Fizibilite Etüdü
Yapım Maliyetleri	Daha detaylı olarak hesaplanır	Tahmini hesaplanır
İşletme Senaryosu	Çeşitli kombinasyonlarla türetililip en uygunu seçilir.	Geçerli değil
İşletme Geliri	Geçerli	Geçerli değil
İşletim Maliyeti	Geçerli	Geçerli değil

4 MODEL

Yaşam Döngüsü Maliyeti analizleri Kawauchi, Rausand, Barringer, Grandsberg ve Molenaar gibi araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur.

Kawauchi ve Rausand tarafından yapılan analizlere göre yaşam döngüsü maliyeti aşamaları genel olarak; problemi tanımlama, maliyet unsurlarını tanımlama, sistem modelleme, veri toplama, maliyet profili geliştirme, değerlendirme ve sonuca varma aşamalarından oluşmakta olup spesifik bir uygulama alanı belirtmemektedir.

Bununla beraber Barringer tarafından ortaya konan analizler ise; proje döngüsü için uygun finansal kriterleri belirleme, alternatifler için belirlenen teknik verilerin ekonomik olarak sonuçlarını inceleme, yıllara göre maliyet değişimlerini inceleme ve buna göre en uygun maliyet modelini belirleme, ana büyüklüklere ait para ve zaman grafiklerini oluşturma, büyük maliyet unsurlarını irdeleme ve bunlar için alternatifler araştırma, mantıksal kontrol ve sonucunda bir davranış şekli belirleme ve grafiklerle argumanı destekleme aşamalarından oluşmaktadır.

Hem Kawauchi ve Rausand, hem de Barringer tarafından ortaya konan YDM analizleri genel olarak fabrikasyon seri üretimlerde model olarak alınmış, inşaat projelerinde çok fazla uygulama yapılmamıştır.

Aynı zamanda Grandsberg ve Molenaar tarafından da YDM analizleri yapılmış ve çalışmalarının bir kısmı inşaat sektörü üzerinde yoğunlaşmıştır. Dizayn aşamasından yapımın tamamlanmasına kadar geçen süreçte ulaşım projeleri için yaşam döngüsü dizayn kriterleri belirleyen çalışmalar yapmışlardır. Fakat yaptıkları araştırmalar, YDM analizinin anahtar teslim ulaşım projeleri için verilen fiyat tekliflerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılabileceği sonucunu ortaya koymuş, daha öteye geçmemiştir.

Sonuç olarak yapılan YDM analizleri genellikle teoride kalmış, inşaat sektörü ve özellikle metro gibi kamu yararına hizmet veren projelerde herhangi bir model uygulaması ortaya konmamıştır. Yapılan analizler genellikle Amerika’da gerçekleşen boru hattı projelerinde uygulanmış, bunun dışında herhangi bir inşaat projesinde detaylı olarak ele alınmamıştır. Dolayısıyla ortaya konan çalışmalar bu tez çalışması kapsamında ele alınan “Metro Projelerinde YDM Maliyeti ve Süresinin Tespiti ve Bu Sürenin Optimizasyonu için Öneriler” konusunun irdelenmesi için temel aşamaları oluştursa da detaylı analiz yapılması için yeterli değildir.

Bu sebeple; bu tez çalışması kapsamında ele alınan metro projeleri yaşam döngüsü maliyeti ve süresinin tespit edilmesi için yeni bir model oluşturulmuştur. Modelin oluşturulmasında gerçekleştirilen aşamalar sırası ile şöyledir:

4.1 Yapım Maliyetlerinin Tespit Edilmesi

Kurulan modelde öncelikle metro yapım maliyetlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma aslında projenin teklif aşamasında yapılan fiyat çalışması ile benzerlik göstermektedir.

1. Yapılacak metro projesi ile ilgili avan projeler ele alınır ve ön metraj çalışmaları yapılır. Projenin ana kalemleri ve detay kalemleri için tek tek metraj çıkarılır. Diğer yandan bu kalemler için piyasadan fiyat teklifleri alınır. Mevcut proje ve şartnamelere en uygun fiyat teklifleri baz alınarak her bir kalem “poz” adı altında ayrı ayrı fiyatlandırılır.
2. Her bir poz için ayrı ayrı birim adamxsaat belirlenerek işçilik bedelleri tespit edilir.
3. Proje aşamasında kullanılacak her tip ekipman, araç, araba vb. tüm ulaşım, taşıma ve nakliye unsurları için ayrı ayrı mazot, benzin, yağ, bakım ve varsa kira bedelleri tespit edilir ve bu bedeller ilgili pozların fiyatına eklenir.
4. Yurtdışından temin edilecek malzemelerde gümrük, kkdf vb. masraflar hesaplanır ve bu bedeller ilgili malzemelerin fiyatına eklenir.

5. Son olarak yapımı üstlenecek olan firma teklifinde mevcut tüm fiyat kalemleri için kendi belirleyeceği genel gider kar oranını ekler ve bulunan malzeme, işçilik, nakliye ve genel gider kar bedelleri toplanarak toplam bir yapım maliyeti hesaplanır. Bulunan toplam maliyetin “Euro” olarak hesaplanması modelin diğer aşamalarında ele alınacak işletme maliyetleri ve işletme gelirleri ile yapılacak hesaplarda kolaylık sağlayacaktır.

Yapım maliyetlerinin modelin kurulması aşamasında doğru tespit edilmesi oldukça önemli olmakla beraber, herhangi bir yanlış fiyat tespiti yapılacak olan YDM analizinin sonucunun da yanlış çıkmasına sebep olacaktır. Çünkü yapım maliyetleri YDM analizinde ele alınan en büyük maliyet unsurudur ve doğrudan yatırımın amortismanının ne kadar sürede tamamlanacağı hususunda fikir verebilmektedir.

Bununla beraber; metro gibi kamu yararına yapılacak büyük inşaat projelerinde yapım maliyeti belirlemek kolay bir iş değildir. Bilindiği üzere inşaat firmaları bu tip maliyet öngörüsü çalışmalarını bünyelerinde mevcut “Teklif Departmanı” ile yürütmekte olup, yapılan çalışmalarda işinde uzman mühendisler görev almaktadır. Bu yüzden metro projelerine ait yapım maliyetlerinin genellikle firmaların ihale aşamasında hazırladığı fiyat teklifi çalışmalarından alınması modelin YDM analizi sonuçlarının gerçeğe yakın olmasını sağlayacaktır diyebiliriz.

Yapım maliyetleri ile ilgili bir diğer husus da projenin yapım aşaması başladığında bu maliyetlerin süreye göre dağılımını hesaplamaktır. Örneğin; toplam yapım süresi 3 yıl olan ve toplam yapım maliyeti 90 Milyon Euro olan bir metro projesinde bu yapım maliyetinin yıllara ve hatta aylara göre nasıl dağıtılması gerektiği sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu aşamada projenin ana iş programı ele alınmalı ve projenin iş yoğunluğu olarak pik yaptığı süreler dikkate alınmalıdır ve yapım maliyeti buna göre dağıtılmalıdır. Bir diğer çözüm önerisi de, yapım maliyetinin yıllara göre eşit dağılımı olacağı kabulünün yapılmasıdır. Yani, 90 Milyon Euro olan yapım maliyetinin 3 yıllık bir metro projesinde her yıl için 30 Milyon Euro olacağı kabul edilebilir. Kurulan modelde dağılım bu bazda yapılmıştır.

4.2 İşletme Maliyetlerinin Tespit Edilmesi

Yapılacak olan metro projesine ait işletme maliyetlerinin belirlenmesi bir diğer önemli unsurdur. Kurulan modelde metro işletme maliyetlerinin enerji maliyetleri, personel maliyeti, yedek parça ve bakım maliyeti, sabit ve indirekt maliyetlerden oluştuğu kabul edilmektedir.

1. İşletim maliyetlerinin içinde büyük pay sahibi olan maliyet enerji maliyetleridir. Metro işletmesinin elektrik enerjisi ile yapıldığı düşünüldüğünde büyük miktarda elektrik enerjisi tüketimi söz konusudur. Bununla beraber işletme sırasında su, doğalgaz, telefon, internet, uydu yayını vb. enerji maliyetleri de mevcut olacaktır. Modelde, enerji maliyetleri hesabı belirli kabuller ile yapılabileceği gibi metro işletmesi yapan şirketlerden (örneğin; İstanbul Ulaşım A.Ş.) de doğrudan temin edilebilir.
2. İşletme maliyetlerinin içinde ikinci büyük pay sahibi maliyet personel maliyetleridir. Personel maliyetleri için metro işletmesi yapan şirketlerde mevcut organizasyon şemaları baz alınabilir. Bu şemalara göre işletme sırasında görev alacak personel sayısı, niteliği ve brüt maaşları güncel veriler ile belirlenir.
3. İşletme maliyetleri içinde bir diğer unsur da yedek parça ve bakım maliyetleridir. Metro gibi kamu kullanımına açık projelerde periyodik bakımlar ve olası arızalara müdahale edilebilmesi işletmenin sağlıklı olması açısından önemlidir. Metro sistemlerinde kullanılan elektrik, mekanik ve elektronik sistemlere ait yedek parçalar ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Modelde yedek parça maliyetleri için kabul yapılabileceği gibi, bu veriler ihale aşamasında yapılan fiyat tespiti çalışmalarından da alınabilir.
4. Modelde, işletme maliyetleri içinde son unsur olarak her işletmede ele alınan sabit ve indirekt giderler bulunmaktadır. Sabit ve indirekt giderler içinde güvenlik, servisle ulaşım, tamirat, kırtasiye, eğitim vb. giderler bulunmaktadır. Bu giderler için belirli kabuller yapılabileceği gibi, bu veriler metro işletmesi yapan şirketlerden de doğrudan temin edilebilir.

Aynı zamanda, işletme maliyetlerinin de yıllık olarak ve Euro bazında hesaplanması YDM analizinde uygulanabilirlik açısından kolaylık sağlayacaktır.

4.3 İşletme Gelirlerinin Tespit Edilmesi

İşletme gelirleri modelin önemli olan 3 parasal unsurundan biridir. Metro işletmesinden elde edilecek gelirler içinde belli başlı olanlar yolcu gelirleri, reklam gelirleri ve kira gelirleridir.

1. Metro işletmesinde en büyük gelir yolcu taşımasından elde edilmektedir. Yolcu gelirlerinin hesabı ise yolcu sayısı tahminlerinden yapılabilir. Geleceğe yönelik yolcu sayısı tahminleri, metro işletmesi yapan şirketlerin istatistik verilerinden alınıp lineer enterpolasyon yöntemi ile yapılabileceği gibi kamu yatırımlarının fizibilite çalışmalarını yürüten firmalardan da elde edilebilir.

Modelde yolcu sayısı tahmini kadar yolcu profili de önem taşımaktadır. Metro güzergahı üzerinde mevcut yerleşimler dikkate alınarak metroyu kullanacak yolcuların yaş dağılımını belirlemek ve buna göre indirimli ve indirimsiz bilet kullanacak yolcu profilini tespit etmek gerekir. Elde mevcut verilerin bulunması halinde metroda indirimli ve indirimsiz bilet kullanan yolcuların oranı bulunur ve bu oranlar yıllara göre sabit kabul edilip geleceğe yönelik yolcu geliri tahmin edilebilir. Modelde bir diğer önemli unsur da yolcu gelirlerini etkileyen jeton ve bilet fiyatlarıdır. Kurulan modelde bu veriler güncel değerlerden alınmış olup Euro'ya çevrilerek hesaplara dahil edilmiştir. Modelde yolcu sayısının yıllara göre değişiminin hesaplanmasında istatistik yöntemler de kullanılabilir. Bu tip çalışmalar bireysel olarak yapılabileceği gibi hali hazırda Devlet Planlama Enstitüsü tarafından yürütülen çalışmalardan da elde edilebilir.

2. İşletme gelirleri içinde bir diğer unsur da reklam gelirleridir. Metro araçları üzerindeki reklamlar ve istasyonlarda firmalara kiralanın reklam panolarının gelirleri reklam gelirleri içine girmektedir. Modelde bu veriler için kabul yapılabileceği gibi halihazırda reklam veren firmalardan veya doğrudan metro işletmesi yapan şirketlerden de elde edilebilir.

3. Son olarak metro işletmesinde gelir sağlayacak unsur kiralanabilir alan gelirleridir. Kurulan modelde kiralanabilir alan geliri olarak metro istasyonları içinde mevcut büfe, bankamatik vb. bölümlerin işletmeye sağladığı kira bedeli ele alınmıştır. Bu veriler için güncel değerlere göre kabul yapılabileceği gibi doğrudan metro işletmesi yapan şirketlerden de elde edilebilir.

İşletme gelirlerinin de, işletme ve yapım maliyetleri gibi yıllık ve Euro bazlı hesaplanması modelin sonunda yapılacak olan YDM analizinde uygulanabilirlik açısından kolaylık sağlayacaktır.

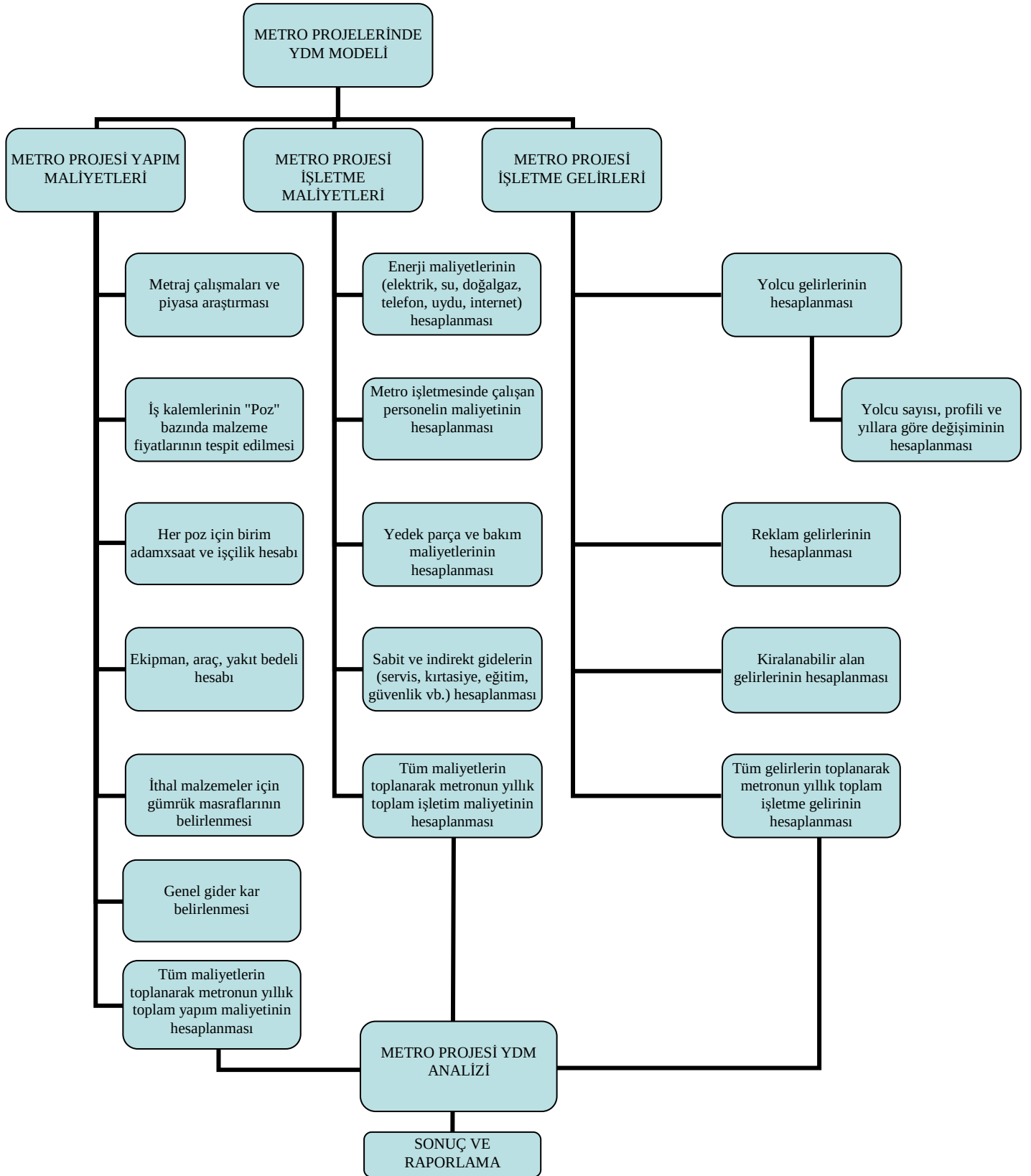
4.4 Modelin YDM Analizinin Yapılması ve Sonuçlar

Kurulan modelde ayrı ayrı metro yapım maliyetleri, işletme maliyetleri ve işletme gelirlerinin yıllara göre değişimi hesaplanır. Maliyetler Euro bazlı hesaplanacağı için yıllara göre değişimi Avrupa Birliği Euro enflasyonu baz alınarak hesaplanır. Bulunan değerler maliyet-zaman grafiğine aktarılır ve 3 değerın kesişme noktası metro yatırımının geri dönüşüm süresini verir. Bu süre bulunduktan sonra bulunan değerler aşağıda verilen YDM fonksiyonuna aktarılır ve yatırımın yaşama döngüsü maliyeti hesaplanır.

$\text{Yapım Maliyeti (A)} + \text{İşletim Maliyeti [a(x)]} \leq \text{İşletme Geliri[b(x)]}$

Modelde bulunan sonuçlar %100 kesinlikte olmamakla beraber güncel verilerin kullanılması ve hesaplamalarda belirli kabuller ve istatistik yöntemler kullanılması sebebiyle gerçeği olabildiğince yansıtabilmektedir.

4.5 Modelin Akış Şeması



Şekil 4.1: Model Akış Şeması

5 MODEL UYGULAMASI

Yapılan bu tez çalışmasında, 6 istasyon ve 1 depo ve atölye binasından oluşan ve toplam hat uzunluğu yaklaşık 8 km. olan IV.Levent-Hacıosman Metro Projesi örnek proje olarak ele alınmış ve model uygulaması bu proje verileri baz alınarak hesaplanmıştır. Mevcut modelde öncelikle yapım maliyetleri ele alınmıştır. Yapım maliyetlerinden yararlanarak istasyonların ortalama m² maliyeti ve hattın km başına maliyeti bulunmuş ve buna göre metro projelerinde ortalama yapım maliyetleri genellenmiştir.

