



**T.C. İSTANBUL T CARET
 NİVERSİTESİ**

FEN B LİMLERİ ENSTİT S 

**KENTİ İ RAYLI S STEM HATLARININ TEKNİK VE EKONOMİK
F ZİB LİTE ANALİZLERİ İLE MALİ F NANSMAN Y NTEMLERİ**

Ferit DEN Z

Dan şman

Dr.  ğr.  yesi Vahit Ferhat BENL 

Y KSEK L SANS TEZİ

**KENTSEL S STEMLER VE ULAşTIRMA Y NETİMİ ANAB L M DALI
İSTANBUL - 2021**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ferit DENİZ tarafından hazırlanan " **Kentiçi Raylı Sistem Hatlarının Teknik ve Ekonomik Fizibilite Analizleri ile Mali Finansman Yöntemleri** " adlı tez çalışması 02/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Vahit Ferhat BENLİ
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Hicabi ERSOY
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah DEMİR
Marmara Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ferit DENİZ
Marmara Üniversitesi

Onay Tarihi : 27.09.2021

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünün 27.09.2021 tarih ve 2021/322 numaralı Yönetim Kurulu Kararının 1. maddesi gereğince, ders yüklerini ve tez yükümlülüğünü yerine getirdiği belirlenen "Ferit DENİZ" adlı öğrencinin mezun olmasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27.09.2021

Ferit DENİZ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ŞEKİLLER	VI
ÇİZELGELER.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Temel Altyapısal Kavramlar	2
1.2 Proje Teslim ve Finansman Alternatiflerinin Analiz Kuadrantı.....	3
1.3 İşletme Modelleri ve Finansman Genel İlkeleri.....	6
1.4 Proje Yapılabilirlik (Uygulama) Analizlerinin Önemi.....	7
1.5 Araştırmanın Amacı ve Metodolojisi.....	7
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	9
2.1 Kentiçi Raylı Sistemler.....	9
2.2 Projenin Tanımı ve Ulaşım Modeli.....	11
2.3 Yolculuk Öngörü Hesaplamaları ve İşletme Plan Analizleri.....	12
2.4 Proje Koridorundaki Mevcut Trafik.....	14
2.5 Ulaşım Modelinin Yapısı.....	15
2.5.1 Seyahat oluşturma ve çekim etkisi.....	15
2.5.2 Seyahat dağıtım modeli	18
2.5.3 Türel dağılım modeli	18
2.5.4 Seyahat atama modeli	19
2.6 Tahmin Edilen Nüfus, İstihdam ve Öğrenci Sayıları.....	20
2.7 Tahmin Edilen Hareketlilik ve Araç Sahipliği.....	21
2.8 Yolculuk Talep Tahminleri.....	23
2.9 İşletme Planı ve Gerekli Araç Sayılarının Belirlenmesi.....	25
2.10 Ekonomik Fizibilite Analizi.....	27
2.10.1. Yapım masrafları	28
2.10.2 Araçların alım masrafları	29
2.10.3 İşletme, bakım masrafları	31
2.10.4 Kentiçi raylı sistemlerin ekonomik kazançları	32
2.11 Ekonomik Fizibilite Sonuçları.....	33
2.11.1 Duyarlılık analizi.....	34
2.12 Finansal Fizibilite Etüdü.....	35
2.13 Raylı Sistemler de Finansal Model Riskleri.....	35
2.13.1 Nakit akışına dayalı finansal analiz metodu	36
2.14 Metod.....	37
2.15 Ücret Modeli, Yolcu Gelirleri ve Projenin Nakit Akışının Belirlenmesi....	38
2.15.1 Ücretlendirme modeli.....	38
2.15.2 Yolcu gelirleri.....	38
2.15.3 Projenin finansmanı ve kredi şartlarının belirlenmesi	39
2.16 Proje Finansman Sağlayan Bankalar	41
2.16.1 Proje finansman sağlayan uluslararası kuruluşlar.....	41
2.16.2 Özkaynak finansmanı	44
2.17 Kredi Finansman Yapılandırması.....	45

3. UYGULAMA.....	47
3.1 Projenin Tanıtımı ve Ulaşım Modeli.....	48
3.2 İşletme Plan Analizleri ve Yolculuk Öngörü Hesaplamaları.....	49
3.3 Proje Koridorundaki Mevcut Trafik.....	50
3.4 Ulaşım Modelinin Yapısı.....	52
3.4.1 Gelecek için öngörü ulaşım altyapısı.....	55
3.4.2. Tahmin edilen nüfus, istihdam ve öğrenci sayıları	56
3.4.3 Tahmin edilen hareketlilik ve araç sahipliği	57
3.4.5 Yolculuk talep tahminleri	59
3.4.6. İşletme planı ve gerekli araç sayılarının belirlenmesi.....	61
3.5 Ekonomik Fizibilite Analizi.....	63
3.5.1 Ekonomik fizibilite metodolojisi	64
3.5.2 Yapım ve işletme maliyetleri	65
3.5.3 Seyahat süresi tasarrufu.....	68
3.5.4 Ekonomik fizibilite sonuçları.....	69
3.5.5 Duyarlılık analizi	71
3.6. Finansal Fizibilite Analizi.....	71
3.6.1 Proje evreleri içinde finansal fizibilite ve kredi risk analizleri	71
3.6.2 Finansal fizibilitenin önemi	73
3.6.3 Kredi risk analizinin önemi.....	74
3.6.3.1 Proje finansmanı açısından kredi risk kavramları	74
3.6.3.2 Proje finansmanı açısından temerrüt risk süreci	75
3.6.4 Nakit akışına dayalı finansal analiz metodu	76
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	79
4.1. Ücret Modeli, Yolcu Gelirleri ve Projenin Nakit Akışının Belirlenmesi.....	79
4.1.1 Ücretlendirme modeli	79
4.1.2 Yolcu gelirleri	81
4.2. Projenin Finansmanı ve Kredi Şartlarının Belirlenmesi.....	81
4.2.1 Özkaynak finansmanı	81
4.2.2 Proje finansmanı sağlayan bankalar.....	82
4.2.3 Kredi finansman yapılandırması.....	84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENTİÇİ RAYLI SİSTEM HATLARININ TEKNİK VE EKONOMİK FİZİBİLİTE ANALİZLERİ İLE MALİ FİNANSMAN YÖNTEMLERİ

Ferit DENİZ

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Vahit Ferhat BENLİ
2021, 95 sayfa

Bu çalışmada,

İstanbul'daki toplu taşıma modellerinden biri olan ve yapımı hızla devam eden metro ve tramvay hatlarının ulaşım, ekonomik ve finansal fizibilite yapılış prensipleri ve uygulama teknikleri, bankaların bu projeleri fonlaması açısından çok önem taşımaktadır. Fizibilite çalışmalarında, şehir içi seyahat ihtiyaçları tespit edilerek proje konusu olan 29 yıla kadar varan imtiyaz süreleri içerisinde ortaya çıkması beklenen seyahat talep tahminlerine dayanan finansal fizibiliteler yapılmaktadır. Bununla beraber proje sponsorları tarafından ekonomik karlılık, verimlilik ve etkinlik esasları dahilinde geliştirilen finansal fizibilite modelleri belirlenerek, projenin fayda-maliyet oranının pozitif olacak şekilde finansmanı ve gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışma dahilinde yapılan analiz, proje sponsorları için banka kredilendirme süreçleri içinde proje finansman teknikleri açısından gerekli olan finansal fizibilitenin gerçek bir uygulama çerçevesinde aydınlatılmasını amaçlamaktadır. Bu çalışma dahilinde yapılan M9 İkitelli-Halkalı Metro Hattı incelenerek analiz banka kredilendirme süreçleri içinde proje finansman teknikleri açısından gerekli olan finansal fizibilite özellikleri ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Finansal fizibilite, kamu ve özel yatırım analizi, kamu toplu ulaşımı, kapasite planlaması, öngörü ve simulasyon sermaye bütçelemesi, ulaşım fizibilitesi, uluslararası krediler.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY ANALYSIS OF URBAN RAIL SYSTEM LINES AND FINANCIAL FINANCING METHODS

Ferit DENİZ

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Urban Systems and Transportation Management**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Vahit Ferhat BENLİ
2021, 95 pages**

In this study,

The transportation, economic and financial feasibility principles of metro and tramlines, which are one of the public transportation models in Istanbul and whose construction continues rapidly, are from project finance point of view by banks of utmost importance. In feasibility studies, urban travel needs and the travel demand estimations are calculated, which are expected to appear in line with 29-year long concession periods. On the other hand, the project sponsors are aiming to conclude the project financing with a positive cost/benefit ratio by using a financial feasibility model based on the principles of economic viability, efficiency and rentability criteria. The Feasibility is evaluated according to the study results of the rail system. This pragmatic study aims for giving light into the shady area of project financing and analysis techniques used for analyzing for the project sponsors by the bank analyst through the lens of practical implementation techniques. In this study, The M9 İkitelli-Halkalı Metro Line was examined and the financial feasibility features required in terms of project financing techniques within the analysis bank lending processes were revealed.

Keywords: Financial feasibility, fixed investment studies capacity planning, government and private investment analysis, international finance forecasting and simulation, international lending, public transport, transport feasibility.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile her aşamada yardımcı olan değerli arkadaşım Fırat TOPARLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin yazılma sürecinde verilerin paylaşılması noktasındaki desteklerinden dolayı Metro İstanbul A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan çok sevdiğim biricik Sevgilime ve aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ferit DENİZ
İSTANBUL, 2021



ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 1. 1 Kuadrant matrisi.....	5
Şekil 3. 2 Trafik sayım noktaları.....	57
Şekil 3. 3 Ulaşım modeli akış şeması.....	59
Şekil 3. 4 İstanbulda otomobil sahipliği öngörülleri (Otomobil/1000 Kişi).....	59
Şekil 3. 6 Proje finansman işlemlerinde kredi akış diyagramı.....	76



ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Kentiçi raylı ulaşım sistemleri	10
Çizelge 2. 2 Kabataş – Mahmutbey metro hattı istasyonları	13
Çizelge 2. 3 İstanbul’ da nüfus sayıları	20
Çizelge 2. 4 İstanbul’ da istihdam sayıları	20
Çizelge 2. 5 İstanbul’ da öğrenci sayıları	21
Çizelge 2. 6 İstanbul’ da motorizasyon	22
Çizelge 2. 7 Sabah doruk saat en büyük kesit trafikleri	24
Çizelge 2. 8 İstanbul’ da metro çalışma saatleri.....	26
Çizelge 2. 9 Birim işletme ve bakım maliyetleri.....	31
Çizelge 2. 10 Metronun işletme ve bakım maliyetleri	32
Çizelge 2. 11 Kabataş-Mahmutbey ekonomik fizibilite sonuçları	34
Çizelge 2. 12 Duyarlılık analiz tablosu	34
Çizelge 2. 13 Yolcu gelirleri	39
Çizelge 2. 14 Proje finansman, kredi kaynak oranı (USD)	40
Çizelge 2. 15 Alternatif finansman modelleri	46
Çizelge 4. 1 Metro istanbul toplu taşıma ücretlendirme yapısı.....	80
Çizelge 4. 2 Alternatif finansmanların iskonto oranları	84
Çizelge 4. 3 %100 Kredi özet bilgileri	86
Çizelge 4. 4 Kredi geri ödeme bilgileri (% 100 Kredi-USD).....	86
Çizelge 4. 5 Mali analiz tablosu (% 100 Kredi-USD)	87
Çizelge 4. 6 Alternatif finansman seçeneklerinin karşılaştırması.....	88
Çizelge 4. 7 Finansal fizibilite duyarlılık analizi sonuçları	88

SİMGELER VE KISALTMALAR

EBRD	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
EIB	Avrupa Yatırım
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İUAP	İ.B.B. Ulaşım Daire Başkanlığı İstanbul Ulaşım Ana Planı
M7	Kabataş-Mahmutbey Metro Hattı
M9	İkitelli-Atakent Metro Hattı
S&P	Standard and Poor's Global Ratings
WEF	World Economic Forum



1. GİRİŞ

Dünya Ekonomik raporlarında, toplumsal risklerin sıralanmasında pandemi riskinin yanında “Altyapıdaki Çöküş Riski” nin bulunması tesadüf değildir (WEF 2021). 2007 senesi için risk sıralamasında birinci en önemli risk olarak adedilen altyapı riski 2021 deki risk matrisinin en ortasında hem faktör olarak hemde etki anlamında yerini almaktadır. Altyapı riskinin elimine edilmesi post Covid sonrası toplumsal refahın arttırılmasında ve sürdürülebilir ekonomik kalkınmanın gerçekleşmesinin temel “altyapısı” olarak finansal düşünme sistemimizin ana konturlarını belirlemektedir. Bu riskin sterilizasyonu anlamında Dünya Bankası raporlarına göre hala hazırda 1.3 trilyon dolarlık bir altyapı yatırımı gelişmekte olan ülkeler için finanse edilmeyi beklemektedir. Proje finansmanı, tüm bu altyapı projelerinin gerçekleşmesinde son 30 yılda ciddi bir şekilde finansal sistem aktörleri, yatırımcılar, proje sponsorları ve devletler” tarafından kullanılmaktadır. Bu durum bizleri, kavramsal olarak “Altyapı” nın ne olduğu ya da nasıl tanımlanması gerektiği noktasına getirmektedir. Altyapı genel olarak temelinde bireysel ve kamusal alanlarda gerçekleştirilen sosyo ekonomik yaşam şartlarının varoluşunu mümkün kılan, tüm maddi ve kurumsallaşmış fiziksel varlıkların belli bir entegre yapı, organizasyon, iş modeli ve düzenleyici kurallar silsilesi içinde yapılandırılmasıdır (Weber, 2016). Bu tanım mühendislik anlamının ötesinde ekonomik ve sosyal gelişmin temelini oluşturan temel olgulara ve entegre bir yapıya işaret etmektedir. Bu entegre yapı, ulaşım, enerji, su kaynakları, telekomünikasyon, sağlık, eğitim, kültür, spor, iç ve dış güvenlik ile kamu yönetim sistemini içerir. Bu yapının hangi organizasyonel formasyon içinde işlevsellik kazanacağı ve bu formasyonun nasıl finanse edilebileceği, finanse edilirken gerek yerel yönetimlerde ki proje planlamacı mühendislerimiz için gerekse de finansal kurumlardaki proje değerlendirme uzmanlarımız tarafından nasıl yapılabileceği konusu hala teknik ve finansal bilgi birikimi gerektiren önemli bir konu olarak proje finansman gündeminde ki en önemli konulardan biri olmaya devam etmektedir (Rossi ve Stepic, 2015). Ekonomik fizibilite kapsamında hazırlanan bu analizler aynı zamanda bankaların karar mekanizmalarının temelinde bulunan projelerinin karlılık ve verimliliklerine dair önemli bulgularıda içermeleri açısından önemlidir. Bu çalışmada M9 İkitelli-

Ataköy hattının özelinde mali fizibilite incelenerek raylı sistem hatlarının yapılması için gerekli maliyetin finanse edilme yöntemleri ve bu yöntemlerin fayda/maliyete etkisi ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

1.1. Temel Altyapısal Kavramlar

Giriş bölümünde bahsettiğimiz Altyapı Riski'ni bu bölümde tanımlamak durumundayız. Dünya Ekonomik Forumu (DEF) Altyapı Riskini, “Hatalı kentleşme, yanlış planlama, yönetim zafiyetleri ile eksik yatırım yapılması sonucu negatif etkilenen ekonomik gelişimin, eğitim, konutlaşma, kamu sağlığı, çevre ve sosyal içerme alanlarındaki eşitlenmez ve yetersiz kamu enfastrüktürü olarak tanımlanmaktadır (WEF, 2021). Yine DEF’in global risk raporu 2020 de ki tanımladığına göre, “Kritik Altyapı Batıklığı” ve “Şehir Planlaması” başarısızlıkları ile birleştğinde sosyal istikrarsızlık, işsizlik, yönetilemez enflasyon, finansal kriz ve milli yönetim başarısızlıklarına kadar uzanan çok farklı ama acı sonuçlar doğurabilecek bir sistemik bağlantı öğelerine işaret etmektedir (WEF, 2020).

Altyapı projeleri kamu, özel ya da PPP (kamu özel ortaklığı) şeklinde gerçekleştirilebilir. Temelde kamuya ait olan Altyapı projelerine yapılan yatırımlar gitgide daha fonksiyonel olarak “ayrıştırılabilirlik” özelliği almakta ve özel sektör yatırımcıları özellikle PPP projelerinde imtiyaz hakları elde edecek şekilde maddi altyapı projelerinde mülkiyet ya da kullanım haklarını elde edebilme imkânını bulabilmektedir. Böylelikle özel yatırımcılar da varolan ya da gerçekleştirilecek olan ekono sosyal sistemler üzerinde maddi hakları elde edecek şekilde getiride elde edebilme şansına erişebilmektedir. Burada yatırım finansmanı anlamında proje finansmanı ile varlık aşamasına gelmiş bir altapı finansmanının ayrışmasını yapmak durumundayız. Proje finansmanı, teknik anlamda bir özel amaçlı şirket kurulmasına olasılık tanıyarak projenin gerçekleşmesine ve eldeki kamu ya da özel kaynakların projenin yapım aşamasına aktarılmasına izin verir. Bu izin imtiyaz anlamında da projenin varlık aşamasına geçişinde “kullanım ve işletme hakkı” anlamında imtiyaz dönemi boyuncada devam eder. Bu anlamda oluşan varlığın mülkiyet hakkı ise kamu ya

da devlet içinde kalabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ise projenin temerrüt noktasına gelecek şekilde yanlış yönetilmesinden kaynaklanan bir “erken sözleşme feshine” ve kamunun projedeki tüm hak ve yükümlülükleri ile projenin bütününe sahip olmasıdır. Bu durum bankacılık pratiklerinde “Step In” olarak devletin ilgili kurumunun projeye tamamen müdahale edebilmesi olarak açıklanır (Yescombe, 2002). Alman literatür tanımında ise proje finansmanı “komunal finansman” adı alacak şekilde özellikle yerel yönetimlerin, özel finansman ve projeyi gerçekleştirecek organizasyonel yapıların kamu harici yatırımcıların katılımı ile gerçekleştirilmesi prensibine dayanır. Bu anlamda üzerinde çalışılan ilk imtiyaz modeli “Mogendorfer Modeli” olmuştur (Tytko, 1999). Mogendorfer modeli sayesinde ilk defa olarak altyapı projesinden oluşan bir hakedişin özel bir yapımcı şirket tarafından bankaya ciro edilmesi ile projenin finansmanında kredibilitesi kamudan düşük bir firmanın finansman problemini aşabileceği bir model oluşturulmuştur.

1.2 Proje Teslim ve Finansman Alternatiflerinin Analiz Kuadrantı

Yukarıda verilen tanımlar ve kavramlar ışığında kamu ya da kamu/özel projelerinin gerçekleştirilme formatını belirleyen finansman stratejilerini bir kuadrant çerçevesi içinde analiz edebileceğimiz bir analitik enstrümanı tanımlamak durumundayız. “Kuadrant modeli” MIT tarafından 1990’lı yıllarda farklı projeleri birbirlerinden ayırıştırabilmek amacı ile “projenin fayda sağladığı “müşteri ve üçüncü taraflar” perspektifinden tasarlanmıştır. Aşağıdaki grafikte altyapı fonlama metodu ve altyapı proje gerçekleştirme ve temin çerçevesi verilmiştir (Miller, 2002). Kuadrantın x eksenini, kamu otoritesi tarafından projenin gerçekleştirilmesi amacıyla seçilebilecek teslim/tedarik opsiyonlarını içermektedir. Bu opsiyonlar bir projenin planlama, design, inşaat, operasyon ve bakım&onarım fazları için segmente (ayrıştırılmış) ya da kombine edilmiş bir biçim halini almış olabilir. Örnek verirsek, “Design-Bid-Build” projelerinde projenin gerçekleştirilmesi gereken tüm fonksiyonlar tasarım-teklif-yapım ve operasyon-bakım, farklı ekonomik birimler tarafından ayrı ayrı icra edilir. Kombine edilmiş formatta ise, proje fazı gerçekleşme anlamında tek ve entegral bir formatta bütünleşik olarak “turn key” dediğimiz “anahtar teslim” bir durumda

tamamlanmış olarak maliyetlendirilir ve gerçekleştirilir. Segmente edilmiş yapıda ise her bir proje fazı ayrı olacak şekilde satın alma amaçlı olarak farklı kurumlarca segmente edilir. Segmentasyon strateji projenin satın alma süreçlerinin proje fazlarına göre ayrışımını beraberinde getirir.

Kuadrantın dikey eksenini ise projenin Finansman metriğinden oluşmakta olup, temelde proje finansman metodu açısından ilk etapta ne kadar kaynağın devlet tarafından sağlandığı ya da sağlanması gerektiği esasına dayanır. Bu anlamda projenin tasarım, tamamlanması ve işletilmesi süreçleri içinde oluşan finansal riskin devlet tarafından üstlenilmesi durumunda ve tüm hakediş ödemelerinin ilgili devlet kurumu tarafından karşılanması durumunda kamu stratejik olarak fonlamanın tam merkezinde bir yer alır. Bu formata “Design-Bid-Build” (Tasarım-Teklif-Yapım) adı verilir. Bu yapı dâhilinde tüm finansman kamu tarafından sağlandığı için modelde finansman kavramı bulunmaz. Kamunun ya da devletin hiçbir sermaye ya da finansman işleminde yer almaması durumundaki yapısal forma DBFO (Design-Build-Finance-Operate) yani “Tasarım-Yapım-Finans-İşlet” modeli adı verilir (Miller, 2000). Bu anlamda finansman projenin özelliklerine göre devlet-özel ikilemi arasında farklı boyutlarda gerçekleşebilir. Bu ikilem aşağıdaki iki maddede formalize edilebilir:

- a) “İtme (push) Stratejisi”: Bu strateji dâhilinde devlet altyapı projelerine direkt kaynak/ödeme tahsisatı sağlamak sureti ile projeyi emre amade hale getirir.
- b) “Çekim (Pull) Stratejisi”: Devlet birimleri tarafından ilgili projeler verilen garantiler, teşvik, alım garantileri ve borç üstlenim anlaşmaları ile özel sektörün devletin ön açtığı projelerin finansmanına katılımı sağlanır.

Yukarıda belirtilen organizasyon formları proje finansmanının temelini oluşturmakta, finansman gerçeklerine uygun risk profilinin şekillenmesine yol açan işletme, işbölümü, kooperasyon ve imtiyaz modelleri özel sektörün kamusal görevlerin yerine getirilmesinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Aşağıdaki grafikte projenin teslim/tedarik metodları aşağıda verilmiştir (Gordon, 1994).

Bu anlamda I. Kuadrant içinde gördüğümüz Super-TKY (Turnkey with Financel) “Finans dâhil Anahtar Teslim”, DBO (Design-Build-Operate) “Tasarım-Yap-İşlet”, DBOM (Design-Build-Operate-Maintain) “Tasarım-Yap-İşlet-Bakım” adları altında gruplandırıldığını görmekteyiz. Türkçe literatürde BOT (Build-Operate-Transfer) “Yap-İşlet-Devret” olarak tanımlanan model, BOO (Build-Own-Operate) “Yap-Sahip Ol-İşlet”, DBOT (Design-Build-Operate-Transfer) “Tasarım-Yap-İşlet-Transfer” , BOOT (Built-Own-Operate-Transfer) “Yap-Sahip Ol-İşlet-Transfer” şeklinde tanımlanan iş ve finansman modelleri II. Kuadrant’ta tanımlanmıştır. Dağıtık endirek finansman modellerinin var olmadığı sistemde IV Kuadrant’ta, altı farklı Temin/Finansman modeli verilmiştir. Bunlar, TKY (Turnkey) “Anahtar Teslim Yapım Anlaşması”, DB (Design-Build) “Tasarım-Yap”, CM (Construction Management) “İnşaat Yönetimi”, DBB (Design-Bid-Build) “Tasarım-Teklif-Yap”, FT (Fast Track) “Hızlandırılmış Yapım”, PP (Parallel Prime) “Çok Katılımlı Yapım” olarak tanımlanmıştır. TOR (Transfer of Operational Rights) “İşletim Hakları Transferi” ise özellikle enerji projelerinin yapımında kullanılmaktadır.



Şekil 1.1 Kuadrant matrisi (Miller, 2000)

1.3 İşletme Modelleri ve Finansman Genel İlkeleri

Yukarıda tanımlanan çeşitli Proje temin ve işletme modelleri 1980’li yılların başında kamu projelerinin özel sektör firmalarının proje yapımını üstlenmeleri üzerine ve projelerin yapımında finansman desteği sağlamaları üzerine kullanılmaya başlanmıştır. Ancak bu duruma halahazırda teknik anlamda güçlü, finansman temini anlamında “zayıf” firmalar için projenin özkaynak ya da kredi tedariki konularında yeni bir açılım hala getirilememiştir. Bu anlamda yukarıda tanımlanan organizasyon yapıları için geçerli proje finansman axiomları burada verilebilir:

1. Kamu altyapı projelerinin yüksek yatırım tutarları içermesi ve bu tutarların sadece kamu tarafından finanse edilmesini çok zorlaştırmaktadır. Kamu borçlanması iyi yönetmek ve kaynak aktarımında kamunun yükünü azaltmak isteyen bir ekonomik yönetim birim, proje sponsoru olan özel şirketlerin hem katılımını hemde finansmana erişimini kolaylaştırmak zorundadır. Proje sponsorları tarafından projenin özkaynak finansmanı ve yabancı kaynak girdisinin sağlanması projenin en az teknik anlamda yapılabilirliği kadar önemli bir konudur. Sermaye piyasalarının direk proje finansmanında hemen hiçbir rol oynamadığı ülkemizde kaynak tedariki yine finansallaşma gölgesindeki bankalar üzerinde yoğunlaşmaktadır.

2. Yerel idare merkezlerinin kamu bütçelerinin finansa edilmeleri belli bir ekonomik rasyonalite gerektirmektedir. Bu anlamda dengeli bütçe yapısı içinde yönetilen yerel idareler için finansman maliyetinin minimize edilmesi projenin yapım şartları içindeki en önemli kıstaslardan biri olmaktadır. Özellikle alternatif finansman kaynakları yaratabilen yönetimler için uzun vadeli, düşük fonlama maliyetli kaynak bulabilmek için global bankalar ve EIB, EBRD gibi supranasyonal kuruluşlara yönelmek zorunda kalmaktadır.

3. Avrupa Yatırım Bankası bu anlamda AAA ratinge sahip olduğu gerçeği içinde kredi portföydeki donuk kredi alacak tutarını 0.2% seviyesinde tutmaktadır (S&P, 2020). Bu seviye AAA ratingi EIB’ye sağlıyan temerrüt olasılık oranına

eşittir (Moody's, 2021). Dolayısıyla EIB yönetimi sahip olduğu AAA ratingi korumak için kedisindirdiği işlerden en az AAA seviyesinde teminat mektubu almak sureti ile AAA rating seviyesini koruyabilmektedir. Bu durum borçluları ekstra olarak rating almaya zorlamakta ve rating en aşaa BBB olmak üzere yatırım yapılabilinir seviye olmalıdır. Dolayısıyla finansmana erişim anlamında projenin fizibilitesinin ya da projenin sponsorlarından daha ziyade özel sektörle ortak geliştirilen projelerde yerel yönetimin rating alması projenin rating sorununa çare olabilecektir.

1.4 Proje Yapılabilirlik (Uygulama) Analizlerinin Önemi

Bir proje yatırımcısının ya da sponsorunun tek bir gerçeği vardır o da planlanan yatırımın teknik ve ekonomik anlamda gerçekleştirilabilir olmasıdır. Bu amaca hizmet eden proje analizleri sayesinde projenin başarıya ulaşması için gerekli tüm bilgi ve enformasyon altyapısı oluşturulur. Burada kullanılan analizler proje sponsorlarının projenin karlılığı, verimliliği, teknik olarak yapılabilirliği ve ekonomik anlamda karlılığı ve istikrarı gibi konularında bilgi verirken, projenin finansmanını yapan kreditörler içinde projenin oluşturabileceği nakit akışı ve kredi geri ödeme kapasitesi hakkında bilgi edinmeye çalışırlar. Proje Yapılabilirlik analizleri teknik, ekonomik hukuksal risk analizi ile projenin nakit akışının hesaplandığı cash flow analizlerinden oluşmaktadır. Bankalar açısından burada değeriendirilmesi gereken nokta ise projenin yapılabilirlik analizi aşamasında imzalanan sözleşmelerin herhangi bir temerrüt durumunda proje sponsorlarına ne dereceye kadar "rücu" edebilme yetkisi verebildiğidir. Yapılabilirlik ya da Uygulama analizleri planlanan bir altyapı projesinin teknik, ekonomik ve finansal anlamda gerekli olan argumentasyonlarını ve uygulama hedeflerine ulaşmayı hedeflemektedir.