İkinci aşamada ise işletme maliyetleri ele alınmıştır. Buna göre model metro projesinin işletmeye açılmasından itibaren hizmet vereceği belirli bir periyod için personel, enerji, yakıt, yedek parça, bakım vb. maliyetleri ortaya konmuş ve aynı zamanda ilerleyen yıllar için maliyet değişimleri tahmin edilmiştir.

Üçüncü aşamada ise işletme gelirleri ele alınmıştır. Buna göre metronun işletmesi boyunca elde edilecek olan yolcu gelirleri (jeton, akbil vb.), reklam gelirleri, kira gelirleri ortaya konmuş ve aynı zamanda ilerleyen yıllar için gelirdeki artış oranları tahmin edilmiştir.

Son olarak bulunan değerler ile ülkemizde yapılan model metro projesi için YDM analizi yapılmış ve buna göre metro yatırımının kaçınıcı yıldan itibaren geri dönüşümünün başlayacağı hesaplanmıştır.

5.1 Model Yapım Maliyetleri

Bu bölümde halihazırda yapımı devam eden 4. Levent-Hacıosman Metro Projesi yapım maliyetleri ele alınmıştır. Yapım maliyetleri içinde ele alınan ana kalemler;

- İşçilik,
- Malzeme,
- Nakliye,
- Ekipman,
- Yakıt,

- Yedek Parça,
- Gümrük maliyetleridir.

Bununla beraber ele alınan örnek projede yapım maliyetleri aşağıdaki ana kalemler altında bölümlendirilmiştir. Bu maliyetler Çizelge 6.1’de özet olarak verilmiş olup detayı Ek.A’da mevcuttur. Bunlar;

- a. İnşaat ve Demiryolu
- b. Güç Temini ve Cer Gücü
- c. Sinyalizasyon
- d. Kontrol ve Haberleşme
- e. Çevresel Kontrol
- f. Yardımcı Tesisler
- g. Yürüyen Merdiven ve Asansörler
- h. Genel Hizmetler
- i. Atölye Ekipmanları kalemleridir.

Çizelge 5.1: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Yapım Maliyetleri.

BÖLÜM ADI		YAPIM MALİYETİ EUR
1	İnşaat ve ince işler	133.047.612,45
2	Güç Temini ve Cer Gücü	23.054.763,13
3	Sinyalizasyon Sistemi	27.076.360,92
4	Kontrol ve Haberleşme Sistemi	24.112.403,73
5	Çevresel Kontrol Sistemi	11.554.075,61
6	Yardımcı Tesisler	11.167.277,40
7	Yürüyen Merdiven ve Asansörler	13.492.840,04
8	Demiryolu işleri	15.189.637,69
9	Genel Hizmetler	1.870.846,54

BÖLÜM ADI		YAPIM MALİYETİ EUR
10	Atölye ve Bakım Ekipmanları Temin, Montaj ve işletmeye Alma	6.379.955,66
11	Diğer Kurum ve Kuruluşlar ile ilgili işler	600.000,00
12	Faturalı Giderler	1.600.000,00
TOPLAM		269.145.773,20

Örnek projede 6 istasyonun tüm inşaat, elektrik ve mekanik işleri ile beraber tüm yapım maliyeti hesaplanmıştır. Buna göre toplam yapım maliyeti : **269.145.773,20 Euro** hesaplanmıştır. Tüm proje geneline ait toplam yapım maliyetinden yola çıkarak istasyon başına m² maliyeti ve hattın km maliyeti hesaplanmıştır.

5.1.1 İstasyon m² yapım maliyetleri

İstasyon m² yapım maliyetleri Çizelge 6.2 ve 6.3’de belirtildiği şekilde hesaplanmıştır. Buna göre istasyon m² maliyetlerinin kapalı alan m²’si arttıkça azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir.

Hesaplama yaparken örnek projeye ait Sanayi, İTÜ ve Darüşşafaka İstasyon maliyetleri dikkate alınmıştır. Sebebi;

- Atatürk Oto Sanayi İstasyonu kapsamına Intake Jeneratör Binası da dahil edilmiştir. Jeneratör binasının kapalı alanı küçük ama içinde yapılan elektro-mekanik işlerin toplam maliyeti yüksektir. Bu nedenle Atatürk Oto Sanayi İstasyonu’nun kapalı alan m²’si daha küçük olmasına rağmen m² başına yapım maliyeti yüksek çıkmaktadır.
- Hacıosman İstasyonu ise kapalı alan bakımından en büyük m²’ye sahip istasyondur. Gelecekte metro ağının Faz-IV kapsamında Hacıosman’dan sonrası için devam ettirilebileceği öngörüldüğü için istasyon büyük inşa edilmiş olup atıl alan çoktur. Yapılan inşaat, elektrik ve mekanik işler diğer istasyonlar ile benzerlik gösterse de kapalı alan m²’sinin çok fazla olması sebebiyle Hacıosman İstasyonu m² başına yapım maliyeti çok düşük çıkmaktadır.

- Seyrantepe İstasyonu ise depo ve atölye binası ile bir arada yapılmış olup tüm inşaat, elektrik ve mekanik işler birbirleriyle entegre şekilde gerçekleştirilmiştir. Seyrantepe'deki istasyon, depo ve atölye binası komple ele alındığında kapalı alanı en büyük inşaat alanı olmaktadır. Bu nedenle Seyrantepe'nin m² başına yapım maliyeti çok düşük çıkmaktadır.

Tüm bu sebepler dikkate alındığında ortalama bir istasyonun m² yapım maliyetinin hesaplanmasında Sanayi, İTÜ ve Darüşşafaka İstasyonlarının yapım maliyetlerinin dikkate alınmasının daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır.

Buna göre; bir istasyonun ortalama m² yapım maliyeti Çizelge 6.3'deki gibi hesaplanmış ve buna göre ülkemizde ortalama bir metro istasyonun m² yapım maliyeti : **1.227 Euro/ m²** olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.2: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi İstasyonlarının m² Yapım Maliyetleri.

		14.400 m2	18.000 m2	11.300 m2	14.800 m2	33.400 m2	216.220 m2
		Sanayi	İTÜ	AOS	Darüşşafaka	Hacıosman	Seyrantepe İst ve Depo
Kaba İnşaat	Toplam maliyet	4.744.454 €	8.655.244 €	5.213.433 €	7.515.456 €	15.008.995 €	47.737.503 €
	m2 başına maliyet	329 €/m2	481 €/m2	461 €/m2	508 €/m2	449 €/m2	221 €/m2
İnce İnşaat	Toplam maliyet	1.632.394 €	1.918.693 €	1.278.175 €	1.124.875 €	1.068.908 €	4.439.665 €
	m2 başına maliyet	113 €/m2	107 €/m2	113 €/m2	76 €/m2	32 €/m2	21 €/m2
E&M	Toplam maliyet	12.130.824 €	10.219.656 €	9.209.997 €	9.958.748 €	12.145.746 €	38.408.946 €
	m2 başına maliyet	842 €/m2	568 €/m2	815 €/m2	673 €/m2	364 €/m2	178 €/m2
İstasyon Toplamı	Toplam maliyet	18.507.671 €	20.793.593 €	15.701.605 €	18.599.079 €	28.223.649 €	90.586.113 €
	M² başına maliyet	1.285 €/m2	1.155 €/m2	1.390 €/m2	1.257 €/m2	0.845 €/m2	0.419 €/m2

Çizelge 5.3: İstasyon m² Maliyeti Hesabı.

		14.400 m2	18.000 m2	14.800 m2	47.200 m2
		Sanayi	İTÜ	Darüşşafaka	Toplam
Kaba İnşaat	Toplam maliyet	4.744.454 €	8.655.244 €	7.515.456 €	20.915.154 €
	m2 başına maliyet	329 €/m2	481 €/m2	508 €/m2	443 €/m2
İnce İnşaat	Toplam maliyet	1.632.394 €	1.918.693 €	1.124.875 €	4.675.962 €
	m2 başına maliyet	113 €/m2	107 €/m2	76 €/m2	99 €/m2
E&M	Toplam maliyet	12.130.824 €	10.219.656 €	9.958.748 €	32.309.227 €
	m2 başına maliyet	842 €/m2	568 €/m2	673 €/m2	685 €/m2
İstasyon Toplamı	Toplam maliyet	18.507.671 €	20.793.593 €	18.599.079 €	57.900.343 €
	M² başına maliyet	1.285 €/m2	1.155 €/m2	1.257 €/m2	1.227 €/m2

5.1.2 Hat km maliyetleri

Modelin yapım maliyetleri içinde bir diğer unsur ise yapılacak olan metro hattının km başına maliyetidir. Km başına maliyet hesabı Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5'deki şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4: Sanayi-İTÜ-AOS İstasyonları Arasındaki Hattın Km Başına Maliyeti.

SANAYİ-İTÜ-AOS KESİMİ BİRİM MALİYET TABLOSU	
Genel Proje Bilgileri	
Proje Başlangıç Km	: 17+600
Proje Bitiş Km	: 22+400
Hat Uzunluğu (Km.)	: 4,80
İstasyon Adedi	: 3
İstasyonlar arası ortalama mesafe	: 1,60
Elektro-Mekanik ve İnşaat İnce İşler Birim Maliyeti	
İstasyon İnşaat İnce İşler Maliyeti	
Sanayi İstasyonu	: 1.632.394 €
İTÜ İstasyonu	: 1.918.693 €
AOS İstasyonu	: 1.278.175 €
Toplam	: 4.829.262 €
İstasyon İnşaat İnce İşler Birim Maliyeti	: 1.609.754 €
Elektro Mekanik İşler	
Sanayi İstasyonu	: 15.618.078 €
İTÜ İstasyonu	: 13.706.910 €
AOS İstasyonu	: 9.209.997 €
Tüneller Elektromekanik İmalatları	: 12.593.844 €
Elektro-mekanik Tasarım İşleri	: 2.502.963 €
Toplam	: 53.631.791 €
İstasyon Birim Maliyeti	: 17.877.264 €
Kaba İnşaat Birim Maliyeti (Çift Hat)	
Tünel Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)	
Tünel Kaba İnşaat Maliyeti	: 1.227.002 €
Tünel Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)	: 255.625 €
İstasyon Kaba İnşaat Maliyeti	
Sanayi İstasyonu	: 4.744.454 €
İTÜ İstasyonu	: 8.655.244 €
AOS İstasyonu	: 5.213.433 €
Toplam	: 18.613.130 €
İstasyon Kaba İnşaat Birim Maliyeti	: 6.204.377 €

Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)	
Kaba İnşaat Toplam Maliyeti	: 19.840.133 €

Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)	: 4.133.361 €
Elektro-Mekanik, Kaba ve İnce İşler Birim Maliyeti	
Elektro-Mekanik Kaba ve İnce İşler Toplam Maliyeti	: 78.301.186 €
Elektro-Mekanik Kaba ve İnce İşler Birim Maliyeti (€/Km)	: 16.312.747 €
Anahtar Teslimi Birim Maliyet	
Anahtar Teslimi Toplam Maliyet	: 78.301.186 €
Anahtar Teslimi Birim Maliyet (€/Km)	: 16.312.747 €

Çizelge 5.5: AOS-Haciosman İstasyonları Arasındaki Hattın Km Başına Maliyeti.

AOS-HACIOSMAN KESİMİ BİRİM MALİYET TABLOSU		
Genel Proje Bilgileri		
Proje Başlangıç Km	:	22+400
Proje Bitiş Km	:	24+522
Hat Uzunluğu (Km.)	:	2,12
İstasyon Adedi	:	2
İstasyonlar arası ortalama mesafe	:	1,06

Kaba İnşaat Birim Maliyeti (Çift Hat)		
Tünel Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)		
Tünel Kaba İnşaat Maliyeti	:	271.257 €
Tünel Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)	:	127.831 €
İstasyon Kaba İnşaat Maliyeti		
Daruşşafaka İstasyonu	:	8.887.091 €
Haciosman İstasyonu	:	17.520.822 €
Toplam	:	26.407.913 €
İstasyon Kaba İnşaat Birim Maliyeti	:	13.203.957 €
Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)		
Kaba İnşaat Toplam Maliyeti	:	26.679.170 €
Kaba İnşaat Birim Maliyeti (€/Km)	:	12.572.653 €

Elektro-Mekanik ve İnşaat İnce İşler Birim Maliyeti		
İstasyon İnşaat İnce İşler Maliyeti		
Daruşşafaka İstasyonu	:	1.124.875 €
Haciosman İstasyonu	:	1.068.908 €
Toplam	:	2.193.783 €
İstasyon İnşaat İnce İşler Birim Maliyeti	:	1.096.892 €
Elektro Mekanik İşler		
Daruşşafaka İstasyonu	:	9.958.747,51
Haciosman İstasyonu	:	15.632.999,76
Tüneller Elektromekanik İmalatları	:	5.740.495 €
Elektro-mekanik Tasarım İşleri	:	1.668.642 €
Toplam	:	33.000.884 €

İstasyon Birim Maliyeti	: 16.500.442 €
Elektro-Mekanik ve İnşaat İnce İşler Birim Maliyeti	
Elektro-Mekanik ve İnşaat İnce İşler Toplam Maliyeti	: 35.194.667 €
Elektro-Mekanik ve İnşaat İnce İşler Birim Maliyeti (€/Km)	: 16.585.611 €

Anahtar Teslimi Birim Maliyet	
Kaba İnşaat Toplam Maliyeti	: 26.679.170 €
Elektro-Mekanik ve İnşaat İnce İşler Toplam Maliyeti	: 33.000.884 €
Anahtar Teslimi Toplam Maliyet	59.680.054 €
Anahtar Teslimi Birim Maliyet (€/Km)	28.124.436 €

Buna göre; Sanayi-İTÜ-AOS arası hattın uzunluğu AOS-Hacıosman arası hattın uzunluğundan 2 kat fazladır. Buradan istasyon m²'leri küçüldükçe ve hattın uzunluğu büyüdükçe hattın km başına maliyetinin düştüğü sonucuna varılabilir.

Yapılan analizler sonucunda; AOS-Hacıosman arası hattın uzunluğunun Sanayi-İTÜ-AOS arası hattın uzunluğunun yarısı olması sebebiyle Sanayi-İTÜ-AOS arası hattın km başına yapım maliyetinin dikkate alınmasının daha doğru olacağı düşünülmüş ve ortalama bir metro projesinde hattın km başına düşen yapım maliyeti yaklaşık **16.312.747 Euro/Km** olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak ülkemizde yapılan standart bir metro inşaatı projesinde;

İstasyon m2 maliyeti: 1.227 Euro/m²

Hat km maliyeti: 16.312.747 Euro/ Km'dir.

5.2 Model İşletim Maliyetleri

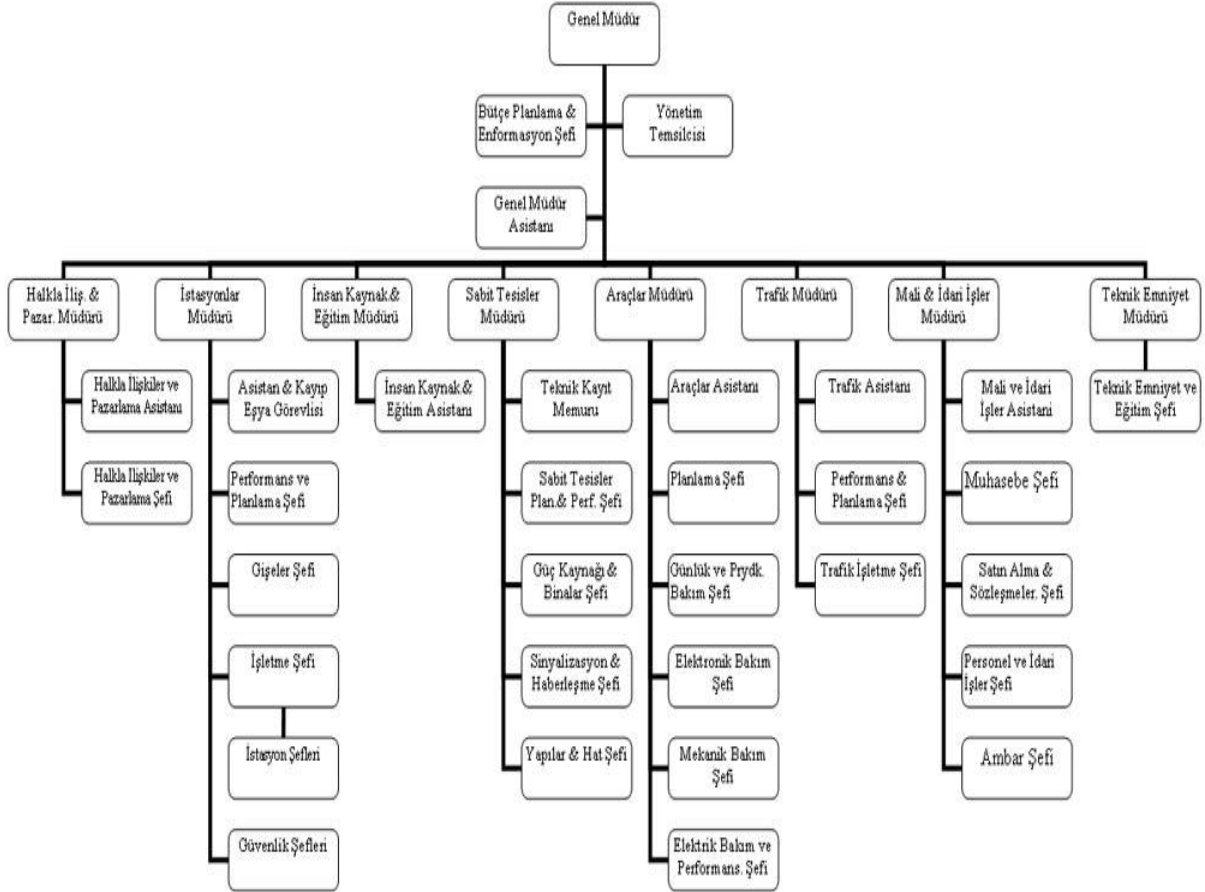
Modelin bir diğer maliyet unsuru da işletim maliyetleridir. İşletim maliyetleri metronun fiili olarak halka hizmete açıldığı tarihten itibaren başlayıp işletme boyunca süregelen maliyetlerdir. İşletme maliyetleri içinde;

- Personel Maliyetleri
- Yedek Parça Maliyetleri
- Enerji Maliyetleri
- Sabit ve Indirekt Giderler yer almaktadır.