1.5 Araştırmanın Amacı ve Metodolojisi

Bu makalede İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Daire Başkanlığı tarafından metro ve tramvay hatlarının projelendirilmesine yönelik, güzergâhın gelecekteki yolculuk taleplerini öngörmek amacıyla yapılan ulaşım etüdü, ekonomik ve

finansal fizibilitelerinin nasıl ve ne şekilde yapıldığı açıklanmaktadır. Ekonomik ve finansal fizibilite kapsamında hazırlanan bu analizler aynı zamanda bankaların karar mekanizmalarının temelinde bulunan projelerinin karlılık ve verimliliklerine dair önemli bulgularıda içermeleri açısından önemlidir.

Ulaşım etüdünde, projenin yapım ve işletmeye açılacağı yıllar arasındaki 29 yıllık değerlendirme süresi içinde, proje konusu hattın bölümlerinde ortaya çıkacak muhtemel yolculuk talepleri tahmin edilmiştir. Ulaşım etüdünde kullanılan ve güzergâh kapsamında yeralan tüm bölgelere ilişkin nüfus, istihdam ve öğrenci sayıları gibi arazi kullanım verileri ile karayolu araçlarıyla hareketlilik, gelir grupları ve özel araç sahipliği gibi planlama verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesinden temin edilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Kentiçi Raylı Sistemler

Günümüzde nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kentlerde kentiçi ulaşımının vazgeçilmez parçası olan raylı sistemler önemli bir yer edinmeye başlamıştır. Yolcuları bir noktadan bir noktaya hızlı, güvenli ve konforlu bir şekilde ulaştırması popüler olmasının başlıca nedenleridir. Dünya geneline bakıldığında büyükşehirlerin tamamında raylı sistem örnekleri ile karşılaşmak mümkündür. Kentiçinde en çok tercih edilen raylı sistem araçları metrolar, hafif metrolar, tramvaylar ve monoraillerdir. Monorailler diğer araçlara göre ulaşım projelerinde sıkça yer edinmez. Kısmen daha az yolcu taşıma kapasitesine sahip olduğu için başlıca seçenekler arasında yer edinmez. Raylı sistem araçları diğer ulaşım araçlarına göre daha güvenlidir. Son zamanlarda çoğu raylı sistem araçları elektrik motorları ile çalışmaktadır. Bu da çevreye duyarlı, karbon emisyonu düşük, enerji maliyetinin düşük olması sonuçlarını doğurur. Kentsel raylı sistemler, birçok nedenden ötürü, metropol alanların sürdürülebilir kalkınmasında kilit bir rol oynamaktadır, göreceli olarak düşük enerji tüketimi ile taşıma kapasitesi fazlalığı önemli avantajıdır (Paul, 2013). Raylı sistem araçlarının ilk yatırım maliyeti yüksek olmakla birlikte, işletme maliyeti karayoluna kıyasla daha düşüktür. En önemli çıktısı yolcu taşıma kapasitesidir. Karayolu taşımacılığına kıyasla çok daha fazla yolcu taşır. Kentiçi raylı sistemleri adlandırırken belli başlı kriterler göz önüne alınır. Yolcu kapasitesi, işletmedeki hızı, setteki vagon sayısı, güzergâh (hemzemin, tünel, karayolundan ayrılması), sinyalizasyon raylı sistemleri sınıflandırırken önemli araçlardan bazılarıdır.

Metrolar, hafif metro ve tramvaylara göre daha fazla yolcu taşır. Çoğunlukla tünelden gider ve bazı noktalarda köprü ya da viyadükten geçse de kısmen bu mesafeler çok azdır. Hafif Metrolar tramvaylara göre daha fazla yolcu taşır. Setteki vagon sayısı tramvaylardan fazladır. Bir set çoğunlukla 3 ya da 4 araçtan oluşur. Karayolundan bağımsız bir güzergâhı vardır. Zemin yüzeyinde gittiği durumlarla sıklıkla karşılaşmak mümkündür. Tramvaylar yolcu taşıma kapasitesi metro ve hafif metroya göre daha azdır. Genellikle setleri 2 araçtan

oluşur. Karayoluyla bütünleşiktir. Ortak hemzeminini kullanabilirler, kavşak bölgelerinde trafik ışıkları ile geçiş önceliği genellikle sağlanmaktadır. Yolcu taşıma kapasitesi düşük olmasına rağmen tünel vb. kazı çalışmaları gerektirmediklerinden tercih edildiği durumlar yaygındır.

Tramvaylar en düşük işletme hızına sahip araçlardır. Ortalama işletme hızı 12-20 km/sa arasındadır. Kentiçinde maksimum ulaşabilecekleri hız 70 km/sa olmakla beraber çoğunlukla 50 km/sa lik hız limitleri uygulanmaktadır. Hafif Metrolarda araç hızları genellikle 60-100 km/sa lik hızlara ulaşabilirken, işletme hızları ortalama 20-45 km/sa olmaktadır. Metro araçlarında ise işletme hızı ortalama 25-60 km/sa iken araçlarda maksimum hız 100km/sa çıkabilmektedir. Metrolarda sinyalizasyon yaygınken tramvaylarda kapsamlı bir sinyalizasyondan söz edilemez. Aşağıda Şekil 2.1’de hafif metro ve tramvay için örnek araç tipleri özellikleri paylaşılmıştır.

Çizelge 2. 1 Kentiçi raylı ulaşım sistemleri (Toprak, 2018).

Araç Özellikleri	Tramvay	LRT	Metro
Araç Kapasitesi (Yolcu)	100-250	110-250	140-280
Araç Boyu (m)	14-35	14-54	15-23
Araç Genişliği	2,2-2,7	2,2-3,0	2,5-3,2
Araç Sayısı	1-3	1-4	1-10
Tren Kapasitesi (yolcu)	100-500	100-750	140-2400
Hat Kapasitesi (xbin yolcu/saat)	4-15	6-20	10-70
Makimum Tren Sıklığı (tren/saat)	60-120	40-60	20-40
Mak. Hız (km/sa)	60-70	60-100	80-100
Normal İşletme Hızı (km/sa)	12-20	20-45	25-60
Kapasite İşletme Hızı (km/sa)	8-13	15-40	24-55
İstasyon Aralığı (m)	300-500	500-1000	500-2000
Yatırım Maliyeti (Milyon &/km-hat)	5-10	10-50	40-100
Tam Korumalı Hat Yüzdesi (%)	0-40	40-90	100

Araç Yüksekliği (m)	düşük-yüksek	düşük-yüksek	yüksek
Peron Yüksekliği (m)	düşük	düşük-yüksek	yüksek
Araç Kontrol	manuel/görsel	manuel/sinyal	sinyal-otomatik kontrol
Ücret Toplama	Araçta	araçta-istasyonda	istasyonda
Enerji Besleme	Kataner	Kataner	Kataner-3.Ray
Güvenilirlik	düşük-orta	Yüksek	Çok Yüksek

2. 2 Projenin Tanımı ve Ulaşım Modeli

M9 olarak numaralandırılan İkitelli-Ataköy Metro Hattı, İstanbul'un Avrupa yakasında yer almaktadır. Hat 12 İstasyondan oluşmakta ve uzunluğu 13,4 km dir. Ataköy'den başlayan hat güzergâhı, Basın Ekspres Bağlantı Yoluna paralel bir koridor izleyerek İkitelli'de bulunan Başakşehir-Kirazlı Metro Hattı'nın İkitelli Güney Sanayi İstasyonu'na ulaşarak son bulmaktadır.

İkitelli-Ataköy Metro Hattı, İstanbul'un Avrupa yakasında, Başakşehir, Küçükçekmece, Bağcılar, Bahçelievler ve Bakırköy ilçelerinden geçmektedir. Metro Hattı; Mevcutta işletilmekte olan (M3) Başakşehir - Olimpiyat - Kirazlı Metro Hattı'nın İkitelli'de bulunan İkitelli Güney Sanayi İstasyonundan başlayarak TEM ve D100 Karayolunu bağlayan Basın Ekspres Bağlantı Yoluna paralel bir koridor izleyerek Ataköy İstasyonunda son bulmaktadır. İkitelli-Ataköy Metro Hattı, Avrupa Yakası'nda işletilmekte olan ve yapılması planlanan metro hatlarıyla kesişen bir hat özelliği taşımaktadır. İkitelli-Ataköy Metrosu (M3) Başakşehir - Olimpiyat - Kirazlı Metro Hattı'nın Olimpiyat - İkitelli Güney Sanayi kesimine entegre olacak şekilde tasarlanmıştır. Metro hattı, Mehmet Akif İstasyonunda ilk aşama yapımına başlanan (Mecidiyeköy - Mahmutbey) (M7) Kabataş - Mahmutbey - Bahçeşehir Metrosuyla, Mimar Sinan istasyonunda (M1B) Yenikapı - Otagar -Kirazlı- Halkalı Metro hattıyla, Çobançeşme istasyonu (M2) Hacıosman - Taksim - Yenikapı - Bakırköy - Sefaköy - Beylikdüzü metrosuyla, Yenibona İstasyonu ile Mevcutta İşletilmekte olan (M1A) Yenikapı - Otagar - Havalimanı ve Metrobüs hattıyla, son istasyonu Ataköy ile de Marmaray ile yolcu transferi imkânı sağlamaktadır. Geçmiş olduğu güzergaha

hizmet etmekle beraber proje konusu metro hattı, bu özelliğiyle 6 farklı raylı sistem hattıyla entegrasyon yaparak önemli bir bağlayıcı hat özelliği taşımaktadır. İkitelli-Ataköy Metro Hattı, Mevcutta işletilmekte olan (M3) Başakşehir - Olimpiyat – Kirazlı Metro Hattı'nın Olimpiyat - İkitelli Güney Sanayi kolunun devamı olarak başlayarak Ataköy'de son bulmaktadır.

2.3 Yolculuk Öngörü Hesaplamaları ve İşletme Plan Analizleri

Projelendirilecek raylı sistem hattının güzergâhı incelenerek bulunduğu koridordaki yolcu potansiyelleri değerlendirilir. Şehrin yapısı gereği mevcut yolculuk hareketliliğine bu güzergâhın eklenmesiyle oluşturacağı fayda hesaplanır. Kavramsal düzeyde, yolculuk öngörü hesaplama modelleri mümkün kılan seyahat süresi tahmini için ayrıntılı bir şekilde yolculuk düzenleri hakkında veriler verir (Gal, 2015). Özellikle İstanbuldaki yolculuk koridorları en çok doğu-batı aksında kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir. Şehrin bu yoğunluğunun dengelenmesi amaçlı kuzey yönünde yeni ulaşım yollarının oluşturulması fayda sağlayacaktır. Ayrıca şehrin kuzeyinde artan yerleşim içinde ulaşım yolları tahsis edilmiş olacaktır. İstanbul'da kuzey-güney aksındaki yolculuklar ise daha çok bu hatlar ile kesişim sağlayarak entegrasyon noktaları oluşturmaktadır. Ayrıca metro ve tramvay proje alanının hangi ilçe sınırlarından geçtiği, bölgenin önemi (tarihi, ticari, turistik, rekreasyon vb.), ulaşım halkasındaki entegrasyonları belirlenmelidir.

Güzergâh kapasitesi hesaplarından sonra raylı sistem hattının her istasyon konumu için yolculuk öngörülerini hesaplanır. İstasyonun bulunduğu noktadaki ticari alan, okul, turistik bölge, rekreasyon alanları, spor müsabakalarının gerçekleştirildiği yerler vb. özellikler yolculuk yoğunluğunu belirli zaman dilimlerine göre (peak saatler, haftasonu, tatil günleri, etkinlik günleri vb.) dağılımını verecektir. Yolculuk öngörü hesaplarının belirlenmesinin ardından işletme planlarının varlığı söz konusu olur. Buna göre; sefer sıklıkları, kullanılarak tren uzunluğu, diğer ulaşım araçları ile entegrasyonların da düşünüldüğü istasyon büyüklükleri, hattın içerisindeki döngü seferlerinde analiz edildiği işletme plan analizleri yapılır.

Proje konusu hattın belirlenen güzergâhı boyunca teknik olarak yatay kurplar (virajlar) ve dikey eğimler ile beraber metrolar da derinlik bilgileri değerlendirilir. Ayrıca güzergâh boyunca diğer raylı sistem hatları içinde olan durumu belirlenir. Bu hatlar ile yapacağı entegrasyon istasyonları belirlenerek istasyon bağlantıları hesaplanır.

Projelendirilen hattın her istasyonun konumu belirlenerek hattaki km bilgileri hesaplanır. İstasyon kilometre bilgileri yazılırken istasyonların orta noktaları esas alınır. Aşağıda Çizelge 2.2’de Kabataş–Mahmutbey Metro Hattı İstasyonları gösterilmiştir.

Çizelge 2. 2 Kabataş – Mahmutbey metro hattı istasyonları (M7 Proje, 2008).

	İstasyon	Entegrasyon	Km	Mesafe (m)
1	Kabataş	Finüküler - Tramvay	-1,1	
2	Dolmabahçe		-500	600
3	Beşiktaş		500	1000
4	Darphane		2,5	2000
5	M.Köy-Şişli	Metro	4,2	1700
6	Çağlayan		5,6	1400
7	Kağıthane		7,1	1500
8	Nurtepe		7,8	700
9	Alibeyköy		9	1200
10	Yeşilpınar		10	1000
11	Veysel Karani		11	1000
12	Ak Şemsettin		11,7	700
13	Kazım Karabekir		12,9	1200
14	Yenimahalle		14,1	1200
15	Karadeniz Mahallesi	Tramvay	15,6	1500
16	Tekstilkent		17,1	1500
17	100. Yıl		18,5	1400
18	Mahmutbey-TEM		19,4	900
19	Mahmutbey	Metro	20,9	1500

Güzergâh değerlendirilmelerinde; arıza durumları, ilgili yerleşkelerde ofislerin olup olmadığı, iş yerlerinin ne sıklıkla bulunduğu, diğer ulaşım alternatiflerinin varlığı, oturlan konut sayısı resmi binaların varlığı detaylıca raporlandırılır. Açık alanların azlığı bölgenin imar kararlarında değişiklik olmadığı sürece önemli bir

yoğunluk artışı olmayacağı söyleyebilir. Bu sebeple güzergâh belirlerken birçok parametrenin üzerinde durulur. Güzergâh belirlenirken ayrıca ilgili koridordaki mevcut trafik de kapsamlıca değerlendirilir.

2.4 Proje Koridorundaki Mevcut Trafik

Projelendirilen hattın şehrin hangi bölümünde olduğu, güzergâhı boyunca hangi koridoru izlediği ve nerede son bulduğu belirlenir. Geçtiği bölgede konut, yoğunluğu, ticaret alanları yapısı belirlenir. Buna göre yolculuk trafiğini süpürdüğü güzergâh belirlenmiş olur. Güzergah boyunca yolcu hareketliliğinin tespiti için sayım yapılmalıdır. Sayım noktaları belirlenerek sabah (07:00-10:00), öğle (12:00-14:00) ve akşam (17:00-20:00) saatlerinde yapılan sayımlarla bir trafik sayım tablosu oluşturulur.

Trafik sayımları belirlenen kavşak noktalarında kurulan video kameralar ile dijital olarak kaydedilerek ofis ortamında araç türlerine ve yönlerine göre 15'er dakikalık dilimler halinde deşifre edilir. Bu dilimler kayırmalı olarak toplanmış zirve saatlik değerler tespit edilir. Trafik Sayımları kapsamında belirlenen durak noktalarında güzergâh üzerindeki kesitlerde toplu taşıma araçlarının doluluk oranları, yolculuk hareketleri sayılır. Bölgedeki ana arterlerin varlığı, toplu taşıma hizmeti yürütülen diğer alternatifler (otobüs, minibüs), bu alternatiflerin taşıma yoğunluğunun hangi yönlerde olduğu, başlangıç ve bitiş istasyonları mevcut trafiğin hesaplanmasında önemli bir yer tutar. Mevcut trafik hesaplanırken üzerinde durulması gereken başka bir konuda şehir dışından gelen araçların varlığıdır. Bunları belirlemek için kentin giriş ve çıkış noktalarında araç sayımları ve sürücü anketleri yapılır. Hangi güzergâhı kullanacakları anketlerde sorulur. Bu veriler proje koridorundaki mevcut trafik hesaplanırken önemli bir parametre olarak analiz edilir. Yapılacak sayımlarda sayımların en az 12 saat olması gerekir. Bazı durumlarda 24 saatlik ve 1 haftalık verilerinde toplanıp teknik dokümanlara ilave edilir.

2.5 Ulaşım Modelinin Yapısı

Ulaşım Modeli, kentsel kullanım alanlarının genişlemesi ve çeşitlenmesi sonucu gelecekte diğer ulaşım alternatiflerinin de etkileşimi dikkate alınarak oluşması beklenen yolcu taleplerini ortaya koyan modeldir. Kentlerde hızla artan nüfus, işgücü, artan araç sahipliği ulaşım çözümlerinin oluşturulmasında başlıca faktörler olarak yerini almıştır. Kentiçi ulaşımın sürdürülebilir, çevreci ve sosyal dengeleri gözetebilmesi için ulaşım modelleri etraflıca oluşturulmalıdır. Ulaşım modelleri oluşturulurken kentsel kalitenin artması için ulaşım ve trafik alanında sürdürülebilir uygulamaların belirlenmesine katkı sağlayacak süreçleri ele alması beklenmektedir.

Proje konusu hat üzerinde gelecekte oluşacak yolcu sayıları,

- a) Hattın çalışacağı bölgenin ve kentin diğer bölgelerinin gelecekteki arazi kullanım yapılarına,
- b) Önerilen raylı sistem hattının mevcut ve planlanan projelerden oluşan tüm ulaştırma ağı ile etkileşimlerine ve hizmet seviyesiyle ilgilidir.

Planlanan raylı sistem hattının, kentin gelişen bölgelerinde olması, ulaşım analizinde arazi kullanımı ve diğer ulaşım türleriyle etkileşimini dikkate alan bir sistem yaklaşımının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Ulaşım modelini 4 ana başlıkta incelenir. Bunlar;

- 1-Seyahat Oluşturma ve Çekim etkisi
- 2-Seyahat Dağılım modeli
- 3-Türel Dağılım Modeli
- 4- Seyahat Atama Modeli

2.5.1 Seyahat oluşturma ve çekim etkisi

Seyahat oluşturma ve çekim etkisi, ilgili projede ilgili bölgelerde yolculuk yapabilme potansiyeli olan yolcuların kapsamlıca incelenmesi süreçleridir. Yolculuk potansiyelleri hesaplanırken yolculuk durumları katagorize edilir. Ev-okul yolculukları, ev-iş yolculukları bunlardan birkaçıdır. Her bir grup için

yolculuk amaçlarına göre değişik hareketlilik katsayıları kullanılmaktadır. Ortalama 24 değişik hareketlilik katsayısı kullanılarak seyahat oluşturma süreçleri ve çekim etkisi süreçleri şekillendirilir. Burada kişilerin düşük, orta ve yüksek olarak gelir düzeyleri, aylık hane geliri, ev ve otomobil sahibi olma durumları da kategorize edilir. Toplam yolculuk üretimi için, araç sahibi evlerle araç sahibi olmayan evler arasındaki üretim oranlarının ciddi ölçüde farklı olması nedeniyle, motorize ve motorize olmayan evler olarak ayrı, ayrı yapılmaktadır. Bu gibi evlerin oranının ekonomik büyümeyle yakın bir ilişkisi bulunmaktadır. Gelecekte, motorize evlerin sayısı ekonomik büyümenin bir sonucu olarak araç sahipliğindeki artışla birlikte artması beklenmektedir. Bu koşullarda, gelecekteki yolculuk sayılarının da artması beklenmektedir. Araştırma bölgesinde gelecekteki toplam yolculuk sayısı yolculuk üretim oranlarını (kişi başına yolculuk sayısı), bu oranların gelecekte bile hem motorize hem de motorize olmayan evler için sabit kalacağı varsayımıyla, kullanarak tahmin edilmektedir.

Motorize evler : a yolculuk/kişi/gün

Motorize olmayan evler : b yolculuk/kişi/gün

a ve b düzeltme katsayıları,

$$P = PR \times Pop,$$

P: Motorize / Motorize Olmayan Evlerdeki Toplam Yolculuk Üretimi,

PR: Motorize / Motorize Olmayan Evlerdeki Yolculuk Üretimi Oranı,

Pop: Motorize / Motorize Olmayan Evlerdeki Nüfus.

Yürüme modu dahil, yolculuk üretimi ve çekiciliği bölgelere ve daha önce bahsedilen yolculuk amacına göre tahmin edilmektedir. HBW ve HBS için yolculuk üretimi ve çekiciliği modelleri yolculuk oranı kullanılarak tahmin edilirken, HBO ve NHB modelleri ise lineer regresyonla geliştirilir.

HBW ve HBS

HBW ve HBS için Yolculuk Üretimi ve Çekiciliği Modelleri aşağıda gösterilmiştir:

HBW için Yolculuk Üretimi ve Çekiciliği Modeli

HBW Üretimi = Net Yolculuk Oranı * Çalışma Oranı* Çalışan sayısı (Evde), bölgelere göre

HBW Çekiciliği = Net Yolculuk Oranı* Çalışma Oranı * Çalışan sayısı (İş yeri), bölgelere göre

HBS için Yolculuk Üretimi ve Çekiciliği Modeli

HBS Üretimi = Net Yolculuk Oranı * Eğitim oranı * Öğrenci sayısı (Evde), bölgelere göre

HBS Çekiciliği = Net Yolculuk Oranı * Eğitim oranı * Öğrenci sayısı (Okulda), bölgelere göre

HBO ve NHB

Yolculuk üretimi ve çekiciliğini tahmin etmek için lineer regresyon modelleri geliştirilir. Örnek model denklemi aşağıda gösterilmiştir. Bu model raylı sistemlerde sıklıkla kullanılan modellerden biridir.

$$G_i = a + b_1 \cdot X_{i1} + b_2 \cdot X_{i2} + b_3 \cdot X_{i3} + \dots$$

$$A_j = a + b_1 \cdot X_{j1} + b_2 \cdot X_{j2} + b_3 \cdot X_{j3} + \dots$$

Olup, burada;

G_i : Bölge i' den üretim yolculuğu

A_j : Bölge j' ye çekicilik yolculuğu

X_{in} , X_{jn} : Bölge i veya j için sosyo-ekonomi veriler

a, b_n : model parametreleri

2.5.2 Seyahat dağıtım modeli

Seyahat dağıtım modelinin işlevi, yolculuk yaratım/çekim modeliyle belirlenen yolculukları trafik bölgeleri arasında bölüştürmektir. Dağıtım modeli sonucunda kentin bütünü ve her bir yolculuk amacı için bölgeler arasındaki günlük yolculuk matrisleri elde edilir. Bu matriste; ortalama yolculuk süresi, kentteki ilgili bölgelere yapılan yolculuk sayıları, yolcular için direnimsizlik fonksiyonu ve dengeleme katsayısı seyahat dağıtım modelinin bağıntısını oluşturur. Seyahat dağıtım modeli, ağıdaki trafik dağıtım modelinin yanı sıra doğrulama, doğrulama ve kalibrasyon alanında geliştirilmesi için çözümler sunar (Marianna, 2017).

Yolculuk dağıtım modelinin işlevi, yolculuk yaratım/çekim modeliyle belirlenen yolculukları trafik bölgeleri arasında bölüştürmektir. Dağıtım modeli sonucunda kentin bütünü ve her bir yolculuk amacı için bölgeler arasındaki günlük yolculukları gösteren yolculuk matrisleri elde edilmektedir. Bölgeler arasındaki yolculukların tahmini için, aşağıda bağıntı sıklıkla kullanılır.

$$T_{ijp} = a_i \cdot b_j \cdot G_{ip} \cdot A_{jp} \cdot f_p(t_{ij})$$

Burada,

T_{ijp} : i-j bölgeleri arasında yapılan p amaçlı yolculukların sayısı

G_{ip} : i bölgesinden yaratılan p amaçlı yolculuk sayısı

A_{jp} : j bölgesine çekilen p amaçlı yolculuk sayısı

$f_p(t_{ij})$: i-j bölgeleri arasındaki p amaçlı yolculuklar için direnimsizlik fonksiyonu

t_{ij} : i-j bölgeleri arasındaki ortalama yolculuk süresi

a_i, b_j : Yaratım ve çekim kısıtlarının sağlanması için kullanılan dengeleme katsayılarıdır.

2.5.3 Türel dağılım modeli

Türel dağılım modelinde, dağıtım modeli ile tahmin edilmiş olan bölgeler arası yolculukların ne kadarının özel araçlarla, ne kadarının toplu taşıma araçları ile

yapılacağı belirlenir. Türel ayırım modelinde, dağıtım modeli ile tahmin edilmiş olan bölgeler arası yolculukların ne kadarının özel araçlarla, ne kadarının toplu taşıma araçları ile yapılacağı belirlenir. Özel otomobilden yararlanma olanağı olan kişilerin özel ve toplu taşıma arasındaki tercihlerini belirlemek için raylı sistemlerde ikili (binomial) bir logit türel ayırım modeli çoğunlukla kullanılır. İkili logit modelde bir kişinin, i-j bölgeleri arasında özel otomobil kullanma olasılığı, P_o , aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$P_o = 1 / \{1 + \text{Exp}[-\lambda(C^T - C^o + \delta)]\}$$

ii i

P_o : i-j bölgeleri arasında özel araç kullanma oranı (%)

C^T, C^o : i-j bölgeleri arasında toplu taşıma ve özel araç ile yapılan yolculuklar için genelleştirilmiş maliyetler

λ : Kalibrasyon katsayısı

δ : Toplu taşıma sistemine özgü katsayı

2.5.4 Seyahat atama modeli

Yolculuk atama modelinin amacı, yolculukların başlangıç ve son noktaları arasında hangi yolları kullanacaklarını belirlemektir. Yol ya da hat seçimi, kişilerin yolculuk maliyetlerini en azda tutacakları varsayımına dayanmaktadır. Yolculuk atama modelinde, karayolu ve toplu taşıma atamaları ayrı ayrı yapılır. Yolculuk atama modelinin amacı, yolculukların başlangıç ve son noktaları arasında hangi yolları kullanacaklarını belirlemektir. Yol ya da hat seçimi, kişilerin yolculuk maliyetlerini en az tutacakları varsayımına dayanmaktadır. Yolculuk atama modelinde, karayolu ve toplu taşıma atamaları ayrı ayrı yapılmaktadır. Seyahat atama modeli çıkarıldıktan sonra modelin gerçeklik sınaması yapılmaktadır. Sabah doruk saatteki toplu taşıma yolculukları toplu taşıma ağına yüklenerek toplu taşıma hatları üzerindeki doruk saat trafik hacimleri elde edilir. Oluşturul ulaşım modelleri tüm kent alanlarını kapsadığı kapsadığı için, trafik analiz bölgeleri birkaç mahallenin birleşmesinden oluşmakta, bu nedenle herhangi bir raylı sistem hattının birkaç durak yada istasyonu aynı bölge içerisinde kalmaktadır. Model/gözlem karşılaştırması

yapılırken aynı bölge içerisinde kalan istasyon/duraklar birlikte değerlendirilir. Ulaşım modellerinde, kentin bütününe göz önüne alan stratejik düzeyde bir planlama çalışması için kabul edilebilir düzeydeki hata oranları söz konusu olabilir. Gerçeklik sınavasında elde edilen veriler modelle oluşturulan verilere % olarak yakın veriler sunmalıdır.

2.6 Tahmin Edilen Nüfus, İstihdam ve Öğrenci Sayıları

Yapılacak olan kentiçi raylı sistemler için nüfus, istihdam ve öğrenci sayıları gibi veriler önemli bir yer tutar. Sayım esnasında genellikle son 5 yıllık veriler değerlendirmeye katılır. Bununla birlikte 2 yıllık verilerde analiz edilerek önemli bir çıktı elde edilebilir. Çalışma kapsamına alınan yıllarda nüfustaki değişim özellikle kayıt altına alınır, nüfus artışı ya da azalışı belirlenir. Ayrıca çalışma kapsamına alınan yıllarda öğrenci sayılarındaki değişim önemli bir yer tutar. Öğrencinin varlığı ilgili güzergâhta okulun olması durumunda genellikle belirli sayıda yolculuğun göstergesidir. Hattın geçeceği güzergâhta istihdamın artışı sağlanmış mı ne sıklıkla sağlanmış, ilerleyen süreçte belirlenmiş projelerle istihdama katkı sağlanacak mı? Bu temel sorular çerçevesinde tahmini yolculuk sayıları belirlenmemeye çalışılır. Aşağıdaki çizelgede T5 Tramvay Hattının fizibilite raporunda çalışması yapılan yolcu, istihdam ve öğrenci sayıları Çizelge 2.3, 2.4 ve 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2. 3 İstanbul' da nüfus sayıları (T5, 2012).

	Nüfus (2012)	Nüfus (2019)	Nüfus (2023)	Nüfus (2040)
Anadolu	4.891.309	5.797.391	6.374.853	7.034.823
Avrupa	8.963.431	10.148.549	10.826.223	12.061.187
Toplam	13.854.740	15.945.940	17.201.077	19.096.011

Çizelge 2. 4 İstanbul' da istihdam sayıları (T5,2012).

	İstihdam (2012)	İstihdam (2019)	İstihdam (2023)	İstihdam (2040)
Anadolu	1.306.568	1.743.387	1.992.998	2.214.706
Avrupa	3.064.184	3.793.066	4.209.570	4.706.956
Toplam	4.370.752	5.536.453	6.202.567	6.921.662

Çizelge 2. 5 İstanbul’ da öğrenci sayıları (T5, 2012).

	Öğrenci (2012)	Öğrenci (2019)	Öğrenci (2023)	Öğrenci (2040)
Anadolu	1.123.154	1.329.619	1.447.599	1.594.699
Avrupa	2.058.601	2.333.657	2.490.832	2.775.319
Toplam	3.181.755	3.663.276	3.938.431	4.370.017

Çizelge 2.3, 2.4 ve 2.5’te görüldüğü üzere 2012 ve 2019 yılları arasındaki nüfus, istihdam ve öğrenci sayılarındaki değişim 2023 ve 2040 yılları için beklenen nüfus sayılarını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda hattı tasarlarken beklenen artışlar göz önüne alınarak hattın kapasitesi belirlenmektedir.

2.7 Tahmin Edilen Hareketlilik ve Araç Sahipliği

Ulaşım modelinin en temel verilerinden biri, kişi başına günlük ortalama seyahat sayısıdır. Ulaşım modellerinin ilk aşaması olarak da ifade edilebilir. Toplumların yolculuk değerleri, gelişmişlik düzeyi, araç sahipliği ve kazancıyla orantılı olarak değişmektedir. Şahsi araç sayısının fazlalığı kısmen refah düzeyi hakkında bilgi verir. Şahsi araç sayısı fazla ise ulaşımında şahsi araçla seyahat oranının yüksek olacağı söylenebilir. Sürdürülebilir yolcu taşımacılığı yöntemlerini teşvik etmek için etkili politikalar tasarlamak için gerekli olan bireylerin özel araç sahipliği davranışını anlamak, potansiyel mod seçimini ve seyahat davranışını anlamak için önemlidir (Vinod, 2020). Seyahatler genellikle evden okula okuldan eve, evden işe işten eve, evden diğer ihtiyaçlar için yapılan seyahatler (alışveriş, hastane, eğlence vb.), birde gün içerisinde başlangıç ve bitiş noktası ev olmayan seyahatler (iş yerinden müşteriye yapılan seyahatler gibi) ana başlıklarda toplanır.

Seyahatler nedenleri 4’e ayrılmıştır:

- Ev çıkışlı iş seyahatler: Başlangıç ya da bitiş noktası ev olan ve iş amacıyla yapılan seyahatlerdir.
- Ev çıkışlı okul seyahatler: Başlangıç ya da bitiş noktası ev olan ve eğitimöğretim amacıyla yapılan seyahatlerdir.

c) Ev çıkışlı diğer seyahatler: Başlangıç ya da bitiş noktası ev olan ve alışveriş, lokanta, iş takibi, hastahane, eğlence, ziyaret gibi değişik amaçlarla yapılan seyahatlerdir.

d) Uçları ev olmayan (diğer) seyahatler: Başlangıç ve varış noktaları ev olmayan seyahatlerdir.

Yolculuk sebebi olan bu veriler genellikle belediyelerden temin edilir. Bununla birlikte TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ten de veriler elde edilebilir. Bunlar dışında yerinde yapılan anketlerle verilerin oluşturulduğu durumlar söz konusudur. Anketlerde hanehalkına seyahatleri ile ilgili sorular sorulur.

Tahmin Edilen Hareketlilik ve Araç Sahipliği hesaplanırken nüfus, istihdam, öğrenci sayıları, hastanelerdeki yatak sayıları, nüfusun gelir düzeyi, sosyoekonomik veriler önemli parametrelerdir. Tahmin edilen hareketlilikte gelir durumları da dikkate alınmalıdır.

Genellikle kentlerde nüfus artışı gözlemlenir. Birçok çalışmada nüfus artışı ile birlikte otomobil sayıları kıyaslanır. Genellikle otomobil sayısındaki artış oranı, nüfus artış olanından fazla olur. Yıllar ilerledikçe bu artışta azalma meydana gelir. Otomobil sayısı doygunluğa ulaşır. Bunun temel sebebi şehir gelişmesine rağmen ana arterlerde yaşanan trafik yoğunluğuna bağlı olarak araç sahipliğinde isteksizlik durumudur. Trafik sıkışıklığı, uzun seyahat süreleri insanları toplu taşıma kullanımına iter. Aşağıdaki çizelgede görüleceği üzere İstanbul'da otomobil sahipliği son yıllarda hızlı biçimde artmıştır. 1980 - 2005 yılları arasında, İstanbul'da nüfus 2.3 katına çıkarken, motorlu araç ve otomobil sayısı 7.5 katına çıkmıştır. (Çizelge 2.6)

Çizelge 2. 6 İstanbul' da motorizasyon (M7, 2008).

	1980	2006
Nüfus	4,7	10,8
Otomobil	201	1,295
Motorlu Araç	281	2,097
Oto/1000 Kişi	43	120

2.8 Yolculuk Talep Tahminleri

Belediyelerin uzun vadeli ulaşım planlamaları noktasında, görev ve sorumlulukları çerçevesinde; hedef yıllar içinde arazi kullanım ve nüfus yapısına bağlı olarak, ekonomik açıdan düşük maliyetli ve kentin planlı gelişimine katkı veren; ekolojik açıdan çevreye verdiği zararı minimuma indiren; toplumsal açıdan sosyal eşitlik ilkesine bağlı, kentin tarihi ve kültürel kimliği ile uyumlu, erişilebilirlik, konfor, güvenlik, güvenilirlik gibi nitelikleri içeren, sürdürülebilir bir ulaştırma sisteminin kurulması ile kentte yaşayanların ulaşım taleplerinin karşılanması amaçlanır. Bu gerekliliği yerine getirirken ulaşım planının sadece bugünkü ve gelecekteki ulaşım talebine odaklanmaz ayrıca çok türlü, bütünleşik, kapsamlı, etki esaslı, sonuç elde etmeye açık ve iletişimsel olarak tasarlar. Yolculuk talep tahminleri yapılacak olan raylı sistem hattının en önemli girdilerinden biridir. Tanımlanmış olan ulaştırma ağı ve gelecek için öngörülen planlama verileri kullanılarak, hattın açılacağı tarihten itibaren 7 yıllık aralıklarla tahmini yolculuk talepleri ortaya çıkarılır. Bu durumlar için de model testleri yapılır. Modellerde arazi kullanım planları ile ulaştırma arasındaki ilişkileri iyi anlayarak ve kentin gelecekteki arazi kullanım yapısını doğru planlayarak gelecekteki ulaşım talepleri azaltır/dengeler, diğer bir deyimle birçok ulaşım sorununun ortaya çıkmasını önlemek için çaba harcar.

Ulaşım talep tahmininde bulunurken bir takım parametrelerde girdi olarak kullanılır. Yapılacak hattın uzunluğu, kalitesi, çift yönlü oluşu ve diğer ulaşım araçlarına aktırma, peron genişliği ve peron kapasitesi, istasyon çıkışlarındaki parklanma durumu, istasyon çıkışlarında alışveriş iş yeri vb. yapıların oluşu talep tahminlerinde katsayı olarak girdi oluşturur. Yine de hesaplanan değerler alınacak yolculuk talepleri kente sonradan ilave edilecek önceden planlanmamış hatların olması durumunda farklılıklar doğurabilir. Veri kullanılabilirliği ve verilerde sınırlamalar, hedef alan, gecelik nüfus, modal bölünme, diğer demiryolu hatların dikkate alınmamasının etkileri, uygun olmayan modsal seçim modeli ve eksik ağ yolculuk talep tahminlerinin hatalı olmasına neden olabilir (Nobuhiro, 2013). Bunun için ayrıca bir tolerans değeri belirlenir. Aşağıda Çizelge 2.7’de M7 Raylı Sistem Hattının yıllara bağlı yolculuk talepleri gösterilmiştir.

Bu veriler doruk saatlerde (peak saatlerde) yapılması beklenen günlük yolculuk sayılarıdır.

Çizelge 2. 7 Sabah doruk saat en büyük kesit trafikleri (M7, 2008).

Yıllar	En Büyük Kesit Trafikleri (Yolcu/Saat/Yön)	Günlük Yolcu Sayısı (Yolcu / Gün)
2013	24,587	932,085
2014	25,016	960,049
2015	25,445	988,014
2016	25,874	1,015,978
2017	26,304	1,043,943
2018	26,733	1,071,908
2019	27,162	1,099,872
2020	27,591	1,127,837
2021	28,021	1,155,801
2022	28,45	1,183,766
2023	28,879	1,211,730
2024	29,986	1,238,413
2025	31,093	1,265,095
2026	32,2	1,291,777
2027	33,306	1,318,459
2028	34,413	1,345,141
2029	35,52	1,371,823
2030	36,627	1,153,517
2031	36,896	1,429,188
2032	37,165	1,459,870
2033	37,433	1,490,552
2034	37,702	1,521,234
2035	37,971	1,551,916
2036	38,24	1,582,598
2037	38,509	1,613,280

Yolculuk talep tahminlerinde çoğunlukla belediyelerin hazırlamış olduğu ulaşım ana planlarından elde edilir. Belediyeler tarafından oluşturulan ulaşım modelleri 4 alt modelden oluşmaktadır.

Ulaşım modelini oluşturan birçok etmen söz konusu olmaktadır. Çalışma alanı, bölge (zon) adı verilen küçük, mümkün olduğunca aynı arazi kullanım özellikleri ve sosyo-ekonomik özellikler taşıyan planlama birimine dönüştürür. Her bir bölge için nüfus, istihdam, öğrenci sayıları (ilköğretimden üniversiteye kadar),

nüfusun gelir gruplarına (düşük, orta, yüksek) ve çalışma durumlarına (çalışan, çalışmayan) göre dağılımları belirlenmektedir. Karayolu ulaştırma ağı, ana arterleri ile kavşakları belirlenir. On değişik yol tipi tanımlanmış (bölünmüş refüjlü üçer şeritli, iki yönlü 2 şeritli v.b.) ve her bir yol tipi için değişik yolculuk zamanı/akım eğrileri belirlenip karayolu ağı çıkarılır. Toplu taşıma ağı, işletilmekte olan tüm toplu taşıma hatlarını (özel otobüs, özel halk otobüsü, minibüs, metro, hafif raylı sistem, tramvay, deniz otobüsü, dolmuş motoru, şehir hatları) hatların güzergahları, sıklıkları, bilet ücretleri, v.b. veriler model olarak ortaya çıkarılır. Bölgelerden yaratılacak yolculukların tahmini için sıklıkla "kategori analizi", "çapraz sınıflama" adı verilen yöntemler kullanılır. Bu amaçla kişiler çalışıp çalışmama durumlarına ve gelir düzeylerine göre gruplara ayrılır. Kişilerin düşük, orta ve yüksek olarak sınıflanan gelir düzeyleri ev halkının toplam aylık gelirine, ev ve otomobil sahibi olma durumlarına göre belirlenir. Bölgelerin gelir grubu dağılımları belirlenirken hane halkı anketleri yapılmaktadır.

2.9. İşletme Planı ve Gerekli Araç Sayılarının Belirlenmesi

Öngörülen yolculuk sayılarına göre, proje konusu olan kentiçi raylı sistem hattında gelecekte olması beklenen trafiği taşımak için gerekli araç sayılarının hesaplanması yapılır. Metro, tramvay hatlarının, mevcut işletme saatlerine benzer şekilde, günde 19 saat işletileceği öngörülür. Bunun 5 saati zirve zaman aralığında olacak ve sefer aralıkları, zirve saat yolculuk talebine göre, yıllar itibariyle değişebilir. 11 saat olarak öngörülen zirve dışı saatlerdeki sıklıklar ile 3 saat olarak öngörülen geç saatlerindeki ve sabah erken saatlerdeki sıklıklar hesaplanır. Yıllık araç kilometresi ve bakım gereklerinin oluşturulması için bir ön işletme planı hazırlanır. Buna göre; sistemin hafta içi, hafta sonu ve tatil günlerinde işletme saatleri, gün içinde işletme programının değişimi ve bu programın yaz ve kış dönemlerinde günlere göre farklılaşması, ulaşım etüdü ve işletme özellikleri esas alınarak belirlenir.

Gelecek için tahmin edilen yolculuk sayılarını karşılamak üzere araç sayıları, ortalama yedek % 15 oranı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Proje konusu

hatta işletilmesi öngörülen araçların toplam yolcu kapasitesi, vagon sayısı, oturan ve ayaktaki yolcu sayıları, bir dizideki toplam vagonların alabileceği yolcu sayıları hesaplanır. Zirve saatlerde yaklaşık yoğunluk oranı genellikle 0,90 olarak alınır. 0,90 sayısı ilgili güzergâhta yolculuk yapması muhtemel yolcuların sayısının çarpıldığı katsayıdır. Bu değer pik saatte yolculuk yapan yolcuların sayısının büyük oranda doğru hesaplanmasına katkı sağlar. 0,90 olarak alınmasının sebebi %15 yedek olan araçların yüzde %5 i heran ihtiyaç halinde işletmeye alınacak durum olmasıdır. Doruk saatte araç arızası istenmeyen bir durumdur. Araç arızasına binaen %5 lik araç heran hatta alınacak şekilde hazır bekletilmektedir. Bu durumda araçların %90 ı her an kullanıma hazırdır. Yoğunluğun 0,90 olarak alınmasının sebebi budur. Proje konusu hattın uzunluğu, hız limitleri, istasyon sayısı ve bunlara bağlı olarak parkur süresine göre yolcu sayısı ve sefer sıklıkları göz önüne alınıp araç sayıları belirlenmektedir. Ayrıca 29 yıllık fizibilite süresi boyunca yolculuk sayıları artacağından belirli dönemlerde araç sayılarının artırılması gerekecektir. Yıllık araç kilometresi ve bakım gereklerinin oluşturulması için yine öneli bir girdidir. Buna göre; sistemin hafta içi, hafta sonu ve tatil günlerinde işletme saatleri, gün içinde işletme programının değişimi ve bu programın yaz ve kış dönemlerinde günlere göre farklılaşması, ulaşım etüdü ve işletme özellikleri esas alınarak belirlenir. Aşağıda Çizelge 2.8’de örnek işletme planı gösterilmektedir.

Çizelge 2. 8 İstanbul’ da metro çalışma saatleri

GÜNLÜK SEFER SAYISI				
Hizmet Saatleri	Hizmet Saatleri	Sefer Sıklığı (dk)	Hizmet Süresi (saat)	Sefer Sayısı
Erken Sabah Saatleri	6:00-7:00	19	1	3
Sabah Doruk Saat	7:00-10:00	2,75	3	65
Gün İçerisi	10:00-18:00	12	8	40
Aksam Doruk Saat	18:00-20:00	2,75	2	44
Akşam Saatleri	20:00-23:00	12	3	15
Geç Akşam Saatler	23:00-01:00	19	2	6
TOPLAM			19	174

2.10 Ekonomik Fizibilite Analizi

Ekonomik fizibilite etüdünün gayesi, projenin toplumun ihtiyaçları doğrultusunda fayda sağlayacak verimli bir ulusal ekonomi bakımından değerlendirilmesidir. Ekonomik fizibilite etüdünde, metro tramvay projelerinin fayda ve maliyetleri hesaplanmıştır. Finansal yatırımları gerçek fiyanına çekmek için 0,80 katsayısı, işletme maliyetlerini gerçek fiyatına çekmek içinse 0,70 gölge fiyat katsayıları kullanılarak ekonomik maliyetlere dönüştürülmüştür. Gölge fiyat katsayısı, bir işin yada malın gerçek değerinin yüksek tutulması sonucunda işi yada malı gerçek fiyatına çekmek için çarpılan katsayıdır. Örneğin bir arabanın fiyatı halk arasında 100 birim olarak el değiştirmektedir. Bir iş için çok sayıda araba alımı yapacak bir firma gerçek değeri daha düşük olması gereken araçları mevcut değerinde bir katsayıyla çarparak arabayı olması gereken gerçek değere çekiyor. Çoğunlukla bir dönem rağbet gören mallarda ve işlerde bu uygulamaya başvuruluyor.

Ekonomik fizibilite etüdünde, genel ekonomi açısından bir inceleme olduğundan dikkate alınan dönem içinde, projenin yapılması durumundaki ekonomik maliyetler ve faydalar değerlendirilerek projenin ekonomik net güncelleştirilmiş değeri {ENPV, economic net present value), ekonomik iç geri dönüş oranı (EIRR, economic internal rate of return) ve fayda / maliyet oranı (B/C, benefit /cost ratio) hesaplanmaktadır.

Raylı Sistem projesinin masrafları şunlardır:

- Yapım masrafları
- Araçların alım masrafları
- İşletme, bakım masrafları

Raylı Sistem projesinin ekonomik kazançları şunlardır:

- Seyahat sürelerinin ekonomik kazançları
- Lastik tekerlekli araçların (özel otomobil, otobüs ve minibüs) işletme masraflarındaki düşüş
- Otobüs ve minibus yatırım masraflarındaki düşüş

- Çevresel etki masraflarındaki düşüş
- Yol bakım masraflarındaki düşüş
- Karayolu kaza masraflarındaki düşüş

Projenin ekonomik yapılabilirliğini arttıran ancak parasal olarak ölçülemeyen ya da ölçülmesi güç olan diğer faydalar (örneğin, GSYİH'ya katkı, çevresel etki maliyetlerindeki azalma gibi) hesaba katılmamıştır.

Değerlendirmede 2018 ve 2046 yılları arasındaki 29 yıllık bir değerlendirme dönemi esas alınmıştır. Değerlendirme dönemi olarak;

- 2018 yılından başlamak üzere 4 yıllık bir yapım dönemi,
- 2022 -2046 yılları arasındaki 25 yıllık işletme dönemi göz önüne alınmıştır. Projenin güncelleştirilmiş ekonomik maliyet ve faydalarını hesaplamak için %10 güncelleştirme oranı kullanılmıştır.

2.10.1. Yapım masrafları

Raylı sistemlerde en önemli giderdir. Yapım masrafları yapımı yapılacak kentiçi raylı sistem hattının çoğunlukla inşaat yapımını içerir. Bunun içerisinde kazı, harfiyat, atölye binası yapımı, atölye ekipmanları, istasyonlar ve istasyonlarda kurulacak olan sistemleri(Isıtma/havalandırma, pompalar, aydınlatmalar) barındırır. Projenin metro olması maliyeti arttırır. Özellikle tünel kazımı için kullanılan ekipmanlar, harfiyat ve işçilik önemli giderlerdir. Kentiçi raylı sistem projesi için ihaleye çıkıldığında genellikle araç ve yapım ihalesi birleşik olarak sunulur. Bazı durumlarda sadece yapım masrafları için ihaleye çıkılabilir. Yapım sürecinde ihaleye konu olan işin son teslim süresi, işin maliyeti, ödeme şartları açıkça ifade edilir. Yapım sürecinde özellikle raylı sistem inşaatlarında belirlenen sürede teslim çoğunlukla gerçekleşmez. Kazı yapılan alanın zorluğu, mali süreçler, kültür varlıklarına denk gelinmesi çalışma süresini uzatabilir. Bu durumlarda ihaleyi alan yüklenici sıklıkla uzatma talep eder. Yapım maliyetlerinde istasyonların ve tünelin kullanım ömrü genellikle 70 yıl olarak belirlenir. Tünel ve istasyonlarda kullanılacak olan elektromekanik sistemler ve ekipmanların kullanım ömrü genellikle 30 yıl ile sınırlandırılır.

2.10.2 Araçların alım masrafları

Kentiçi raylı sistemlerde projeye konu olan hatta araçların alınması ile ilgili genellikle yapım masraflarını üstlenen firmaya süreç devredilir. Ancak burada ayrıca araç teknik şartnamesi hazırlanır. Araç teknik şartnamesi ilgili hatta çalışacak araçların tüm özelliklerini detaylandırır. İhaleyi alan yüklenici bu şartnameye bağlı kalmak durumundadır. Bunun dışında ayrıca araç alımı için yapım aşamasında yetkilendirilen firmadan bağımsız olarak ihaleye çıkılabilir. Araç Teknik şartnameleri ihaleye girecek firmalar için de en belirleyici belgedir. Teknik özellikler ifade edilirken bazı durumlarda tek firma rerefe edilebilir. Örneğin yeni açılacak hatta katnersiz çalışan araçların olması istenildiğinde aslında buna yetkin bir iki firma ön plana çıkarılır. Bu çalışmaya yetkin sadece belirli bir iki firma ihaleye girer.

Standartlara uygunluk (ulusları kabul gören raylı sistem standartları), İşletme şartları, güvenilirlik, MTBF ve MTBSF (Ortalama zamana bağlı arıza sıklığı) verileri, emre amadelik, düşük enerji tüketimi, düşük bakım onarım giderleri, yolcu konforunu sağlayan yapısal koşullar (titreşim, gürültü, aydınlatma), araç ömür faktörü, elektriksel donanım uygunluğu, sınır şartlar, tipik iç düzenleme, araç ağırlığı, taşıma kapasitesi, çalışma çevrimi, hızlanma ve frenleme ivmeleri, acil fren gerekleri, otomatik servis freni, acil fren, imdat freni, kayma/kızaklama, yük ayarlaması, malzeme ve işçilik, bağlama elemanları, gövde, aleve dayanıklılık, boya, kablolama, borular, rulmanlar, yapısal kaynaklar, cam malzemeler, yapısal tasarım, araç gövdesi, yükler, makinist kabini, taban zemini, duvarlar, tavan, kapılar, kapı kanatları, donanım, kapı tahriki, kapı kontrol üniteleri, kapı işlevsel gereklilikleri, kapı engel algılayıcı, işletme gereklilikleri, sürücü paneli kontrolü, kapı imdat açacağı, manuel kapı açma, kapı bypas, kapı iptali, kapı uyarı anonsu, makinist kapıları, pencereler, oturulacak yerler, araç ekipman kutuları, varış tabelaları, gobiler, aks kutuları, dişli kutuları ve tekerler, kuplak ve kuplaj mekanizmaları, besleme, ısıtma ve havalandırma sistemleri (yolcu bölümü ısıtma, hava dağıtım kanalları, hava filtreleri, tavandan ısıtma, taban ısıtma, ısıtma fonksiyonları), araç kontroü, bakım kolaylığı, aydınlatma, sürücü kabini, dış aydınlatma, sinyal lambaları, elektrik donanımı, emisyon sınırları, pantograf,

kataner, enerji besleme durumu, araç aküsü, kumanda ve kontrol sistemi, tahrik güç sistemi, ivme kolu, hat kesivisi, acil besleme sistemi, fren donanımı, atölye beslemesi, dinamik frenler, manyetik ray freni, park freni, kumlama sistemi, hat ve ray temizleme, yardımcı sistemler, makas kumanda kontrol, araç haberleşme sistemi, genel anons sistemi, dahili haberleşme sistemi, makinist bilgilendirme sistemi, cctv sistemi, sinyal ve araç telsizi, kamera özellikleri, monitör teknik özellikleri, yedek parça ve özel aletler, teknik müayane dokümanları, ekipman tip testleri, elektrik ekipman tip testleri, enerji harcama ve depolama sistemleri, bogi testleri, dövde yük testleri, su sızdırmazlık testi, ses ve titreşim, sürüş emniyet testleri, cer performans testleri, meğer testi, yalıtım testi, geçici kabul süreçleri, fonksiyon ve gözle kontrol süreci, araç performans testi, kesin kabul, araca ait dokümanlar, manueller ve kataloglar, araç sistem manuelleri, araç bakım manuelleri, araç blog diagramı ve çizimleri eğitim manuelleri, araç test manuelleri, araç imalat albümü, araç sağlık güvenlik planı manuelleri, eğitim, araç ve sürücü eğitimleri detaylıca belirtilir. Tüm bu parametreler araç maliyetinin değişkenlik göstermesinde doğrudan etkilidir.

Araç maliyetleri aracın fonksiyonlarına göre değişkenlik göstermektedir. Metro hatlarının yapım maliyeti yüksek olmasına rağmen araç fiyatları çoğunlukla tramvaylardan daha düşüktür. Tramvaylar her 2 taraftanda kullanılabilen, yürüyen aksamı daha pahalı olan araçlardır. Ortalama bir tramvay aracı 3.000.000USD olarak hesaplanır. Genellikle araç ömrü 30 yıldır. Son zamanlarda teknolojik gelişmelerle birlikte şartnamelerde araç ömrünün 35 yıl olması istenmektedir.

2019 Yılında işletmeye açılacak olan Eminönü-Alibeyköy Tramvay Hattı için yıllık etapta 30 tramvay aracına ihtiyaç vardır. Bir tramvay aracının satın alma fiyatı 3,000,000 USD olup tramvay araçlarının ekonomik ömrü 35 yıl olarak kabul edilmiş ve buna göre kalıcı değer hesaplanmıştır. 30 Tramvay aracının maliyeti toplam 90,000,000 USD olarak belirlenmiştir (T5 Fizibilite, 2012).

Bir metro aracını satın alım fiyatı 1,800,000 USD olup metro araçlarının ekonomik ömrü 25 yıl ve ekonomik ömrü sonundaki kalıcı değerleri ise satın

alma fiyatının %10' u olarak alınmıştır. 249 metro aracının toplam maliyeti 448,200,000 USD olarak hesaplanmıştır (M7 Fizibilite, 2008).

Yukarıdaki örneklerde görüldüğü üzere tramvay araçlarının metro araçlarından daha pahalı olduğu görülmektedir. Genellikle araç fiyatları USD üzerinden belirlenir. Dünya genelindeki araç alım fiyatları incelenerek ortalama araç maliyetleri belirtilen şekilde hesaplanır.

2.10.3 İşletme, bakım masrafları

İşletme bakım masrafları kalemleri yapım sonrası harcarların tamamı olarak nitelendirilir. Finalsal işletme ve bakım maliyetlerini ekonomik maliyetlere dönüştürmek için gölge fiyat katsayısı genellikle 0,70 olarak alınır. Masraflar belirlenirken genellikle araç-km başına hesaplar ortaya koyulur. Araçların kilometre başına harcadıkları enerjinin birim fiyatı, kilometre başına hat bakım giderleri, kilometre başına araç bakım giderleri, kilometre başına idari personel giderleri ve diğer giderler olarak hesaplanır. Aşağıda Çizelge 2.9'da örnek tablo paylaşılmıştır.

Çizelge 2. 9 Birim işletme ve bakım maliyetleri(M7, 2008).

Cer Gücü Enerji (USD/Araç-Km)	0,52
Hat Bakım (USD/Km)	10, 275
Araç Bakım Onarım Giderleri (USD/Araç-Km)	0, 04
İdari Personel Giderleri (USD(Araç-Km)	0, 096
Diğer Giderler (USD/Km)	513, 135

İşletme ve bakım masraflarında en önemli çıktıyı personel giderleri oluşturur. Bunun dışında enerji harcama maliyeti diğer önemli bir kalemdir. Aşağıdaki çizelgede görüleceği üzere personel giderleri diğer tüm harcamaların toplamından daha fazla olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 2.10)

Çizelge 2. 10 Metronun işletme ve bakım maliyetleri (M7, 2008).