Yapılan tüm işletim maliyeti analizleri model metronun ortalama 1 yıllık işletmesi için hesaplanmıştır.

5.2.1 Personel maliyetleri

Personel maliyetleri modelin 1 yıllık işletmesi için hesaplanmış olup aşağıdaki organizasyon şeması örnek alınarak analiz yapılmıştır.



Şekil 5.1: Metro İşletmesi Ana Personel Organizasyon Şeması

Organizasyon şemasında mevcut tüm şeflerin altında mühendis, tekniker ve idari işler elemanlarının çalıştığı kabulü yapılmıştır. Yapılan analizde personelin net maaşları üzerinden brüt maaşları hesaplanmış ve daha sonra bulunan değer güncel kurdan Euro'ya çevrilmiştir. YDM hesaplamasında ise maaşların yıllık değişimi Euro parite değişimi dikkate alınarak hesaplanacaktır.

Buna göre; 1 yıllık metro işletmesinde öngörülen personel maliyeti aşağıdaki gibidir;

Çizelge 5.6: Metro İşletmesi Yıllık Personel Maliyetleri.

	Yetkili Personel	Personel Sayısı	Net Maaş (TL)	Brüt Maaş (TL)	Brüt Maaş (Euro)	Süre (Ay)	Tutar (Euro)
1	Genel Müdür	1,00	5.500,00	7.237,56	3.640,26	12,00	43.683,09
	Bütçe Planlama ve Entegrasyon Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Yönetim Temsilcisi	1,00	2.000,00	2.793,69	1.405,14	12,00	16.861,62
	Genel Müdür Asistanı	1,00	2.000,00	2.793,69	1.405,14	12,00	16.861,62
2	Halkla İlişkiler ve Pazarlama Müdürü	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Halkla İlişkiler ve Pazarlama Asistanı	1,00	1.500,00	2.095,27	1.053,85	12,00	12.646,23
	Halkla İlişkiler ve Pazarlama Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Halkla İlişkiler ve Pazarlama Elemanı	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
3	İstasyonlar Müdürü	1,00	4.500,00	6.051,89	3.043,90	12,00	36.526,85
	Asistan ve Kayıp Eşya Görevlisi	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
	Performans ve Planlama Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Performans ve Planlama Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Gişeler Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Gişe Elemanları	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
	İşletme Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	İşletme Elemanları	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
	İstasyon Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Güvenlik Şefi	2,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	50.584,81
4	İnsan Kaynakları ve Eğitim Müdürü	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	İnsan Kaynakları ve Eğitim Asistanı	1,00	1.500,00	2.095,27	1.053,85	12,00	12.646,23
5	Sabit Tesisler Müdürü	1,00	4.500,00	6.051,89	3.043,90	12,00	36.526,85
	Teknik Kayıt Memuru	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
	Sabit Tesisler Planlama ve Performans Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Sabit Tesisler Planlama ve Performans Müh.	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Güç kaynağı ve Binalar Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Güç kaynağı ve Binalar Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Güç kaynağı ve Binalar Teknikeri	12,00	1.800,00	2.514,32	1.264,62	12,00	182.105,46
	Sinyalizasyon ve Haberleşme Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Sinyalizasyon ve Haberleşme Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Sinyalizasyon ve Haberleşme Teknikeri	13,00	1.800,00	2.514,32	1.264,62	12,00	197.280,92
	Yapılar ve Hat Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Yapılar ve Hat Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Yapılar ve Hat Teknikeri	12,00	1.800,00	2.514,32	1.264,62	12,00	182.105,46
6	Araçlar Müdürü	1,00	4.500,00	6.051,89	3.043,90	12,00	36.526,85
	Araçlar Asistanı	1,00	2.000,00	2.793,69	1.405,14	12,00	16.861,62
	Planlama Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Planlama Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Günlük ve Periyodik Bakım Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Günlük ve Periyodik Bakım Mühendisi	7,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	147.539,10
	Elektronik Bakım Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Elektronik Bakım Mühendisi	8,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	168.616,12
	Mekanik Bakım Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Mekanik Bakım Mühendisi	8,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	168.616,12
	Elektrik Bakım ve Performans Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Elektrik Bakım ve Performans Mühendisi	7,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	147.539,10
7	Trafik Müdürü	1,00	4.500,00	6.051,89	3.043,90	12,00	36.526,85
	Trafik Asistanı	1,00	2.000,00	2.793,69	1.405,14	12,00	16.861,62
	Performans ve Planlama Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Trafik İşletme Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Trafik Kontrolörü	3,00	2.000,00	2.793,69	1.405,14	12,00	50.584,87
	Trafik Operatörü	10,00	2.000,00	2.793,69	1.405,14	12,00	168.616,24
8	Mali ve İdari İşler Müdürü	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Mali ve İdari İşler Asistanı	1,00	1.500,00	2.095,27	1.053,85	12,00	12.646,23
	Muhasebe Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Muhasebe Elemanı	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
	Satınalma ve Sözleşmeler Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41

	Yetkili Personel	Personel Sayısı	Net Maaş (TL)	Brüt Maaş (TL)	Brüt Maaş (Euro)	Süre (Ay)	Tutar (Euro)
	Satınalma ve Sözleşmeler Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	Personel ve İdari İşler Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Personel ve İdari İşler Elemanı	1,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	14.332,34
	Ambar Şefi	1,00	3.000,00	4.190,53	2.107,70	12,00	25.292,41
	Ambar Elemanı	2,00	1.700,00	2.374,63	1.194,36	12,00	28.664,68
9	Teknik Emniyet Müdürü	1,00	4.500,00	6.051,89	3.043,90	12,00	36.526,85
	Teknik Emniyet ve Eğitim Şefi	1,00	4.000,00	5.459,04	2.745,72	12,00	32.948,64
	Teknik Emniyet ve Eğitim Mühendisi	1,00	2.500,00	3.492,11	1.756,42	12,00	21.077,01
	TOPLAM	137,00					2.840.051,50

5.2.2 Yedek parça maliyetleri

İşletim maliyetlerinin bir diğer unsuru da demiryolu, hat ve ekipmanlara ait yedek parça maliyetleridir. Metro işletmesinin 1 yıllık süresi için öngörülen yedek parça maliyeti 4. Levent-Hacıosman metro projesi yedek parça analizlerinden alınmıştır. Buna göre;

Çizelge 5.7: Metro İşletmesi Yıllık Yedek Parça Maliyetleri.

Sistem Tanımı	Yıllık maliyetler (Euro)
Demiryolu Hat Bakım Alet ve Techizatları	50.000,00
Demiryolu Yedek Parça ve Sarf Malzemeleri	27.500,00
Fanlar,Havalandırma Sant., Hücreli Aspratör UE Küçük Fanları	16.990,05
Hidroforlar	86,63
Kompatk tip pompa	1.780,80
Atölye Ekipmanı (Vinçler)	2.596,13
Brülör	689,33
Kompresörler	629,37
Tünel Fanları	15.000,00
VRF Sistemi	1.937,61
Hassas Klima	1.185,06
OG Pano Yedekleri	15.929,61
DC Şalt Sistemi	11.738,52
İletim Sistemi	13.435,25
Telefon Sistemi	6.881,18
Telsiz Sistemi	32.303,64
Anons Sistemi	9.478,22
CCTV Sistemi	11.340,60
Saat Sistemi	3.088,79
Güvenlik Sistemi	3.415,16
Yolcu bilgilendirme Sistemi	2.666,42
Yangın Alarm Sistemi	12.331,27
Yangın Söndürme Sistemi	1.204,56

Sistem Tanımı	Yıllık maliyetler (Euro)
Asansör ve Yürüyen Merdiven	55.226,66
Scada sistemi	12.259,92
Sinyalizasyon Sistemi	132.796,14
Jenaratör Sistemi	2.499,91
Buharlı Nemlendirici	201,40
Zemin Altı Torna tezgahı	14.731,03
Küçük Parça Yıkayıcı	173,25
Yürüyen Bant	2.042,42
UPS (Kesintisiz Güç Kaynağı)	31.253,41
Redresör	6.923,70
Barkovizyon	2.635,50
Kısa Devre Paneli	1.588,65
AG panelleri	19.342,34
Radyant ısıtıcı	567,28
Armatürler	47.469,66
TOPLAM	571.919,43

YDM hesaplamasında yedek parça maliyetlerinin yıllara göre değişimi Avrupa Birliği (AB) Euro enflasyonu dikkate alınarak hesaplanacaktır.

5.2.3 Enerji maliyetleri

İşletme maliyetleri içinde belki de en önemli unsur işletme süresince oluşan enerji giderleridir. Enerji giderleri içinde ise en önemli gider elektrik enerjisi maliyetidir.

Metro işletmesi elektrik enerjisi ile gerçekleştiğinden işletmenin her ayında yüksek oranda elektrik tüketimi gerçekleşmektedir. Dolayısıyla enerji giderlerinin büyük bir kısmının elektrik enerjisi tüketiminden kaynaklandığını söyleyebiliriz. Buna göre metronun 1 aylık işletme süresince gerçekleşen elektrik enerjisi tüketimi ve oluşan maliyet aşağıdaki gibidir:

Çizelge 5.8: Metro İşletmesi Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi Hesabı.

Elektrik Tüketim Hesabı	
Toplam Hat Uzunluğu (Sanayi-Haciosman) (km)	8,50
İşletme Tipi (Katar sayısına göre)	4'lü işletme
Sefer Sıklığı	3 dk.
Metro Çalışma Saatleri	06.00-24.00
Toplam Sefer Sayısı (Headway)	360,00
Elektrik Tüketim Bedeli (TL/kWh, fon dahil, KDV hariç)	0,19821888
Toplam Elektrik Enerjisi Maliyeti (TL/ay)	529.245,00

Metro işletmesi sırasında tüketilen elektrik enerjisinin verileri IV.Levent-Hacıosman Metro Projesi'nin işletmeci firmasından alınmış güncel verilerdir. Bununla beraber enerji sarfiyatı kapsamında su, doğalgaz, telekom hizmetleri ve uydu yayını bulunmaktadır. Bu tip enerji harcamalarına ait yaklaşık giderler ise yine işletmeci firmada çalışan bir yetkiliden alınmış olup gerçeğe yakın değerleri yansıtmaktadır. Buna göre metronun 1 yıllık işletmesi süresince oluşan enerji maliyetleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 5.9: Metro İşletmesi Yıllık Enerji Maliyetleri.

Tüketilen Enerji Tipi	Ort. Aylık Gider (TL)	Ort. Aylık Gider (Euro)	Kullanım Süresi (ay)	Yıllık Tutar (Euro)
Elektrik (Metro araçları dahil tüm kullanılan enerji)	529.245,00	266.193,04	12,00	3.194.316,47
Su (Metro araç temizliği, yıkama vb. dahil)	50.000,00	25.148,38	12,00	301.780,50
Doğalgaz (Aylık ortalama)	70.000,00	35.207,73	12,00	422.492,71
Telefon	17.000,00	8.550,45	12,00	102.605,37
İnternet	1.000,00	502,97	12,00	6.035,61
Uydu Yayını	500,00	251,48	12,00	3.017,81
TOPLAM				4.030.248,47

5.2.4 Sabit ve indirekt giderler

İşletme maliyetlerinin son unsuru ise sabit ve indirekt giderlerdir. Bu maliyetler içinde aşağıdaki giderler öngörülmüş olup, aylık tutarlar için IV.Levent-Hacıosman Metro Projesi'nin işletmeci firmasında görevli bir yetkiliye danışılarak yaklaşık kabuller yapılmıştır.

Çizelge 5.10: Metro Yıllık İşletmesi Sabit ve Indirekt Giderler.

Genel Giderler	Ort. Aylık Gider (TL)	Ort. Aylık Gider (Euro)	Süre (Ay)	Yıllık Tutar (Euro)
Genel Temizlik Giderleri	7.500,00	3.772,26	12,00	45.267,08
Malzeme Tedarik Giderleri	500,00	251,48	12,00	3.017,81
Güvenlik Giderleri	15.000,00	7.544,51	12,00	90.534,15
Tamirat Giderleri	1.500,00	754,45	12,00	9.053,42
Kırtasiye	350,00	176,04	12,00	2.112,46
Yemek (Personel başına günlük 3 TL)	12.330,00	6.201,59	12,00	74.419,07
Küçük Demirbaş ve Sarf Malzemeler	1.000,00	502,97	12,00	6.035,61
Araç Giderleri	5.000,00	2.514,84	12,00	30.178,05
Personel Servis Giderleri	7.000,00	3.520,77	12,00	42.249,27
Eğitim Giderleri (Kalite eğitimleri vb.)	750,00	377,23	12,00	4.526,71
Sigorta Giderleri (Metro işletme sigortası)	71.695,67	36.060,59	12,00	432.727,09
TOPLAM				740.120,71

Yapılan tüm bu analizler sonucunda metronun 1 yıllık işletmesi süresince oluşacak işletim maliyetleri toplamı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 5.11: Model Metro Yıllık İşletim Maliyeti.

Yıllık Maliyetler	Tutar (Euro)
Personel Maliyetleri	2.840.051,50
Bakım ve Yedek Parça Maliyetleri	571.919,43
Enerji Tüketim Maliyetleri	4.030.248,47
Sabit ve Indirekt Giderler	740.120,71
TOPLAM	8.182.340,11

YDM hesaplamasında işletim maliyetlerinin yıllara göre değişimi Avrupa Birliği (AB) Euro enflasyonu dikkate alınarak hesaplanacaktır.

5.3 Model İşletme Gelirleri

Metrolarda YDM'nin bir diğer unsuru ise işletme gelirleridir. Metro işletme gelirleri içinde;

- Yolcu Gelirleri
- Reklam Gelirleri
- Kiralanabilir Alan Gelirleri hesaplanmıştır.

5.3.1 Yolcu gelirleri

İşletme gelirleri içinde en büyük pay yolculardan elde edilen gelirdir. Modelde yolcu geliri hesaplanmasında Ulaşım A.Ş.'nin 2008 Kasım ayı için mevcut Taksim-Kabataş İstasyonları yolcu giriş-çıkış verileri kullanılmıştır. Bu veriler baz alınarak lineer enterpolasyon yöntemi ile 2010-2023 yılları arası İTÜ-Ayazağa İstasyonu yolcu sayısı tahminleri yapılmış ve buna göre yolcu sayısındaki yıllık artış için bir katsayısı kabulü yapılmıştır. İTÜ-Ayazağa İstasyonu'nun şu an tam kapasite ile çalışmaması nedeniyle hesaplanan yolcu verilerinin tam kapasiteli işletme başladığında %20 oranında artacağı kabulü yapılmıştır. Buna göre hesaplanan yolcu sayısı verileri aşağıdaki gibidir:

Çizelge 5.12:Örnek Projedeki İTÜ İstasyonu 2010-2023 Yılları Arasındaki Yolcu Sayısı Tahminleri.

2010		06:00 - 07:00	07:00 - 08:00	08:00 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00	00:00 - 01:00	TOPLAM	
İTÜ	Giriş	79	272	496	347	226	256	264	274	322	336	340	515	692	533	281	199	131	71	19	5.653	8.694
	Çıkış	36	126	283	188	126	133	146	147	177	183	187	250	380	281	159	106	76	42	16	3.042	

2023		06:00 - 07:00	07:00 - 08:00	08:00 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00	00:00 - 01:00	TOPLAM	
İTÜ	Giriş	99	339	618	433	282	319	329	342	401	418	423	641	862	665	350	248	163	88	24	7.044	11.692
	Çıkış	56	193	432	287	193	203	224	224	270	280	286	382	580	430	243	162	116	64	25	4.648	

2010		06:00 - 07:00	07:00 - 08:00	08:00 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00	00:00 - 01:00	TOPLAM	
İTÜ	Giriş	95	327	595	417	271	307	317	329	386	403	408	618	831	640	337	239	157	85	23	6.783	10.433
	Çıkış	44	151	339	226	151	159	176	176	212	220	224	300	456	338	191	127	91	50	20	3.650	

2023		06:00 - 07:00	07:00 - 08:00	08:00 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	18:00 - 19:00	19:00 - 20:00	20:00 - 21:00	21:00 - 22:00	22:00 - 23:00	23:00 - 00:00	00:00 - 01:00	TOPLAM	
İTÜ	Giriş	119	407	741	519	338	383	395	410	481	502	508	770	1.035	797	420	298	195	106	29	8.452	14.030
	Çıkış	67	231	519	345	231	243	269	269	324	336	343	458	696	516	292	195	139	77	30	5.578	

Bu veriler ışığında, modelde yolcu sayısının yılda %3 artacağı ve 13 yıl sonra yaklaşık %35 oranında artış eğiliminde olacağı hesaplanmıştır.

Çizelge 5.13: İstasyon Yolcu Sayısındaki Yıllık Artış Oranı.

İTÜ İST. YOLCU SAYISI DEĞİŞİMİ				
YIL	YOLCU SAYISI (GÜNLÜK)	YOLCU SAYISI (YILLIK)	FARK (YILLIK)	YILLIK ARTIŞ ORANI
2010	10.433,26	3.755.973,10		
2023	14.030,26	5.050.894,08	99.609,31	3%

Bununla beraber yolcu geliri hesaplamasında kullanılan akbil ve jeton oranları ile ilgili kabul de yapılmıştır. Yine Ulaşım A.Ş. 2010 Nisan ayı verileri baz alınarak yolcu profilinin akbil ve jeton kullanım oranları hesaplanmıştır. Buna göre:

Çizelge 5.14: Şişhane, Sanayi, İTÜ-Ayazağa ve AOS İstasyonları 2010 Nisan ayı Yolcu Sayısı Verileri ve Akbil-Jeton Kullanım Oranları.