Yıl	Enerji	Hat ve Tesisler Bakım ve Onarım	Personel	Araç Bakım ve Onarım	Diğer
2013	7,613,262	228,506	28,209,569	640,162	11,411,601
2014	7,788,685	228,506	28,242,234	654,913	11,411,601
2015	7,788,685	228,506	28,242,234	654,913	11,411,601
2016	7,788,685	228,506	28,242,234	654,913	11,411,601
2017	8,703,616	228,506	31,613,002	731,845	11,411,601
2018	8,703,616	233,077	31,613,002	731,845	11,639,833
2019	8,703,616	237,738	31,613,002	731,845	11,872,630
2020	8,703,616	242,493	31,613,002	731,845	12,110,082
2021	8,930,832	247,343	31,655,311	750,950	12,352,284
2022	9,031,242	252,290	31,674,008	759,393	12,599,330
2023	9,031,242	257,335	31,674,008	759,393	12,851,316
2024	9,293,414	262,482	31,722,827	781,438	13,108,343
2025	10,297,523	267,732	37,243,800	865,869	13,370,509
2026	10,603,390	273,086	37,300,754	891,587	13,637,920
2027	10,603,390	278,548	37,300,754	891,587	13,910,678
2028	10,673,149	284,119	37,313,744	897,453	14,188,892
2029	11,034,629	289,801	37,381,054	927,848	14,472,669
2030	12,437,562	295,597	44,957,492	1,045,814	14,762,123
2031	12,437,562	301,509	44,957,492	1,045,814	15,057,365
2032	12,437,562	307,540	44,957,492	1,045,814	15,358,513
2033	12,437,562	313,690	44,957,492	1,045,814	15,665,683
2034	12,524,191	319,964	44,973,623	1,053,098	15,978,997
2035	12,524,191	326,364	44,973,623	1,053,098	16,298,576
2036	12,957,967	332,891	45,054,395	1,089,572	16,624,548
2037	12,957,967	339,549	45,054,395	1,089,572	16,957,039

Yıllara bağlı ortalama %2 lik artış katılarak giderler hesaplanır.

2.10.4 Kentiçi raylı sistemlerin ekonomik kazançları

Kentiçi raylı sistemlerin birçok kazancı vardır. Bunlardan en önemlisi seyahat süresinin kısalığıdır. Aynı anda birçok kişiyi bir noktadan diğer noktaya hız bir şekilde ulaştırdığı için bu süreçte elde edilen zamanla kente ekonomik katkı sağlanır. Lastik tekerlekli araçların (özel otomobil, otobüs ve minibüs) işletme masraflarındaki düşüş sağlanır. Bununla birlikte otobüs ve minibüs yatırım mesarfaları düşer. Karakoyulunun bakımı raylı sistemlere göre daha maliyetlidir.

Çevre şartlarına direk maruz kalır. Soğuk/sıcak değişimleri, nem, yağış karayoluna sıklıkla bakım yapılmasını gerektirir. Kentiçi raylı sistemlerde özellikle metro hatlarında güzergah tünel içinde kaldığını için çevresel etkilerden daha az etkilenir. Bakım masrafları düşer. Karayolunda kaza oranı daha yüksektir. Kaza sonrasında can kayıplarının yanı sıra araç masrafları da önemli bir giderdir. Kentiçi raylı sistemlerde kaza daha az yaşanır. Bu durum genel olarak değerlendirildiğinde kaza masraflarının düşmesine katkı sağlar. Kentiçi raylı sistemlerde enerji tüketim oranı karayoluna kıyasla daha azdır. Karbon salınımı da çok düşüktür. Bu sebeple çevreye etkileri göz önünde alındığında burada da önemli bir kazanç elde edilir. Bir demiryolu transit yatırımının başlatılması, ulaşım sistemi ve nüfusun istihdam, perakende ve eğlence faaliyetlerine erişebilirliği artırır ve bölgeye çeşitli etkiler de getirmektedir (Francesca, 2011).

2.11 Ekonomik Fizibilite Sonuçları

Ekonomik fizibilite etüdünde metro/tramvay projesinin ekonomik boyutu incelenmiştir. % 10 güncelleştirme oranı da kullanılarak projenin güncel değerleri hesaplanır.

Projenin ekonomik fizibilitesi olarak aşağıdaki değerler hesaplanır;

Net şimdiki değer (NBD) : USD

İç geri dönüş oranı (FIRR) : %

Fayda/Maliyet oranı (B/C) : Sabit

Bu ekonomik göstergelere göre projenin yapılabilirlik sınırının üzerinde olup olmadığı değerlendirilir. Sonuçların pozitif değerde olması aranır.

Örneğin, M7 Kabataş-Mahmut Bey hattında yapılan ekonomik fizibilite sonuçlarında projenin ekonomik olarak yapılabilir sonucu çıkmıştır. Fayda/Maliyet oranı 2,28 olarak hesaplanmıştır. Mali olarak yapılması durumunda yaklaşık olarak 2,3 kat kar elde edileceği anlamına gelir. Bakınız Çizelge 2.11.

Çizelge 2. 11 Kabataş-Mahmutbey ekonomik fizibilite sonuçları (M7, 2008).

M7 Kabataş -Mahmutbey Ekonomik Fizibilite Sonuçları	
Net şimdiki değer (NBD)	1,505,749,093 USD
İç geri dönüş oranı (FIRR)	21,84%
Fayda/Maliyet oranı (B/C)	2,28

Fizibilite sonuçlarında fayda maliyet oranının yanısıra ekonomik fizibilite sonuçlarında duyarlılık analizi yapılır.

2.11.1 Duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi, beklenmeyen senaryoların muhtemel etkilerini, ana değişkenlere bağlı olarak değerlendirmedir. Duyarlılık Analizi, bir sonucun çıktısındaki belirsizliğin nasıl çalıştığının incelenmesidir ve matematiksel model, sistem veya çıktı değişkeni tahsis edebilir (Olga, 2021). Projede yaşanan gecikme, yapım maliyetinde artış, araç maliyetinin artması, bakım ve işletme maliyetinin artması projenin mali yükünü arttırması muhtemeldir. İlerleyen süreçlerde sorun yaşanmaması adına bu parametrelerde belli oranlarda artış yapılarak duyarlılık analiz tabloları oluşturulur. Her bir değişkenler için iç verimlilik oranı ve fayda/maliyet oranı yeniden hesaplanır. Aşağıki Çizelgede verilen orijinal değerlere göre hesaplama yapılmıştır. Proje yapım maliyetini artması, araç maliyetinin artması, bakım maliyetinin artması ve projenin zamanında yapılmaması fazladan ekonomik kayıp getireceğinden fayda/maliyet oranının düşmesine sebep olacaktır. (Çizelge 2.12)

Çizelge 2. 12 Duyarlılık analiz tablosu (T5, 2012).

SENARYOLAR	E.I.R.R.(%)	FAYDA /MALİYET ORANI
İNCELENEN DURUM		
Orijinal Değer	20	1,8
Yapım Maliyeti %20 Fazla	19	1,7
Araç Maliyeti %20 fazla	18	1,67
İşletme ve Bakım Maliyeti %20 Fazla	19	1,67
Zaman Değeri %20 Az	17	1,52
Zaman değeri %40 Az	14	1,24

2.12 Finansal Fizibilite Etüdü

Projenin tekno-ekonomik ve hukuksal açıdan yapılan analizleri sonuçta finansal fizibilite ve ortaya konulacak finansal bir model dahilinde yatırımcılar, sponsorlar ve bankalar tarafından değerlendirilir. Projenin finanse edilebilmesi açısından finansal bir modelin kurulması mecburidir ve bu modellerin giriş bölümünde bahsedilen BOT/BOOT kooperasyon modellerine entegrasyonu gerekmektedir (Gatti, 2013). Finansal model farklı amaçları hedefler. Finansal sözleşme imzalanması öncesi (pre-financial close) ilk finansal değerlendirmelerin yapılması, ihale varsa ihale incesi fiyatların belirlenmesi ve bankalara verilecek olan finansal “due-diligence” değerlendirme ve inceleme raporlarının tedariki amaçlara hizmet eder. Bu anlamda gelir gider ve karlılık parametreleri modelin sponsorlar için yaratabileceği değeri ve hissedarların ortaklıktan kaynaklanan paylarının değerini belirlerken, proje modelindeki cash flow, kreditorler adına projenin borç ödeme kapasitesinin belirlenmesi açısından önem arzeder. Bunun dışında gerek projenin maliyet yönetiminde gerekse projenin hissedarların hisse değerlerinin maxekonomik değerinin belirlenmesi açısından modellere entegre edilebilecek duyarlılık analizleri ile projenin ne kadar simetrik “upside” “downside” yani ekstra sermaye değeri oluşturabildiği hesaplanır (Bodmer, 2015).

2.13 Raylı Sistemler de Finansal Model Riskleri

Finansal modellerde ve aşağıda tanımlamış olduğumuz “cash flow drivers” nakit taşıyıcıları projenin planlama ve uygulama aşamalarında farklı sebeplere bağlı olarak ciddi değişimler gösterebilir. Bu durumda projelerin uygulamalarında “reel opsiyon” ların harekete geçirilmelerine yani projenin uygulamasının durdurulmasına, projenin tüm parametrik yapısının değişimine ve hatta alternatif B planının uygulamaya alınmasına kadar gidebilir (Kodukula. P., Papudesu, Ch., 2006) ve (Mun, 2002). Aalborg üniversitesince yapılan bir araştırmada raylı sistemlerdeki maliyet artışlarının ve planlanan yolcu taşıma sayılarının çok farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Araştırılan 12 projede efektif yapım maliyetlerindeki artışın ortalama 40.3% ve planlanan yolcu taşıma

sayılarının ise finansal modellerde gösterilen 47%.8 daha düşük olduğu belirlenmiştir (Flyvbjerg, 2006). Bu anlamda Almanya'da 1992 yılında başlayıp 2003 de sona erdirilen MAGLEV demiryolu projesine atıfta bulunmak yerinde olacaktır. Berlin ve Hamburg'u birbirine manyetik ray sistemli proje öngörülen yatırım maliyet tutarının 5.7 milyar Alman Markı'nın 9.8 milyar Mark seviyesmesine ulaşması ve modellenen yolcu taşıma sayılarının (senede 15.2 milyon yolcu) neredeyse yarısı kadar bir sayıda (6.8 milyon yolcu) kalması sebebi ile proje sonlandırılmıştır.

2.13.1 Nakit akışına dayalı finansal analiz metodu

Günümüze ve ülkemize dönecek olursak, İkitelli-Ataköy Metro hattının finansal fizibilite, 29 yıllık yapım ve işletme süresince, projenin gelir ve giderleri dahilinde oluşan nakit akımı yatırımcı, işletmeci kuruluş ya da banka yönünden incelenmiştir. Kentiçi raylı sistem hattının, 29 yıllık süre için incelenen projenin mali net bugünkü değeri (FNBD) ve finansal iç geri dönüş oranı (FIRR) farklı finansman modellerine göre hesaplanmaktadır. İncelenen dönemde her yıl için hesaplanan gelir ve giderlerin dayandığı nakit akışı %100 özkaynak, %25 kredi, %50 kredi, %75 kredi, %100 kredi durumlarına göre sırasıyla %9, %9,25, %9,5, %9,75 ve %10 iskonto oranlarıyla güncelleştirilmiştir.

Ayrıca finansal değerlendirme hesabına eklenen cash flow parametreleri aşağıdaki gibidir: Bakım ve işletme giderleri için yıllık % 2 oranında enflasyon artışı öngörülmüştür. Bu parametreler ışığında projenin nakit akışı yapılan sözleşmeler altında aşağıdaki gibi hesaplanır:

Üretim /Hizmet Miktarı x Birim Satış Fiyatı = Toplam Nakit İşletme Gelirleri (Offtake anlaşmaları)

(-) İşletme ve bakım masrafları (amortisman dahil) (Put or Pay anlaşmaları)

(=) Finansman ve Vergi öncesi Proje Nakit Akışı (Özel amaçlı şirket işletim anlaşmaları)

(-) Finansman giderleri (Faiz, Taahhüt, Yönetim Komisyonları, Sigorta Bedelleri) (Hedging anlaşmaları)

(=) Finansman sonrası Proje Nakit Akışı

(-) Vergi

(=) Brüt Cash Flow (Vergi sonrası)

(-) Hat ve sabit tesislerin yatırımları (EPC Sözleşmeleri, FIDIC anlaşmaları)

(-) Araçların alım maliyeti (Makina Ekipman Alım sözleşmeleri)

(=) Serbest Nakit Akışı olarak hesaplanır.

Serbest nakit akışı “free cash flow” bir projenin borçödeme kapasitesini belirleyen en önemli parametredir. Serbest nakit akımının alt kırılımlara ayrıştırılabilir. Buna göre 1. Alttoplam kredi geri ödemesinde, 2. Alttoplam borç ödeme rezerv hesabının fonlanmasında (Debt service reserve account), 3. Alttoplam Akreditif ödemelerinde, kalan fon ise nakit süpürgesi (cash sweep) adını verdiğimiz temerrüt halinin olmaması durumunda proje sponsorlarına öncelikli olarak sermaye benzeri kredi tedarik etmiş olan “mezzanine” finansörlere ödenir (Bodmer, 2015).

2.14 Metod

Söz konusu hattın finansal fizibilite çalışmasında, 29 yıllık yapım ve işletme süresince, projenin gelir ve giderleri yatırımcı ve işletmecisi kuruluş yönünden incelenir. Mali fizibilitedeki yöntemler ve değerlendirmeler bu bölümde anlatılır. Kentiçi raylı sistem hattının, 29 yıllık süre için incelenen projenin mali net bugünkü değeri (FNBD) ve mali iç geri dönüş oranı (FIRR) farklı finansman modellerine göre hesaplanmaktadır. İncelenen dönemde her yıl için hesaplanan gelir ve giderler %100 özkaynak, %25 kredi, %50 kredi, %75 kredi, %100 kredi durumlarına göre sırasıyla %9, %9,25, %9,5, %9,75 ve %10 iskonto oranlarıyla güncelleştirilir. Ayrıca mali değerlendirme hesabına eklenen gelir ve giderler şöyledir:

- Hat ve sabit tesislerin yatırımları,
- Araçların alım maliyeti,
- İşletme ve bakım mastafları,
- Finansman giderleri (Taahhüt ve Yönetim Komisyonları, Sigorta Bedelleri)
- İşletme Gelirleri

Bakım ve işletme giderleri için yıllık % 2 oranında enflasyon artışı öngörülebilir.

2.15 Ücret Modeli, Yolcu Gelirleri ve Projenin Nakit Akışının Belirlenmesi

2.15.1 Ücretlendirme modeli

Ücretlendirme modelinde kentlerde çoğunlukla kartlı geçişler yada peronlarda bulunan otomatlardan alınan biletlerle sağlanmaktadır. Kentiçindeki ulaştırma araçlarının çoğu birbirleri ile entegre olarak çalışmaktadır. Farklı araçlarda olsa genellikle sabit fiyatlandırma söz konusudur. Yerleşkelerin bölgelere (zone) ayrıldığı durumlarda söz konusu olabilir. Gidilecek mesafeye bağlı olarak ücretlendirme yapılabilir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve çoğu büyük kentlerde, toplu taşımadaki ortak bilet uygulamasını yaygınlaştırmıştır. İstanbul da özellikle Toplu Taşıma hatlarında, yolculuk mesafesi ve süresine bakılmaksızın sabit ücret uygulanmaktadır. Metrobüs ve TCCD ye ait araçlarda ise bu durum farklıdır. Gidilen istasyon sayısı kadar ücretlendirme yapılır. Tam ücret 3,5 TL (0,45 USD) olup belirli yolcu grupları için indirimli ücret uygulanmaktadır. Mali değerlendirmede ortalama ücret, indirimli ücretle yolculuk yapanları da hesaba katmak üzere, 0,5 USD olarak alınabilir.

2.15.2 Yolcu gelirleri

Projelendirilmiş hat için gelecekte öngörülen günlük yolculuk değerleri tablo halinde hazırlanır. Hattın işletmeye açılma yılından itibaren 25 yıllık dönem boyunca çekeceği yolcu sayısı öngörülmelidir. Raylı Sistem hattının bilet gelirleri, her yıl taşınacak yolcu sayılarına göre ortalama bilet ücreti 0,5 USD üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca yıllık % 2 oranında enflasyon artışı da hesaplara eklenir.

Yolcu gelirleri hesaplanırken gün içerisinde beklenen yolcu sayısı ile bilet fiyatı çarpılır. Bilet dışındaki ticari faaliyetlerden elde edilen gelirler çalışmaya dahil edilmez. Bunlar kira, reklam vb. dir. Bilet fiyatlarına yılda %2 oranında enflasyon artışı eklenir. Ayrıca enflasyondan doğabilecek karışıklıkları önlemek için USD

üzerinden gelirler hesaplanır. Aşağıda Çizelge 2.13'de M7 Hattı'nda yıllara bağlı yolcu gelirleri gösterilmiştir.

Çizelge 2. 13 Yolcu gelirleri (M7, 2008).

YIL	Trafik (USD)	Geliri
2013	278,794,679	
2014	287,159,125	
2015	295,523,570	
2016	303,888,015	
2017	312,252,461	
2018	320,616,906	
2019	328,981,351	
2020	337,345,797	
2021	345,710,242	
2022	354,074 ,687	
2023	362,439,133	
2024	370,420 ,007	
2025	378,400,881	
2026	386,381,755	
2027	394,362,629	
2028	402,343,503	
2029	410,324 ,377	
2030	418,305,251	
2031	427,482 ,512	
2032	436,659,773	
2033	445,837,034	
2034	455,014,295	
2035	464,191,556	
2036	473,368,817	
2037	482, 546, 079	

2.15.3 Projenin finansmanı ve kredi şartlarının belirlenmesi

Proje maliyeti belirlendikten sonra ilgili projelerin özkaynak veya iç yada dış kredi ile sağlanılıp sağlanmayacağı netleştirilmektedir. Dönemin kredi şartları (düşük faiz, uzun vade, geri ödemesiz süre gibi koşullar) dikkate alınarak kredi

başvuru şartları belirlenir. Proje finansmanı için farklı alternatif modeller üzerinde çalışmalar yapılmalıdır. % 100 özkaynak, %100 kredi, %75 kredi, %50 kredi ve %25 kredi seçeneklerinin herbiri için ayrı ayrı oluşturulan alternatifler ele alınır. Proje için uygun kredi koşullarına göre ortaya çıkacak mali durum detaylıca araştırılır. Kredi şartlarında çoğunlukla aranan değer faiz oranının %5 lere yakın olması, geri ödemesiz sürenin inşaatın başlamasından itibaren 5 yıl olması, geri ödeme süresinin 10 yıl olması, ödemelerin 6 aylık eşit ödemelerle yapılması kredi şartlarında aranan kriterlerdir. Aşağıdaki tabloda M7 Hattı için hazırlanan örnek proje finans tablosu gösterilmektedir. (Çizelge 2.14)

Çizelge 2. 14 Proje finansmam, kredi ozkaynak oranı (USD) (M7, 2008).

Proje Finansmam, Kredi/ Ozkaynak Oranı (S)							
		Yıl 1 2008	Yıl 2 2009	Yıl 3 2010	Yıl 4 2011	Yıl 5 20 12	Toplam
İnşaat İşleri	Özkaynak	0	0	0	0	0	0
	Kredi	246,000.000	246	245,000,000	96,260.480	96,260,480	929,520,960
E&M İşleri	Özkaynak	0	0	0	0	0	0
	Kredi	0	0	0	178,7395	178.739.520	357.479,04
Finansman	Özkaynak	19,350,000	18,6075	14,921.250	11,13375	6,30,00	70.042,50
Maliyetleri	Kredi	0	0	0	0	0	0
Faiz	Özkaynak	0	17.650.500	31.756.550	46.250,05	65,780,400	161.437,50
Ödemeleri	Kredi	0	0	0	0	0	0
Metro	Özkaynak	0	0	0	0	0	0
Araçları	Kredi	0	0	0	0	261,000,000	261.000.000
Kamulaştırma	Özkaynak	37 000 000	0	0	0	0	37 000000
	Kredi	0	0	0	0	0	0
Genel Toplam	Özkaynak	56 350000	36.258 000	46677 800	57.383 800	718 10 400	268 480 000
	Kredi	246 000 000	246 000 000	245 000 000	275 000 000	536 000 000	1 548 000 000

2.16 Proje Finansman Sağlayan Bankalar

Projelere finansman sağlayan yerli, yabancı birçok banka ve kuruluşlar mevcuttur. Bankalar ve kuruluşlar mali fizibilite raporunu detaylıca incelemektedirler. Özellikle Fayda/Maliyet oranı ve ekonomik iç verimlilik oranı dikkate alınarak, ayrıca krediye başvuru yapan firmanın kredi notu değerlendirilerek finansman sağlayabilmektedir. Burada krediye başvuru yapan kuruma olan güven çok belirleyicidir.

2.16.1 Proje finansman sağlayan uluslararası kuruluşlar

Proje finansmanı sağlayan birçok uluslararası kuruluş mevcuttur. Bu kuruluşlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

-Uluslararası alanda Finans Kuruluşlarından Uzun Vadeli Kredi (Avrupa Yatırım Bankası, Avrupa İmar ve Yatırım Bankası (EBRD), Dünya Bankası

-İslami Kalkınma Bankası

- İhracat Kredisi Veren Kuruluşlar (QNB Finans Bank Vb.)

- Avrupa Yatırım Bankası

Avrupa Yatırım Bankası, Avrupa Birliği (AB) Üye Ülkelerce kurulmuştur. AB'nin mali kuruluşudur. Ortak projelerin finansmanını sağlar. Banka'nın görevi, Birliğin çıkarı doğrultusunda iç pazarın dengeli ve düzgün gelişimine katkı sağlamaktır. Banka bu anlamda sermaye piyasasından ve öz kaynaklarından yararlanarak kazanç amacı gütmeksizin kredi vermek suretiyle bazı alanlardaki projelerin finanse edilmesini sağlar. Bu projeler nispeten az gelişmiş bölgelerin gelişmesini sağlar. Bu projeler üye ülkelerin çıkarına olan doğrudan ilişkide bulunduğu projelerdir. İç pazarın gelişmesini, yeni istihdam alanlarının yaratılmasını amaçlar. Bunu yaparken birliğin finansal araçlarından yararlanır. Öncelikli hedefi Avrupa Birliği Ülkelerinin dengeli gelişimine katkı sunmaktır.

Bunun dışında Avrupa Birliği üye ülkesi olmayan ancak çeşitli ticari anlaşmalarla Yatırım Bankasından kredi alan birçok ülke vardır. Türkiye bunlardan birtanesidir.

Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD)

Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası Avrupa Birliği Üye Devletlerinin kurduğu bir kurumdur. Kar amacı gütmeyen bir bankadır. Özellikle Orta Asya ve Orta Avrupa da piyasa ekonomilerini güçlendirmek ve altyapıları geliştirmek için kurulmuştur. EBRD bankaları, ticari ve kamu girişimlerinin projelerini finanse etmek için çalışmaktadır. Kamu şirketleri ile çalışarak bunların yeniden yapılandırılmasına veya özelleşmesine katkı sunar. Tarım, doğal kaynakları imar, belediye hizmetleri, ulaşım, çevresel altyapı, bilişim teknolojileri, imalat, enerji , finansal kurumlar destek verdiği sektörlerdir. 2009 yılından itibaren Türkiye de de faaliyet göstermektedir. Türkiyede ticari bankalardan belediyelere, sürdürülebilir enerjiye sermaye aktarmaktadır.

Belediyelere altyapı hizmetlerinin iyileştirilmesi ve toplu ulaşım projeleri için finansman sağlamaktadır. Özellikle kentiçi taylı sistem projelerinde EBRD ye sıkça başvuru yapılır.

Banka genel olarak ekonomik kalkınmanın desteklenmesi, çevrenin korunması, yoksulluğun azaltılması, sosyal hizmetlerin sağlanması, yaşam kalitesinin yükseltilmesi amacıyla ülkelere finansman sağlamaktadır (Halişçelik, 2008).

Dünya Bankası

Amerika Birleşik Devletleri'nin New Hampshire Eyaletinin Bretton Woods beldesinde kırk beş ülkenin temsilcileri 1944 yılında dünyanın ekonomik ve siyasi arenasına iki önemli 358 MANAS Journal of Social Studies kuruluşun temelini atmak üzere toplanmışlardır (Eğilmez ve Mumcu, 2016). Türkiye'nin dış finansman sağladığı uluslararası mali kuruluşların başında gelir. Banka kuruluş yıllarında özel sektörün proje finansmanında kalkınma amaçlı, yoksulluğu

giderecek genel yatırımları amaçlarken, ilerleyen yıllarda projelerde seçici sektörleri ön plana almıştır. Banka yatırım ortamının iyileştirilmesine paralel olarak ihracata dönük yatırımlar ile ülke sanayilerinde rekabetçiliği ve yabancı doğrudan yatırımların artırılmasına dönük projelerin finansmanını sağlamaktadır. Belediyeler kentiçi ulaşım yatırımları için Dünya Bankasına sıklıkla başvurur. Banka 2000'li yıllardan itibaren yatırım ortamının iyileştirilmesine paralel olarak özel sektörün araştırma geliştirme ve yenilikçiliğinin teşvik edilmesi, bilgiye dayalı şirketlerin kurulması ve teşvik edilmesi, araştırma geliştirme çalışmalarının ticarileştirilmesi ve teknoloji kabulünün kolaylaştırılması yönünde politikaları ön plana çıkarmıştır (World Bank Group, 2015).

İslami Kalkınma Bankası

İslam Konferansı Örgütü'ne üye 7 ülke tarafından, geri kalmış İslam ülkelerini kalkındırmak amacıyla kurulmuş olan kurumdur. Müslüman toplumların ekonomik kalkınmalarına ve sosyal gelişimlerine katkıda bulunmak için faaliyet göstermektedir. Belediyelerin verimli projelerine sermaye katkısı sunmaktadırlar. Çoğunlukla üye ülkelere finansman sağlamaktadır. Bunun yanı sıra Müslüman ülkelerin ekonomik, mali, bankacılık faaliyetlerinin İslami Kurallara uygunluğunu araştırır bu konuda personele eğitim imkanı sunar. İslami Kalkınma Bankası üye ülkelerdeki gerek kamu gerekse de özel sektör yatırımlarını finanse etmektedir.

İhracat Kredisi Veren Kuruluşlar

Hermes/Coface/Sace /SERV ve benzeri kuruluşlar İhracat Kredi Kuruluşları'dır. Ülkelerindeki ihracatçıların yatırım malı ihracatını teşvik etmek amacıyla sigorta/kredi veren bu kurumlar, orta ve uzun vadeli kredi imkanı sunarlar. İthalatçı firma için ülke kredilerinin alternatifi banka kredileridir. Bu kuruluşların verdiği krediler düşük faizli olup vadesi uzundur. Bu sebeple kentiçi raylı sistem projelerinde başvuru alan önemli kuruluşlardır.

Bu kuruluşların en önemli başarısı, üye ülkeler tarafından sermaye malları ve inşaat projeleri için verilen genellikle orta ve uzun vadeli ihracat kredilerindeki yoğun rekabeti önlemeye yardımcı olan uluslararası talimatlarının geliştirilmesi olmuştur (ITC, UNCTAD/GATT, 1984).

Yerel Bankalar

Proje finansmanı sağlayan yerel bankalar uluslararası kuruluşlara nazaran daha kısıtlı imkânlarla sahiptir. Çok büyük bütçeli işlerde geri ödemesiz süre, geri ödeme süresi uzun olduğundan yerli bankalar yüksek faizle kredi imkanı sağlamaktadır. Kur problemi de çoğu zaman sorun olduğundan büyük bütçeli projelerde yerel bankaların finansman oranı düşük tutulmaktadır. Çoğunlukla Kamu Bankaları tercih edilen bankalar olmaktadır.

2.16.2 Özkaynak finansmanı

Kurumlar projeler için özkaynak finansmanı sağlamaya heveslidirler, ancak yatırım maliyeti yüksek projelerde özkaynak yetersizlikleri söz konusu olmaktadır. Taşımacılık şirketlerinin gerçekte karşılaştıkları finansman zorlukları, sadece yeniden yatırım için bile çok yüksek sermaye gereksinimleri nedeniyle, bazı büyük kentsel raylı sistemler de bile sorun doğurmaktadır, ayrıca yenileme harcamalarının sıklıkla olması gerçeğiyle hükümetlerin bunu finanse etme konusundaki siyasi teşviğini azaltır (Praj, 2021). Ekonomik fizibilite etütlerinde ortaya çıkan fayda/maliyet oranı dikkate alındığında hiç özkaynak kullanmadan da proje faaliyete geçirilebilir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi gibi yıllık bütçesi Milyar TL ile ifade edilen kurumlarda günlük sıcak para akışı da fazla olduğundan projelere özkaynak ayırmakta güçlük yaşanmayabilir. Buna rağmen projelerin maliyetli yüksek olduğunda özkaynak kullanımının yanısıra, krediler de alınabilir. Bunlarla birlikte tahvil satışları ile de projelere finans sağlanmaktadır.