İSTASYON	AKBİL	JETON	TOPLAM
ŞİŞHANE	5.982	2.360	8.342
SANAYİ	2.032	865	2.897
İTÜ	7.885	1.958	9.843
A.O.S	7.132	2.358	9.490
TOPLAM	23.031	7.541	30.572

İSTASYON	AKBİL	JETON	TOPLAM
ŞİŞHANE	72%	28%	100%
SANAYİ	70%	30%	100%
İTÜ	80%	20%	100%
A.O.S	75%	25%	100%

Buna göre Sanayi, İTÜ-Ayazağa ve AOS İstasyonları için ortalama alındığında İstanbul'da yolcuların ortalama %73'ünün akbil, %27'sinin ise jeton kullandığı hesaplanmıştır.

Çizelge 5.15: İstanbul'da Metro'da Kullanılan Akbil-Jeton Oranı.

3 İstasyon İçin Akbil-Jeton Oranı	
73%	27%
AKBİL	JETON

Son olarak ise akbil kullanan yolcu profilinin yarısının indirimli ve öğrenci akbili yarısının ise tam akbil kullandığına dair kabul yapılmıştır. Ayrıca yolcu geliri hesabında güncel akbil ve jeton fiyatları dikkate alınmıştır.

Çizelge 5.16: Taksim-4. Levent Metro Hattı Ücret Tarifesi.

Taksim-4. Levent Metro Hattı Ücret Tarifesi (TL)	
Jeton	1,50
Tam Akbil	1,50
İnd. Akbil	0,85

Mevcut veriler ve kabuller doğrultusunda İTÜ-Ayazağa İstasyonu baz alınarak modelde mevcut 5 istasyon için yıllık ortalama yolcu geliri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 5.17: Örnek Projedeki İTÜ-Ayazağa İstasyonu Yıllara Göre Yolcu Geliri.

İTÜ İST. YILLARA GÖRE YOLCU GELİRİ								
Yıl	Yolcu Sayısı	İnd. Akbil Kullanan Yolcu Sayısı	Tam Akbil Kullanan Yolcu Sayısı	Jeton Kullanan Yolcu Sayısı	Akbil Geliri (TL)	Jeton Geliri (TL)	Toplam Yolcu Geliri (TL)	Toplam Yolcu Geliri (Euro)
2010	3.755.973,10	1.370.930,18	1.370.930,18	1.014.112,74	3.221.685,93	1.521.169,11	4.742.855,03	2.395.381,33
2011	3.855.582,41	1.407.287,58	1.407.287,58	1.041.007,25	3.307.125,81	1.561.510,87	4.868.636,68	2.458.907,42
2012	3.955.191,71	1.443.644,98	1.443.644,98	1.067.901,76	3.392.565,69	1.601.852,64	4.994.418,34	2.522.433,50
2013	4.054.801,02	1.480.002,37	1.480.002,37	1.094.796,28	3.478.005,57	1.642.194,41	5.120.199,99	2.585.959,59
2014	4.154.410,33	1.516.359,77	1.516.359,77	1.121.690,79	3.563.445,46	1.682.536,18	5.245.981,64	2.649.485,68
2015	4.254.019,63	1.552.717,17	1.552.717,17	1.148.585,30	3.648.885,34	1.722.877,95	5.371.763,29	2.713.011,76
2016	4.353.628,94	1.589.074,56	1.589.074,56	1.175.479,81	3.734.325,22	1.763.219,72	5.497.544,94	2.776.537,85
2017	4.453.238,25	1.625.431,96	1.625.431,96	1.202.374,33	3.819.765,10	1.803.561,49	5.623.326,59	2.840.063,94
2018	4.552.847,55	1.661.789,36	1.661.789,36	1.229.268,84	3.905.204,99	1.843.903,26	5.749.108,25	2.903.590,02
2019	4.652.456,86	1.698.146,75	1.698.146,75	1.256.163,35	3.990.644,87	1.884.245,03	5.874.889,90	2.967.116,11
2020	4.752.066,16	1.734.504,15	1.734.504,15	1.283.057,86	4.076.084,75	1.924.586,80	6.000.671,55	3.030.642,20
2021	4.851.675,47	1.770.861,55	1.770.861,55	1.309.952,38	4.161.524,64	1.964.928,57	6.126.453,20	3.094.168,28
2022	4.951.284,78	1.807.218,94	1.807.218,94	1.336.846,89	4.246.964,52	2.005.270,33	6.252.234,85	3.157.694,37
2023	5.050.894,08	1.843.576,34	1.843.576,34	1.363.741,40	4.332.404,40	2.045.612,10	6.378.016,50	3.221.220,46
							TOPLAM	39.316.212,50

Modelde 5 istasyon yapılacağı öngörülmüştür. Bulunan değer ise bir istasyona ait olup tüm istasyonlar için 5 katı alınmıştır. Buna göre modelin ortalama yıllık yolcu geliri **14.817.222,39 Euro** hesaplanmıştır.

Çizelge 5.18: Yıllık Ortalama Yolcu Geliri.

	Tutar (Euro)
1 İst. İçin Toplam Gelir (A)	39.316.212,50
5 İst. İçin Toplam Gelir (B)	196.581.062,51
Yıllık Ort. Yolcu Geliri (B)/13	15.121.620,19

5.3.2 Reklam gelirleri

Metro işletmesinde gelir sağlayan bir diğer unsur ise reklam gelirleridir. Reklam gelirleri içinde metro istasyonlarında mevcut reklam panolarının gelirleri ve metro araçları üzerindeki reklamların gelirleri ele alınmıştır. Kullanılan reklam geliri bedeli piyasada reklam araştırmaları yapan bir firmadan alınmış yaklaşık verilere göre belirlenmiştir. Buna göre 5 istasyon ile işletmesi yapılan modelin yıllık ortalama reklam geliri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 5.19: Modelin Yıllık Ortalama Reklam Geliri.

Reklam Tipi	Miktar	Birim Fiyat (USD/Ay)	Süre (Ay)	Tutar (USD)	Tutar (Euro)
Metro Araçları Üzerindeki Reklamlar	10,00	10.000,00	12,00	1.200.000,00	886.329,34
Reklam Panoları (Büyük)	75,00	500,00	12,00	450.000,00	332.373,50
Reklam Panoları (Küçük)	100,00	250,00	12,00	300.000,00	221.582,34
Yıllık Ort. Reklam Geliri				Toplam	1.440.285,18

5.3.3 Kiralanabilir alan gelirleri

İşletme gelirleri içinde son unsur kiralanabilir alan gelirleridir. Bu kapsamda metro istasyonları içinde kiraya verilebilen büfe, bankamatik, yiyecek-içecek makinaları gibi m² kira geliri sağlayabilecek unsurlar ele alınmıştır. Kullanılan kira geliri bedeli piyasada emlak portföyü araştırmaları yapan bir firmadan alınmış yaklaşık verilere göre belirlenmiştir. Buna göre 5 istasyon ile işletmesi yapılan modelin yıllık ortalama kira geliri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 5.20: Modelin Yıllık Ortalama Kiralanabilir Alan Geliri

Kiralanabilir Alan	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Süre (Ay)	Tutar (TL)	Tutar (Euro)
Bankamatik Kiraları	15,00	4.000,00	12,00	720.000,00	363.636,36
Büfe Kiraları	5,00	10.000,00	12,00	600.000,00	303.030,30
Yiyecek-İçecek Makinaları Kiraları	10,00	1.500,00	12,00	180.000,00	90.909,09
Yıllık Ort. Kira Geliri				Toplam	757.575,76

Tüm bu veriler ışığında model metro işletmesine ait yıllık işletme gelirleri aşağıdaki gibidir:

Çizelge 5.21: Modelin Yıllık Ortalama İşletme Gelirleri

Gelir	Yıllık Tutar (Euro)
Yolcu Geliri	15.121.620,19
Reklam Geliri	1.440.285,18
Kira Geliri	757.575,76
Toplam	17.319.481,13

İşletme maliyetlerinde olduğu gibi işletme gelirlerinde de YDM hesaplamasında işletim gelirlerinin yıllara göre değişimi Avrupa Birliği (AB) Euro enflasyonu dikkate alınarak hesaplanacaktır.

5.4 Modelin Yaşam Döngüsü Maliyeti Hesabı:

Modelde; istasyon başına kapalı alanı 9000 m² olan, toplam 5 istasyondan oluşan, toplam hat uzunluğu 8.5 km olan ve yapım süresi ortalama 2 yıl kabul edilen bir metro projesinin yatırımının geri dönüşüm süresi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

5.4.1 Modelin yapım maliyetlerinin yıllara göre dağılımı

Modelde istasyon başına kapalı alanı 9000 m² olan, toplam 5 istasyondan oluşan, toplam hat uzunluğu 8.5 km olan ve yapım süresi ortalama 2 yıl kabul edilen bir metro projesinin toplam yapım maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 5.22: Model Proje Yapım Maliyeti.

		Birim Maliyet (Euro)	Tutar (Euro)
Ort. İstasyon Kapalı Alanı (m²)	9.000,00	1.227,00	55.215.000,00
Toplam Hat Uzunluğu (Km)	8,50	16.312.747,03	138.658.349,79
Proje Yapım Maliyeti		Toplam	193.873.349,79

Modelde yapım süresi boyunca (2 yıl) yapım maliyetinin eşit oranda dağılım gösterdiği kabulü yapılmıştır.

Çizelge 5.23: Modelin Toplam Yapım Maliyetinin Yıllara Göre Dağılımı

Yıl	Tutar (Euro)
2008	96.936.674,90
2009	96.936.674,90
Toplam	193.873.349,79

5.4.2 Modelin işletme maliyetlerinin yıllara göre dağılımı

İşletme maliyetlerinin yıllara göre değişimi Avrupa Birliği (AB) Euro enflasyonu dikkate alınarak hesaplanmıştır. AB Euro enflasyonu %1.5 kabul edildiğinde;

Çizelge 5.24: Modelin İşletim Maliyetinin Yıllara Göre Dağılımı

Yıl	İşletim Maliyeti (Euro)
2010	8.182.340,11
2011	8.305.075,21
2012	8.429.651,34
2013	8.556.096,11
2014	8.684.437,55
2015	8.814.704,11
2016	8.946.924,67
2017	9.081.128,55
2018	9.217.345,47
2019	9.355.605,66
2020	9.495.939,74
2021	9.638.378,84
2022	9.782.954,52
2023	9.929.698,84
2024	10.078.644,32
2025	10.229.823,98
2026	10.383.271,34
2027	10.539.020,41
2028	10.697.105,72
2029	10.857.562,31
2030	11.020.425,74
2031	11.185.732,13
2032	11.353.518,11
2033	11.523.820,88
2034	11.696.678,19
2035	11.872.128,37
2036	12.050.210,29
2037	12.230.963,45
2038	12.414.427,90
2039	12.600.644,32
2040	12.789.653,98

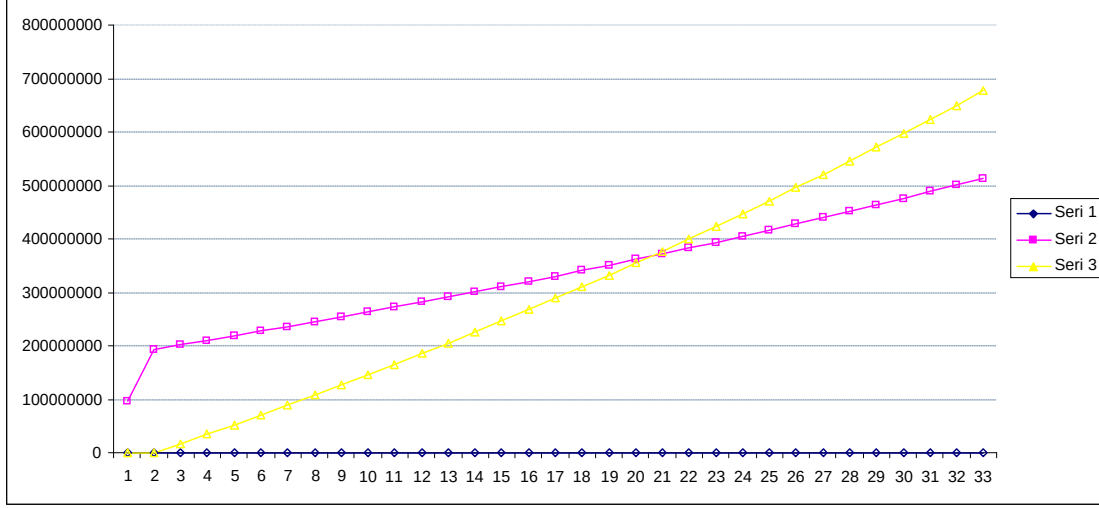
5.4.3 Modelin işletme gelirlerinin yıllara göre dağılımı

İşletme gelirlerinin yıllara göre değişimi Avrupa Birliği (AB) Euro enflasyonu dikkate alınarak hesaplanmıştır. AB Euro enflasyonu %1.5 kabul edildiğinde;

Çizelge 5.25: Modelin İşletme Gelirinin Yıllara Göre Dağılımı

Yıl	İşletme Geliri (Euro)
2010	17.319.481,13
2011	17.579.273,35
2012	17.842.962,45
2013	18.110.606,89
2014	18.382.265,99
2015	18.657.999,98
2016	18.937.869,98
2017	19.221.938,03
2018	19.510.267,10
2019	19.802.921,11
2020	20.099.964,92
2021	20.401.464,40
2022	20.707.486,36
2023	21.018.098,66
2024	21.333.370,14
2025	21.653.370,69
2026	21.978.171,25
2027	22.307.843,82
2028	22.642.461,48
2029	22.982.098,40
2030	23.326.829,88
2031	23.676.732,32
2032	24.031.883,31
2033	24.392.361,56
2034	24.758.246,98
2035	25.129.620,69
2036	25.506.565,00
2037	25.889.163,47
2038	26.277.500,92
2039	26.671.663,44
2040	27.071.738,39

Mevcut tüm verilerin bir araya getirilmesi sonucunda modelin yaşam döngüsü süresi aşağıdaki grafikte hesaplanmıştır:



Şekil 5.2: Modelin YDM Analizi.

Buna göre her biri 9.000 m² olan 5 istasyondan oluşan ve toplam hat uzunluğu 8.5 km olan model bir metro projesi yatırımının geri dönüşüm süresi **20 yıl** olarak hesaplanmıştır. Geri dönüşüm süresinin 2008 yılından itibaren 20 yıl içinde tamamlanacağı kabulüne göre 2028 yılında geri dönüşüm başlamış olacaktır. Şekil 5.2'ye göre bu süreçte;

YDM: Yapım Maliyeti+2028 Yılına Kadar Gerçekleşen İşletme Maliyetidir.

Yani:

193.873.349,79 Euro + 178.348.146,90 Euro = **372.221.496,28 Euro**'dur.

6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Her geçen gün gelişen teknoloji ile beraber inşaat projelerindeki çeşitlilik ve yapılan yatırımların büyüklükleri de artmaktadır. Özellikle şehirleşmenin hızla artması metro gibi kamu yararına yapılan projelerin sayısında ciddi bir artış yaratmaktadır.

Bununla beraber, son yıllarda özellikle projelerin “Yatırım Döngüsü Maliyeti” konusu ön plana çıkmış ve fabrikasyon üretimlerde, kamu projelerinde ve benzer projelerde yapılan yatırımların ne kadar sürede amortisman sağlayacağı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar YDM analizlerinin çoğu için geçerli olsa da genel olarak imalat ağırlıklı üretimlerde uygulanmış, inşaat sektöründe ise kısmen uygulanma imkanı bulmuştur. Özellikle inşaat sektöründe kamu yararına hizmet veren projelerde YDM analizi yapılması hususu oldukça önemli olmakla beraber, analizin ulaştırma projelerinde uygulanmak üzere geliştirilmiş spesifik bir modelinin olmadığı görülmüştür.

Bu sebeple; yapılan bu tez çalışmasında “Metro Projelerinde Yaşam Döngüsü Maliyeti” konusu üzerinde durulmuş, yatırım maliyetinin ne kadar sürede geri dönüşümün tamamlanacağı ve yatırımın ne kadar süre sonra kar sağlamaya başlayacağı incelenmiş ve bir model önerisi sunulmuştur. Kurulan modelin uygulaması olarak; ülkemizde her biri ortalama 9.000 m² olan 5 istasyondan oluşan ve toplam hat uzunluğu 8.5 km olan bir metro projesi için hesaplamalar yapılmış ve yatırımın ortalama 21 yılda geri dönüşümün başlayacağı sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz, ülkemiz şartlarında özellikle İstanbul gibi büyükşehirlerde gerçekleşecek metro projelerinin yatırım amortisman hesaplarında kullanılabilir olup aynı zamanda modelin uygulamasında kullanılan verilerin piyasa koşulları ile güncellenmesi gerektiği hususu dikkate alınmalıdır.

YDM analizi ile birlikte bulunan yatırım amortisman süresinin optimizasyonu konusu da oldukça önem taşımaktadır. Yatırımın geri kazanım sürecinin daha erken tamamlanması için yapılması gerekenler; yapım sürecinde dikkate alınması gereken hususlar ve işletme sürecinde dikkate alınması gereken husular olarak 2 grupta toplanmıştır:

6.1 Yapım Sürecinde Dikkate Alınması Gereken Hususlar

- Yapım sürecinde başlıca dikkate alınması gereken husus yapım maliyetlerini optimize etmektir. Bu sebeple firmalar; yapım süreci öncesinde teklif ve fizibilite çalışmalarından itibaren detaylı piyasa araştırmaları yapmalı, piyasa koşullarını yakından takip ederek risklerini buna göre belirlemelidir. Ayrıca yapımda kullanılacak malzemeler için detaylı piyasa araştırmaları yapmalı, gümrük vb. masrafları önlemek için ithal yerine olabildiğince yerli malzeme tercih etmeli, kendi bünyesinde işçi çalıştırmak yerine mümkün oldukça yapım işlerini taşere etmelidir. Bu sayede sabit ve genel giderlerde düşüş olacağından dolayı olarak projenin yapım maliyetinin daha düşük olması sağlanacaktır.
- Bunlara ek olarak yapım aşamasında yüklenici firmaların malzemeleri kendileri temin edip sadece yapım işlerini taşere etmesi de yapım maliyetlerini düşürebilecek bir unsurdur. Çünkü toplu malzeme alımlarında firmalar daha uygun fiyatlarla malzeme temin edebilmekte ve bu da doğrudan proje yapım maliyetlerine yansımaktadır.
- Metro projelerinde yapım maliyetlerini optimize edecek bir diğer husus da yapım aşamasında hattın boyunu uzun tutarak istasyon m²'lerini küçültmek ve bu sayede istasyonlarda kullanılmayan atıl alanları azaltmaktır. Aynı zamanda, istasyonların yolcu kapasitesini karşılayacak derecede yeterli küçüklükte dizayn edilmesi ve bununla beraber metro hattının uzunluğunun artırılması işletme sürecinde de çok sayıda yolcunun uzun bir hat boyunca yolculuk yapabilmesine imkan vereceği için metronun kullanımı açısından daha efektif olacaktır.