2.17 Kredi Finansman Yapılandırması

Projelerde finans yapılandırması özenle yürütülen tercihen geri ödemesiz sürenin uzun olduğu ve geri ödeme süresinin genellikle uzun olduğu yapılandırmalar tercih edilir.

Ticari ve ihracat kredisi için faiz oranları ve geri ödeme süreleri örneği aşağıda verilmiştir.

İhracat kredisi ;

Kredi Tutarı : “Kredi finansman oranına göre değişken”

LIBOR : 0,6 %

Kredi Faiz Oranı : $\text{LIBOR} + 2,5\% = 3,1\%$

Taahhüt Komisyonu : 0,6 %

Geri Ödemesiz Süre : İnşaatın başlangıcından sonra 4 yıl.

Geri Ödeme Süresi : 20 Yıl

Ödeme Şekli : Yıllık eşit tutarlar olarak

Ticari kredi için;

Kredi Miktarı : “Kredi finansman oranına göre değişken”

LIBOR : 0,6 %

Kredi Faiz Oranı : $\text{LIBOR} + 3\% = 3,6\%$

Geri Ödemesiz Süre : İnşaatın başlangıcından itibaren 4 yıl.

Taahhüt Komisyonu : 0,6 %

Kredi Komisyonu : 1,27 %

Geri Ödeme Süresi : 10 Yıl

Ödeme Şekli : Yıllık eşit tutarlar olarak

Yatırım süresi boyunca tüm giderler için kullanılacak olan finansman alternatifleri örneği aşağıda Çizelge 2. 15’te verilmiştir.

Çizelge 2. 15 Alternatif finansman modelleri

ALTERNATİF FİNANSMAN MODELLERİ	UYGULANAN İSKONTO ORANI
%100 Özkaynak Finansmanı	9,00%
%25 İhracat Kredisi Finansmanı	9,25%
%50 İhracat Kredisi Finansmanı	9,50%
%75 Ticaret/İhracat Kredisi Finansmanı	9,75%
%100 Ticaret/İhracat Kredisi Finansmanı	10,00%

3.UYGULAMA

Bu bölümle kentiçi raylı sistemler için hazırlanan mali fizibilite raporu örneği hazırlanmıştır. İkitelli-Ataköy Metro Hattı' ın fizibilite analiz sonuçları ortaya koyulmuş ve bu hattın yapılıp yapılmaması fayda/maliyet oranları hesaplanmıştır.

İkitelli-Metro Hattı 12 İstasyondan oluşmaktadır. Hat uzunluğu 13,4 km dir. Uygulama 5 bölümden oluşmaktadır. Uygulamanın tanıtım bölümünü izleyen ikinci bölümünde, proje konusu metro hattının gelecek yıllardaki yolculuk taleplerini öngörmek amacıyla yapılan ulaşım etüdünün sonuçları verilmiştir.

İkitelli-Ataköy Metro Hattı'nın yapım ve işletme dönemi içinde, ortaya çıkması beklenen yolculuk talepleri 4 aşamalı bir ulaşım modeli kullanılarak tahmin edilmiştir.

Raporun üçüncü bölümünde ise ekonomik değerlendirme sonuçları verilmiştir. Ekonomik değerlendirmede, projenin ekonomik net güncelleştirilmiş değeri (NPV, economic net present value), ekonomik iç verimlilik oranı (EIRR, economic internal rate of return) ve fayda / maliyet oranı (B/C, benefit /cost ratio) hesaplanmıştır.

Raporun dördüncü bölümünde, mali değerlendirme sonuçları verilmiştir. Mali değerlendirmede, 2019-2043 yılları arasındaki değerlendirme dönemi boyunca her yıl için hesaplanan gelir ve giderler % 10 güncelleştirme (iskonto) oranı kabulü ile güncelleştirilerek, incelenen proje seçeneklerinin mali net bugünkü değeri (NBD) ve mali iç verimlilik oranı (FIRR) hesaplanmıştır.

Mali değerlendirmede, ayrıca, yatırım ve işletme dönemlerindeki tüm nakit giriş ve çıkışlarını gösteren projenin indirgenmiş nakit akışı tablosu, mali kaynaklar ve kaynakların kullanımını gösteren mali nakit akışı tablosu ile kredi geri ödeme planı tablosu hazırlanmıştır.

İkitelli-Ataköy Metro Hattı ile ilgili yapılan çalışmaların sonucu beşinci bölümde özetlenmiştir.

3.1 Projenin Tanıtımı ve Ulaşım Modeli

M9 olarak numaralandırılan İkitelli-Ataköy Metro Hattı İkitelli-Ataköy Metro Hattı, İstanbul'un Avrupa yakasında yer almaktadır. Hat 12 İstasyondan oluşmakta ve uzunluğu 13,4 km dir. Ataköy'den başlayan hat güzergâhı, Basın Ekspres Bağlantı Yoluna paralel bir koridor izleyerek İkitelli'de bulunan Başakşehir-Kirazlı Metro Hattı'nın İkitelli Güney Sanayi İstasyonu'na ulaşarak son bulmaktadır.

İkitelli-Ataköy Metro Hattı, İstanbul'un Avrupa yakasında, Başakşehir, Küçükçekmece, Bağcılar, Bahçelievler ve Bakırköy ilçelerinden geçmektedir. Metro Hattı; Mevcutta işletilmekte olan (M3) Başakşehir - Olimpiyat - Kirazlı Metro Hattı'nın İkitelli'de bulunan İkitelli Güney Sanayi İstasyonundan başlayarak TEM ve D100 Karayolunu bağlayan Basın Ekspres Bağlantı Yoluna paralel bir koridor izleyerek Ataköy İstasyonunda son bulmaktadır. İkitelli-Ataköy Metro Hattı, Avrupa Yakası'nda işletilmekte olan ve yapılması planlanan metro hatlarıyla kesişen bir hat özelliği taşımaktadır. İkitelli-Ataköy Metrosu (M3) Başakşehir - Olimpiyat - Kirazlı Metro Hattı'nın Olimpiyat - İkitelli Güney Sanayi kesimine entegre olacak şekilde tasarlanmıştır. Metro hattı, Mehmet Akif İstasyonunda ilk aşama yapımına başlanan (Mecidiyeköy - Mahmutbey) (M7) Kabataş - Mahmutbey - Bahçeşehir Metrosuyla, Mimar Sinan istasyonunda (M1B) Yenikapı - Otagar -Kirazlı- Halkalı Metro hattıyla, Çobançeşme istasyonuyla (M2) Hacıosman - Taksim - Yenikapı - Bakırköy - Sefaköy - Beylikdüzü metrosuyla, Yenibona İstasyonu ile Mevcutta İşletilmekte olan (M1A) Yenikapı - Otagar - Havalimanı ve Metrobüs hattıyla, son istasyonu Ataköy ile de Marmaray ile yolcu transferi imkânı sağlamaktadır. Geçmiş olduğu güzergaha hizmet etmekle beraber proje konusu metro hattı, bu özelliğiyle 6 farklı raylı sistem hattıyla entegrasyon yaparak önemli bir bağlayıcı hat özelliği taşımaktadır. İkitelli-Ataköy Metro Hattı, Mevcutta işletilmekte olan (M3)

Başakşehir - Olimpiyat – Kirazlı Metro Hattı'nın Olimpiyat - İkitelli Güney Sanayi kolunun devamı olarak başlayarak Ataköyde son bulmaktadır.

3.2. İşletme Plan Analizleri ve Yolculuk Öngörü Hesaplamaları

Projelendirilecek raylı sistem hattının güzergâhı incelenerek bulunduğu koridordaki yolcu potansiyelleri değerlendirilmiştir. Şehrin yapısı gereği mevcut yolculuk hareketliliğine bu güzergâhın eklenmesiyle oluşturacağı fayda hesaplanmıştır. Özellikle İstanbuldaki yolculuk koridorları en çok doğu-batı aksında kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir. Şehrin bu yoğunluğunun dengelenmesi amaçlı kuzey yönünde yeni ulaşım yollarının oluşturulması fayda sağlayacaktır. Ayrıca şehrin kuzeyinde artan yerleşim içinde ulaşım yolları tahsis edilmiş olacaktır. İstanbul'da Kuzey-Güney aksındaki yolculuklar ise daha çok bu hatlar ile kesişim sağlayarak entegrasyon noktaları oluşturmaktadır. Ayrıca metro ve tramvay proje alanının hangi ilçe sınırlarından geçtiği, bölgenin önemi (tarihi, ticari, turistik, rekreasyon vb.), ulaşım halkasındaki entegrasyonları belirlemektedir.

Güzergâh kapasitesi hesaplarından sonra raylı sistem hattının her istasyon konumu için yolculuk öngörülerini hesaplanır. İstasyonun bulunduğu noktadaki ticari alan, okul, turistik bölge, rekreasyon alanları, spor müsabakalarının gerçekleştirildiği yerler vb. özellikler yolculuk yoğunluğunu belirli zaman dilimlerine göre (peak saatler, haftasonu, tatil günleri, etkinlik günleri vb.) dağılımını verecektir. Yolculuk öngörü hesaplarının belirlenmesinin ardından işletme planlarının varlığı söz konusu olur. Buna göre; sefer sıklıkları, kullanılarak tren uzunluğu, diğer ulaşım araçları ile entegrasyonlarında düşünüldüğü istasyon büyüklükleri, hattın içerisindeki döngü seferlerinde analiz edildiği işletme plan analizleri yapılır.

Proje konusu hattın belirlenen güzergâhı boyunca teknik olarak yatay kurplar ve dikey eğimler ile beraber metrolar da derinlik bilgileri değerlendirilir. Ayrıca güzergâh boyunca diğer raylı sistem hatları içinde olan durumunu belirlenir. Bu

hatlar ile yapacağı entegrasyon istasyonları belirlenerek istasyon bağlantıları hesaplanır.

Projelendirilen hattın her istasyonun konumu belirlenerek hattaki km bilgileri hesaplanır. İstasyon kilometre bilgileri yazılırken istasyonların orta noktaları esas alınır. M9 İkitelli – Ataköy hattı için bkz. Çizelge 3.1 İstasyon İsimleri ve Kilometre Bilgileri.

Çizelge 3. 1 İstasyon isimleri ve kilometre bilgileri (İUPM,2015)

İstasyonlar	Kilometre	Ara Mesafeler
İkitelli Güney Sanayi	0-113	0
Masko (İkitelli Sanayi)	0+856	969
Bahariye (Mehmet Akif 2)	1+666	810
Mehmet Akif (Sağlık Ocağı)	2+243	677
Halkalı Caddesi (İkitelli)	3+441	1098
Evren Mahallesi (Gülbahar)	4+847	1406
Mimar Sinan Cad. (Bağlar)	6+210	1363
Doğu Sanayi Sitesi	7+290	1080
Kuyumcukent (Meslek)	8+293	1003
Çobançeşme	9+177	824
Yenibosna	11+107	1990
Ataköy	13+243	2136

Aşağıdaki şekilde hat güzergâhı görülmektedir.

3.3 Proje Koridorundaki Mevcut Trafik

Ataköy“den başlayan hat güzergâhı, Basın Ekspres Bağlantı Yoluna paralel bir koridor izleyerek İkitelli“de bulunan Başakşehir-Kirazlı Metro Hattı“nın İkitelli Güney Sanayi İstasyonu“na ulaşarak son bulmaktadır. Söz konusu güzergâh hem konut yoğunluklu bir bölgeyi hem de ticaret alanlarını içeren bir yapıdadır. İkitelli-Ataköy Raylı Sistem Hattı D-100 karayolu ile TEM yolu arasında en önemli

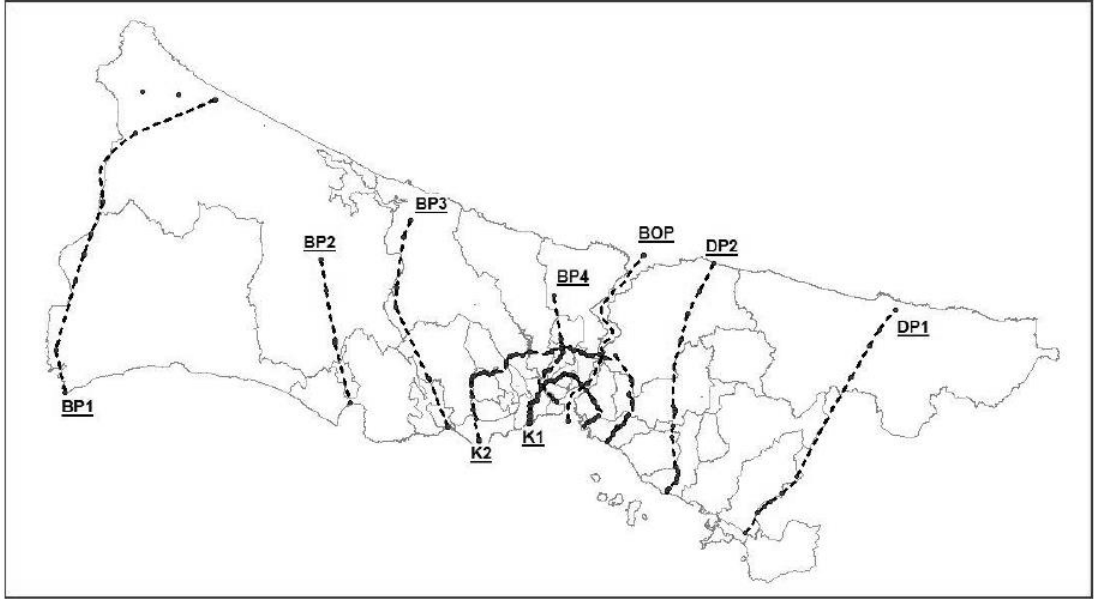
bağlantılardan birinine paralel olarak planlanmıştır. Dolayısı ile yolculuk trafiği yüksek olan bir güzergâhı süpürmektedir.

Projelendirilen hattın şehrin hangi bölümünde olduğu, güzergâhı boyunca hangi koridoru izlediği ve nerede son bulduğu belirlenir. Geçtiği bölgede konut, yoğunluğu, ticaret alanları yapısı belirlenir. Buna göre yolculuk trafiğini süpürdüğü güzergâh belirlenmiş olur. Güzergâh boyunca yolcu hareketliliğinin tespiti için sayım yapılmalıdır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi verilerinden elde edilen sayım noktaları sabah (07:00-10:00), öğle (12:00-14:00) ve akşam (17:00-20:00) saatlerinde yapılan sayımlarla bir trafik sayım tablosu oluşturulmuştur.

Trafik sayımları belirlenen kavşak noktalarında kurulan video kameralar ile dijital olarak kaydedilerek ofis ortamında araç türlerine ve yönlerine göre 15'er dakikalık dilimler halinde deşifre edilir. Bu dilimler kaydırmalı olarak toplanmış zirve saatlik değerler tespit edilir. Trafik Sayımları kapsamında belirlenen durak noktalarında güzergâh üzerindeki kesitlerde toplu taşıma araçlarının doluluk oranları, yolculuk hareketleri sayılır. Elde edilen trafik sayım ve toplu taşıma yolculuk verilerin gerek Ulaşım Ana Planında yapılan tespitler ile gerekse de İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden alınan İstanbul kart bilgileri ile karşılaştırılır. Bkz. Çizelge 3.2 Perde koridorlarda yapılan trafik sayımları.

Çizelge 3. 2 Perde koridorlarda yapılan trafik sayımları (İUAP,2006)

Bölge	Perde Koridoru	Perde Koridoru	Sayım noktası sayısı	Şerit sayısı
Avrupa	Bati Son	BP1	16	22
	Büyükçekmece	BP2	10	14
	Küçükçekmece	BP3	20	26
	Haliç	BP4	30	64
Boğaz	Boğaz perde koridoru	BOP	4	16
Asya	Kartal	DP2	39	58
	Doğu Son	DP1	18	24
Avrupa-Asya	1. Çevre Yolu Kordonu	K1	87	153
	2. Çevre Yolu Kordonu	K2	127	234
Toplam			351	611



Şekil 3.2 – Trafik sayım noktaları (İUPM, 2015)

K1 kordonu ile BOP ve DP2 perde koridorlarındaki toplam üç sayım istasyonunda gözlenen araçların sabah doruk saatlerde yönler dağılımı, şehrin batı yönünde % 60, doğu yönünde ise % 40 olarak hesaplanmaktadır. Başka bir ifade ile koridordaki trafik akımlarının yönler dağılımları, doruk saatlerde çok büyük farklılıklar göstermemektedir. Söz konusu karayolu üzerindeki trafik akımlarının yol kapasitesine ulaşması nedeniyle, özellikle sabah ve akşam saatlerinde önemli sıkışıklıklar yaşanmaktadır.

3.4 Ulaşım Modelinin Yapısı

Ulaşım Modeli, kentsel kullanım alanlarının genişlemesi ve çeşitlenmesi sonucu gelecekte diğer ulaşım alternatiflerinin de etkileşimi dikkate alınarak oluşması beklenen yolcu taleplerini ortaya koyan modeldir. Kentlerde hızla artan nüfus, işgücü, artan araç sahipliği ulaşım çözümlerinin oluşturulmasında başlıca faktörler olarak yerini almıştır. Kent içi ulaşımın sürdürülebilir, çevreci ve sosyal dengeleri gözetebilmesi için ulaşım modelleri etrafıca oluşturulmalıdır. Ulaşım modelinin amacı farklı matematiksel varyasyonlar kullanarak özel ulaşım da dâhil olmak üzere ulaşım türlerinin birbirleri ile rekabet etmeyecek ve birbirini tamamlayacak şekilde işletilebilmesinin yöntemlerini ortaya koymaktır (TBB, 2014). Ulaşım modelleri oluşturulurken kentsel kalitenin artması için Ulaşım ve

Trafik alanında sürdürülebilir uygulamaların belirlenmesine katkı sağlayacak süreçleri ele alması beklenmektedir.

Proje konusu hat üzerinde gelecekte oluşacak yolcu sayıları,

- a) Hattın çalışacağı bölgenin ve kentin diğer bölgelerinin gelecekteki arazi kullanım yapılarına,
- b) Önerilen raylı sistem hattının mevcut ve planlanan projelerden oluşan tüm ulaştırma ağı ile etkileşimlerine ve hizmet seviyesiyle ilgilidir.

Planlanan raylı sistem hattının, kentin gelişen bölgelerinde olması, ulaşım analizinde arazi kullanımı ve diğer ulaşım türleriyle etkileşimini dikkate alan bir sistem yaklaşımının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Buna göre yapılan, M9 İkitelli-Ataköy raylı sistem hattı fizibilite etüdünde, yolculuk talepleri tahmin edilirken, İstanbul Metropolitan Planlama (İ.M.P.) tarafından Büyükşehir Belediyesi için hazırlanmış olan “İstanbul Ulaşım Ana Planı” (İUAP) kapsamında 2006 yılı verileri ile ulaşım modeli 2006 yılında kurulmuştur. Modelde 451 trafik analiz bölgesi bulunmakta ve 4 aşamalı bu model, proje konusu metro hattı üzerinde, gelecekte oluşması beklenen yolculuk taleplerinin, diğer ulaştırma sistemleri ile etkileşimlerini de göz önüne alan bir sistem yaklaşımı ile tahmin edilmesine olanak vermektedir.

Ulaşım modeli 4 alt maddedir.

1) Seyahat Oluşturma ve Çekim Etkisi

Seyahat oluşturma ve çekim etkisi, ilgili projede ilgili bölgelerde yolculuk yapabilme potansiyeli olan yolcuların kapsamlıca incelenmesi süreçleridir. Yolculuk potansiyelleri hesaplanırken yolculuk durumları katagorize edilir. Ev-okul yolculukları, ev-iş yolculukları bunlardan birkaçıdır. Her bir grup için yolculuk amaçlarına göre değişik hareketlilik katsayıları kullanılmaktadır. Ortalama 24 değişik hareketlilik katsayısı kullanılarak seyahat oluşturma süreçleri ve çekim etkisi süreçleri şekillendirilir. Burada kişilerin düşük, orta ve yüksek olarak gelir düzeyleri, aylık hane geliri, ev ve otomobil sahibi olma durumları da katagorize edilir.

2) Seyahat Dağıtım Modeli

Seyahat dağıtım modelinin işlevi, yolculuk yaratım/çekim modeliyle belirlenen yolculukları trafik bölgeleri arasında bölüştürmektir. Dağıtım modeli sonucunda kentin bütünü ve herbir yolculuk amacı için bölgeler arasındaki günlük yolculuk matrisleri elde edilir. Bu matriste; ortalama yolculuk süresi, kentteki ilgili bölgelere yapılan yolculuk sayıları, yolcular için direnimsizlik fonksiyonu ve dengeleme katsayısı seyahat dağıtım modelinin bağıntısını oluşturur.

3) Türel Dağılım Modeli

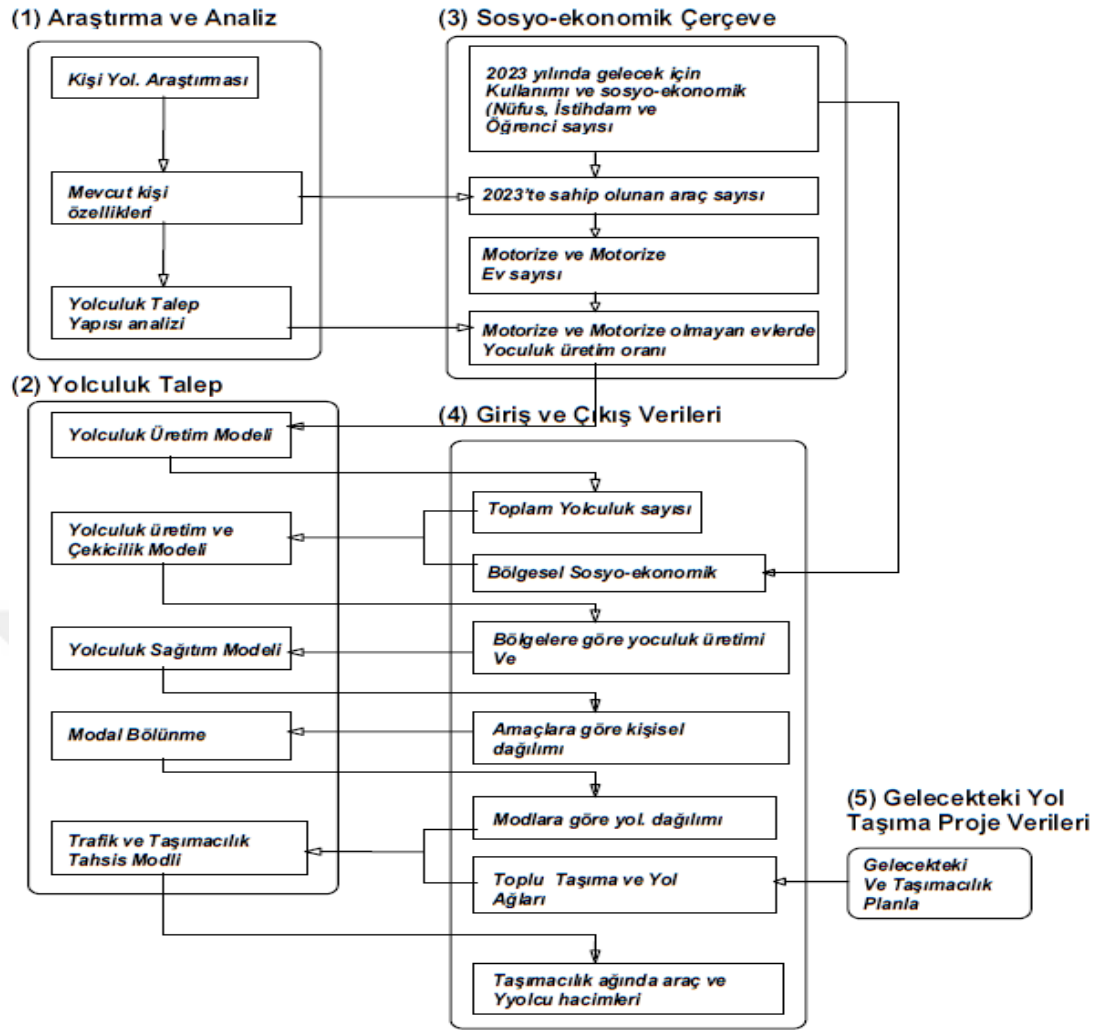
Türel dağılım modelinde, dağıtım modeli ile tahmin edilmiş olan bölgeler arası yolculukların ne kadarının özel araçlarla, ne kadarının toplu taşıma araçları ile yapılacağı belirlenir.

4) Seyahat Atama Modeli

Yolculuk atama modelinin amacı, yolculukların başlangıç ve son noktaları arasında hangi yolları kullanacaklarını belirlemektir. Yol ya da hat seçimi, kişilerin yolculuk maliyetlerini en azda tutacakları varsayımına dayanmaktadır. Yolculuk atama modelinde, karayolu ve toplu taşıma atamaları ayrı ayrı yapılır.

Ulaşım modeli değişik paket programlarla oluşturulabilir. İstanbul Ulaşım Ana Planı'nda TransCAD1 ticari paketinden yararlanılmıştır. 2005 ve 2006 yıllarında yapılan trafik sayımlarından elde edilen verilerle ulaşım modeli kurulmuştur.

Ulaşım modelinin bu alt modelleri arasındaki durumu gösteren bir akış çizelgesi aşağıda Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.3 Ulaşım modeli akış şeması (İUAP, 2006).

3.4.1 Gelecek için öngörü ulaşım altyapısı

Ulaşım etüdünde, hattın işletmeye açılması planlanan 2022 yılı ile projenin işletme ömrü sonu olan 2046 yılları arasında proje konusu hat kesimleri üzerinde gelecekte ortaya çıkması beklenen yolculuk talepleri tahmin edilmiştir. Yolculuk taleplerini tahmin etmek üzere yapılan model testlerinde aşağıdaki “do-minimum” ulaşım ağı esas alınmıştır.

- Hedef yılları için trafik analiz bölgeleri itibariyle öngörülen arazi kullanım verileri (nüfus, istihdam ve öğrenci sayısı öngörülleri), İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Metropolitan Planlama ve Kentsel Tasarım Merkezi (İMP) tarafından hazırlanan ve 2006 yılında onanan

1/100.000 ölçekli İstanbul İl Bütünü Stratejik Çevre Düzeni Planı"ndaki arazi kullanım kararları göz önüne alınarak öngörülmüştür.

- 2006 yılında İ.M.P. tarafından hazırlanan İstanbul Ulaşım Ana Planı"nda öngörülen karayolu ağı kullanılmıştır.
- Otogar-Kirazlı Hafif Raylı Sistem Hattı"nın işletmeye açıldığı öngörülmüştür;
- Kirazlı – İkitelli – Olimpiyat Stadyumu metro hattının işletmeye açıldığı öngörülmüştür;
- Kabataş –Mahmutbey metro hattının 2018 yılında işletmeye açılacağı kabul edilmiştir;
- Bakırköy İDO – Kirazlı metro hattının 2019 yılında işletmeye açılacağı kabul edilmiştir;
- Pendik, Kurtköy – Sabiha Gökçen Havaalanı Hattı 2023 yılında işletmeye açılacağı öngörülmüştür;
- D 100 (E-5) karayolu üzerinde işletmeye açılmış olan Avcılar-Söğütlüçeşme metrobüs projesi de toplu taşıma ağına ilave edilmiştir

Yukarıda açıklanan ulaştırma ağı, nüfus, istihdam, öğrenci sayıları, otomobil sahipliği ve hareketlilik değerleri dışında kalan model parametrelerinin 2022 – 2046 yılları arasında aynı kalacağı öngörülmüştür.