- Metro yapım sürecini hem maddi hem de süresel olarak etkileyen bir diğer unsur da kullanılacak olan tünel yapım yöntemidir. Bu tez çalışması kapsamında değerlendirilen temel tünel yapım yöntemleri içinde, ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına ve teminin pahalı olmasına rağmen çevre ve işgüvenliği açısından emniyetli olması, otomasyon imkanı sağlaması ve oldukça hızlı tünel açılmasını sağlaması sebebiyle Tünel Delme Makinası Yöntemi (TBM) en avantajlısıdır sonucuna varabiliriz. Bu yöntem sayesinde tünel projelerinde kazı işleri oldukça hızlı ilerlediğinden proje iş bitim süresi oldukça kısalmaktadır. Bu sayede metro gibi tünel yapılarının oldukça erken yapımının tamamlanıp işletmeye açılması imkanı doğmakta, bu da beraberinde yatırımın kendini amorti edeceği sürenin daha kısa olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda TBM makineleri proje tamamlandığında metro tünelinin sonunda bırakıldığı için yapımı tamamlanan hattın her zaman uzatılabilme imkanı söz konusu olacaktır ve bu sayede metro işletmesinin her zaman kapasitesini artırabilme imkanı da sağlanmış olacaktır.

- Metro projeleri yapım sürecinde dikkate alınması gereken bir diğer unsur ise proje organizasyonunu yapımın en efektif ve hızlı şekilde tamamlanmasını sağlayacak şekilde yapılmasıdır. Metro gibi inşaat kadar elektro-mekanik sistemlerin de ağırlıklı olduğu projelerde organizasyon şeması sistem bazında ayrılmalıdır. Örneğin bir metro projesi organizasyonunda temel olarak inşaat, elektrik ve mekanik işler olarak 3 yapım grubu oluşturulmalı, bunlardan inşaat işleri; kaba yapı, ince işler ve hat işleri, elektrik işleri; zayıf akım sistemleri (elektronik sistemler), orta ve kuvvetli akım sistemleri (elektrik işleri) ve sinyalizasyon işleri ve son olarak mekanik işler; tesisat işleri (havalandırma ve yardımcı tesisler), asansör ve yürüyen merdivenler ve varsa diğer atölye ve bakım ekipmanları şeklinde alt gruplara ayrılmalıdır. Bu sayede yapım süreci daha hızlı tamamlanacak ve projenin işletmeye açılma süresi öne çekilecektir. Bu da yatırımın bir an evvel gelir sağlamaya başlayacağı anlamına gelmektedir.

- Metro projeleri yapım aşamasında ortaya çıkan bir diğer konu da metro araçlarının depolanması, bakımı ve tamiridir. Bu amaçla proje kapsamında ayrıca bir depo ve atölye alanı tesis edilebilir. Metro projesi yapım maliyetlerini ve proje süresini hesaplamada bu konunun da mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

6.2 İşletme Sürecinde Dikkate Alınması Gereken Hususlar

- Metro gibi kamu yararına hizmet verecek büyük çaplı projelerin yapım aşamasından önce mutlaka detaylı bir fizibilite çalışması yapılmalıdır. Aynı anda yüksek kapasitede yolcunun rahatlıkla uzak noktalar arasında seyahat etmesini sağlarken aynı zamanda yüksek yolcu geliri elde etmek için metro hattının, ulaşımın yoğun olduğu güzergahlarda yapılması tercih edilmelidir. Bu amaçla hazırlanacak fizibilite çalışmalarında mutlaka detaylı bir trafik analizinin (güzergah uzunluğu, yolcu kapasitesi, güzergahta mevcut yapıların durumu, güzergahta kullanılan toplu taşıma araçlarının durumu vb.) yapılması gereklidir.
- İşletme sürecinde başlıca dikkate alınması gereken hususlardan biri yolcu kapasitesini artırmaktır. Yapılan model uygulamasında, metronun 4 vagonlu işletme ile işletildiği kabulü yapılmıştır. Örneğin; 4'lü işletme yerine 8'li işletme uygulandığında aktarılan yolcu sayısı artacak ve bu sayede sağlanacak olan işletme geliri de aynı oranda artacaktır. İşletme gelirinin artması demek geri dönüşümün hızlanması, yani yaşam döngüsü sürecinin daha erken tamamlanması demektir.
- Bununla beraber, işletme sırasında yapılacak seferlerin süresel planlamasının optimum şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle metro sefer sayılarının günün belirli saatlerinde (pik saatlerde) sıklaştırılması, taşınan yolcu sayısını ve dolayısıyla istasyonlardaki yolcu sirkülasyonunu artıracaktır. Bu da işletme gelirlerinde artış anlamına gelmektedir.
- İşletme sürecinde dikkate alınması gereken bir diğer unsur da otomasyondur. İşletmede sırasında meydana gelebilecek kazalar, arızalar veya gecikmeler otomasyon sistemleri ile kontrol edilmeli, bu tip durumlarda acil müdahale sağlayacak uygun işletme senaryoları hazırlanmalıdır. Bu sayede yolcuların güvenle seyahat edebilmesi ve işletmenin duraksamadan devam edebilmesi sağlanmalıdır.
- Yolcu kapasitesini artırmanın diğer bir yolu da halkı metro kullanmaya teşvik etmektir. Bunun için belediyeler düzenli olarak reklam ve tanıtımlar yapmalı, belirli gün ve saatlerde ücretsiz metro ulaşımı sağlayarak halkı metro kullanmaya teşvik etmelidir.

- Bununla beraber işletme gelirlerini artırmak için yolcu gelirlerinin yanında kira, reklam vb. yan gelirler artırılmalıdır. Örneğin işletmede kullanılacak tüm metro araçlarına reklam alınması ciddi bir reklam geliri sağlayacaktır. Benzer şekilde istasyonlar içinde atm, büfe vb. kiralanabilir alanlar iyi etüd edilmeli ve olabildiğince kira geliri sağlanmaya çalışılmalıdır. İşletme gelirlerinin mümkün olduğunca artırılması metro yatırımlarının amortisman süresini öne çekecek ve bu sayede yatırım kısa sürede kar getirmeye başlayacaktır.

Bu tez çalışmasının ve benzerlerinin yapılabilmesi için metro projelerinde birebir çalışmak, halihazırda pek çok veriyi elde edebilmek açısından oldukça avantajlıdır. Aksi halde birçok veriyi dışarıdan veya 3. kişilerden temin etmek gerekeceğinden önerilen modelin uygulamasının yapılabilmesi oldukça zorlaşacaktır.

Ayrıca, bu tez çalışmasının metro projeleri kapsamında geliştirilebilmesi ve daha farklı inşaat projelerinde uygulanabilmesi için bir sonraki aşama olarak fayda-maliyet analizlerine girmek yararlı olacaktır. Yapılan tez çalışmasında metro gibi kamu yararına hizmet veren projelerde işletme kapasitesinin artışı için belirli öngörülerle kabuller yapılmış, detaylı işletme kapasite artışı analizleri yapılmamıştır. Bu tez çalışmasında, işletme kapasitesi artışları fayda-maliyet analizleri çerçevesinde ele alınıp daha gerçekçi verilerle YDM hesabı yapılabilir. Metronun yapılacağı güzergahta şehirleşme, kültürel yapı farklılıkları, büyüme potansiyeli vb. unsurlar daha detaylı incelenerek YDM analizleri geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Akça, H. İ. ve Yılmaz C.**, 2002. Türkiye’de Proje Planlama ve Proje Döngüsü Yönetimi, Planlama Dergisi Özel Sayısı <<http://www.ekutup.dpt.gov.tr/planlama/42nciyil/yilmazc.pdf>>, alındığı tarih 20.02.2010.
- Alarko-Makyol Adi Ortaklığı**, 2010. IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Ocak 2010 Aylık İdari Raporu, İstanbul.
- Aydeniz, N.**, 2007. İmalat Sanayileri Yatırım Projeleri Planlama ve Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar, Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, ISSN: 1304-0278 Yaz-2007 C.6 S.21 (261-272), alındığı tarih 20.02.2010.
- Ayış, İ. H.**, 2010. Tünel Açma Sistemlerinde Çelik Lifli Püskürtme Betonun Uygulanabilirliği. *Y. Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Barringer, H. P.**, 2003. A Life Cycle Cost Summary, Humble, Texas, USA.
- Büker, S. ve Aşıkoğlu, R.**, 1994. Yatırım ve Proje Değerlemesi, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları No:827, Açık Öğretim Fakültesi Yayınları No:436, pp. 35-40, Türkiye.
- Çınar, M., Feridunoğlu, C.**, 1994. “Tünel Açma Makineleri (TBM)” Ulaşımında Yeraltı Kazıları I. Sempozyumu, 1-3 Aralık 1994, 343-367, İstanbul.
- Coffee, N. Mearig, T. ve Morgan, M.**, 1999. Life Cycle Cost Analysis Handbook, Alaska Department of Education&Early Development, Juneau, Alaska.
- Dhillon, B.S.**, 1989. Life cycle costing: techniques, models and applications. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Fuller, S.**, 2009. Life Cycle Cost Analysis (LCCA), Alındığı tarih 12.07.2009, <http://lifecyclecostanalysis.html>.
- Grandsberg, D. D. ve Molenaar, K. R.**, 2003. Life Cycle Design Criteria for Design-Build Transportation Projects, University of Oklahoma, University of Colorado, USA.
- Gerçek, H. ve Demir, O.**, 2007. 4. Levent-Ayazağa-Hacıosman (Tarabya Kavşağı) Metro Project Economic and Financial Feasibility Study, İstanbul.
- ITA Working Group on Cost Benefits of Underground Urban Public Transportation.**, Tunnelling and Underground Space Technology, Example of Benefits of Underground Urban Public Transportation Systems, pp. 5-54, Volume 2, Issue 1, USA.

- Kawauchi, Y. Ve Rausand, M.,** 1999. Life Cycle Cost (LCC) Analysis in Oil and Chemical Process Industries, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- Kolymbas, D.,** 2005. Tunelling and Tunnel Mechanics, A Rational Approach to Tunnelling, pp. 25-26, Universitat Innsbruck Fakultat für Bauingenieurwesen und Architektur, Innsbruck, Austria.
- LeeJr, D. B.,** 2000. Transport Policy, Methods For Evaluation of Transport Projects in the USA, pp. 41-50, Volume 7, Issue 1, USA.
- Ocak, İ. ve Manisalı, E.,** 2006. Kentsel Raylı Taşıma Üzerine Bir İnceleme (İstanbul Örneği), SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10. Cilt, 2. Sayı, İstanbul.
- Url-1** <<http://www.forumaden.com>>, alındığı tarih 30.03.2010.
- Url-2** <<http://www.rayturk.net>>, alındığı tarih 02.04.2010.
- Url-3** <<http://www.ibb.gov.tr>>, alındığı tarih 15.04.2010.
- Url-4** <<http://www.baskent.edu.tr>>, alındığı tarih 15.04.2010.
- Ünlütepe, A.,** 2005. “Marmaray BC1 Projesi ve Ölçme Çalışmaları”, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 2.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.

EKLER

EK A: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Yapım Maliyetleri.

Çizelge A.1: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi İnşaat Yapım Maliyetleri.

1. İNŞAAT ve İNCE İŞLER				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
001	Kazı	m3	898.129	17,05	15.314.916,47
002	Dolgu Yapılması			0,00	0,00
002 A	Kazıdan Çıkan veya Ariyetten Alınan Malzeme ile Dolgu Yapılması	m3	125.991	8,90	1.121.538,38
002 B	Kum, Çakıl, Kıрма Taş ve Benzeri Malzeme ile Dolgu Yapılması	m3	5.808	24,35	141.439,91
003	Kırma İşleri	m3	80	231,21	18.497,11
004	Yapılarda Su Yalıtımı			0,00	0,00
004 A	Sürme Su Yalıtımı Yapılması	m2	5.138	5,95	30.590,40
004 B	İki Katlı Su Yalıtımı Yapılması	m2	6.030	6,82	41.129,48
004 C	Aç-Kapa ve İstasyonlarda Yalıtım	m2	186.507	12,75	2.378.233,77
005	Su Tutucu	m	28.855	8,77	253.023,32
006	Su Yalıtımı için Yatayda Düşeyde Akrilik ve Elast. Malz. Uyg.	m2	410	180,21	73.885,32
007	Kaya Bulonları			0,00	0,00
007 A	L=3 m Kaya Bulonu	adet	30.371	30,14	915.343,32
007 B	L=4 m Kaya Bulonu	adet	12.998	37,72	490.317,62
007 C	L=5 m Kaya Bulonu	adet	436	45,29	19.746,01
007 D	L=6 m Kaya Bulonu	adet	353	52,86	18.660,03
008	Zemin Çivisi			0,00	0,00
008 A	125 mm Delik içine 14 mm Kalınlığında BÇIII ile Zemin Çivisi Teşkili	m	14.337	13,52	193.839,55
008 B	125 mm Delik içine 26 mm Kalınlığında BÇIII ile Zemin Çivisi Teşkili	m	20.237	16,95	342.976,21
009	Püskürtme Beton (Açıkta)	m3	1.000	129,48	129.479,77
010	Çelik Hasır ve Donatı Demiri			0,00	0,00
010 A	Aç-Kapa Yapılarda Çelik hasır BÇ IV _b	ton	172	732,25	125.946,75

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
010 B	Aç-Kapa Yapılarda Düz Demir BÇ I	ton	192	529,74	101.710,06
010 C	Aç-Kapa Yapılarda Nervurlu Demir BÇ IIIa	ton	59.848	607,38	36.350.222,24
011	Çelik Destek Elemanları	ton	150	1.563,87	234.580,92
012	Su Drenajı ve Pompalama	Kwh	100.000	0,73	72.832,37
013	Drenaj, Araştırma ve Enjeksiyon Delikleri	m	1.000	22,38	22.381,50
014	Enjeksiyon			0,00	0,00
014 A	Enjeksiyon, Portlant Çimentosu	ton	500	136,33	68.164,74
014 B	Enjeksiyon, Ekstra ince Çimento	ton	50	144,36	7.217,92
014 C	Enjeksiyon, Bentonit	ton	10	252,82	2.528,21
015	Zeminden Gelen Suların Drenajı	m2	330	51,47	16.986,42
016	Duvardan Gelen Suların Drenajı	m2	90	84,65	7.618,27
017	Kalıp	m2	770.570	11,19	8.623.257,34
018	Dekoratif Satırlı Kalıp Yapılması			0,00	0,00
018 A	Dekoratif Düz Satırlı Kalıp Yapılması	m2	352	13,32	4.689,94
018 B	Dekoratif Eğri Satırlı Kalıp Yapılması	m2	154	15,37	2.366,97
018 C	Tekstürlü Kalıp Yapılması	m2	12.396	18,36	227.570,50
019	Polistren Köpüğü ile Kalıp Yapılması	m2	132	14,23	1.877,76
020	Beton İmalı ve Dökülmesi			0,00	0,00
020 A	Demirsiz BS14 Beton imali ve Dökülmesi	m3	19.410	48,11	933.811,73
020 B	Demirsiz BS20 Beton imali ve Dökülmesi	m3	2.850	58,18	165.810,69
020 C	Demirli BS20 Beton imali ve Dökülmesi	m3	1.507	55,25	83.259,57
020 D	Demirli BS25 Beton imali ve Dökülmesi	m3	116.908	58,58	6.848.240,88
020 E	Demirli BS30 Beton imali ve Dökülmesi	m3	286.825	52,62	15.093.958,38
021	Ön Gerilimli Ankraj Yapılması			0,00	0,00
021 A	Ön Gerilimli Ankraj Yapılması, 40 ton Servis Yüğü	m	77.365	16,87	1.305.366,68
021 B	Ön Gerilimli Ankraj Yapılması, 60 ton Servis Yüğü	m	15.750	19,54	307.716,76
022	Tünelde Su Yalıtımı	m2	96.378	9,87	951.523,84
023	Tünel Kazısı	m3	224.706	52,78	11.860.060,61
024	Püskürtme Beton			0,00	0,00
024 A	Aynaya 3 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	29.580	4,00	118.320,00
024 B	Aynaya 5 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	30.700	6,65	204.075,14

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
024 C	Aynaya 10 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	7.699	13,30	102.401,15
024 D	15 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	2.287	19,95	45.621,02
024 E	20 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	82.014	26,60	2.181.667,21
024 F	25 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	28.896	33,26	961.084,30
024 G	30 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	2.220	48,62	107.933,06
024 H	35 cm Kalınlıkta Püskürtme Beton	m2	690	56,72	39.138,55
025	Çelik İksa ve Süren Levhaları	ton	1.194	1.170,32	1.397.359,60
026	Süren Çubuğu			0,00	0,00
026 A	Süren Çubuğu; 26 mm, L= 3 m.	adet	16.568	25,12	416.211,14
026 B	Süren Çubuğu 1 1/4", L= 3 m.	adet	2.639	31,67	83.578,50
026 C	Süren Çubuğu 1 1/4", L= 4 m.	adet	11.904	38,22	454.966,75
026 D	Süren Çubuğu 1 1/2", L= 3 m.	adet	830	32,66	27.106,94
026 E	Süren Çubuğu 1 1/2", L= 4 m.	adet	4.099	43,69	179.076,54
027	Tünel Kalıbı			0,00	0,00
027 A	Tünel İç Kaplama Kalıbı (radye kemer)	m2	83.992	8,77	736.507,88
027 B	Tip Kesit Dış, Konstrüksiyon Kalıbı, Tünel Alın Kalıbı	m2	5.270	17,75	93.550,12
028	Tünel Kaplama Betonu	m3	40.708	73,89	3.007.921,18
029	Çelik Hasır ve Donatı Demiri (Tünellerde)			0,00	0,00
029 A	BÇIVb Tünel Donatısı	ton	2.569	638,81	1.641.100,96
029 B	BÇI Tünel Donatısı	ton	566	621,76	351.914,59
029 C	BÇIIIa Tünel Donatısı	ton	721	621,76	448.286,96
029 D	Paslanmaz Çelik Plaka	kg	777,06	9,28	7.209,15
029 E	Block-out Kutusu	kg	4.492	5,73	25.731,63
030	Araştırma Sondajı Deney ve Raporları	m	100	92,98	9.298,27
031	Topraklama Tesisi Temin ve Yerleştirilmesi			0,00	0,00
031 A	Darüşşafaka İstasyonu Topraklama Tesisi Temin ve Yerleştirilmesi	götürü	1	5.129,58	5.129,58
031 B	Hacıosman İstasyonu Topraklama Tesisi Temin ve Yerleştirilmesi	götürü	1	5.155,08	5.155,08
032	Fore Kazık Yapılması			0,00	0,00
032 A	Ø 65cm Fore Kazık Yapılması (0-16m boyundaki kazıklar için)	m	1.333	38,84	51.771,25
032 B	Ø 65cm Fore Kazık Yapılması (16-24m boyundaki kazıklar için)	m	5.722	40,06	229.210,75
032 C	Ø 80cm Fore Kazık Yapılması (0-16m boyundaki kazıklar için)	m	5.814	51,97	302.159,97

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
032 D	Ø 80cm Fore Kazık Yapılması (16-24m boyundaki kazıklar için)	m	4.479	53,87	241.296,42
032 E	Ø 80cm Fore Kazık Yapılması (24-32m boyundaki kazıklar için)	m	6.719	57,04	383.254,87
033	Kuşaklama Kirişi Yapılması	m	7.380	43,59	321.691,21
034	Umbrella Arch Yapılması	m	22.744	40,79	927.771,14
035	Tünellerde PVC Memran Koruma Betonu (invertte)	m2	21.220	3,63	77.029,83
036	Tünel İçindeki Deformasyon Bulonları			0,00	0,00
036 A	Tünel İçi Deformasyon Bulonu	adet	2.600	62,86	163.439,31
036 B	Tünel İçi Deformasyon Bulonu (optik)	adet	500	81,69	40.843,93
037	Uzama Ölçer			0,00	0,00
037 A	Yüzeyde Uzama Ölçer 5-10 m	adet	10	850,02	8.500,17
037 B	Yüzeyde Uzama Ölçer 10-15 m	adet	10	985,31	9.853,12
037 C	Yüzeyde Uzama Ölçer 15-20 m	adet	9	1.125,53	10.129,79
037 D	Yüzeyde Uzama Ölçer 20-25 m	adet	7	1.260,82	8.825,75
037 E	Yüzeyde Uzama Ölçer 25-35 m	adet	5	1.511,62	7.558,09
037 F	Tünelde Uzama Ölçer 0-3 m	adet	2	1.049,06	2.098,12
037 G	Tünelde Uzama Ölçer 3-6 m	adet	2	1.102,84	2.205,68
037 H	Tünelde Uzama Ölçer 6-10 m	adet	2	1.217,14	2.434,28
038	Yüzeydeki Oturma Bulonları			0,00	0,00
038 A	Yüzey ve Bina Oturma Bulonu	adet	700	44,69	31.281,50
038 B	Aç-kapa Duvarları Yüzey Oturma Bulonu	adet	300	51,59	15.476,88
038 C	Aç-kapa Duvarları Yüzey Oturma Bulonu (Optik)	adet	100	58,65	5.864,74
039	Baskı Hücreleri	grup	5	1.650,13	8.250,64
040	Diskli Yük Hücreleri			0,00	0,00
040 A	Kaya Bulonu Diskli Yük Hücreleri	adet	5	1.066,94	5.334,71
040 B	Ankraj Diskli Yük Hücresi	adet	300	1.066,94	320.082,66
041	Eğilme Ölçerler İçin Delik Delinmesi ve Kılıf Yerleştirilmesi	m	583	35,24	20.546,54
042	Eğilme Ölçerler			0,00	0,00
042 A	Eğilme Ölçer (20-25 m)	adet	3	1.086,70	3.260,10
042 B	Eğilme Ölçer (25-30 m)	adet	3	1.234,98	3.704,95
042 C	Eğilme Ölçer (30-35 m)	adet	3	1.383,24	4.149,73
042 D	Eğilme Ölçer (35-40 m)	adet	3	1.531,51	4.594,53

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
042 E	Eğilme Ölçer (40-45 m)	adet	3	1.679,78	5.039,34
042 F	Eğilme Ölçer (45-50 m)	adet	2	1.828,05	3.656,10
043	Gerilme Ölçerler	adet	2	483,75	967,50
044	Çatlak Ölçerler	adet	10	2.094,93	20.949,31
045	Bina Yatay Deplasman Reflektörleri	adet	30	219,63	6.588,90
046	Ölçümler ve Değerlendirmeler	götürü	1	129.840,76	129.840,76
047	Tuğla Duvar Yapılması			0,00	0,00
047 A	Yarım Tuğla Duvar Yapılması	m2	3.564	7,53	26.822,71
047 B	Tam Tuğla Duvar Yapılması	m2	55.760	10,59	590.475,84
048	Polistren Köpüğü Levhaların Serilmesi			0,00	0,00
048 A	10cm. Ekstrüde Polistren Köpüğü Levhaların Serilmesi	m2	4.250	9,84	41.812,14
048 B	5cm. Ekstrüde Polistren Köpüğü Levhaların Serilmesi	m2	5.155	4,92	25.357,83
049	Duvarlara Düz Sıva Yapılması	m2	97.380	6,47	629.874,10
050	Beton Yüzeylere ve Tavanlara Düz Sıva Yapılması	m2	520	6,66	3.462,66
051	Duvarlara Alçı Sıva Yapılması	m2	1.120	7,12	7.969,48
052	Mantolama ile Dış Cephede Isı Yalıtımı Yapılması	m2	1.071	23,06	24.701,10
053	Tesviye Tabakası Yapılması			0,00	0,00
053 A	Ortalama Kalınlığı 10cm e Kadar Tesviye Tabakası Yapılması	m2	85.460	8,79	750.862,43
054	2.5cm Kalınlıkta 400 Dozlu Şap Yapılması	m2	210	9,09	1.909,42
055	Sertleştiricili Beton Kaplama Yapılması	m2	1.200	11,81	14.171,10
056	Epoksi ile Döşeme Kaplaması Yapılması	m2	12.000	16,36	196.300,58
057	Epoksi Kaplamalı Şap Yapılması	m2	5.161	19,81	102.235,53
058	Granit Katkılı Kompoze Döşeme Kaplaması Yapılması	m2	37.940	15,62	592.785,09
059	Granit Katkılı Kompoze Süpürgelik Yapılması	m	3.750	4,13	15.476,88
060	Karo Mozaik Döşeme Kaplaması Yapılması	m2	27.340	15,14	413.892,83
061	PVC Döşeme Kaplaması Yapılması	m2	1.200	28,34	34.002,31
062	PVC Süpürgelik Yapılması	m	575	5,98	3.440,03
063	Merdiven Basamağı Kaplaması Yapılması			0,00	0,00
063 A	Yakılmış Granit Merdiven Kaplaması Yapılması	m	1.985	43,25	85.848,38
063 B	L Profil Granit Katkılı Kompakt Basamak Kaplaması Yapılması	m	8.575	34,84	298.737,14
063 C	Yüzeyi Sertl. Granit Katkılı Komp. Tekstürlü Engelli Yolu Yapılması	m	5.535	45,81	253.554,19

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
064	Parapet Yapılması			0,00	0,00
064 A	Suni Granit Parapet Yapılması (3 cm kalınlıkta)	m2	370	80,53	29.796,76
064 B	Granit Harpuşa Yapılması (2 cm kalınlıkta)	m2	228	78,04	17.793,23
065	Dilatasyon Fugası Yapılması			0,00	0,00
065 A	İç Duvar ve Tavanlarda Dilatasyon Fugası Yapılması	m	7.700	6,20	47.713,29
065 B	Döşemede Dilatasyon Fugası Yapılması	m	2.954	6,72	19.858,39
066	Döşemede, Duvar ve Tavanda Dilatasyon Profili Yapılması	m	6.033	48,98	295.477,51
067	Yükseltilmiş Döşeme Yapılması	m2	400	100,64	40.256,65
068	Seramik Kaplama Yapılması			0,00	0,00
068 A	Seramik Döşeme Kaplaması Yapılması	m2	1.346	16,49	22.189,55
068 B	Seramik Duvar Kaplaması Yapılması	m2	15.000	16,49	247.283,24
069	Cam Mozayik Duvar Kaplaması Yapılması	m2	3.040	22,24	67.618,03
070	Özel Cam Mozayik ile Duvar Kaplaması Yapılması	m2	480	46,43	22.288,09
071	Mevcut Duvara Levhalarla Kaplama Yapılması			0,00	0,00
071 A	Mevcut Duvara Boyalı Sac Levhalarla Kaplama Yapılması	m2	1.600	32,54	52.060,12
071 B	10 mm Alçıpan Plakalarla Duvar Kaplama	m2	100	16,49	1.648,55
072	Metal Panel Asma Tavan Yapılması			0,00	0,00
072 A	Perfore Metal Panel Asma Tavan Yapılması	m2	28.985	27,23	789.129,19
072 B	Perfore Lamel Metal Panel Asma Tavan Yapılması	m2	11.925	22,30	265.934,39
072 C	Lamel Metal Panel Asma Tavan Yapılması	m2	698	22,04	15.384,24
073	Vinil Kaplı Asma Tavan Yapılması	m2	804	23,57	18.947,45
074	Akustik Elemanla Ses Yalıtımı Yapılması	m2	34.635	20,56	712.119,62
075	Badana Yapılması			0,00	0,00
075 A	Silikon Esaslı Boya ile Badana Yapılması	m2	163.120	3,38	550.647,86
075 B	Akrilik Esaslı Boya ile Badana Yapılması	m2	9.565	3,38	32.288,79
076	Beton Yüzeylere Koruma Esaslı Boya Sürülmesi	m2	84.440	6,25	527.627,98
077	Siyah Grenli Boya Yapılması	m2	26.270	4,45	116.772,43
078	Epoksi Boya Yapılması	m2	12.620	8,47	106.868,79
079	Demir imalata Yağlı Boyası Yapılması	m2	6.300	4,06	25.600,58
080	Çeşitli Demir İşleri Yapılması	kg	53.900	1,66	89.729,48
081	Çeşitli Galvanizli Demir işleri Yapılması	kg	105.500	1,99	210.390,17

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
082	Demir Doğrama Yapılması	kg	3.780	2,02	7.625,55
083	Çelik Taşıyıcı Sistemlerin Yapılması	kg	137.450	1,66	228.023,99
084	Paslanmaz Çelik imalat Yapılması	kg	76.150	9,45	719.683,53
085	Font imalat Yapılması	kg	620	4,06	2.519,42
086	Perfore Döküm Izgaralı Toplama Kanalı Yapılması	m2	55	163,80	9.008,87
087	Kromajlı Yer Süzgeci Temin ve Montajı			0,00	0,00
087 A	Drenaj Süzgeci, 30x30 cm ızgaralı	adet	473	40,05	18.941,87
087 B	Drenaj Süzgeci, 15x15 cm ızgaralı	adet	50	21,38	1.068,79
087 C	Banyo Süzgeci, 15x15 cm ızgaralı	adet	97	42,23	4.096,43
088	Sarmal Kepenkli Giriş Kapısı Temini ve Montajı	m2	404	81,57	32.955,19
089	Tel Çit Yapılması	m2	169	25,84	4.366,65
090	Çeşitli Alüminyum işleri Yapılması	kg	350	9,43	3.299,71
091	Alüminyum Doğrama Yapılması			0,00	0,00
091 A	Isı Bariyerli Alüminyum Doğrama Yapılması	kg	1.750	10,14	17.752,89
091 B	Isı Bariyersiz Alüminyum Doğrama Yapılması	kg	10.550	9,43	99.462,72
092	Yangına Dayanıklı Kapı Temini ve Montajı			0,00	0,00
092 A	Yangına 0.45 Saat Dayanıklı Tek Kanatlı Kapı	adet	41	259,77	10.650,76
092 B	Yangına 1.0 Saat Dayanıklı Tek Kanatlı Kapı	adet	24	259,77	6.234,59
092 C	Yangına 1.5 Saat Dayanıklı Tek Kanatlı Kapı	adet	92	312,22	28.724,21
092 D	Yangına 0.45 Saat Dayanıklı Çift Kanatlı Kapı	adet	9	809,23	7.283,03
092 E	Yangına 1.0 Saat Dayanıklı Çift Kanatlı Kapı	adet	20	809,23	16.184,51
092 F	Yangına 1.5 Saat Dayanıklı Çift Kanatlı Kapı	adet	67	821,40	55.033,72
092 G	Yangına 2.0 Saat Dayanıklı Peron Kaçış Kapısı	adet	167	972,18	162.353,92
093	Sac Kasa-Sac Kapı Temini ve Montajı (100/215)	adet	170	245,30	41.701,10
094	Sac Kasa-Laminat Kapı Temini ve Montajı (80/210)	adet	154	481,29	74.119,40
095	Mineral Membran Çatı Kaplaması Yapılması	m2	1.816	7,80	14.160,60
096	Özel Camla Çatı örtüsü Yapılması			0,00	0,00
096 A	12 mm Lamine Camla Çatı Örtüsü Yapılması	m2	1.575	165,87	261.249,71
096 B	8 mm Kırılmaz Camla Çatı örtüsü Yapılması	m2	60	159,31	9.558,73
096 C	10 mm Kırılmaz Camla Çatı örtüsü Yapılması	m2	60	162,60	9.755,72
096 D	10 mm Polikarbonat Levhalarla Çatı Örtüsü Yapılması	m2	30	34,71	1.041,16

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
097	2 mm Galvaniz Sacdan Çatı Yağmur Oluğu Sistemi Teşkili	m	12	29,77	357,23
098	Ø100 Galv. Çelik Borularla Düşey Yağmur Borusu Şist. Teşkili	m	230	29,77	6.846,82
099	Madeni veya Alüminyum Doğramaya Çıta ile Cam Takılması			0,00	0,00
099 A	Doğramaya Çıta ile 6 mm Düz Cam Takılması	m2	415	13,72	5.692,46
099 B	Doğramaya 8 mm Lamine Cam Takılması	m2	60	17,65	1.059,19
099 C	Film Tabakaları ile Doğramaya Çıta ile 6 mm Cam Takılması	m2	80	20,28	1.622,20
100	Madeni veya PVC Doğr. Çıta ile Çift Camlı Pencere Ünit. Takılması			0,00	0,00
100 A	Doğramaya Çıta ile 4+4 mm Çift Camlı Pencere Ünitesi Takılması	m2	122	11,75	1.433,68
101	İstasyon Yönlendirme Elemanları Yapılması			0,00	0,00
101 A	Yüzeye Monte Mekan Tanıtma Panoları Yapılması	adet	1.112	46,46	51.666,22
101 B	Tavandan Ayaklı Tek Sıralı Yönlendirme Panoları Yapılması	adet	181	99,35	17.981,77
101 C	Tavandan Ayaklı iki Sıralı Yönlendirme Panoları Yapılması	adet	190	116,08	22.054,28
101 D	Yüzeye Monte Işıklı Dış Mekan Yönlendirme Panoları Yapılması	adet	20	89,64	1.792,72
101 E	İç Mekan Bilgilendirme Panoları Yapılması	adet	132	188,16	24.837,36
101 F	İstasyon Girişinde Ayaklı Işıklı Pano Yapılması	adet	20	653,18	13.063,58
101 G	Reklam Panoları Yapılması	adet	61	1.177,55	71.830,85
102	Alüminyum Kabin Yapılması	m2	360	141,04	50.774,57
103	Bilet Gişesi Bankosu Yapılması	adet	47	1.113,36	52.327,84
104	Panik Bar Kilidi Temini	adet	334	74,40	24.849,21
105	Normal Kapı Kilidi Temini	adet	600	26,88	16.127,17
106	Peron Oturma Elemanı Yapılması	adet	130	204,39	26.571,10
107	Çöp Kutusu Temini ve Montajı	adet	35	33,17	1.161,07
108	Peron Kenar Elemanı Yapılması			0,00	0,00
108 A	Prekast Peron Kenar Elemanı Yapılması	m	2.340	35,35	82.711,56
108 B	Tekstürlü Sarı Uyarı Bandı Yapılması	m	2.340	6,93	16.217,69
109	Hazır Kilitli Beton Parke ile Döşeme Kaplaması Yapılması	m2	13.250	15,65	207.328,03
110	Hazır Beton Bordür Döşenmesi	m	11.700	10,58	123.763,01
111	Çim Saha Teşkili	m2	25.200	5,43	136.924,86
112	İstasyon İnce İşler Tasarım Hizmetleri			0,00	0,00
112 A	Sanayi İstasyonu İnce İşler Tasarım Hizmetleri	götürü	1	31.791,91	31.791,91

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
112 B	İTÜ Ayazağa İstasyonu İnce İşler Tasarım Hizmetleri	götürü	1	31.791,91	31.791,91
112 C	Atatürk Oto Sanayi İstasyonu İnce İşler Tasarım Hizmetleri	götürü	1	31.791,91	31.791,91
112 D	Darüşşafaka İstasyonu İnce İşler Tasarım Hizmetleri	götürü	1	31.791,91	31.791,91
112 E	Hacı Osman İstasyonu İnce İşler Tasarım Hizmetleri	götürü	1	31.791,91	31.791,91
112 F	Seyrantepe İst. Kesimi İnce İşler Tasarım Hizmetleri	götürü	1	31.791,91	31.791,91
112 G	Seyrantepe Depo. ve Atölye ile İşl. Alanları İnce İşler Tas.Hizm.	götürü	1	36.127,17	36.127,17
113	İnşaat işleri Tasarım Hizmetleri			0,00	0,00
113 A	Darüşşafaka istasyonu İnşaat İşleri Tasarım Hizmetleri	götürü	1	123.578,78	123.578,78
113 B	Hacı Osman istasyonu İnşaat İşleri Tasarım Hizmetleri	götürü	1	123.714,13	123.714,13
113 C	Seyrantepe Depo Sahası İnşaat İşleri Tasarım Hizmetleri	götürü	1	144.508,67	144.508,67
113 D	Hat Yapıları İnşaat işleri Tasarım Hizmetleri	götürü	1	158.153,76	158.153,76
113 E	Peyzaj, Trafik Düzenleme, Altyapı Aktarmaları vb. Projeler	götürü	1	34.682,08	34.682,08
114	Jenaratör Binası Yapılması	götürü	1	0,00	0,00
115	Mevcut IV. Levent ist. Bakım Alanının Kaldırılması ve İşl. Açılması	götürü	1	57.803,47	57.803,47
					133.047.612,45

Çizelge A.2: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Güç Temini ve Cer Gücü Yapım Maliyetleri.