3.4.2. Tahmin edilen nüfus, istihdam ve öğrenci sayıları

Proje konusu raylı sistem hattının ulaşım etüdü, İstanbul Büyükşehir Belediyesince oluşturulan 1/100.000 ölçekli İstanbul İl Bütünü Stratejik Çevre Düzeni Planında kontrolü yapılmalıdır. Buna göre ilgili yıllarda nüfus sayılarının tahminleri kullanılarak istihdam ve öğrenci sayıları belirlenmektedir. Bkz. Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te İstanbul için sayılar verilmiştir.

Çizelge 3. 3 Öngörülen nüfus, istihdam ve öğrenci sayıları (İUPM, 2015).

Yıllar	Nüfus	İstihdam	Öğrenci Sayısı
2010	13,345,871	4,776,180	2,560,302
2023	16,845,134	6,353,873	3,303,270
2030	18,566,933	7,298,602	3,742,644
2040	20,611,203	8,554,148	4,429,840

Çizelge 3. 4 Öngörülen nüfus, istihdam ve öğrenci yüzdeleri (İUPM, 2015).

Yıllar	Nüfus %		İstihdam %	
	Avrupa Yakası	Anadolu Yakası	Avrupa Yakası	Anadolu Yakası
2005	66,8	33,2	71,2	28,8
2010	68,2	31,8	73	27
2023	70,7	29,3	76,1	23,9
2030	70,7	29,3	76,1	23,9

3.4.3 Tahmin edilen hareketlilik ve araç sahipliği

Ulaşım modelinin en temel verilerinden biri, kişi başına günlük ortalama seyahat sayısıdır. 2006 yılında, İMP tarafından yaptırılan hane halkı yolculuk anketlerine göre bu değer 1.74 olarak tahmin edilmiştir. 2006 yılında, toplam yolculukların % 49.3'ü yaya olarak yapılmaktadır.

Seyahatler nedenleri 4'e ayrılmıştır:

- Ev çıkışlı iş seyahatler: Başlangıç ya da bitiş noktası ev olan ve iş amacıyla yapılan seyahatlerdir.
- Ev çıkışlı okul seyahatler: Başlangıç ya da bitiş noktası ev olan ve eğitimöğretim amacıyla yapılan seyahatlerdir.

c) Ev çıkışlı diğer y seyahatler: Başlangıç ya da bitiş noktası ev olan ve alışveriş, lokanta, iş takibi, hastahane, eğlence, ziyaret gibi değişik amaçlarla yapılan seyahatlerdir.

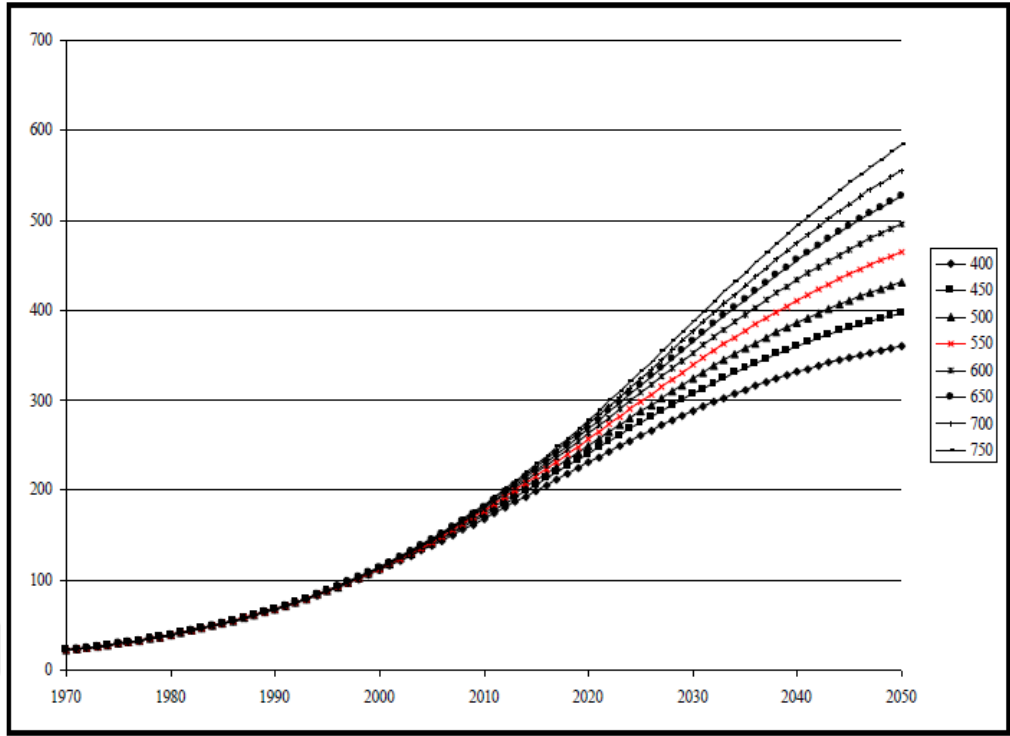
d) Uçları ev olmayan (diğer) seyahatler: Başlangıç ve varış noktaları ev olmayan seyahatlerdir.

Toplumların yolculuk değerleri, gelişmişlik düzeyi, araç sahipliği ve kazancıyla orantılı olarak değişmektedir. İstanbulda yapılan araştırmalara göre, 2006 yılında yapılan hane halkı yolculuk anketlerinde ise 0.88 olarak bulunmuştur. 2010, 2023 ve 2030 yıllarında, bu değer, sırasıyla, 1.19, 1.40 ve 1.50"ye yükseleceği öngörülmektedir. İstanbul"da otomobil sahipliği son yıllarda hızlı biçimde artmıştır. 1980 - 2005 yılları arasında, İstanbul"da nüfus 2.3 katına çıkarken, motorlu araç ve otomobil sayısı 7.5 katına çıkmıştır. 2006 yılı başı itibariyle, İstanbul"da 1000 kişi başına 120 otomobil düşmektedir. Bu değer, gelecekte artmaya devam ederek, gelişmiş ülkelerin kentlerindeki doygunluk değerlerine ulaşması beklenmektedir. Bkz Çizelge 3.5 İstanbul'da Motorizasyon

Çizelge 3. 5 İstanbul' da motorizasyon (İUAP, 2006).

	1980	2006
Nüfus (milyon kişi)	4,7	10,8
Otomobil	201	1.295
Motorlu Araç	281	2.097
Oto/1000 Kişi	43	120

İstanbulda değişik doygunluk değerleri için yapılmış otomobil sahipliği projeksiyonları aşağıda Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 4 - İstanbulda otomobil sahipliği öngörülleri (Otomobil / 1000 Kişi) (İUAP, 2006).

Doygunluk değerinin 1000 kişi başına 550 otomobil olarak alınması durumunda, 2023 yılında otomobil sahipliğinin 300 otomobil / 1000 kişi değerine ulaşması öngörülmektedir.

3.4.5 Yolculuk talep tahminleri

İkitelli-Ataköy metro hattının işletmeye açılması öngörülen 2022 yılından, değerlendirme dönemi sonu olarak belirlenen 2046 yılına kadar öngörülen en büyük saatlik kesit trafikleri, günlük ve yıllık yolcu sayıları aşağıda Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3. 6 İkitelli-Ataköy raylı sistem hattı zirve saat kesit trafikleri ve günlük yolcu sayıları (İUAP, 2015).

Ataköy - İkitelli Metro Hattı				Ataköy- İkitelli Metro Hattı		
Yıl	Ataköy-Olm.Köy	Olm.Köy-Ataköy		Yıl	Günlük Yolculuk	
2022	19.098	15.477	yolcu/saat/yön	2022	374.588	yolcu/gün
2023	19.501	15.804	yolcu/saat/yön	2023	382.506	yolcu/gün
2024	19.914	16.138	yolcu/saat/yön	2024	390.591	yolcu/gün
2025	20.335	16.479	yolcu/saat/yön	2025	398.848	yolcu/gün
2026	20.663	16.745	yolcu/saat/yön	2026	405.292	yolcu/gün
2027	20.997	17.016	yolcu/saat/yön	2027	411.840	yolcu/gün
2028	21.331	17.287	yolcu/saat/yön	2028	418.388	yolcu/gün
2029	21.670	17.561	yolcu/saat/yön	2029	425.041	yolcu/gün
2030	21.841	17.700	yolcu/saat/yön	2030	428.398	yolcu/gün
2031	22.014	17.840	yolcu/saat/yön	2031	431.783	yolcu/gün
2032	22.188	17.981	yolcu/saat/yön	2032	435.194	yolcu/gün
2033	22.363	18.123	yolcu/saat/yön	2033	438.632	yolcu/gün
2034	22.540	18.266	yolcu/saat/yön	2034	442.097	yolcu/gün
2035	22.718	18.410	yolcu/saat/yön	2035	445.590	yolcu/gün
2036	22.897	18.556	yolcu/saat/yön	2036	449.110	yolcu/gün
2037	23.078	18.702	yolcu/saat/yön	2037	452.658	yolcu/gün
2038	23.260	18.850	yolcu/saat/yön	2038	456.234	yolcu/gün
2039	23.444	18.999	yolcu/saat/yön	2039	459.838	yolcu/gün
2040	23.629	19.149	yolcu/saat/yön	2040	463.471	yolcu/gün
2041	23.816	19.301	yolcu/saat/yön	2041	467.132	yolcu/gün
2042	24.004	19.453	yolcu/saat/yön	2042	470.823	yolcu/gün

2043	24.194	19.607	yolcu/saat/yön	2043	474.542	yolcu/gün
2044	24.385	19.762	yolcu/saat/yön	2044	478.291	yolcu/gün
2045	24.578	19.918	yolcu/saat/yön	2045	482.069	yolcu/gün
2046	24.772	20.075	yolcu/saat/yön	2046	485.878	yolcu/gün

Metro İstanbul A.Ş. tarafından işletilen İstanbul Metrosu'na ait mevsimsel olarak haftaiçi ve hafta sonlarının hizmet oranları aşağıda Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 7 Yolculukların günlere göre hizmet oranları (İUAP, 2015).

Günler	Tarife	Hizmet Oranı 100%
Hafta İçi Günler	Kış	100
Cumartesi	Kış	90
Pazar	Kış	60
Hafta İçi Günler	Yaz	100
Cumartesi	Yaz	90
Pazar	Yaz	60
Tatiller	Yaz Kış	75

3.4.6. İşletme planı ve gerekli araç sayılarının belirlenmesi

Bu bölümde, öngörülen yolculuk sayılarına göre, proje konusu metro hattında gelecekte olması beklenen trafiği taşımak için gerekli araç sayılarının hesaplanması anlatılmaktadır. Metro Tramvay hatlarının, mevcut işletme saatlerine benzer şekilde, günde 19 saat işletileceği öngörülür. Bunun 5 saati zirve zaman aralığında olacak ve sefer aralıkları, zirve saat yolculuk talebine göre, yıllar itibariyle değişecektir. 11 saat olarak öngörülen zirve dışı saatlerdeki sıklıklar ile 3 saat olarak öngörülen geç saatlerindeki ve sabah erken saatlerdeki sıklıklar ise İstanbul'da raylı sistem işletmesini yapan Metro İstanbul A.Ş.

tarafından işletilmekte olan metrolardaki yolculukların saatlere dağılımına uygun olarak hesaplanmıştır. (Çizelge 3.8)

Çizelge 3. 8 Metro çalışma saatleri (İUAP, 2015).

GÜNLÜK SEFER SAYISI				
Hizmet Saatleri	Hizmet Saatleri	Sefer Sıklığı (dk)	Hizmet Süresi (saat)	Sefer Sayısı
Erken Sabah Saatleri	6:00-7:00	19	1	3
Sabah Doruk Saat	7:00-10:00	2,75	3	65
Gün İçerisi	10:00-18:00	12	8	40
Aksam Doruk Saat	18:00-20:00	2,75	2	44
Akşam Saatleri	20:00-23:00	12	3	15
Geç Akşam Saatler	23:00-01:00	19	2	6
TOPLAM			19	174

İkitelli-Ataköy Metro Hattı 13.4 km hat uzunluğu, 12 istasyon sayısı, 46 dakika tur süresine sahiptir. Hattın ortalama ticari hızı 36 km/saat olacağı kabul edilmiş ve terminal istasyonlarda 1,5 dakikalık bir dönme süresi hesaba katılmıştır. Zirve saatlerde istasyonlarda ortaya çıkan yolculuk sayısı profiline göre, İkitelli-Ataköy raylı sistem hattının 2046 yılında oluşacak yolculuk taleplerine cevap verebilmesi için en düşük 2,25 dakikalık servis aralıkları ile hizmet verebilmesi gerekmektedir.

Gelecek için tahmin edilen yolculuk sayılarını karşılamak üzere araç sayıları, yedek % 15 oranı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Proje konusu hatta işletilmesi öngörülen araçların toplam yolcu kapasitesi, 32 oturan ve 228 ayakta olmak üzere, 260 kişi olarak alınmıştır. Bu şekilde, 4 araçlık bir dizinin kapasitesi 1040 kişi olarak belirlenmektedir. Zirve saatlerde yaklaşık yoğunluk oranı 0.90 olarak alınmıştır. 0.90 sayısı ilgili güzergâhta yolculuk yapması muhtemel yolcuların sayısının çarpıldığı katsayıdır. Bu değer pik saatte yolculuk yapan yolcuların sayısının büyük oranda doğru hesaplanmasına katkı sağlar. Proje konusu hattın uzunluğu, hız limitleri, istasyon sayısı ve bunlara bağlı olarak parkur süresine göre yolcu sayısı ve sefer sıklıkları göz önüne alınıp araç sayıları belirlenmektedir. Ayrıca 29 yıllık fizibilite süresi boyunca yolculuk sayıları

artacağından belirli dönemlerde araç sayılarının arttırılması gerekecektir. Bkz Çizelge 3.9.

Çizelge 3. 9 Yıllık sefer sayıları(İUAP, 2015).

Yıllar	Dizi Sayısı	Günlük Sefer Sayısı	Araç Sayısı	Yıllık Sefer	Yıllık Araç-km
2022	16	174	64	58.188	6.237.754
2023	16	174	64	58.188	6.237.754
2024	16	174	64	58.188	6.237.754
2025	16	174	64	58.188	6.237.754
2026	18	197	72	65.906	7.065.123
2027	18	197	72	65.906	7.065.123
2028	18	197	72	65.906	7.065.123
2029	18	197	72	65.906	7.065.123
2030	18	197	72	65.906	7.065.123
2031	18	197	72	65.906	7.065.123
2032	18	197	72	65.906	7.065.123
2033	18	197	72	65.906	7.065.123
2034	20	211	80	70.850	7.595.120
2035	20	211	80	70.850	7.595.120
2036	20	211	80	70.850	7.595.120
2037	20	211	80	70.850	7.595.120
2038	20	211	80	70.850	7.595.120
2039	20	211	80	70.850	7.595.120
2040	20	211	80	70.850	7.595.120
2041	20	211	80	70.850	7.595.120
2042	20	211	80	70.850	7.595.120
2043	20	211	80	70.850	7.595.120
2044	20	211	80	70.850	7.595.120
2045	20	211	80	70.850	7.595.120
2046	20	211	80	70.850	7.595.120

3.5 Ekonomik Fizibilite Analizi

Yapımı planlanan metro ve tramvay hatlarının ekonomik fizibiliteleri hesaplanırken proje masraflarına karşılık gelen kazançlar ile bir karşılaştırma yapılır. Karşılaştırmanın yapılabilmesi için belirli bir yapım dönemi ve işletme süresi seçilmelidir. Buna göre fayda maliyet oranı hesaplanır. Proje masrafları keşif maliyetleriyle hesaplanırken, ekonomik kazançlar ise seyahat süresinin kısaltılmasının yanı sıra mevcut durumda oluşan maliyetlerin azaltılması gibi çok yönlü faydaların belirlenmesi ile sağlanır. Ekonomik fizibilite ana değerlerinin

muhtemel değişimlerinin de dikkate alınması ile gerekli duyarlılık analizlerinde yapılır.

3.5.1 Ekonomik fizibilite metodolojisi

Ekonomik fizibilite etüdünün gayesi, projenin toplumun ihtiyaçları doğrultusunda fayda sağlayacak verimli bir ulusal ekonomi bakımından değerlendirilmesidir. Ekonomik fizibilite etüdünde, metro tramvay projelerinin fayda ve maliyetleri hesaplanmıştır. Finansal yatırımları gerçek fiyatına çekmek için 0,80 katsayısı, işletme maliyetlerini gerçek fiyatına çekmek içinse 0,70 gölge fiyat katsayıları kullanılarak ekonomik maliyetlere dönüştürülmüştür. Gölge fiyat katsayısı, bir işin yada malın gerçek değerinin yüksek tutulması sonucunda işi yada malı gerçek fiyatına çekmek için çarpılan katsayıdır. Örneğin bir arabanın fiyatı halk arasında 100 birim olarak el değiştirmektedir. Bir iş için çok sayıda araba alımı yapacak bir firma gerçek değeri daha düşük olması gereken araçları mevcut değerinde bir katsayıyla çarparak arabayı olması gereken gerçek değere çekiyor. Çoğunlukla bir dönem rağbet gören mallarda ve işlerde bu uygulamaya başvuruluyor.

Ekonomik fizibilite etüdünde, genel ekonomi açısından bir inceleme olduğundan dikkate alınan dönem içinde, projenin yapılması durumundaki ekonomik maliyetler ve faydalar değerlendirilerek projenin ekonomik net güncelleştirilmiş değeri {ENPV, economic net present value), ekonomik iç geri dönüş oranı (EIRR, economic internal rate of return) ve fayda / maliyet oranı (B/C, benefit /cost ratio) hesaplanmaktadır.

Raylı Sistem projesinin masrafları şunlardır:

- Yapım masrafları
- Araçların alım masrafları
- İşletme, bakım masrafları

Raylı Sistem projesinin ekonomik kazançları şunlardır:

- Seyahat sürelerinin ekonomik kazançları
- Lastik tekerlekli araçların (özel otomobil, otobüs ve minibüs) işletme masraflarındaki düşüş
- Otobüs ve minibüs yatırım masraflarındaki düşüş
- Çevresel etki masraflarındaki düşüş
- Yol bakım masraflarındaki düşüş
- Karayolu kaza masraflarındaki düşüş

Projenin ekonomik yapılabilirliğini arttıran ancak parasal olarak ölçülemeyen ya da ölçülmesi güç olan diğer faydalar (örneğin, GSYİH'ya katkı, çevresel etki maliyetlerindeki azalma gibi) hesaba katılmamıştır.

Değerlendirmede 2018 ve 2046 yılları arasındaki 29 yıllık bir değerlendirme dönemi esas alınmıştır. Değerlendirme dönemi olarak;

- 2018 yılından başlamak üzere 4 yıllık bir yapım dönemi,
- 2022 -2046 yılları arasındaki 25 yıllık işletme dönemi göz önüne alınmıştır. Projenin güncelleştirilmiş ekonomik maliyet ve faydalarını hesaplamak için %10 güncelleştirme oranı kullanılmıştır.

3.5.2 Yapım ve işletme maliyetleri

İkitelli-Ataköy raylı sistem hattının maliyeti 803.858.000 USD olarak hesaplanmıştır.

İkitelli-Ataköy Metro projesinde kullanılacak araçlar, için yeni bir depolama ve bakım alanı öngörülmemiştir. (Çizelge 3.10)

Çizelge 3. 10 İkitelli-Ataköy metro hattı maliyetleri (USD) (İUPM, 2015).

Genel Maliyet Tablosu (USD)										
Gider Türü	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Maliyet	2018	2019	2020	2021	Toplam	
İnşaat	Hat (Der	Km	13,4	12.000.000	160.800.000	16.080.000	48.240.000	64.320.000	32.160.000	160.800.000
	İstasyon	Adet	12	25.000.000	300.000.000	30.000.000	90.000.000	120.000.000	60.000.000	300.000.000
	Toplam			460.800.000	46.080.000	138.240.000	184.320.000	92.160.000	460.800.000	
E&M	Asansör	Adet	144	170.000	24.480.000	0	0	9.792.000	14.688.000	24.480.000
	Güç Temini ve Dağıtım	Km	13,4	4.350.000	58.290.000	0	0	23.316.000	34.974.000	58.290.000
	Sinyaliza	Km	13,4	3.320.000	44.488.000	0	0	17.795.200	26.692.800	44.488.000
	Haberleş	-	1	35.350.000	35.350.000	0	0	14.140.000	21.210.000	35.350.000
	Çevresel	-	1	44.500.000	44.500.000	0	0	17.800.000	26.700.000	44.500.000
	İstasyon	-	1	20.750.000	20.750.000	0	0	8.300.000	12.450.000	20.750.000
	Toplam			227.858.000	0	0	91.143.200	136.714.800	227.858.000	
ARAÇ	Araç	Adet	72	1.600.000	115.200.000	0	0	57.600.000	57.600.000	115.200.000
Genel Toplam				803.858.000	46.080.000	138.240.000	333.063.200	286.474.800	803.858.000	

Hat mevcut olan İkitelli-Başakşehir-Olimpiyatköy hattının depo sahasını kullanacaktır. Değerlendirme dönemi sonunda, tünel ve istasyonlar için 70 yıl, Elektromekanik sistem ve ekipmanlar için ise 30 yıl olarak kabul edilen ekonomik ömürlere göre kalıcı değer hesabı yapılır.

Hatta çalışacak araç sayısına göre araç maliyetleri belirlenmelidir. Metro hatlarındaki her bir aracın maliyeti yaklaşık 1.600.000 USD olurken, Tramvay araçlarında bu maliyet yaklaşık 3.000.000 USD olarak belirlenmiştir. Bu değerler Türkiye içerisindeki yapımı tamamlanan hatlarda kullanılan araçların ortalama maliyetidir. Türk Lirası enflasyona göre sürekli değişkenlik gösterirken USD değeri yıllara bağlı olarak önemli bir değişkenlik göstermemektedir. İkitelli-Ataköy metro hattı için ilk etapta 72 metro aracına ihtiyaç vardır. Bir metro aracının satınalma fiyatı 1.600.000 USD olup metro araçlarının ekonomik ömrü 35 yıl olarak Kabul edilmiş ve buna göre kalıcı değer hesaplamaları yapılmıştır. 72 metro aracının toplam maliyeti ise 115.200.000 USD olarak belirlenmiştir. Metro, tramvay projelerinin birim İşletme ve bakım maliyetleri, İstanbul'daki diğer metro ve tramvay hatlarını işletmekte olan Metro İstanbul A.Ş.'den alınmıştır. Çizelge 3.11.

Çizelge 3. 11 Birim işletme ve bakım maliyetleri (Metro İstanbul A.Ş. , 2015)

	METRO
Enerji (USD/Taşıt -km)	0,68
Araç Bakım -Onarım (USD/Taşıt - Km)	0,012
Hat Bakım (USD/Km)	6,458

İşletme ve bakım maliyetleri, enerji sarfıyatı, hat ve araç bakım maliyetleri ile yönetim personelinin, makinistlerin, bilet satış personelinin, bakım, temizlik ve güvenlik personelinin maaşlarını, kira giderlerini ve diğer maliyetleri içermektedir. Yıllık araç-km değerleri tren sıklıklarına göre hesaplanarak, işletme ve bakım maliyetleri hesabında kullanılır.

3.5.3 Seyahat süresi tasarrufu

Ulaştırma sistemini kullananlar için seyahat süresi, raylı sistemlerin olduğu ve olmadığı durumlardaki seyahat süreleri farkı olarak hesaplanmıştır. Tasarruf edilen seyahat süresi de, raylı sistemlerin ticari hızı (bekleme ve indi-bindi sürelerini de içerecek şekilde 36 km/sa) ve otobüslerle minibüslerin ortalama günlük hızları ile karşılaştırılarak hesaplanmıştır.

İkitelli-Ataköy metro hattında toplu taşıma yolculuklarının otobüslerle minibüsler arasındaki türel dağılım %70 ve %30' olarak kabul edilmiştir. İkitelli-Ataköy hafif raylı sistem projesi aynı zamanda, koridordaki minibüs ve otobüs trafiğini azaltacağı için yol bakım maliyetlerinde bir tasarrufa neden olacağı beklenmektedir. Otobüs ve minibüslerin günlük ortalama hızları her ikisinin de doruk ve doruk dışı saatlerdeki ortalamalarına göre hesaplanmıştır. Proje karayolunda trafik sıkışıklığının artması ile ortalama hızın düşeceği düşünülmüştür. Ortalama olarak 10 km'lik seyahat için seyahat başına ortalama zaman tasarrufu hesaplanmıştır.

Yıllık çalışma günü sayısı; 365 gün – 52 gün (Pazar) – 20 gün (izin) – 17 gün (resmi tatil) = 276 gün, yıllık çalışma saati toplamı ise 2.210 saat olarak hesaplanmıştır. TÜİK verilerine göre çalışan nüfus oranı 0.44, iş yolculuklarının toplam yolculuklar içindeki payı ise 0.32 olarak kabul edilmiştir. Tasarruf edilen yolculuk süreleri toplamının yıllık ekonomik değeri ise 5,44 USD olarak kabul edilen ortalama zaman değeri yardımıyla hesaplanmıştır. Zamana değeri hesaplamalarından TÜİK'in 2013 yılı hanehalkı gelir, nüfus ve istihdam verilerinden faydalanılmıştır. Bkz Çizelge 3.12.

Çizelge 3. 12 Zaman değeri hesaplaması

Yatırım Projeleri İçin Zaman Değeri Hesabı	
Kişi Başı GSYİ (USD), 2020	8.599
Çalışan Kişi Başına GSYİ (USD), 2020	20.070
Çalışma Saati Zaman Değeri (USD/ saat)	7,05
Çalışma Dışı Saat Zaman Değeri (USD/saat)	2,11
Ortalama Zaman Değeri (USD/kişi/saat)	3,45
**En yüksek ve en düşük % 20' lik gelir grubu çalışma dışında tutulmuştur.	

3.5.4 Ekonomik fizibilite sonuçları

Ekonomik fizibilite etüdünde İkitelli-Ataköy metro hattının ekonomik boyutu incelenmiştir. % 10 güncelleştirme oranı da kullanılarak projenin güncel değerleri hesaplanmıştır(Çizelge 3.13.).

Çizelge 3. 13 Ekonomik analiz tablosu

MALİYETLER (USD)					FAYDALAR (USD)						NET FAYDA (USD)	
YIL	İNŞAAT MALİYETLERİ	METRO ARAÇLARI YATIRIM MALİYETLERİ	İŞLETME VE BAKIM MALİYETLERİ	TOPLAM MALİYETLER	YOLCULUK SÜRESİ TASARRUFU	OTOBÜS&MİN. İŞLETME TASARRUFU	OTOBÜS&MİN. YATIRIM İHTİYACI AZALMASI	OTOBÜS&MİN. YOL BAKIM TASARRUFLARI	OTOBÜS&MİN. KAZA MALİYETİ TASARRUFLARI	TOPLAM FAYDALAR	NET FAYDA	KÜMÜLATİF TOPLAM
2018	36.864.000	0	0	36.864.000	0	0	0	0	0	0	-36.864.000	-36.864.000
2019	110.592.000	0	0	110.592.000	0	0	0	0	0	0	-110.592.000	-147.456.000
2020	220.370.560	46.080.000	0	266.450.560	0	0	0	0	0	0	-266.450.560	-413.906.560
2021	183.099.840	46.080.000	0	229.179.840	0	0	0	0	0	0	-229.179.840	-643.086.400
2022	0	0	11.508.690	11.508.690	55.484.024	53.365.519	72.480.000	1.260.097	3.217.644	185.807.284	174.298.594	-468.787.806
2023	0	0	11.738.864	11.738.864	59.258.409	54.456.785	1.480.000	1.285.729	3.283.637	119.764.560	108.025.696	-360.762.109
2024	0	0	11.973.641	11.973.641	63.221.783	55.682.980	1.680.000	1.315.607	3.356.236	125.256.606	113.282.965	-247.479.144
2025	0	10.240.000	12.243.455	22.483.455	67.382.723	56.814.487	1.520.000	1.341.263	3.425.992	130.484.465	108.001.010	-139.478.134
2026	0	0	13.211.047	13.211.047	71.400.219	57.730.583	1.240.000	1.362.627	3.481.613	135.215.042	122.003.995	-17.474.139
2027	0	0	13.626.490	13.626.490	75.590.681	58.646.678	1.240.000	1.383.991	3.537.234	140.398.584	126.772.094	109.297.955
2028	0	0	13.899.020	13.899.020	79.940.679	59.562.773	1.240.000	1.405.355	3.592.855	145.741.662	131.842.642	241.140.597
2029	0	0	14.177.000	14.177.000	84.475.164	60.573.557	1.400.000	1.430.942	3.651.320	151.530.983	137.353.983	378.494.580
2030	0	0	14.460.540	14.460.540	88.498.855	61.004.381	560.000	1.439.524	3.679.590	155.182.350	140.721.810	519.216.389
2031	0	0	14.753.725	14.753.725	92.649.885	61.529.893	720.000	1.452.329	3.710.704	160.062.811	145.309.086	664.525.475
2032	0	0	15.044.746	15.044.746	96.931.981	62.055.406	720.000	1.465.134	3.741.818	164.914.339	149.869.593	814.395.069
2033	0	10.240.000	15.385.141	25.625.141	101.348.978	62.486.230	560.000	1.473.716	3.770.089	169.639.013	144.013.872	958.408.940
2034	0	0	16.523.763	16.523.763	105.904.817	63.011.742	720.000	1.486.521	3.801.203	174.924.283	158.400.520	1.116.809.460
2035	0	0	16.854.238	16.854.238	110.603.554	63.537.255	720.000	1.499.326	3.832.317	180.192.452	163.338.214	1.280.147.675
2036	0	0	17.196.040	17.196.040	115.449.364	64.062.767	720.000	1.512.130	3.863.432	185.607.693	168.411.653	1.448.559.327
2037	0	0	17.535.149	17.535.149	120.446.536	64.493.591	73.040.000	1.520.713	3.891.702	263.392.542	245.857.393	1.694.416.720
2038	0	0	17.885.852	17.885.852	125.599.487	65.019.103	2.200.000	1.533.518	3.922.816	198.274.924	180.389.072	1.874.805.792
2039	0	0	18.243.569	18.243.569	130.912.758	65.544.616	2.400.000	1.546.322	3.953.930	204.357.626	186.114.057	2.060.919.849
2040	0	0	18.608.441	18.608.441	136.391.022	66.070.128	2.240.000	1.559.127	3.985.045	210.245.322	191.636.881	2.252.556.730
2041	0	0	19.008.145	19.008.145	142.039.083	66.595.641	1.960.000	1.571.932	4.016.159	216.182.815	197.174.670	2.449.731.400
2042	0	0	19.357.251	19.357.251	147.861.885	67.121.153	1.960.000	1.584.736	4.047.273	222.575.047	203.217.796	2.652.949.196
2043	0	0	19.744.396	19.744.396	153.864.514	67.646.665	1.960.000	1.597.541	4.078.387	229.147.107	209.402.711	2.862.351.907
2044	0	0	20.139.284	20.139.284	160.052.198	68.172.178	2.120.000	1.610.346	4.109.501	236.064.223	215.924.939	3.078.276.846
2045	0	0	20.542.070	20.542.070	166.430.321	68.697.690	1.280.000	1.623.150	4.140.616	242.171.777	221.629.707	3.299.906.553
2046	-267.363.924	-34.962.286	20.952.911	-281.373.299	173.004.413	69.223.203	1.440.000	1.635.955	4.171.730	249.475.301	530.848.600	3.830.755.153
Toplam	283.562.476	70.895.402	89.006.597	558.585.927	542.977.055	369.684.728	62.916.161	8.726.657	22.293.614	1.006.598.214	448.012.287	4.278.767.440
					53,94%	36,73%	6,25%	0,87%	2,21%			
ZAMAN DEĞERİ (\$/SAAT)	3,45											
ENPV (\$)	448.012.287											
EIRR (%)	18,09%											
FAYDA/MALİYET ORANI	1,80											

Projenin ekonomik fizibilitesi olarak aşağıdaki değerler hesaplanmıştır;

Net şimdiki değer (NBD) : 448.012.287 USD

İç geri dönüş oranı (FIRR) : % 18,09

Fayda/Maliyet oranı (B/C) : 1,80

Bu ekonomik göstergelere göre projenin yapılabilirlik sınırının üzerindedir.

2018 – 2046 yılları arasındaki 29 yıllık değerlendirme dönemi için incelenen net bu günkü değeri (NBD) ve mali iç verimlilik oranı (FIRR) hesaplanmıştır. Gelir ve giderler % 10 güncelleştirme (iskonto) oranı ile güncellenmiştir.

3.5.5 Duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi, beklenmeyen senaryoların muhtemel etkilerini, ana değişkenlere bağlı olarak değerlendirmedir. Her bir değişkenler için iç verimlilik oranı ve fayda/maliyet oranı yeniden hesaplanır. Çizelge 3.14'te örnek olarak verilen orijinal değerlere göre hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 3. 14 Duyarlılık analiz tablosu (İUAP, 2015).

SENARYOLAR	E.I.R.R.(%)	FAYDA /MALİYET ORANI
İNCELENEN DURUM		
Orijinal Değer	18,09	1,80
Yapım Maliyeti %20 Fazla	15,83	1,58
Araç Maliyeti %20 fazla	17,68	1,76
İşletme ve Bakım Maliyeti %20 Fazla	17,80	1,75
Zaman Değeri %20 Az	15,80	1,54
Zaman değeri %40 Az	13,45	1,22

3.6. Finansal Fizibilite Analizi

3.6.1 Proje evreleri içinde finansal fizibilite ve kredi risk analizleri

Metro gibi raylı sistem projelerinin yapılabilirlik ve gerçekleşme imkânları çift taraflı risk altındadır (Flyvbjerk, 2003). Ekonomik ve finansal boyutları olan bu iki boyutlu risk yapısı yukarıdaki bölümde bahsedilen projenin teknik olarak geliştirme analizleri ve süreçleri dahilinde üç fazlı bir döngü içerisinde gelişir

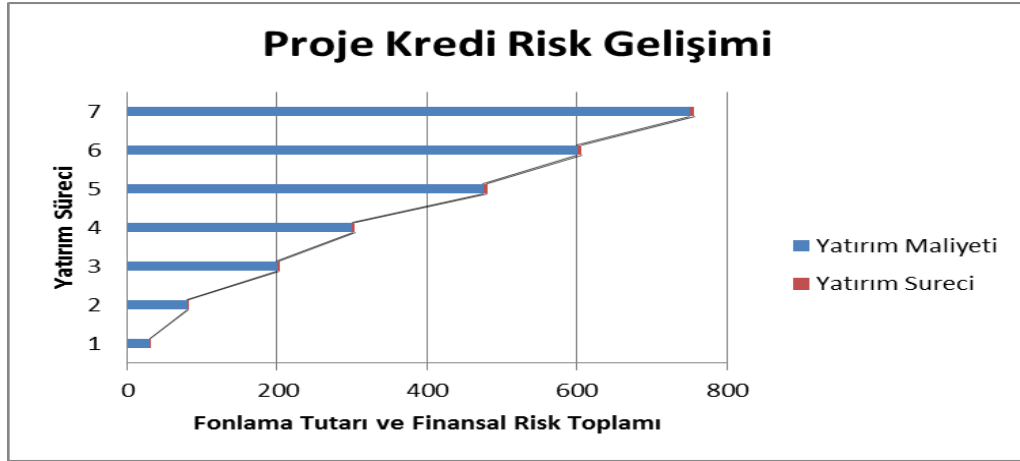
(Nevitt ve Fabozzi, 1995). Proje finansman riskleri projenin ilk fizibilitelerinin yapıldığı mühendislik ve inşaat dönemleri ile projenin hayata geçirildiği “start up” yani yatırım başlangıç dönemi ve uygulamaya alınma ve operasyon dönemlerinde gerçekleşebilir. Finansal fizibilite ve modelleme, tüm bu dönemler içinde projenin finansal yapılandırmasında en önemli rolü oynayarak teknik mühendisliğin dışında projeyi ayrı bir “finansal mühendislik” boyutuna taşır. Tüm bu süreç, projenin kreditorler tarafından finanse edilebilmesi açısından aşağıdaki gibi çeşitli evrelerden oluşur:

a) Mühendislik, planlama ve yapım dönemi: Bu dönemde yapım işini üstlenen firma ile idare arasında “implementation contract” adı verilen uygulama sözleşmesi ve diğer bankaların tarafından istenen garantörlük ve teminat sözleşmeleri imzalanır.

b) “Start up” ve yatırım dönemi: Bu dönemde ekipman ve inşaat yatırımları tamamlanır (Tytko, 1999). Finansal açıdan riskin maximize edilip hala satış yapılmadığı için geri ödemenin başlamadığı dönemdir. Projenin büyüklüğüne göre 2 ila 4 sene arasında değişebilir. Bu dönemde kullanılan krediler için “grace period” dediğimiz geri ödemesiz dönemde anapara ödemesi yapılmaz ancak bazı yerel bankalarımızın yabancı banka uygulamalarının aksine faiz tahsilatı yaptığı uygulamada görülmektedir.

c) Operasyon ve kredi geri ödeme dönemi: Bu dönemde proje spesifikasyona göre fonksiyonları yerine getirip nakit akışını gerçekleştirir. Bu aşamada finansal risklerin kapatılmaya başlandığı ve kredi geri ödemelerinin proje performansı ile gerçekleştirildiği dönemdir. (Şekil 3.4)

Şekil 3. 5 Proje kredi risk gelişimi (Tytko, 2006)



3.6.2 Finansal fizibilitenin önemi

Projenin gerçekleştirilebilirliği, yapılan tekno-ekonomik, sosyal politik, çevresel etki ve hukuksal açıdan yapılan analizleri sonucunda ortaya konulacak finansal bir model dahilinde yatırımcılar, sponsorlar ve bankalar tarafından değerlendirilir. Projenin finanse edilebilmesi açısından finansal bir modelin kurulması mecburidir ve bu modellerin giriş bölümünde bahsedilen BOT/BOOT kooperasyon modellerine entegrasyonu gerekmektedir (Gatti, 2013). Finansal model farklı amaçları hedefler. Finansal sözleşme imzalanması öncesi (pre-financial close) ilk finansal değerlendirmelerin yapılması, ihale varsa ihale öncesi fiyatların belirlenmesi ve bankalara verilecek olan finansal “due-diligence” değerlendirme ve inceleme raporlarının tedariki bu stratejik amaçlara hizmet eder. Bu anlamda gelir gider ve karlılık parametreleri modelin sponsorlar için yaratabileceği değeri ve hissedarların ortaklıktan kaynaklanan paylarının değerini belirlerken, proje modelindeki cash flow, kreditorler adına projenin borç ödeme kapasitesinin belirlenmesi açısından önem arzeder. Bunun dışında gerek projenin maliyet yönetiminde gerekse projenin hissedarların hisse değerlerinin ekonomi belirlenmesi açısından modellere entegre edilebilecek duyarlılık analizleri ile projenin ne kadar simetrik “upside” “downside” yani ekstra sermaye değeri oluşturabildiği hesaplanır (Bodmer, 2015).

3.6.3 Kredi risk analizinin önemi

3.6.3.1 Proje finansmanı açısından kredi risk kavramları

Projelerin uygulama pratiği planlama aşamasından farklı döngü içerisinde gerçekleşebilir. Özellikle mega projelerde mükemmel şekilde hazırlanmış planların uygulama aşamasında stokastik bir yapıya dönüşebileceği gerçeği bizleri projelerin değerlendirme aşamalarındaki optimizm illuzyonundan kurtarmayı amaçlar. Bu noktada aydınlatılması gereken kavram ise “risk tipolojisi”dir”. Ulaşım altyapı projelerine özgü olarak temel kredi risk faktörlerini Dünya Bankası projelerinde uygulanan “en iyi risk uygulamaları” ışığında, aşağıdaki gibi gruplayabiliriz (Flyvbjerg, 2006).

1. İnşaat maliyet artışları (genel ekonomi kaynaklı, projelerdeki gecikme sebebi içinde ya da diğer ideosenkratik sebeplerden olabilir)
2. Finansman maliyetindeki kur ya da piyasa faiz artışları sebebi ile olabilen maliyet artışları.
3. Trafik modelindeki parametrelerin dağılımına bağımlı olarak trafik hacmindeki ya da fiyatlama odaklı projenin cash flow’unda ki değişimlerden kaynaklanabilecek zararların olabileceği gerçeğinin varlığı.
4. Projenin bütünüyle temerrüte düşme riski.

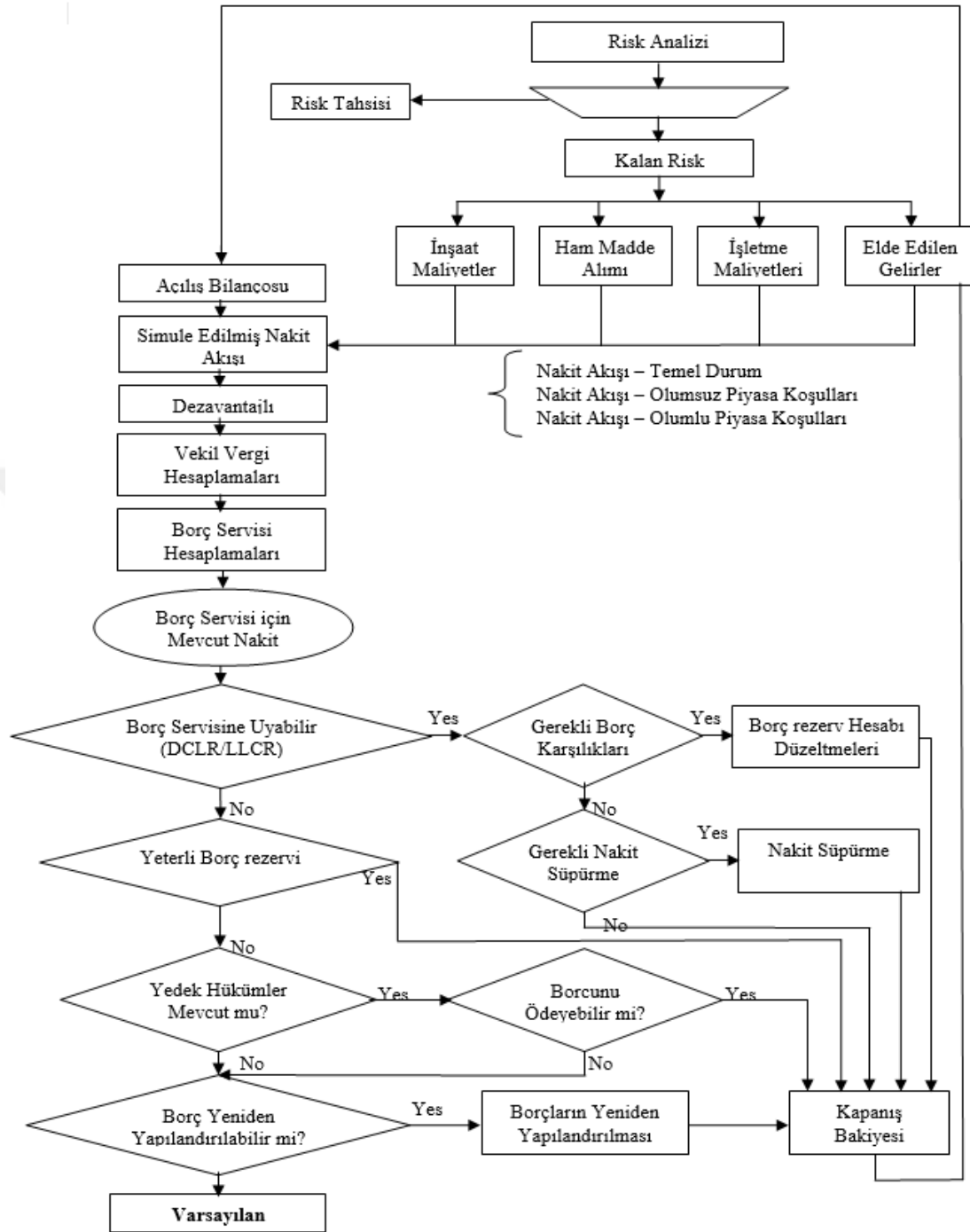
Finansal modellerde ve aşağıda tanımlamış olduğumuz “cash flow drivers” nakit taşıyıcıları projenin planlama ve uygulama aşamalarında farklı sebeplere bağlı olarak ciddi değişimler ve hatta temerrüt durumu bile gösterebilir. Bu durumda projelerin uygulamalarında “reel opsiyon” ların harekete geçirilmelerine yani projenin uygulamasının durdurulmasına, projenin tüm parametrik yapısının değişimine ve hatta alternatif B planının uygulamaya alınmasına kadar gidebilir (Kodukula. P., Papudesu, Ch., 2006) ve (Mun, 2002). Aalborg üniversitesince yapılan bir araştırmada raylı sistemlerdeki maliyet artışlarının ve planlanan yolcu taşıma sayılarının çok farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Araştırılan 12 projede efektif yapım maliyetlerindeki artışın ortalama 40.3% ve planlanan yolcu taşıma sayılarının ise finansal modellerde gösterilen 47%.8 daha düşük

olduğu belirlenmiştir (Flyvbjerg, 2006). Bu anlamda Almanya’da 1992’ yılında başlayıp 2003 de sona erdirilen MAGLEV demiryolu projesine atıfta bulunmak yerinde olacaktır. Berlin ve Hamburg’u birbirine manyetik ray sistemli proje öngörülen yatırım maliyet tutarının 5.7 milyar Alman Markı’nın 9.8 milyar Mark seviyesine ulaşması ve modellenen yolcu taşıma sayılarının (senede 15.2 milyon yolcu) neredeyse yarısı kadar bir sayıda (6.8 milyon yolcu) kalması sebebi ile proje sonlandırılmıştır. Bu örnekte anlaşılabileceği gibi riskin hem proje bazında hem de sponsor boyutunda ciddi bir fiyatı ve maliyeti olduğu geçmektedir. Bu gerçeğin boyutu ise bir projeyi temerrüt noktasına taşıyabileceği gerçeğidir. Anılan projelerin tamamında proje maliyetlerinin gerçeğe yakın bir şekilde hesaplanamaması ve cash flow hesaplamalarında ve akışındaki yanlışlıklar bilinçli ya da bilinçsiz bir şekilde projeleri temerrüt açmazına sokabilmektedir.

3.6.3.2 Proje finansmanı açısından temerrüt risk süreci

Bir projenin temerrüt noktasına giden süreci içinde nakit akış döngüsünün modellenmesi çok önemlidir. Temerrüt noktasının belirlenmesi konusunda ilk modelleme çalışmaları Merton tarafından yapısal bir temerrüt modelinin oluşturulması ile finans literatüründe yerini almaya başlamıştır (Shimko, 1999). Özellikle Avrasya Tüneli gibi “SPV” adını verdiğimiz özel amaçlı proje şirketleri üzerinden finanse edilen altyapı projelerinde varsayılan temerrüt riski, hukuksal olarak hazine tarafından üstlenilmesi gereken “Borç Üstlenim Anlaşmalarını” da proje geliştirme ve finansman süreçlerinin içine almıştır. Proje Finansmanı anlamında temerrüt ise projenin nakit akışının projenin finansmanı için alınan kredilerin anapara ve faiz ödemelerini karşılayamaması, bu anlamda projenin rating migrasyonun sürecine girerek hali hazırda var olan kredi limitleri ve borç reserve hesabı üzerinden yapılabilecek ödemelerine yetersiz kalması anlamına gelmesidir. Bu anlamda projenin yeterince nakit üretememesi ve borç reserve oranının 1.35 in altında kalması teknik olarak projenin temerrüt durumunda olduğunun bir ifadesidir (Yescombe, 2002). Bu durum ekte verilen kredi risk kontrol akış diyagramı sayesinde kontrol edilebilir (Gatti, 2013). Şekil 3.6.

Şekil 3. 6 Proje finansman işlemlerinde kredi akış diyagramı (Gatti, 2013).



3.6.4 Nakit akışına dayalı finansal analiz metodu

Günümüze ve ülkemize dönecek olursak, İkitelli-Ataköy Metro hattının finansal fizibilite, 29 yıllık yapım ve işletme süresince, projenin gelir ve giderleri dahilinde oluşan nakit akımı yatırımcı, işletmecisi kuruluş ya da banka yönünden

incelenmiştir. Kentiçi raylı sistem hattının, 29 yıllık süre için incelenen projenin mali net bugünkü değeri (FNBD) ve finansal iç geri dönüş oranı (FIRR) farklı finansman modellerine göre hesaplanmaktadır. İncelenen dönemde her yıl için hesaplanan gelir ve giderlerin dayandığı nakit akışı %100 özkaynak, %25 kredi, %50 kredi, %75 kredi, %100 kredi durumlarına göre sırasıyla %9, %9,25, %9,5, %9,75 ve %10 iskonto oranlarıyla güncelleştirilmiştir.

Ayrıca finansal değerlendirme hesabına eklenen cash flow parametreleri aşağıdaki gibidir: Bakım ve işletme giderleri için yıllık % 2 oranında enflasyon artışı öngörülmüştür. Bu parametreler ışığında projenin nakit akışı yapılan sözleşmeler altında aşağıdaki gibi hesaplanır:

Üretim /Hizmet Miktarı x Birim Satış Fiyatı = Toplam Nakit İşletme Gelirleri (Offtake anlaşmaları)

(-) İşletme ve bakım masrafları (amortisman dahil) (Put or Pay anlaşmaları)

(=) Finansman ve Vergi öncesi Proje Nakit Akışı (Özel amaçlı şirket işletim anlaşmaları)

(-) Finansman giderleri (Faiz, Taahhüt, Yönetim Komisyonları, Sigorta Bedelleri) (Hedging anlaşmaları)

(=) Finansman sonrası Proje Nakit Akışı

(-) Vergi

(=) Brüt Cash Flow (Vergi sonrası)

(-) Hat ve sabit tesislerin yatırımları (EPC Sözleşmeleri, FIDIC anlaşmaları)

(-) Araçların alım maliyeti (Makina Ekipman Alım sözleşmeleri)

(=) Serbest Nakit Akışı olarak hesaplanır.

Serbest nakit akışı “free cash flow” bir projenin borç ödeme kapasitesini belirleyen en önemli parametredir. Serbest nakit akımının alt kırımlara ayrıştırılabilir. Buna göre 1. Alt toplam kredi geri ödemesinde, 2. Alt toplam borç ödeme rezerv hesabının fonlanmasında (Debt service reserve account), 3. Alt toplam Akreditif ödemelerinde, kalan fon ise nakit süpürgesi (cash sweep) adını verdiğimiz temerrüt halinin olmaması durumunda proje sponsorlarına

öncelikli olarakta sermaye benzeri kredi tedarik etmiş olan “mezzanine” finansörlere ödenir (Bodmer, 2015).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Ücret Modeli, Yolcu Gelirleri ve Projenin Nakit Akışının Belirlenmesi

Proje finansman kredilerinin geri ödenebilmesi ancak yolcu gelirleri ile sağlanabilecektir. Buna göre yolculuk gelirlerinin belirlenmesi için mevcut ücretlendirme modeli üzerinden ortalama değerin alınması gerekmektedir. Yolculuk sayılarının bu ortalama ücret değeri üzerinden çarpımıyla esas gelir hesabı yıllık her yıl için yapılmalıdır.

4.1.1 Ücretlendirme modeli

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, toplu taşımadaki ortak bilet uygulamasını yaygınlaştırmaktadır. İstanbul Toplu Taşıma hatlarında ortak bilet uygulamasında, yolculuk mesafesi ve süresine bakılmaksızın sabit ücret uygulanmaktadır. Ayrıca indirimli ücret ve sosyal ücret uygulamaları da bulunmaktadır. Mavi kart uygulamasında ise aylık toplu bilet alımı söz konusudur. Ortak bilet uygulamasının kullanılmadığı genellikle turistlerin ve şehri ziyaret edenlerin yoğunlukla kullandığı durumda ise tek, çift, üç, beş ve on geçişlik kart ücretleride bulunmaktadır. Bkz. Çizelge 4.1 Metro istanbul toplu taşıma ücretlendirme yapısı.

Çizelge 4. 1 Metro istanbul toplu taşıma ücretlendirme yapısı

Anonim Kart	
Kullanım Modeli	Ücret (TL)
Tam	3,5
Öğrenci	1,7
Sosyal	2,5
Mavi Kart	
Kullanım Modeli	Ücret (TL)
Tam / 180 Geçiş	275
Öğrenci / 200 Geçiş	50
Sosyal / 200 Geçiş	170
Elektronik kart	
Kullanım Modeli	Ücret (TL)
1 Geçişlik Kart	7
2 Geçişlik Kart	11
3 Geçişlik Kart	15
5 Geçişlik Kart	23
10 Geçişlik Kart	40

Bilet gelirlerinin toplandığı İstanbul Büyükşehir Belediyesi kuruluşu olan Belbim A.Ş. bu gelirlerin kayıtlarını tutarak toplu taşımaya yapan kuruluşların (Metro İstanbul, İETT, Özel Halk Otobüsü, Şehir Hatları (Vapur) vb.) ve birçok interaktif kullanımın paylarını hesaplamaktadır. İkitelli – Ataköy metro hattı yolculuk gelirine esas alınacak ortalama ücret, geçmiş yılların gelir ortalamalarında hesaplandığı, indirimli ücretle yolculuk yapanlarında hesaba katmak üzere USD cinsinden gelecek ortalama değer 0,57 USD olarak alınmıştır.

4.1.2 Yolcu gelirleri

Projelendirilmiş İkitelli – Ataköy hattı için gelecekte öngörülen günlük yolculuk değerleri hazırlanmıştır. Hattın 4 yıllık yapım süresi sonrasında işletmeye açılma yılından itibaren 25 yıllık dönem boyunca çekeceği yolcu sayısı öngörülmesi yapılmıştır. Raylı Sistem hattının bilet gelirleri, her yıl taşınacak yolcu sayılarına göre ortalama bilet ücreti 0,57 USD üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca yıllık % 2 oranında enflasyon artışında hesaplara eklenmiştir.

4.2. Projenin Finansmanı ve Kredi Şartlarının Belirlenmesi

Projenin finansmanı oldukça komplike bir süreci içermektedir. Proje maliyeti belirlendikten sonra ilgili projelerin özkaynak veya iç ya da dış kredi ile sağlanıp sağlanmayacağı netleştirilmektedir. Dönemin kredi şartları (düşük faiz, uzun vade, geri ödemesiz süre gibi koşullar) dikkate alınarak kredi başvuru şartları belirlenir. Proje finansmanı için farklı alternatif modeller üzerinde çalışmalar yapılmıştır. % 100 özkaynak, %100 kredi, %75 kredi, %50 kredi ve %25 kredi seçeneklerinin herbiri için ayrı ayrı oluşturulan alternatifler ele alınmıştır. Proje için uygun kredi koşullarına göre ortaya çıkacak mali durum detaylıca araştırılmıştır. Kredi şartlarında çoğunlukla aranan değer faiz oranının %5 lere yakın olması, geri ödemesiz sürenin inşaatın başlamasından itibaren 5 yıl olması, geri ödeme süresinin 10 yıl olması, ödemelerin 6 aylık eşit ödemelerle yapılması kredi şartlarında aranan kriterlerdir.

4.2.1 Özkaynak finansmanı

Projelerin belli oranlarda sponsorlar tarafından özkaynakla finanse edilmeleri kreditor bankalar tarafından istenen en temel kredi şartlarından biridir. Bu anlamda proje sponsorları için özkaynak finansmanı oldukça zor şartlara haiz olabilir, ancak yatırım maliyeti yüksek projelerde özkaynak yetersizlikleri söz konusu olmaktadır. Ekonomik fizibilite etütlerinde ortaya çıkan fayda/maliyet oranı dikkate alındığında hiç özkaynak kullanmadan da proje faaliyete geçirilebilir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi gibi yıllık bütçesi Milyar TL ile ifade

edilen kurumlarda günlük sıcak para akışı da fazla olduğundan projelere özkaynak ayırmakta güçlük yaşanmayabilir. Buna rağmen projelerin maliyetli yüksek olduğunda özkaynak kullanımının yanısıra, krediler de alınabilir. Bunlarla birlikte proje tahvil satışları ile de projelere finans sağlanabilmektedir. Özkaynak sıkıntısı çeken projelerde ekipman tedarikçilerinden alınabilecek teknik ekipmanlarında projenin özkaynak hesaplamalarında artı bir değer yaratabileceği olgusuda unutulmamalıdır. Projelerin Borç/Özkaynak oranlarının tutturulmalarında sermaye benzeri kredi sağlayan kuruluşların varlığı ya da enfastrüktür fonlarının devreye girmeleri ile özkaynak tedarik problem çözülebilir.

4.2.2 Proje finansmanı sağlayan bankalar

Sermaye piyasalarının derinlik kazanmadığı ülkelerde projelerin yoğunluklu olarak finanse edildiği yer bankalardır. Projelere finansman sağlayan yerli, yabancı birçok banka ve kuruluşlar mevcuttur. Bankalar ve kuruluşlar mali fizibilite raporunu detaylıca incelemektedirler. Özellikle Fayda/Maliyet oranı ve ekonomik iç verimlilik oranı dikkate alınarak, ayrıca krediye başvuru yapan firmanın kredi notu değerlendirilerek finansman sağlayabilmektedir. Burada krediye başvuru yapan kuruma olan güven de çok belirleyicidir.

4.2.2.1 Uluslararası kuruluşlar

Proje finansmanı sağlayan birçok uluslararası kuruluş mevcuttur. Bu kuruluşlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

- Uluslararası alanda Finans Kuruluşlarından Uzun Vadeli Kredi (Avrupa Yatırım Bankası (EIB), Avrupa İmar ve Yatırım Bankası (EBRD), Dünya Bankası, İslami Kalkınma Bankası (IDB) ve/veya Japon Finans Kuruluşları (J Exim)
- ECA (Export Credit Agencies)İhracat Kredisi Veren Kuruluşlar (Hermes, ECGD, Coface, Sace, Sinosure)

Ulkemizde gerçekleştirilen projelerde özellikle EIB ve EBRD ağırlık noktasını teşkil etmektedir. Bu kuruluşların proje finansman uygulamaları “best practice”

yani en uygulama olarak adlandırılmaktadır. Projenin maliyetinin 50%'ine kadar kaynak aktarabilen EIB, avrup teknik, ekonomik, finansal fizibilitenin yanında çevre ile ilgili ciddi standartları finansman şartı olarak öne sürmektedir. EIB son dönemlerde proje tahvilleri ile finansmanın yolunu açmış bulunmaktadır (Rossi, E.&Stepic R., 2005). ECA'ler direk proje fonlaması, endirek bankaların fonlaması ve faiz oranı subvensiyon dengelemesi adı altında üç ana fonlama metodu uygularlar (Gatti, 2013). OECD konvansiyonlarına tabii olan ECA kredileri 15:85 (tatlı ekşi oranı) dahilinde 15% özkaynak, 85% kredi şeklinde fonlanmaktadır. ECA'ler ülke risklerinin sigortalanmasında da çok önemli roller oyar.

4.2.2.2 Yerel bankalar

Proje finansmanı sağlayan yerel bankalar uluslararası kuruluşlara nazaran daha kısıtlı imkânlarla sahiptir. Bununla birlikte yukarıda bahsettiğimiz ECA finansmanında gerekli olan 15% oranındaki özkaynak fonlaması yine yerel bankaların sağladıkları kredilerin projeye “özkaynak” şeklinde yeniden dönüşümü sayesinde proje sponsorları özkayna problemini çözebilmektedir. Çok büyük bütçeli projelerde ise yerel bankalar, global bankaların sendikasyon kredilerine katılmaları sayesinde projelere fonlama anlamında da gerçek destek verebilmektedir. Rekabet ortamında geri ödemesiz süre ve geri ödeme süresi uzun olan işlemlerde ise, yerli bankalar yüksek faizle kredi imkanı sağlamak durumunda kalmakta, global rekabete karşı teknik ve piyasa know how'ları ile projelerin danışmanlık, teminat yönetimi ve sendikasyon kredilerini ödemelerinde “ödeme bankası” olarak görev alarak komisyon gelirleri ile getiri dengesi kurabilmektedir. Kur problemi de çoğu zaman sorun olduğundan büyük bütçeli projelerde yerel bankaların finansman oranlı düşük tutulmaktadır. Bununla birlikte özellikle Avrasya Tüneli, Ankara Havalimanı projelerinde risk diversifikasyonu anlamında projelere katılmak surety ile ne kadar bilançolarında vade uyumsuzluğu problem yaratsalarda, projelere katılımları ile yabancı bankalara güven sağlayarak projelerin finanse edilebilmelerine ucuz fonlama dışında da olağanüstü destek vermişlerdir. Bu destekler gayri nakdi teminat mektupları ve yurtdışından getirilecek olan ekipmanların tedariki için gerekli olan akreditiflerin sağlanabileşmesi ile de gerçekleşmiş bulunmaktadır.

4.2.3 Kredi finansman yapılandırması

Projelerde finans yapılandırması özenle yürütülen tercihen geri ödemesiz sürenin uzun olduğu, inşaat dönemini kapsadığı ve geri ödeme süresinin genellikle uzun olduğu yapılandırmalar tercih edilir. Yatırım süresi boyunca tüm giderler için kullanılacak olan finansman alternatifleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 Alternatif finansmanların iskonto oranları (İUPM, 2015).

ALTERNATİF FİNANSMAN MODELLERİ	UYGULANAN İSKONTO ORANI
%100 Özkaynak Finansmanı	9,00%
%25 İhracat Kredisi Finansmanı	9,25%
%50 İhracat Kredisi Finansmanı	9,50%
%75 Ticaret/İhracat Kredisi Finansmanı	9,75%
%100 Ticaret/İhracat Kredisi Finansmanı	10,00%

Kredi kullanımı öngörüldüğünde, işletmenin ilk yılı için gerekli olan 72 metro aracının alımı ve elektro-mekanik işler için gerekli olan kaynak ECA “ihracat kredisi” karşılanacağı, inşaat işleri için gerekli olan fonun ise ticari kredi ile karşılanacağı öngörülmüştür. LIBOR ve kredi faiz oranları İngiliz ve Türk Merkez Bankası güncel verilerinden temin edilmiş olup 2018 yılı değerlerini yansıtmaktadır. Ticari ve ihracat kredisi için faiz oranları ve geri ödeme süreleri aşağıda verilmiştir;

a. ECA Kredi şartları:

Kredi Tutarı: “Kredi finansman oranına göre değişken”

LIBOR: 0,6 % p.a.

Kredi Faiz Oranı: LIBOR+ 2,5% = 3,1 %

Taahhüt Komisyonu: 0,6 %

Geri Ödemesiz Süre: İnşaatın başlangıcından sonra 4 yıl.

Geri Ödeme Süresi: 20 Yıl

Ödeme Şekli: Yıllık eşit tutarlar olarak

b. Ticari kredi şartları:

Kredi Miktarı: “Kredi finansman oranına göre değişken”

LIBOR: 0,6 %

Kredi Faiz Oranı: LIBOR+ 3 % = 3,6 %

Geri Ödemesiz Süre: İnşaatın başlangıcından itibaren 4 yıl.

Taahhüt Komisyonu: 0,6 %

Kredi Komisyonu: 1,27 %

Geri Ödeme Süresi: 10 Yıl

Ödeme Şekli: Yıllık eşit tutarlar olarak

Bu noktada değerlendirmemiz gereken konu proje sponsoru tarafından alınan bu kredilerin risk primi bazlı değerlendirmeleri olmalıdır. Hali hazırda tartışma konusu olan “ucuz” kredi fiyatı ya da proje sponsorunun kullanmış olduğu kredi Moody’s proje finansman temerrüt raporları ışığında değerlendirilmiştir. Altyapı/Enfrastrüktür projelerinde ki ortalama temerrüt oranı olarak 3.2% olarak hesaplanmıştır (Moody’s, 2020). ECA ve ticari kredi (tight commercial loan) spreadlerine bakıldığında kredi kullanım fiyatının temerrüt oranının altında olduğu görülmektedir. Risk odaklı fiyatlama metoduna göre kredinin komisyon hariç maliyeti temerrüt riskinin altındadır. Bu anlamda proje sponsoru başarılı bir kredi finansmanına imza atmış bulunmaktadır.

Alternatif finansman modelleri için kullanılacak kredi miktarı, faiz oranları ve ödeme bilgileri ile mali analiz tabloları hesaplandığında, kredilendirme kuruluşlarının sağladığı en uygun yapının %100 kredi ile olduğu görülmüştür. Bkz. Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5. Diğer alternatif finansman seçeneklerinin karşılaştırılması Çizelge 4.6’da verilmiştir. Ayrıca finansal fizibilite için duyarlılık analizi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4. 3 %100 Kredi özet bilgileri

% 100 Kredi Özeti										
Kredi Tipi	Yüzde %	Süre (Yıl)	Libor %	Faiz %	Toplam Faiz	Geri Ödemesiz Dönem	Kredi Miktarı (USD)	Kredi Komisyon Gideri %	Kredi Taahhüt Ücreti	Kredi Komisyon Gideri (USD)
İhracat	42,68	24	0,60	2,5	3,10	4	343.058.000	-	0,60%	2.058.348
Ticari	57,32	14	0,60	3	3,60	4	460.800.000	1,27%	0,60%	8.616.960

Çizelge 4. 4 Kredi geri ödeme bilgileri (% 100 Kredi-USD)

% 100 Kredilendirme (USD)													
Yıl	İhracat Kredisi (USD)						Ticari Kredi (USD)						Genel Toplam
	Kredi	Anapara	Ödenmemiş Miktar	Faiz	Kom.	Geri Ödeme	Kredi	Anapara	Ödenmemiş Miktar	Faiz	Kom.	Geri Ödeme	
2018	85.764.500		85.764.500	2.658.700	2.058.348	4.717.048	230.400.000		230.400.000	8.294.400	8.616.960	16.911.360	21.628.408
2019	85.764.500		171.529.000	5.317.399		5.317.399	230.400.000		460.800.000	16.588.800		16.588.800	21.906.199
2020	85.764.500		257.293.500	7.976.099		7.976.099			460.800.000	16.588.800		16.588.800	24.564.899
2021	85.764.500		343.058.000	10.634.798		10.634.798			460.800.000	16.588.800		16.588.800	27.223.598
2022		17.152.900	325.905.100	10.103.058		27.255.958		46.080.000	414.720.000	14.929.920		61.009.920	88.265.878
2023		17.152.900	308.752.200	9.571.318		26.724.218		46.080.000	368.640.000	13.271.040		59.351.040	86.075.258
2024		17.152.900	291.599.300	9.039.578		26.192.478		46.080.000	322.560.000	11.612.160		57.692.160	83.884.638
2025		17.152.900	274.446.400	8.507.838		25.660.738		46.080.000	276.480.000	9.953.280		56.033.280	81.694.018
2026		17.152.900	257.293.500	7.976.099		25.128.999		46.080.000	230.400.000	8.294.400		54.374.400	79.503.399
2027		17.152.900	240.140.600	7.444.359		24.597.259		46.080.000	184.320.000	6.635.520		52.715.520	77.312.779
2028		17.152.900	222.987.700	6.912.619		24.065.519		46.080.000	138.240.000	4.976.640		51.056.640	75.122.159
2029		17.152.900	205.834.800	6.380.879		23.533.779		46.080.000	92.160.000	3.317.760		49.397.760	72.931.539
2030		17.152.900	188.681.900	5.849.139		23.002.039		46.080.000	46.080.000	1.658.880		47.738.880	70.740.919
2031		17.152.900	171.529.000	5.317.399		22.470.299		46.080.000	0	0		46.080.000	68.550.299
2032		17.152.900	154.376.100	4.785.659		21.938.559						0	21.938.559
2033		17.152.900	137.223.200	4.253.919		21.406.819							21.406.819
2034		17.152.900	120.070.300	3.722.179		20.875.079							20.875.079
2035		17.152.900	102.917.400	3.190.439		20.343.339							20.343.339
2036		17.152.900	85.764.500	2.658.700		19.811.600							19.811.600
2037		17.152.900	68.611.600	2.126.960		19.279.860							19.279.860
2038		17.152.900	51.458.700	1.595.220		18.748.120							18.748.120
2039		17.152.900	34.305.800	1.063.480		18.216.380							18.216.380
2040		17.152.900	17.152.900	531.740		17.684.640							17.684.640
2041		17.152.900	0	0		17.152.900							17.152.900
2042						0							0
2043													
2044													
2045													
2046													
Toplam	343.058.000	343.058.000		124.427.137	2.058.348	400.931.885	460.800.000	460.800.000		132.710.400	8.616.960	556.047.360	1.003.059.245

Çizelge 4. 5 Mali analiz tablosu (% 100 Kredi-USD)

Yıl	İnşaat Yatırımları	E&M ve Araç Yatırımları	İşletme Giderleri	Vergi+Harç Giderleri	Kredi Geri Ödemesi	Toplam Giderler	İşletme Gelirleri	Nakit Akışı	Net Nakit Akışı	Kümülatif Nakit Akışı
2018	Ticari Kredi Alındı	İhracat Kredisi Alındı		0	21.628.408	21.628.408		-21.628.408	-21.628.408	
2019				0	21.906.199	21.906.199		-21.906.199	-21.906.199	-43.534.607
2020				0	24.564.899	24.564.899		-24.564.899	-24.564.899	-68.099.505
2021				0	27.223.598	27.223.598		-27.223.598	-27.223.598	-95.323.103
2022			16.440.986	0	88.265.878	104.706.864	77.960.066	-26.746.797	-26.746.797	-122.069.900
2023			16.769.805	0	86.075.258	102.845.064	80.888.408	-21.956.656	-21.956.656	-144.026.556
2024			17.105.201	0	83.884.638	100.989.840	83.938.452	-17.051.388	-17.051.388	-161.077.944
2025		12.800.000	17.490.650	0	81.694.018	111.984.669	87.115.257	-24.869.412	-24.869.412	-185.947.356
2026			18.872.925	0	79.503.399	98.376.323	90.019.624	-8.356.700	-8.356.700	-194.304.056
2027			19.466.415	0	77.312.779	96.779.193	93.029.942	-3.749.251	-3.749.251	-198.053.306
2028			19.855.743	241.451	75.122.159	94.977.902	96.127.666	1.149.764	908.314	-197.144.992
2029			20.252.858	1.292.169	72.931.539	93.184.396	99.337.583	6.153.186	4.861.017	-192.283.975
2030			20.657.915	2.208.261	70.740.919	91.398.834	101.914.362	10.515.528	8.307.267	-183.976.708
2031			21.076.751	3.136.642	68.550.299	89.627.050	104.563.440	14.936.390	11.799.748	-172.176.960
2032			21.492.495	13.409.716	21.938.559	43.431.054	107.286.846	63.855.792	50.446.076	-121.730.884
2033		12.800.000	21.978.773	11.319.225	21.406.819	56.185.592	110.086.665	53.901.073	42.581.848	-79.149.036
2034			23.605.375	14.381.763	20.875.079	44.480.455	112.965.042	68.484.587	54.102.824	-25.046.213
2035			24.077.483	15.015.705	20.343.339	44.420.822	115.924.180	71.503.358	56.487.653	31.441.440
2036			24.565.771	15.663.685	19.811.600	44.377.370	118.966.345	74.588.975	58.925.290	90.366.730
2037			25.050.213	16.330.397	19.279.860	44.330.073	122.093.868	77.763.796	61.433.398	151.800.129
2038			25.551.217	17.012.059	18.748.120	44.299.337	125.309.143	81.009.806	63.997.747	215.797.875
2039			26.062.242	17.710.562	18.216.380	44.278.621	128.614.632	84.336.010	66.625.448	282.423.323
2040			26.583.486	18.426.395	17.684.640	44.268.126	132.012.866	87.744.740	69.318.344	351.741.668
2041			27.154.493	19.151.802	17.152.900	44.307.393	135.506.448	91.199.056	72.047.254	423.788.922
2042			27.653.216	23.403.416	0	27.653.216	139.098.053	111.444.837	88.041.422	511.830.343
2043			28.206.280	24.062.672		28.206.280	142.790.431	114.584.151	90.521.479	602.351.823
2044			28.770.406	24.741.361		28.770.406	146.586.410	117.816.005	93.074.644	695.426.466
2045			29.345.814	25.440.047		29.345.814	150.488.897	121.143.083	95.703.036	791.129.502
2046	-334.204.905	-35.474.286	29.932.730	103.791.941		-339.746.460	154.500.879	494.247.340	390.455.398	1.181.584.900
Toplam	688.658.000	115.200.000	578.019.240	366.739.270	1.074.861.284	2.019.619.794	2.779.165.438			
Artık Değer	-334.204.905	-35.474.286								
Toplam		369.679.190								
Net Bugünkü Değer NPV = \$25.154.678										
İç verimlilik Oranı IRR= 0,111										
İskonto Oranı % 0,10										

Çizelge 4. 6 Alternatif finansman seçeneklerinin karşılaştırması

ALTERNATİF MODELLERİ	FİNANSMAN	F.I.R.R (%)	İSKONTO ORANI	NET BUGÜNKÜ DEĞER (USD)
% 100 Özkaynak Finansmanı		6,50%	9,00%	-128.810.847
% 25 İhracat kredisi Finansmanı		7,00%	9,25%	-122.905.150
% 50 İhracat kredisi Finansmanı		8,30%	9,50%	-52.535.751
% 75 Ticari/İhracat kredisi Finansmanı		9,30%	9,75%	-13.756.243
% 100 Ticari/İhracat kredisi Finansmanı		11,11%	10,00%	25.154.678

Çizelge 4. 7 Finansal fizibilite duyarlılık analizi sonuçları

	Trafik Sabit		Trafik %20 Fazla	
Ortalama Bilet Ücreti (2013, USD)	0,57	0,7	0,57	0,7
Net Bugünkü Değer (USD)	25.154.678	137.603.072	123.928.324	251.953.454
Mali İç Verimlilik Oranı (%)	11,11	16,50	15,80	22,30

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekonomik fizibilite etüdünde projenin ekonomik maliyetleri ve faydaları değerlendirilmiştir. Ekonomik değerlendirme için % 10 iskonto oranı kullanılarak projenin güncelleştirilmiş maliyetleri ve faydaları hesaplanmıştır. Finansal değerlendirme için ise alternatif finansman yapılarına göre % 9 ile % 10 arasında değişen iskonto oranları kullanılmıştır. Projenin ekonomik fizibilite sonuçları aşağıdaki sonuçları elde edecek şekilde hesaplanmıştır:

Net şimdiki değer (NBD) : 448.012.287 USD

İç geri dönüş oranı (FIRR) : % 18,09

Fayda/Maliyet oranı (B/C) : 1,80

Görüldüğü üzere, İkitelli-Ataköy raylı sistem projesi ekonomik bakımdan yapılabilir bir projedir. Projenin faydalarının % 54'ünü yolculuk zamanının kısalmamasından kaynaklanacak ekonomik faydaların oluşturduğu anlaşılmaktadır. Proje konusu İkitelli-Ataköy raylı sistem hattı mali fizibilite etüdünde, belirlenen işletme yılları arasındaki yapım ve işletme dönemi içinde, projenin gelir giderleri, yatırımcı ve işletmeciler kuruluş açısından değerlendirilmiştir. Ortalama 4 yıllık yapım ve 25 yıllık değerlendirme dönemi için incelenen net bugünkü değeri (NBD) ve mali iç geri dönüş oranı (FIRR) hesaplanmıştır. Analiz ettiğimiz vaka proje sponsorlarının ve banka analistlerinin kullanımı açısından finansal literature uygulama kazandırması açısından çok önem teşkil etmektedir. Ülkemiz bankacılık sistemi içindeki uygulama yapan yerel yönetimler ve yatırımcı gruplar bu tarz altyapı projelerine, analizine ve finansmanına makroekonomik büyüme hedefleri içerisinde her zaman ihtiyaç duyacaklardır. Bu geniş anlamda tez, çalışmaların yön bulması açısından görevini ve sorumluluğunu yerine getirmeyi amaç edinmiştir.

İkitelli-Ataköy metro projesinde %100 kredi kullanılması durumunda mali iç verimlilik oranı ve net şimdiki değeri aşağıdaki gibi olmaktadır;

İskonto Oranı : % 10

Mali İç Verimlilik Oranı : % 11,11

Net Bugünkü Değeri : 25.154.678 USD

İkitelli-Ataköy Raylı sistem projesinin, finansman koşullarına göre % 100 kredili olarak yapılması ve gerekli olan 803.858.000 USD'lik kredinin %57'sinin ticari kredi, %43'inin ise ihracat kredisi ile karşılanması öngörülmüştür.

Raylı sistem projesi işletme gelirleri ile kredi, anapara ve faizlerini 2035 yılı sonunda geri ödeyebilmektedir.

Bu noktada değerlendirmemiz gereken konu proje sponsoru tarafından alınan bu kredilerin risk primi bazlı değerlendirmeleri olmalıdır. Hali hazırda tartışma konusu olan "ucuz" kredi fiyatı ya da proje sponsorunun kullanmış olduğu kredi Moody's proje finansman temerrüt raporları ışığında değerlendirilmiştir. Altyapı/Enfrastrüktür projelerinde ki ortalama temerrüt oranı olarak 3.2% olarak hesaplanmıştır (Moody's, 2020). ECA ve ticari kredi (tight commercial loan) spreadlerine bakıldığında kredi kullanım fiyatının temerrüt oranının altında olduğu görülmektedir. Risk odaklı fiyatlama metoduna göre kredinin komisyon hariç maliyeti temerrüt riskinin altındadır. Bu anlamda proje sponsoru başarılı bir kredi finansmanına imza atmış bulunmaktadır. Araştırmamız sadece teknik konuların proje analizinde irdelendiği konvansiyonel analizlerin dışında altyapı projelerinin finansal ve risk faktörlerinin de proje analizine vurgu yapması açısından ayrı bir önem arz etmektedir.

İstanbul gibi büyük bir metropolde ulaşım ağını çok güçlendirecek olan bu tür raylı sistem projelerinin finansal yapılabilirliğini arttırmak için hazırlanan fizibilitelerin sağlayacağı faydalar büyük önem taşımaktadır. Fizibilite esaslarında kullanılan ulaşım öngörü hesaplamalarındaki yolculuk gelirlerin arttırılması elbetteki proje finansman kaynaklarının önünü açacaktır. Pandemi sonrası özellikle toplu ulaşımında alınacak önlemlerinde bu kapsamda fizibilitelerde yerini alabileceği düşünülebilir. Ayrıca ülkemizde ve dünyada yaşanan finansal daralma tasarruf tedbirlerini ön plana çıkarmıştır. Bu anlamda yapım ve işletme giderlerinin azaltılması yönünde projelerde çalışmalar yapılmaktadır. İkitelli – Ataköy hattı projesinde de istasyon hacimleri olarak mimari de küçültmelere gidilmiştir. Ayrıca mevcut M3 Başakşehir – Kirazlı hattı ile ortak depo sahası ve bu depo sahasında ortak bir kumanda merkezi yapısı

kurularak yapım ve işletme maliyetleri azaltılmıştır. Yapılan tasarruf tedbirleri ile fayda/maliyet oranında gerçekleşecek artış kreditorlerin sağlayacağı kredi imkânlarını da arttıracaktır.

Fizibilite değerlendirmelerinin birçok girdi ve çıktısının bulunması ile beraber günümüz şartlarının getirdiği kısıtları bu anlamda dikkate almak gerekmektedir. Bu kısıtlar dahilinde de olsa, sonuç olarak yaptığımız bu çalışma, önümüzdeki dönemlerde yapılacak olan mega projelerinin finansal sistem tarafından nasıl ve ne şekilde yapılabileceği konularında uygulamacılara ve akademik alana önemli bir know how transferini gerçekleştireceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Avigdor G., Avishai M., François S., Arik S., Matthias W., 2015. Information Systems, Traveling time prediction in Scheduled Transportation with Journey Segments, 2.
- Bodmer, E., 2015. Corporate and Project Finance Modelling, Theory and Practice, Wiley.
- Eğilmez, M., Kumcu, E., 2016,. Ekonomi Politikası: Teori ve Türkiye Uygulaması (12. Baskı), Remzi Kitabevi, İstanbul.
- Esty, B.C., 2004. Modern Project Finance: A Casebook, John Wiley.
- Flyvbjerg, B., 2006. Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition, Cambridge.
- Francesca P. A., Enrica P., 2011. Journal of Transport Geography, Urban rail Systems Investments: An Analysis of The Impacts on Property Values and Residents' Location.
- Gatti, S., 2013. Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring and Financing Private and Public Projects, Elsevier.
- Gordon, C. M., 1994. Choosing Appropriate Construction Contracting Method, in: Construction Engineering and Management 120, 1, 196-210.
- Halişçelik, E., 2008. Dünya Bankasının Yapısı, Faaliyetleri ve Türkiye'de Finansmanı Dünya Bankasıncı Sağlanan Kredilerin ve Etkilerinin Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ITC, UNCTAD/GATT, 1984. The Financing of Exports from Developing Countries, Geneva.
- İUPM, 2015. İstanbul Ulaşım Planlama Müdürlüğü, İkitelli-Ataköy Raylı Sistem Hattı, Mali ve Ekonomik Fizibilite Etüdü Güncellemesi, 6, 8, 14, 34, 36, 39, 40, 41, 47, 48, 55, 68, 72.
- Kodukula, P., Papudesu, C., 2006. Project Valuation Using Rel Options, J. Ross Publishing, 101.
- Marianna J., Mariusz W., Michał K., Piotr G., 2017. 10th International Scientific Conference Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology, Modelling of Bicycle Traffic in the Cities Using VISUM, 2.
- Merton, R., 1974. On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates. In: Journal of Finance, 29, 449-70.

- Miller, J.B., 2002. Case Studies in Infrastructure Delivery, Massachusetts, Springer Science, 20.
- Miller, J.B., 2000. Principles of Public and Private Infrastructure Delivery, Massachusetts, Springer Science, 32, 33.
- Moody's, 2020. Default Research: Default and Recovery Rates for Project Finance Bank Loans, 16, 115.
- Mun, J., 2002. Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions, John Wiley, 171.
- M7 Proje, 2008. M7 Kabataş-Mahmutbey Ekonomik ve Mali Fizibilite, 3, 31, 33, 42, 44, 61, 68.
- Nevitt, P. K., Fabozzi, F., 1995. Project Financing, 6.th ed., Euromoney Publications, 9.
- Nobuhiro S., Takayuki M., Yoshitaka N., 2013. Transport Policy, Post-project evaluation of travel demand forecasts: Implications from the case of a Japanese railway, 9.
- Olga T., Taha B.M.J. Ouarda, 2021. Energy Conversion and Management, A review of sensitivity analysis practices in wind resource assessment, 1.
- Paul B., Roberto P., Arturu G.G., 2013. Energy Conversion and Management, Sustainable urban rail systems: Strategies and technologies for optimal management of regenerative braking energy, 2.
- Praj X., Richard J. A., Daniel J. G., Daniel H., 2021. Transportation Research Part A, Optimal infrastructure reinvestment in urban rail systems: A dynamic supply optimisation approach, 3.
- Rossi, E.&Stepic R. ,2015. Infrastructure Project Finance and Project Bonds in Europe, Palgrave, 7.
- Standard and Poor's Global Ratings, 2020. Supranationals, Special Edition, 115p. Symko, D. (ed.) ,1999. Credit Risk Models and Management Risk Books,47.
- Tuncer T., 2018. Ralı Sistemler, 4 Kent İçi Raylı Sistemler Pdf, 11.
- Tytko, D. , 1999. Grundlagen der Pruprojektfinanzierung, Schaeffer Poeschel Verlag, Stuttgart, 38.
- Tytko, D. ,1999,. Grundlagen der Pruprojektfinanzierung, Schaeffer Poeschel Verlag, Stuttgart, 193.
- T5, 2012. T5 Tramvay Ulaşım Fizibilite Raporu, Eminönü-Alibeyköy Raylı Sistem Projesi Ulaşım ve Fizibilite Etüt Raporu, 32, 60.

Vinod V., Ruchika A., Sarojeet D., 2020. IATSS Research, Is vehicle ownership in urban india influenced by the availability of high quality dedicated public transit systems?, 7.

Yescombe, E.R., 2002. Principles of Project Finance, Academic Press, 92.

Weber, B., Bisang, M.S. ve Alfen, W.H., 2016. Infrastructure as an Asset Class, Investment Strategy, Sustainability, Project Finance and PPP, Wiley, 2.

World Economic Forum, 2020. The Global Risks Report 2020. 15th ed., 12.

World Economic Forum, 2021. The Global Risks Report 2020, 16th ed., 88.

World Bank Group, 2015. “Dünya Bankası Grubu-Türkiye İşbirliği: Ülke Programının Görünümü”.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ferit DENİZ

Eğitim Durumu

Lise :Bahçelievler Endüstri Meslek Lisesi,1999

Lisans :Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 2007

Yüksek Lisans :İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, 2021

Yayınları

Deniz, F., Benli, V.F., 2021., Banka Proje Finansman Yöntemleri ve Altyapı Riski Analizi Açısından Kentiçi Raylı Sistem Hatlarının Proje Analiz ve Finansman Teknikleri, Journal of Emerging Economies and Policy, 6(2), 100-118.