2. GÜÇ TEMİNİ VE CER GÜCÜ				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
201	Güç Temini ve Cer Gücü Tasarımı	götürü	1	75.144,51	75.144,51
202	34.5 kV Yeraltı Enerji Kablosu Temini ve Döşenmesi				
202A	Maslak TM - Darüşşafaka İst. Yeraltı Enerji Kablosu Tem. ve Döş.	m	3.000	176,80	530.391,33
202B	Levent Giriş T.M. - IV.Levent İst. Yeraltı Enerji Kabl. Tem. ve Döş.	m	2.500	348,38	870.940,75
202C	Levent T.M. - Levent Giriş T.M. Yeraltı Enerji Kabl. Tem. ve Döş.	m	500	530,39	265.195,66
203	Acil Servis 6.3 kV - 5 MVA Dizel Jeneratör Grubu	götürü	1	942.210,45	942.210,45
204	Acil Servis 6.3 kV/34.5 kV Yükseltici Trafo	götürü	1	129.352,45	129.352,45
205	Jeneratör Sistemi İç İhtiyaç Trafosu	götürü	1	16.593,02	16.593,02
206	Acil Servis Şalt Teçhizatı	götürü	1	58.158,27	58.158,27
207	Acil Servis Akü Bataryası	götürü	1	6.090,04	6.090,04
208	Yıldırımdan Koruma Sistemi				
208A	Acil Servis Jeneratörü Yıldırımdan Koruma Sistemi	götürü	1	226,94	226,94
209	34.5 kV Şalt Sistemi				
209A	Sanayi İst. 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	251.478,88	251.478,88
209B	İTÜ Ayazağa İst. 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	251.478,88	251.478,88
209C	Atatürk Oto Sanayi İst. 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	251.478,88	251.478,88
209D	Darüşşafaka İst. 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	425.398,54	425.398,54
209E	Hacı Osman İst. 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	251.478,88	251.478,88
209F	Seyrantepe İst. Kesimi 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	135.247,83	135.247,83
209G	Seyrantepe Depo ve Atölye 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	297.752,66	297.752,66
209H	Mevcut Levent İstasyonu 34.5 kV Şalt Sistemi	götürü	1	60.538,32	60.538,32
210	34.5 kV Bara Kuplajı				
210A	Sanayi İst. 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	68.151,83	68.151,83
210B	İTÜ Ayazaja İst. 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	68.151,83	68.151,83
210C	Atatürk Oto Sanayi İst. 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	68.151,83	68.151,83
210D	Darüşşafaka İst. 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	102.227,75	102.227,75
210E	Hacı Osman İst. 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	68.151,83	68.151,83
210F	Seyrantepe İst. Kesimi 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	34.075,91	34.075,91
210G	Seyrantepe Depo ve Atölye 34.5 kV Bara Kuplajı	götürü	1	68.151,83	68.151,83

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
211	34.5 kV/0.4 kV Yardımcı Servis Trafosu				
211A	Sanayi İst. 34.5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 2 adet Yrd. Srv. Trf.	götürü	1	119.898,69	119.898,69
211B	İTÜ Ayaz. İst. 34.5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 2 adet Yrd. Srv. Trf.	götürü	1	119.898,69	119.898,69
211C	A.O.S. İst. 34.5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 2 adet Yrd. Srv. Trf.	götürü	1	119.898,69	119.898,69
211D	Darüşşafaka İst. 34,5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 2 adet Yrd. Srv. Trf.	götürü	1	119.898,69	119.898,69
211E	Hacı Osman İst. 34.5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 2 adet Yrd. Srv. Trf.	götürü	1	119.898,69	119.898,69
211F	Seyran. İst. Kesimi 34.5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 2 adet Yrd. Srv.Trf.	götürü	1	119.898,69	119.898,69
211G	Seyran. Depo ve Atöl. 34.5 kV/0.4 kV, 2000 kVA 4 ad.Yrd.Srv.Trf.	götürü	1	239.797,38	239.797,38
212	6.3/0.4kV İst. Yük Aktarım (irtibat) Trafoları				
212A	Sanayi İst. 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
212B	İTÜ Ayazağa İst. 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
212C	A.O.S. İst. 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
212D	Darüşşafaka İst. 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
212E	Hacı Osman İst. 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
212F	Seyrantepe İst. Kesimi 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
212G	Seyran. Depo ve Atölye 6.3/0.4kV 2 adet 1000 kvA irtibat Trafosu	götürü	1	134.152,46	134.152,46
213	0.4 kV Yardımcı Servis Panoları				
213A	Sanayi İst. 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	251.451,55	251.451,55
213B	İTÜ Ayazağa İst. 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	217.812,01	217.812,01
213C	A.O.S. İst. 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	197.802,62	197.802,62
213D	Darüşşafaka İst. 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	212.558,17	212.558,17
213E	Hacı Osman İst. 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	223.689,72	223.689,72
213F	Seyrantepe İst. Kesimi 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	143.311,35	143.311,35
213G	Seyrantepe Depo ve Atölye 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	334.103,52	334.103,52
213H	Acil Servis Jeneratörü 0.4 kV Yardımcı Servis Panoları	götürü	1	3.196,12	3.196,12
214	Redresör-Trafo/Redresör Merkezi				
214A	Sanayi İst. Redresör-Trafo/Redresör Merkezi	götürü	1	613.181,03	613.181,03
214B	İTU Ayazağa İst. Redresör-Trafo/Redresör Merkezi	götürü	1	659.702,34	659.702,34
214C	A.O.S. İst. Redresör-Trafo/Redresör Merkezi	götürü	1	659.702,34	659.702,34
214D	Darüşşafaka İst. Redresör-Trafo/Redresör Merkezi	götürü	1	520.138,45	520.138,45
214E	Hacı Osman İst. Redresör-Trafo/Redresör Merkezi	götürü	1	520.138,45	520.138,45
214F	Seyrantepe İst. ile Depo ve Atölye Redresör-Trafo/Redresör Merk.	götürü	1	873.250,24	873.250,24

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
214G	Mevcut Levent İst. Redresör-Trafo/Redresör Merk.	götürü	1	520.138,45	520.138,45
215	Topraklama				
215A	Sanayi İst. Topraklama Tesisatı	götürü	1	43.366,31	43.366,31
215B	İTÜ Ayazağa İst. Topraklama Tesisatı	götürü	1	102.154,76	102.154,76
215C	A. O. S. İst. Topraklama Tesisatı	götürü	1	71.817,27	71.817,27
215D	Darüşşafaka İst. Topraklama Tesisatı	götürü	1	68.789,15	68.789,15
215E	Hacı Osman İst. Topraklama Tesisatı	götürü	1	71.190,20	71.190,20
215F	Seyrantepe İst. Topraklama Tesisatı	götürü	1	45.305,74	45.305,74
215G	Seyrant. Depo ve Atölye ile Yolcu İst. ve Trans. Merkz. Toprakl. Tes.	götürü	1	57.242,47	57.242,47
215H	Acil Servis Jeneratörü Binası Topraklama Tesisatı	götürü	1	692,20	692,20
216	Akü ve Akü Şarj Cihazları				
216A	Sanayi İst. Akü ve Akü Şarj Cihazları	götürü	1	6.090,04	6.090,04
216B	İTÜ Ayazağa İst. Akü ve Akü Şarj Cihazları	götürü	1	6.090,04	6.090,04
216C	A. O. S. İst. Akü ve Akü Şarj Cihazları	götürü	1	6.090,04	6.090,04
216D	Darüşşafaka İst. Akü ve Akü Şarj Cihazları	götürü	1	6.090,04	6.090,04
216E	Hacı Osman İst. Akü ve Akü Şarj Cihazları	götürü	1	6.090,04	6.090,04
216F	Seyrantepe İst. ile Depo ve Atölye Akü ve Akü Şarj Cihazları	götürü	1	6.090,04	6.090,04
217	Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü				
217A	Sanayi İst. Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217B	İTÜ Ayazağa İst. Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217C	A.O.S. İst. Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217D	Darüşşafaka İst. Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217E	Hacı Osman İst. Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217F	Seyrantepe İst. Kesimi Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontr.	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217G	Seyrantepe Depo ve Atölye Korozyondan Korun. ve Korozyon Kontr.	götürü	1	24.450,71	24.450,71
217H	Hat Yapıları Korozyondan Korunma ve Korozyon Kontrolü	götürü	1	24.450,71	24.450,71
218	Kumanda, Kontrol ve Alçak Gerilim Besleme ve Dağıtım Kabloları				
218A	Sanayi İst. Kumanda, Kontrol ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	404.734,38	404.734,38
218B	İTÜ Ayaz. İst. Kumanda, Kontrol ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	156.137,31	156.137,31
218C	A.O.S. İst. Kumanda, Kontrol ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	160.153,51	160.153,51
218D	Darüşşafaka İst. Kumanda, Kontrol ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	107.832,88	107.832,88
218E	Hacı Osman İst. Kumanda, Kontrol ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	132.023,76	132.023,76

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
218F	Seyran, İst. Kesimi Kum., Kontr. ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	101.181,26	101.181,26
218G	Seyrantepe Depo ve Atölye Kum., Kontr. ve AG Besl. ve Dağıt. Kabl.	götürü	1	376.505,65	376.505,65
218H	Hat Boyu Kumanda, Kontrol ve AG Besl. ve Dağıtım Kabl.	götürü	1	273.517,23	273.517,23
219	3. Ray Temini ve Montajı	götürü	1	3.723.201,86	3.723.201,86
220	3.Ray ve Dönüş Akımı (-) Negatif DC Besleme Kabloları	götürü	1	1.801.983,70	1.801.983,70
221	Seyrantepe Atölye İçi Cer Gücü Araç Besi. Şİst. Temini ve Montajı	götürü	1	248.872,03	248.872,03
222	Mevcut Levent İst. Cer Gücü Trafo Merkezi Tesis Edilmesi	götürü	1	67.210,64	67.210,64
223	Mevcut IV. Levent İst. Bakım Alanının Kaldırılması ve İşl. Açılması	götürü	1	54.254,24	54.254,24
224	34.5 kV Yeraltı Enerji Kablosu Temini ve Döşenmesi	götürü	1	1.609.798,50	1.609.798,50
					23.054.763,13

Çizelge A.3: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Sinyalizasyon Yapım Maliyetleri.

3. SİNYALİZASYON				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
301	Sinyalizasyon Sİstemi Tasarımı	götürü	1	4.019.034,68	4.019.034,68
302	Seyrantepe Sinyalizasyon Trafik Kontrol Merkezinin Kurulması	götürü	1	3.536.361,02	3.536.361,02
303	Sinyalizasyon Sİstemi Merkezi Donanımının Temini	götürü	1	2.124.751,35	2.124.751,35
304	Sİstemin Kontrol Kumanda Merkezleri ile Enteg./Bağlantısının Sağl.				
304A	Etap 1 - Taksim Kumanda Merkezine Entegrasyonu	götürü	1	279.350,00	279.350,00
304B	Etap 2 - Taksim Kumanda Merkezine Entegrasyon	götürü	1	246.050,00	246.050,00
304C	Etap 2 - Seyrantepe Kumanda Merkezine Entegrasyon/Bağl.	götürü	1	140.600,00	140.600,00
305	İstasyon Sinyal Sİstemi				
305A	Sanayi İst Sinyal Sİstemi	götürü	1	1.827.296,16	1.827.296,16
305B	İTÜ Ayazağa İst Sinyal Sİstemi	götürü	1	1.178.993,28	1.178.993,28
305C	Atatürk Oto Sanayi İst Sinyal Sİstemi	götürü	1	1.265.051,19	1.265.051,19
305D	Darüşşafaka İst Sinyal Sİstemi	götürü	1	1.333.897,51	1.333.897,51
305E	Hacı Osman İst Sinyal Sİstemi	götürü	1	1.385.532,25	1.385.532,25
305F	Seyrantepe İst. Kesimi Sinyal Sİstemi	götürü	1	1.178.993,28	1.178.993,28
306	Seyrantepe Araç Depolama Sahası Sinyalizasyon Sİstemi	götürü	1	2.565.822,45	2.565.822,45
307	Hatboyu Teçhizatı	götürü	1	5.994.627,75	5.994.627,75
					27.076.360,92

Çizelge A.4: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Kontrol ve Haberleşme Yapım Maliyetleri.

4. KONTROL VE HABERLEŞME				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
401	Kontrol ve Haberleşme Tasarımı	götürü	1	986.890,56	986.890,56
402	Sistemin Kontr. Kumanda Merkezleri ile Enteg./Bağlanmasının Sağl.				
402A	Etap 1 - Taksim Kumanda Merkezine Entegrasyon	götürü	1	114.397,78	114.397,78
402B	Etap 2 - Taksim Kumanda Merkezine Entegrasyon	götürü	1	114.397,78	114.397,78
402C	Etap 2 - Seyrantepe Kumanda Merkezine Entegrasyon/Bağl.	götürü	1	114.397,78	114.397,78
403	İletim Sistemi PCM Multiplex Ekipmanı				
403A	Sanayi İst PCM Multiplex Ekipmanı	götürü	1	37.070,53	37.070,53
403B	İTÜ Ayazağa İst PCM Multiplex Ekipmanı	götürü	1	37.070,53	37.070,53
403C	Atatürk Oto Sanayi İst PCM Multiplex Ekipmanı	götürü	1	37.070,53	37.070,53
403D	Darüşşafaka İst PCM Multiplex Ekipmanı	götürü	1	37.070,53	37.070,53
403E	Hacı Osman İst PCM Multiptex Ekipmanı	götürü	1	37.070,53	37.070,53
403F	Seyrantepe İst Kesimi PCM Multiptex Ekipmanı	götürü	1	37.070,53	37.070,53
403G	Seyrantepe Depo ve Atölye PCM Multiplex Ekipmanı	götürü	1	165.864,31	165.864,31
404	Telefon Sistemi				
404A	Sanayi İst ve Bağlantılı Hat Kesimleri Telefon Sistemi	götürü	1	41.448,22	41.448,22
404B	İTÜ Ayazaja İst ve Bağlantılı Hat Kesimleri Telefon Sistemi	götürü	1	37.214,07	37.214,07
404C	A. O. S. İst ve Bağlantılı Hat Kesimleri Telefon Sistemi	götürü	1	36.537,45	36.537,45
404D	Darüşşafaka İst ve Bağlantılı Hat Kesimleri Telefon Sistemi	götürü	1	35.986,11	35.986,11
404E	Hacı Osman İst ve Bağlantılı Hat Kesimleri Telefon Sistemi	götürü	1	29.801,95	29.801,95
404F	Acil Durum Jeneratör Binası Telefon Sistemi	götürü	1	9.858,47	9.858,47
404G	Seyrantepe İst ve Bağlantılı Hat Kesimleri Telefon Sistemi	götürü	1	34.448,38	34.448,38
404H	Seyrantepe Depo ve Atölye Telefon Sistemi	götürü	1	122.067,05	122.067,05
405	Telsiz Sistemi				
405A	Sanayi İst Telsiz Sistemi	götürü	1	106.046,14	106.046,14
405B	İTÜ Ayazağa İst Telsiz Sistemi	götürü	1	226.235,42	226.235,42
405C	Atatürk Oto Sanayi İst Telsiz Sistemi	götürü	1	106.046,14	106.046,14
405D	Darüşşafaka İst Telsiz Sistemi	götürü	1	106.046,14	106.046,14
405E	Hacı Osman İst Telsiz Sistemi	götürü	1	106.046,14	106.046,14

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
405F	Seyrantepe İst Kesimi Telsiz Sistemi	götürü	1	106.046,14	106.046,14
405G	Seyrantepe Depo ve Atölye Telsiz Sistemi	götürü	1	42.093,97	42.093,97
406	El Tipi Telsiz Cihazları	adet	40	671,95	26.877,94
407	Anons Sistemi				
407A	Sanayi İst Anons Sistemi	götürü	1	51.616,19	51.616,19
407B	İTÜ Ayazağa İst Anons Sistemi	götürü	1	77.577,97	77.577,97
407C	Atatürk Oto Sanayi İst Anons Sistemi	götürü	1	45.759,66	45.759,66
407D	Darüşşafaka İst Anons Sistemi	götürü	1	58.581,69	58.581,69
407E	Hacı Osman İst Anons Sistemi	götürü	1	55.999,18	55.999,18
407F	Seyrantepe İst Kesimi Anons Sistemi	götürü	1	66.826,21	66.826,21
407G	Seyrantepe Depo ve Atölye Anons Sistemi	götürü	1	45.806,61	45.806,61
408	Kapalı Devre Televizyon Sistemi (CCTV)				
408A	Sanayi İst Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	83.426,14	83.426,14
408B	İTÜ Ayazağa İst Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	82.679,04	82.679,04
408C	Atatürk Oto Sanayi İst Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	64.828,42	64.828,42
408D	Darüşşafaka İst Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	84.834,30	84.834,30
408E	Hacı Osman İst Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	94.663,38	94.663,38
408F	Seyrantepe İst Kesimi Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	91.943,57	91.943,57
408G	Seyrantepe Depo ve Atölye Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	42.151,77	42.151,77
409	Araç içi Kapalı Devre Televizyon Sistemi	götürü	1	1.994.040,05	1.994.040,05
410	Saat Sistemi				
410A	Sanayi İst Saat Sistemi	götürü	1	15.233,31	15.233,31
410B	İTÜ Ayazağa İst Saat Sistemi	götürü	1	19.179,23	19.179,23
410C	Atatürk Oto Sanayi İst Saat Sistemi	götürü	1	12.547,72	12.547,72
410D	Darüşşafaka İst Saat Sistemi	götürü	1	13.918,00	13.918,00
410E	Hacı Osman İst Saat Sistemi	götürü	1	13.566,52	13.566,52
410F	Seyrantepe İst Kesimi Saat Sistemi	götürü	1	17.863,92	17.863,92
410G	Seyrantepe Depo ve Atölye Saat Sistemi	götürü	1	8.677,09	8.677,09
411	Güvenlik Sistemi				
411A	Sanayi İst Güvenlik Sistemi	götürü	1	30.013,72	30.013,72
411B	İTÜ Ayazağa İst Güvenlik Sistemi	götürü	1	26.534,81	26.534,81

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
411C	Atatürk Oto Sanayi İst Güvenlik Sistemi	götürü	1	26.956,20	26.956,20
411D	Darüşşafaka İst Güvenlik Sistemi	götürü	1	24.110,04	24.110,04
411E	Hacı Osman İst Güvenlik Sistemi	götürü	1	24.911,83	24.911,83
411F	Acil Durum Jeneratör Binası Güvenlik Sistemi	götürü	1	11.275,13	11.275,13
411G	Seyrantepe İst Kesimi Güvenlik Sistemi	götürü	1	23.970,82	23.970,82
411H	Seyrantepe Depo ve Atölye Güvenlik Sistemi	götürü	1	13.821,87	13.821,87
412	Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi				
412A	Sanayi İst Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi	götürü	1	4.142,41	4.142,41
412B	İTÜ Ayazağa İst Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi	götürü	1	3.352,18	3.352,18
412C	Atatürk Oto Sanayi İst Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi	götürü	1	3.352,18	3.352,18
412D	Darüşşafaka İst Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi	götürü	1	3.352,18	3.352,18
412E	Hacı Osman İst Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi	götürü	1	3.352,18	3.352,18
412F	Seyrantepe İst Kesimi Peronda Acil Durum Frenleme Sistemi	götürü	1	4.142,41	4.142,41
413	Sİstem Kontrol ve Veri Toplama Sistemi (SCADA/SİMS)				
413A	Sanayi İst SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	114.539,69	114.539,69
413B	İTÜ Ayazağa İst SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	111.569,42	111.569,42
413C	Atatürk Oto Sanayi İst SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	111.569,42	111.569,42
413D	Darüşşafaka İst SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	111.569,42	111.569,42
413E	Hacı Osman İst SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	111.569,42	111.569,42
413F	Acil Durum Jeneratör Binası SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	44.830,80	44.830,80
413G	Seyrantepe İst Kesimi SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	111.569,42	111.569,42
413H	Seyrantepe Depo ve Atölye SCADA/SİMS Sistemi	götürü	1	69.385,05	69.385,05
414	Hatboyu Bakır iletkenli Haberleşme Kabloları	götürü	1	48.548,79	48.548,79
415	Hatboyu Fiber Optik Kablolar	götürü	1	48.485,20	48.485,20
416	Hatboyu Yarıklı Koaksiyel Anten Kabloları	götürü	1	490.908,50	490.908,50
417	Yolcu Bilgilendirme Sistemi				
417A	Sanayi İst Yolcu Bilgilendirme Sistemi	götürü	1	30.211,89	30.211,89
417B	İTÜ Ayazağa İst Yolcu Bilgilendirme Sistemi	götürü	1	23.930,42	23.930,42
417C	Atatürk Oto Sanayi İst Yolcu Bilgilendirme Sistemi	götürü	1	23.930,42	23.930,42
417D	Darüşşafaka İst Yolcu Bilgilendirme Sistemi	götürü	1	23.930,42	23.930,42
417E	Hacı Osman İst Yolcu Bilgilendirme Sistemi	götürü	1	23.930,42	23.930,42

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
417F	Seyrantepe İst Kesimi Yolcu Bilgilendirme Sistemi	götürü	1	27.071,16	27.071,16
418	Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi				
418A	Sanayi İst Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi	götürü	1	43.331,25	43.331,25
418B	İTÜ Ayazağa İst Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi	götürü	1	76.960,93	76.960,93
418C	Atatürk Oto Sanayi İst Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi	götürü	1	33.722,77	33.722,77
418D	Darüşşafaka İst Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi	götürü	1	33.722,77	33.722,77
418E	Hacı Osman İst Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi	götürü	1	33.722,77	33.722,77
418F	Seyrantepe İst Yolcu Geçiş Kontrol Sistemi	götürü	1	43.331,25	43.331,25
419	Mevc. Taksim Kum. Mrkz. Donan. ve Arabirimleri ile Birlikte Geniş.	götürü	1	328.371,74	328.371,74
420	Seyran. Kum. Mrkz. Donan. ve Arabirimleri ile Biriikte Teşkili	götürü	1	432.651,18	432.651,18
421	Kontrol ve Haberleşme Sİstemleri Merkezi Donanımları				
421A	İletim Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	169.192,07	169.192,07
421B	Telefon Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	84.312,84	84.312,84
421C	Telsiz Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	572.762,05	572.762,05
421D	Anons Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	6.490,75	6.490,75
421E	CCTV Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	60.287,90	60.287,90
421F	Saat Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	11.488,85	11.488,85
421G	SCADA/SIMS Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	525.319,50	525.319,50
421H	Yolcu Bilgilendirme Sistemi Merkezi Donanımı	jjötürü	1	35.888,18	35.888,18
421I	Yolcu Geçiş Kontrol (Ücret Toplama) Sistemi Merkezi Donanımı	götürü	1	8.102,37	8.102,37
422	Peron Ayırıcı Kapı Sistemi Teşkili	adet	25	557.960,63	13.949.015,66
					24.112.403,73

Çizelge A.5: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Çevresel Kontrol Sistemi Yapım Maliyetleri.

5. ÇEVRESEL KONTROL				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
501	Çevresel Kontrol Sİstemi Tasarımı	götürü	1	225.664,74	225.664,74
502	Acil Durum Tünel Havalandırma Sistemi	götürü	1	2.105.251,95	2.105.251,95
503	Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi				
503A	Sanayi İst. Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	550.794,17	550.794,17
503B	İTÜ Ayazağa İst. Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	447.517,57	447.517,57
503C	Atatürk Oto Sanayi İst. Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	444.198,79	444.198,79
503D	Darüşşafaka İst. Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	449.139,94	449.139,94
503E	Hacı Osman İst. Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	463.069,88	463.069,88
503F	Seyrantepe İst. Kesimi Genel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	392.587,77	392.587,77
504	Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi				
504A	Sanayi İst. Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	502.592,09	502.592,09
504B	İTÜ Ayazağa İst. Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	670.702,81	670.702,81
504C	Atatürk Oto Sanayi İst. Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	407.172,63	407.172,63
504D	Darüşşafaka İst. Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	534.768,04	534.768,04
504E	Hacı Osman İst. Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	559.429,14	559.429,14
504F	Seyrantepe İst. Kesimi Özel Alanlar Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	360.222,18	360.222,18
504G	Seyrantepe Depo ve Atölye Çevresel Kontrol Sist.	götürü	1	2.912.036,36	2.912.036,36
504H	Tünellerdeki Drenaj Pompa Odaları Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	14.928,76	14.928,76
504I	Acil Durum Jeneratör Binası Çevresel Kontrol Sistemi	götürü	1	3.771,84	3.771,84
505	Kontrol Sistemi				
505A	Sanayi İst. Kontrol Sistemi	götürü	1	63.276,38	63.276,38
505B	İTÜ Ayazağa İst. Kontrol Sistemi	götürü	1	55.633,25	55.633,25
505C	Atatürk Oto Sanayi İst. Kontrol Sistemi	götürü	1	55.633,25	55.633,25
505D	Darüşşafaka İst. Kontrol Sistemi	götürü	1	55.633,25	55.633,25
505E	Hacı Osman İst. Kontrol Sistemi	götürü	1	55.633,25	55.633,25
505F	Seyrantepe İst.asyonu Kontrol Sist.	götürü	1	55.633,25	55.633,25

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
505G	Seyrantepe Depo ve Atölye Kontrol Sist.	götürü	1	135.891,15	135.891,15
505H	Acil Durum Jeneratör Binası Kontrol Sistemi	götürü	1	32.893,18	32.893,18
					11.554.075,61

Çizelge A.6: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Yardımcı Tesisler Yapım Maliyetleri.

6. YARDIMCI TESİSLER				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
601	Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sistemi Tasanmı	götürü	1	42.312,14	42.312,14
602	Yangın Algılama Sistemi Tasarımı	götürü	1	57.803,47	57.803,47
603	Alçak Gerilim Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi Tasarımı	götürü	1	66.473,99	66.473,99
604	Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi Tasarımı	götürü	1	23.271,68	23.271,68
605	Kanalizasyon Sistemi Tasarımı	götürü	1	23.271,68	23.271,68
606	Drenajı Sistemi Tasarımı	götürü	1	23.271,68	23.271,68
607	Yangın Algılama Sistemi				
607A	Sanayi İst. Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	121.436,40	121.436,40
607B	İTÜ Ayazağa İst. Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	134.846,55	134.846,55
607C	Atatürk Oto Sanayi İst. Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	113.552,25	113.552,25
607D	Darüşşafaka İst. Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	137.571,51	137.571,51
607E	Hacı Osman İst. Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	142.118,88	142.118,88
607F	Acil Durum Jeneratör Binası Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	5.374,40	5.374,40
607G	Seyrantepe İst. Kesimi Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	97.236,72	97.236,72
607H	Seyrantepe Depo ve Atölye Yangın Algılama Sistemi	götürü	1	144.425,88	144.425,88
608	Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sistemi				
608A	Sanayi İst. Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sistemi	götürü	1	536.634,79	536.634,79
608B	İTÜ Ayazağa İst. Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sist.	götürü	1	591.540,05	591.540,05
608C	A.O.S İst. Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sist.	götürü	1	493.541,01	493.541,01
608D	Darüşşafaka İst. Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sist.	götürü	1	562.028,71	562.028,71
608E	Hacı Osman İst. Yangından Korunma ve Yangınla Mücadele Sist.	götürü	1	685.430,20	685.430,20
608F	Acil Durum Jen Binası Yangından Kor. ve Yangınla Mücadele Sist.	götürü	1	44.091,34	44.091,34
608G	Seyrantepe İst. Kesimi Yangından Kor. ve Yangınla Mücadele Sist.	götürü	1	396.772,25	396.772,25
608H	Seyrantepe Depo ve Atölye Yang. Korunma ve Yang. Mücadele Sist.	götürü	1	1.089.219,58	1.089.219,58
608I	Hatboyu Yangınla Mücadele Sistemi	götürü	1	808.124,95	808.124,95
609	Alçak Gerilim Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi				
609A	Sanayi İst. AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	218.388,17	218.388,17
609B	İTÜ Ayazağa İst. AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	233.810,02	233.810,02
609C	Atatürk Oto Sanayi İst. AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	156.036,00	156.036,00
609D	Darüşşafaka İst. AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	215.701,06	215.701,06

POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
609E	Hacı Osman İst. AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	204.308,92	204.308,92
609F	Acil Durum Jeneratör Binası AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	4.066,93	4.066,93
609G	Seyrantepe İst. Kesimi AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	251.412,28	251.412,28
609H	Seyrantepe Depo ve Atölye AG Tesisatı ve Aydınlatma Sist.	götürü	1	379.127,90	379.127,90
609I	Hatboyu AG Tesisatı ve Aydınlatma Sistemi	götürü	1	758.876,25	758.876,25
610	Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi				
610A	Sanayi İst. Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi	götürü	1	28.818,06	28.818,06
610B	İTÜ Ayazağa İst. Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi	götürü	1	27.344,44	27.344,44
610C	Atatürk Oto Sanayi İst. Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi	götürü	1	25.446,21	25.446,21
610D	Darüşşafaka İst. Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi	götürü	1	26.922,99	26.922,99
610E	Hacı Osman İst. Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi	götürü	1	25.272,95	25.272,95
610F	Seyrantepe İst. Kesimi Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sistemi	götürü	1	26.575,73	26.575,73
610G	Seyrantepe Depo ve Atölye Kullanım Suyu ve Sıhhi Tesisat Sist.	götürü	1	85.085,43	85.085,43
611	Kanalizasyon Sistemi				
611A	Sanayi İst. Kanalizasyon Sistemi	götürü	1	21.151,68	21.151,68
611B	İTÜ Ayazağa İst. Kanalizasyon Sistemi	götürü	1	25.203,43	25.203,43
611C	Atatürk Oto Sanayi İst. Kanalizasyon Sistemi	götürü	1	16.478,46	16.478,46
611D	Darüşşafaka İst. Kanalizasyon Sistemi	götürü	1	65.931,20	65.931,20
611E	Hacı Osman İst. Kanalizasyon Sistemi	götürü	1	70.677,73	70.677,73
611F	Seyrantepe İst. Kesimi Kanalizasyon Sistemi	götürü	1	29.199,98	29.199,98
611G	Seyrantepe Depo ve Atölye Kanalizasyon Sist.	götürü	1	354.042,93	354.042,93
612	Drenaj Sistemi				
612A	Sanayi İst. Drenaj Sistemi	götürü	1	191.675,64	191.675,64
612B	İTÜ Ayazağa İst. Drenaj Sistemi	götürü	1	200.909,21	200.909,21
612C	Atatürk Oto Sanayi İst. Drenaj Sistemi	götürü	1	142.956,53	142.956,53
612D	Darüşşafaka İst. Drenaj Sistemi	götürü	1	154.447,72	154.447,72
612E	Hacı Osman İst. Drenaj Sistemi	götürü	1	208.629,05	208.629,05
612F	Seyrantepe İst. Kesimi Drenaj Sistemi	götürü	1	118.935,42	118.935,42
612G	Seyrantepe Depo ve Atölye Drenaj Sistemi	götürü	1	401.361,96	401.361,96
612H	İstasyonlar Haricinde Tünellerde Drenaj Sistemi	götürü	1	158.133,03	158.133,03
					11.167.277,40

Çizelge A.7: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Yürüyen Merdiven ve Asansörler Yapım Maliyetleri.

7. YÜRÜYEN MERDİVEN VE ASANSÖRLER				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
701	Yürüyen Merdivenler ve Asansörler Tasarımı	götürü	1	50.000,00	50.000,00
702	Yürüyen Merdiven 0<h<6.0 m	adet	48	64.448,69	3.093.537,22
703	Yürüyen Merdiven 6.0<h<10.0 m	adet	48	86.135,95	4.134.525,43
704	Yürüyen Merdiven 10.0<h<16.0 m	adet	52	110.754,33	5.759.225,36
705	2 Duraklı Özürlü Asansörü	adet	13	20.737,52	269.587,79
706	3 Duraklı Özürlü Asansörü	adet	1	25.358,76	25.358,76
707	5 Duraklı Özürlü Asansörü	adet	1	25.811,60	25.811,60
708	6 Duraklı Özürlü Asansörü	adet	1	28.075,77	28.075,77
709	3 Duraklı Personel Asansörü	adet	2	26.264,43	52.528,86
710	4 Duraklı Personel Asansörü	adet	1	24.453,09	24.453,09
711	Yük Asansörü	adet	1	29.736,17	29.736,17
					13.492.840,04

Çizelge A.8: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Demiryolu Yapım Maliyetleri.

8. DEMİRYOLU İŞLERİ				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
801	Tasarım	götürü	1	563.583,82	563.583,82
802	Prefabrik Kablo Kanalı Kapağı Yapılması	m3	293	255,62	74.896,22
803	Birinci Faz Betonu	m3	39.220	93,90	3.682.826,01
804	Tünel Geçiş Bölgeleri Dolgu Betonu	m3	75	71,88	5.391,33
805	Tünel Geçiş Bölgeleri Tesviye Betonu	m3	40	82,68	3.307,28
806	Doğrudan Tespitli Yol Yapılması	m	23.167	67,68	1.567.856,86
807	Ray Döşenmesi	m	23.167	282,71	6.549.565,34
808	1/7 R=140m Basit Makas	adet	26	44.098,31	1.146.556,12
809	1/7R=190m Basit Makas	adet	4	49.772,20	199.088,81
810	1/9 R=300m Basit Makas	adet	15	60.432,86	906.492,92
811	Kruvazman	adet	2	80.752,36	161.504,73
812	Yol Sonu Bariyeri	adet	21	11.517,59	241.869,38
813	Yapım Aşam. Geçici Olarak Kullanılan Yol Sonu Bariyerinin Taşın.	adet	2	8.667,36	17.334,73
814	Tabela ve işaretler	götürü	1	69.364,16	69.364,16
					15.189.637,69

Çizelge A.9: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Genel Hizmetler Yapım Maliyetleri.

9. GENEL HİZMETLER				MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
901	Eğitim Hizmetleri	götürü	1	138.072,34	138.072,34
902	İşletme ve Bakım Gözetimi Hizmetleri	götürü	1	958.838,85	958.838,85
903	İşveren'in Tesisleri	götürü	1	773.935,35	773.935,35
					1.870.846,54

Çizelge A.10: IV. Levent-Hacıosman Metro Projesi Atölye Ekipmanları Yapım Maliyetleri

10. ATÖLYE ve BAKIM EKİPMANLARI TEMİN, MONTAJ VE İŞLETMEYE ALMA				TEKLİF MALİYET ÖNGÖRÜSÜ	
POZ NO	BİRİM FİYAT ADI	BİRİM	MİKTAR	BİR. FİYAT EUR	TUTAR EUR
1001	Atölye ve Bakım Ekipmanları	götürü	1	6.379.955,66	6.379.955,66
					6.379.955,66

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Şafak UĞUREL

Doğum Yeri ve Tarihi: Denizli, 24.06.1985

Adres: Muradiye Bayır Sok. No:14 Kat:4 Daire:14 Beşiktaş / İstanbul

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi

