

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**İSTANBUL METROBÜS SİSTEMİNİN
KAPASİTESİNİN ARTTIRILMASI İÇİN ALINMASI
GEREKEN ÖNLEMLER**

Yüksek Lisans Tezi

Mehmet Erkan KILLIOĞLU

İSTANBUL, 2010

T.C
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER ve ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI

**İSTANBUL METROBÜS SİSTEMİNİN
KAPASİTESİNİN ARTTIRILMASI İÇİN ALINMASI
GEREKEN ÖNLEMLER**

Yüksek Lisans Tezi

Mehmet Erkan KILLIOĞLU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ILICALI

İSTANBUL, 2010

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜ
KENTSEL SİSTEMLER ve ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI

Tezin Adı: İstanbul Metrobüs Sisteminin Kapasitesinin Arttırılması İçin Alınması Gereken Önlemler

Öğrencinin Adı Soyadı: Mehmet Erkan KILLIOĞLU

Tez Savunma Tarihi:

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Enstitümüz tarafından onaylanmıştır.

Yrd.Doç.Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Unvanı, Adı ve SOYADI

Prof.Dr. Mustafa ILICALI

Ek Danışman

Yrd. Doç. Dr. Mehmet TEKTAŞ

Dr. Nilgün CAMKESEN

Üye

T.C
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
THE GRADUATE SCHOOL of NATURAL and APPLIED SCIENCE
URBAN TRANSPORTATION SYSTEMS and
TRANSPORTATION MANAGEMENT PROGRAM

Name of the thesis: Necessary Measures for Improving the Capacity of Istanbul's BRT System

Name/Last Name of the Student: Mehmet Erkan KILLIOĞLU

Date of Thesis Defense:

The thesis has been approved by the Institute of Science.

Asist.Prof. Tunç BOZBURA
Director

I certify that this thesis meets all the requirements as a thesis for the degree of Master of Science.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Coordinator

This is to certify that we have read this thesis and that we find it fully adequate in scope, quality and content, as a thesis for the degree of Master of Science.

Examining Committee Members
Title Name and Surname

Signature

Prof.Dr. Mustafa ILICALI

Thesis Co-supervisor

Yrd. Doç. Dr. Mehmet TEKTAŞ

Dr. Nilgün CAMKESEN

Member

ÖZET

İstanbul Metrobüs Sisteminin Kapasitesinin Arttırılması İçin Alınması Gereken Önlemler

KILLIOĞLU Mehmet Erkan

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Tarih (Ay, Yıl), Tez Sayfa Sayısı

Özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren hızlanan teknolojik gelişmeler, artan sanayileşme ve şehirleşme sürecinin sonucunda hemen her alanda ortaya çıkan gelişmeden ulaşım ve ulaştırma sektörü de payını almıştır ama tüm bu gelişmeler sonucunda artan nüfus ve araç sahipliği gibi olgular ulaşımı darboğaza sokmaya başlamış, yine ortaya çıkan gelirin bireyler arasında dengeli dağılmaması sebebiyle herkesin araç sahibi olamaması sebebiyle idari yapılanma ulaşım konusunda da çözüm arayışlarına girmek zorunda kalmıştır.

Bu arayışlar sonucunda toplu taşıma sistemleri alternatifleri geliştirilmiş, bu çalışmanın da konusunu oluşturan BRT (Bus Rapid Transit)-Metrobüs de bu süreçte, 70'li yıllarda, özellikle iktisadi açıdan olumsuzluklar yaşayan Güney Amerika'da ortaya çıkmıştır. Güney Amerika ve Batı dünyası hariç, dünyanın geri kalan kısmında bu sistem, Metro veya Raylı sistem benzeri, ona kısmen de alternatif bir sistem olarak düşünülmüş ve ikame edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda İstanbul'da da acil ulaşım ihtiyaçlarına cevap olabilmesi için sistem biraz acele bir şekilde imal edilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Ama bu acelenin ve tecrübe eksikliğinin sonucunda sistemde aksayan yönler ortaya çıkmış ve bunların modern teknoloji ve yeni yaklaşımlar ve uygulamalar geliştirilerek çözülmesi bir zorunluluk halinde her geçen gün artan bir şekilde kendisini dayatmaya başlamıştır. İşte bu çalışmada teori, pratik ve saha gözlemleri birleştirilmeye ve ortaya çıkan çözüm önerileri akademik tartışmaya açılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metrobüs, toplu taşıma, İstanbul.

ABSTRACT

Necessary Measures for Improving the Capacity of Istanbul's BRT System

KILLIOGLU, Mehmet Erkan

Urban Transportation Systems and Transportation Management

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Date (Month, Year), Number of pages of the thesis

During the second half of the 20th Century rapid technical developments, ongoing industrialization and growing big cities results serious advancements but also more serious problems. That rapid development and resultant problems have also a negative effect on transportation and mobility, especially mobility in the metropolitan cities. Fast growing population and urbanization began to strangle cities transportation and mobility. Public administrations focuses on public transportation opportunities to overcome those challenges. As a result many alternative public transportation offers or modes appear. Bus Rapid Transit-BRT is also one of those potential solutions. Especially, Latin American countries prefers and choose that new system in order to built more expensive Metro systems. İstanbul city also joins to that group and build an Metrobus system. But İstanbul Metrobus system builded in a great rush and that rush later causes some operating difficulties. This study tries to offer some possible solutions to those problems.

Keywords: Metrobus, Bus Rapid Transit, Public Transit.

İÇİNDEKİLER

TABLolar.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. BRT-BUS RAPID TRANSIT/METROBÜS SİSTEMİ.....	2
2.1 BRT-METROBÜS SİSTEMİ NEDİR?.....	2
2.2 BRT NE DEĞİLDİR?.....	7
2.3 BRT-KISA TARİHÇESİ.....	11
3. BRT SİSTEMİNİN ANA BİLEŞENLERİ.....	18
3.1 SEYİR YOLLARI.....	18
3.1.1 Karayolu Üstyapısı ve Çeşitleri.....	18
3.1.1.1 Asfalt Tabakaları.....	20
3.1.1.2 Asfalt Karışım Tipleri.....	20
3.1.1.3 BSK Tipleri.....	21
3.1.1.4 Bitümlü Yüzey Kaplamaları.....	23
3.1.2 Seyir Yollarının Özellikleri.....	24
3.1.2.1 Seyir Yollarının Ayrım Derecesi.....	24
3.1.2.2 Seyir Yolu İşaretlemesi.....	24
3.1.3 Seyir Yolu Seçenekleri.....	24
3.1.3.1 Seyir Yolu Ayırımı.....	24
3.1.3.2 Seyir Yolu İşaretlemesi.....	26
3.1.4 Yanal Kılavuzlama.....	26
3.2 İSTASYONLAR.....	28
3.2.1 İstasyon Özellikleri.....	28
3.2.1.1 İstasyon Tipleri.....	28
3.2.1.2 Platform Yüksekliği.....	29
3.2.1.3 Platform Planı.....	30
3.2.1.4 Sollama Şeridi İmkani.....	30
3.2.1.5 İstasyon Erişimi.....	31
3.3 ARAÇLAR.....	33
3.3.1 Araçların Özellikleri.....	33
3.3.2 Estetik Görünüm Arttırılması.....	35
3.3.3 Yolcu Sirkülasyonunun İyileştirilmesi.....	35
3.3.4 Çekiş Sistemi/Yakıt.....	36
3.4 ÜCRET TOPLAMA SİSTEMLERİ.....	39

3.4.1 Ücret Toplama Yöntemi.....	39
3.4.2 Ücret Ödeme Araçları.....	40
3.4.3 Ücret Tarifesi.....	42
3.5 AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ (ITS).....	43
3.5.1 Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Özellikleri.....	43
4. YÜKSEK KAPASİTE SAĞLANMASI İÇİN ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER.....	45
4.1 İSTANBUL METROBÜS SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU.....	45
4.1.1 Turnikeler.....	47
4.1.2 Üstgeçitler.....	52
4.1.2.1 Üstgeçitlerde Kurulacak Gelir Getirici İşletmelerin Sağlayacağı Faydalar.....	54
4.1.3 Kapasite Artışı İçin Öneriler.....	54
4.1.4 Grup Kalkışlar.....	55
4.1.4.1 Durak Kayıp Süreleri ve Kapasite.....	56
4.1.4.2 Durak Uzunlukları.....	56
4.1.4.3 Yolcu Hareketlerinin Düzenlenmesi.....	57
4.1.4.4 Daha Hızlı Akıllı Kartlar.....	58
4.1.4.5 Durak Kılavuz Çizgileri.....	59
4.1.4.6 Sinyalizasyon ve Sesli İkaz Sistemi.....	59
4.1.5 Kalkış Aralığı Düzensizliği ve Yol Açtığı Sorunlar.....	60
4.1.6 Ücretlendirme.....	61
4.1.7 Kaza ve Arıza Durumu.....	62
4.1.8 Besleme Hatları ve Transfer Merkezleri.....	62
4.1.9 Bisiklet Kullanımı.....	65
4.1.9.1 Kamu Bisiklet Tedarik Depoları.....	66
4.1.10 Park-Et Bin Sistemleri.....	76
4.2 İŞLETME.....	90
4.2.1 Bugünkü Kullanım ve İşletme.....	91
5. SONUÇ.....	96
KAYNAKÇA.....	101
EKLER	
EK A.1 Dünya genelinde BRT sistemleri ve araçlarının karşılaştırılması.....	105
EK A.2 İstanbul Metrobüs hattında kullanılan araçlar ve teknik özellikleri.....	117
EK A.3 2007 yılı itibarıyla Metrobüs sistemi kullanan ülkeler ve yolcu bilgileri.....	119
EK A.4 Farklı toplu taşıma türleri ve taşıdıkları saatlik yolcu miktarları.....	121
EK A.5 Kuzey Amerika genelindeki BRT uygulamalarının karşılaştırılması.....	122

EK A.6 Seyir yolu bileşenlerinin BRT'nin sistem performansına olan etkisi.....	129
EK A.7 İstasyon bileşenlerinin BRT'nin sistem performansına olan etkisi.....	130
EK A.8 Araç bileşenlerinin BRT'nin sistem performansına etkisi.....	132
EK A.9 Ücret toplama bileşenlerinin BRT sistem performansına etkisi.....	134
EK A.10 Akıllı ulaşım sistem bileşenlerinin BRT'nin sistem performansına etkisi.....	135
EK A.11 Hizmet ve işletim planları bileşenlerinin BRT'nin sistem performansına etkisi.....	137
EK A.12 Sistem bazında BRT bileşenleri ve yolculuk süresi.....	139
EK A.13 Sistem bazında BRT bileşenleri ve duruş süresi.....	145
EK A.14 BRT bileşenleri ve duruş süresi.....	149
EK A.15 BRT araçlarının taban yüksekliğine göre yolcu hizmet süreleri.....	151
EK A.16 Yüksek tabanlı otobüsle çok kapılı binişte toplam yolcu başına hizmet süresi.....	151
EK A.17 Yolcu hizmet süreleri.....	152
EK A.18 BRT bileşenleri, bekleme süresi ve aktarma.....	153
EK A.19 BRT bileşenleri ve seyir süresi güvenilirliği.....	154
EK A.20 Sistem bazında BRT bileşenleri ve seyir süresi güvenilirliği.....	155
EK A.21 BRT bileşenleri ve istasyonda duruş süresi güvenilirliği.....	161
EK A.22 Sistem bazında BRT bileşenleri ve duruş süresi güvenilirliği.....	162
EK A.23 BRT bileşenleri ve hizmet güvenilirliği.....	164
EK A.24 BRT bileşenleri ve yolcu kapasite türleri arasındaki ilişki.....	165
EK A.25 BRT bileşenleri ve yolcu kapasitesi.....	166
EK A.26 Zirve saatte gözlenen maksimum otobüs akımı, toplu taşıma yollarında yolcu akımı ve kapasite.....	168
EK A.27 Sistem bazında BRT bileşenleri ve yolcu kapasitesi.....	169
EK A.28 Zincirlikuyu-Topkapı-K.Çekmece-Avcılar Metrobüs hattı.....	177
EK A.29 Avrupa yakasındaki istasyonlar.....	178
EK A.30 Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme hattı.....	178
EK A.31 Anadolu yakasındaki istasyonlar.....	179
EK A.32 Metrobüs hattının enkesiti.....	180
EK A.33 Avcılar-Topkapı arasında hattın tip enkesiti.....	181
EK A.34 Haliç köprüsü kesiminde hattın tip enkesiti.....	182
EK A.35 Mecidiyeköy viyadüğü kesiminde hattın tip enkesiti.....	183
EK A.36 Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme arası hattın tip enkesiti.....	184
EK A.37 Ana duraklardan yapılan yolculukların dağılımı.....	185

TABLolar

Tablo 1.1 : Yolculukların türel dağılımı.....	8
Tablo 2.1 : Seçilmiş şehirlerde günlük ortalama toplu taşıma yolculukları değişimi.....	9
Tablo 3.1 : Otobüs yolu olan şehirler.....	13
Tablo 4.1 : Otobüs yolu ve raylı sistemlerin özellikleri.....	14
Tablo 5.1 : İşletilmekte olan Metrobüs hattı hakkında teknik bilgiler.....	46
Tablo 6.1 : Durak uzunlukları.....	57
Tablo 7.1 : Yolcu sirkülasyon oranları.....	63
Tablo 8.1 : Taleplere uygun toplu taşıma sistemleri.....	65
Tablo 9.1 : Bisiklet kullanımı anket sonuçları.....	66
Tablo 10.1 : Metrobüs ve diğer toplu taşıma sistemlerinin kıyaslanması.....	97
Tablo 10.2 : Metrobüs ve diğer toplu taşıma sistemlerinin kıyaslanması.....	97

ŞEKİLLER

Şekil 1.1 : Yol yapısı.....	19
Şekil 2.1 : Asfalt tabakaları.....	20
Şekil 3.1 : Turnikeler platform üzerinde iken kullanılabilen durak alanı.....	48
Şekil 3.2 : Turnikeler üstgeçitler üzerinde iken kullanılabilen durak alanı.....	48
Şekil 4.1 : Öneri üstgeçitlerin örnek görünümü.....	49
Şekil 4.2 : Öneri üstgeçitlerin örnek görünümü.....	49
Şekil 5.1 : Üstgeçit ve turnikelerin yerleşimi.....	50
Şekil 5.2 : Üstgeçit ve turnikelerin yerleşimi.....	51
Şekil 6.1 : Farklı yaya üstgeçitleri.....	52
Şekil 7.1 : Zirve saatte yolcu talebi.....	55
Şekil 8.1 : Akıllı kartlarla geçiş.....	58
Şekil 9.1 : Akıllı kart örneği.....	59
Şekil 10.1 : İlk durakta ortaya çıkacak 1 dakikalık gecikmenin sonraki duraklarda yaratacağı tahmini gecikme.....	61
Şekil 11.1 : Sistemlerarası transfer	63
Şekil 11.2 : Sistemlerarası transfer (en kısa yürüme mesafesi).....	64
Şekil 12.1 : Transmilenio BRT transfer merkezi.....	64
Şekil 13.1 : Bisiklet depolarının durak çevresinde dağılımı.....	67
Şekil 14.1 : Bisikletli erişim için bisiklet parkı.....	67
Şekil 14.2 : Bisikletli erişim için bisiklet parkı.....	68
Şekil 15.1 : Bisiklet yolları.....	68
Şekil 16.1 : Bisiklet parkı (Amsterdam)	69

Şekil 16.2 : Bisiklet parkı (Amsterdam)	69
Şekil 16.3 : Bisiklet parkı (Amsterdam)	70
Şekil 16.4 : Bisiklet parkı (Amsterdam)	70
Şekil 16.5 : Bisiklet parkı.....	71
Şekil 17.1 : Kiralık bisikletler (Paris).....	71
Şekil 17.2 : Kiralık bisikletler.....	72
Şekil 18.1 : Tren istasyonunda bisiklet parkı (Amsterdam).....	72
Şekil 19.1 : Taipei’de çift katlı bisiklet parkı.....	73
Şekil 20.1 : Bisiklet parkı uygulaması.....	73
Şekil 20.2 : Double bisiklet parkı.....	74
Şekil 21.1 : Otobüs önünde bisiklet yerleri.....	74
Şekil 21.2 : Otobüs önünde bisiklet askısı.....	75
Şekil 22.1 : Bisiklet parkı.....	75
Şekil 23.1 : Park-et bin uygulaması örnekleri.....	76
Şekil 23.2 : Örnek bir Park-et bin uygulaması.....	77
Şekil 23.3 : Merkezinde durak olan bir park-et bin uygulaması.....	77
Şekil 24.1 : Akıllı otopark uygulaması.....	79
Şekil 25.1 : Yükseltilmiş yollar.....	80
Şekil 26.1 : Transmilenio BRT hattı.....	81
Şekil 26.2 : Transmilenio BRT ağı.....	82
Şekil 26.3 : Ayrılmış otobüs yolu, Bogota, Transmilenio BRT hattı.....	83
Şekil 27.1 : Curitiba Public Transit otobüs durağı.....	84
Şekil 28.1 : Transmilenio otobüslerinin solama şeridi	85
Şekil 28.2 : Transmilenio Metrobüs durak ve yolcu platformu.....	85
Şekil 28.3 : Transmilenio-Durağa yanaşma.....	86

Şekil 29.1 : Brezilya-Curitiba Metrobüs sisteminin durakları.....	86
Şekil 30.1 : Transmilenio durak görünümü.....	87
Şekil 31.1 : Çift şeritli Metrobüs hattı.....	87
Şekil 32.1 : Transmilenio’da durağa erişim.....	88
Şekil 33.1 : Kısa duraklarda çift bomlu otobüslerle erişim.....	88
Şekil 34.1 : Almanya, Essen BRT hattı.....	89
Şekil 35.1 : Avcılar-Zincirlikuyu arası yolculuklar.....	91
Şekil 35.2 : Zincirlikuyu-Avcılar arası yolculuklar.....	92
Şekil 36.1 : Metrobüs hattı doluluk oranları.....	93
Şekil 36.2 : Sabah ve akşam için toplam dolulukları.....	94
Şekil 37.1 : İşletme kapasiteleri.....	95
Şekil 38.1 : Üniversite durağından yolculuklar.....	186
Şekil 38.2 : Üniversite durağından yolculuklar.....	187
Şekil 39.1 : Cevizlibağ durağından yolculuklar.....	188
Şekil 39.2 : Cevizlibağ durağından yolculuklar.....	189
Şekil 40.1 : Mecidiyeköy durağından yolculuklar.....	190
Şekil 40.2 : Mecidiyeköy durağından yolculuklar.....	191
Şekil 41.1 : Zincirlikuyu durağından yolculuklar.....	192
Şekil 41.2 : Zincirlikuyu durağından yolculuklar.....	193
Şekil 42.1 : Şirinevler durağından yolculuklar.....	194
Şekil 42.2 : Şirinevler durağından yolculuklar.....	195
Şekil 43.1 : İncirli durağından yolculuklar.....	196
Şekil 43.2 : İncirli durağından yolculuklar.....	197
Şekil 44.1 : Zeytinburnu durağından yolculuklar.....	198
Şekil 44.2 : Zeytinburnu durağından yolculuklar.....	199

Şekil 45.1 : Sefaköy durağından yolculuklar.....	200
Şekil 45.2 : Sefaköy durağından yolculuklar.....	201
Şekil 46.1 : Yenibosna durağından yolculuklar.....	202
Şekil 46.2 : Yenibosna durağından yolculuklar.....	203
Şekil 47.1 : Diğer yolculuklar.....	204
Şekil 47.2 : Diğer yolculuklar.....	205

KISALTMALAR

Otomatik Taşıt Konumlandırma (Automatic Vehicle Location)	: AVL
Metrobüs (Bus Rapid Transit)	: BRT
Sıkıştırılmış Doğal Gaz (Compressed Natural Gas)	: CNG
Ultra Düşük Seviyeli Kükürt Dizel (Ultra Low Sulfur Diesel)	: ULSD
Yüksek Yoğunluklu Araç (High Occupancy Vehicle)	: HOV
Akıllı Ulaşım Sistemleri (Intelligent Transportation Systems)	: ITS
Toplu Taşıma Sinyal Önceliği (Transit Signal Priority)	: TSP
Otomatik Araç Sevk Çizelgeleme (Automated Scheduling and Dispatch)	: ASD
Serbest Giriş veya İspat Gerektiren Ödeme Sistemi (Proof-of-Payment System)	: POP

1. GİRİŞ

Özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren hızlanan teknolojik gelişmeler, artan sanayileşme ve şehirleşme sürecinin sonucunda hemen her alanda ortaya çıkan gelişmeden ulaşım ve ulaştırma sektörü de payını almıştır ama tüm bu gelişmeler sonucunda artan nüfus ve araç sahipliği gibi olgular ulaşımı darboğaza sokmaya başlamış, yine ortaya çıkan gelirin bireyler arasında dengeli dağılmaması sebebiyle herkesin araç sahibi olamaması sebebiyle Ulus – Devlet asli görevleri arasında yer almayan ulaşım konusunda da çözüm arayışlarına girmek zorunda kalmıştır.

Bu arayışlar sonucunda toplu taşıma sistemleri alternatifleri geliştirilmiş, bu çalışmanın da konusunu oluşturan BRT (Bus Rapid Transit)-Metrobüs de bu süreçte, 70'li yıllarda, özellikle iktisadi açıdan olumsuzluklar yaşayan Güney Amerika'da ulaşım sorunlarına alternatif bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Güney Amerika ve Batı dünyası hariç, dünyanın geri kalan kısmında bu sistem, Metro veya Raylı sistem benzeri, ona kısmen de alternatif bir sistem olarak düşünülmüş ve ikame edilmeye çalışılmıştır.

İşte bu çalışmanın I. Kısımında, özellikle 90'lı yıllardan itibaren popüler olmaya başlayan bu sistem hakkında genel bilgi verilmeye çalışılacak, II. Kısımda ise, bu sistemin İstanbul'daki uygulamasının şehre kattığı artılar ve aksayan yönleri gözlem, anket çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında yorumlanmaya çalışılmıştır

III. Kısım olan Ekler Kısımında ise bu sistemle ilgili ek bilgiler tablolar halinde verilmiş ve benzerleri ve alternatifleri ile kıyaslanmaya çalışılmıştır.

2. BRT-BUS RAPID TRANSIT (BRT)/METROBÜS SİSTEMİ

2.1 BRT-METROBÜS NEDİR ?

Türkiye'deki adı ile Metrobüs, dünyada yaygın olarak kullanılan adı ile Bus Rapid Transit (**BRT**) yüksek standartlı bir toplu taşıma sistemidir. Hızlı, rahat, konforlu ve altyapı maliyeti düşük bir toplu taşıma sistemi olması en önemli özelliğidir. Ayrılmış yol veya ayrılmış şerit uygulamalı bu sistem aynı sayıda araçla daha fazla yolcuyu taşıma imkânını sağlamaktadır.

Genelde BRT olarak adlandırılrsa da bu sisteme dünyanın farklı yerlerinde farklı isimler de verilmektedir. Bu isimlere birkaç örnek vermek gerekirse :

- **High Capacity Bus Systems,**
- **High Quality Bus Systems,**
- **Metrobus,**
- **Surface Metro,**
- **Express Bus Systems,**
- **Busway Systems.**

Metrobüs genelde modern raylı sistemlerle otobüs merkezli toplu taşıma sistemleri arasında bir hibrid uygulama olarak ortaya çıkmış, bunda da raylı sistemlerin performansı ve rahatlığını daha ucuza mal etme çabası ve isteği belirleyici olmuştur. Son yıllarda yaygın olarak dillendirilen iddialara göre BRT sistemi LRT'den 4–20 kat daha ucuza mal olmaktadır. Bu oran Metro'daysa 10 ile 100 kat arasında değişmektedir. Ancak tek ve en önemli dezavantajı BRT sisteminin hızı ve taşıma kapasitesi raylı sistemlere göre düşüktür, pek çok BRT sisteminin ortalama hızı 23 -

30 km. arasındadır. (Levinson vd.a, 2003, s.4 ve 24.) Fakat bu önerme yapılırken tüm bileşenlerin hesaba katıldığını düşünemeyiz. Örnekle açıklamak gerekirse; İstanbul gibi arazinin engebeli ve arazi değerlerinin yüksek olduğu yerlerde arazi kullanımı sistemin maliyetini önemli ölçüde arttıracığı rahatlıkla söylenebilir. Keza arazi yapısı, iklim vb. etkenler de yeni gelişmekte olan bu sisteme daha önce gözardı edilmiş maliyetleri de eklemekte ve BRT sisteminin “Ucuz Lastik Tekerlekli Metro (Fakirin Metrosu)” olduğu tezini tartışmaya açmaktadır.

Sisteme verilen isimler çeşitlilik gösterse de Metrobüs sisteminde temel prensip aynıdır: Yüksek kaliteli, arabalarla rekabet edebilen (*hızlı*), maliyet etkin ve ucuz bir toplu taşıma sistemi oluşturulması.(Wright ve Hook, 2007, s.11.)

Bu noktada BRT - Metrobüs sisteminin daha iyi anlaşılması için ek bazı tanımları da vermek yerinde olacaktır:

“BRT, esnek kullanımlı, lastik tekerlekli, hızlı ve konforu otobüslere göre daha yüksek olan bir transit taşıma sistemidir. Sistem: araçları, istasyonları, hizmetleri, tercihli ve tahditli yolları ve ITS (Intelligent Traffic Systems – Akıllı Trafik Sistemleri) uygulamalarını içerir.” (Levinson vd., 2003b, s.12.)

“BRT, yüksek kaliteli, yolcu merkezli, yolcuyu hızlı, rahat, uygun ve cazip fiyatla taşımayı amaçlayan bir ulaşım sistemidir.” (Lloyd, 2003, s. 1.)

“BRT, raylı sistemin kalitesini ve otobüslerin kullanım esnekliklerini bünyesinde barındıran ve birleştirmeye çalışan hızlı bir ulaşım sistemidir.” (Thomas, 2001.)

BRT, Federal Transit Administration tarafından da şu şekilde tarif edilmektedir: *“Otobüslerin esnekliği ve raylı sistemlerin kalitesini sağlayan hızlı bir toplu taşıma türüdür.”* (Levinson vd., 2003a, s. 1.)

“Trafik mühendisleri BRT'nin genellikle tek yönde, saatte 12.000'den fazla yolcuyu konforlu bir şekilde taşıyamayacağını, bu sayının sistemin verimli çalışmasının sınırı olduğunu iddia ediyorlardı. Ama Bogota'daki TransMilenio BRT sisteminden sonra bu algı değişmeye başladı.”

“Bus Rapid Transit – Metro veya Banliyö sistemi gibi çalışan, yüksek hızlı otobüslere ayrılmış yolları veya şeritleri olan bir ulaştırma sistemidir... BRT Sisteminin maliyeti Metroya kıyasla 30 kat daha azdır.” (Beddor vd., 2009, s. 13.)

“BRT, yaratıcı, yeni ortaya çıkan, şehirdeki trafik tıkanıklığını maliyet – etkin şekilde çözmek için geliştirilmiş bir toplu taşıma yaklaşımıdır.” (Currie, 2006.)

“BRT–Metrobüs, transit istasyonlar, araçlar, hizmetler, tahditli ve tahsisli yol ve ITS elemanlarını hitap ettiği pazarın ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde ve biçimde entegre eden, esnek bir hızlı taşıma sistemidir.” (Peterson vd., 2006, s. 26.)

“BRT, hızlı, konforlu ve maliyet etkin bir ulaşım ve yolculuk imkanı sağlayan bir şehir toplu taşıma sistemidir. Sadece otobüslere ait şeritler çevresinde dizayn edilen modern raylı taşıma sisteminin performansı ve diğer cazip taraflarını daha ucuz maliyetle gerçekleştirmeye çalışan bir sistemdir.” (Sustainable Mobility, 2006, s. 7.)

Günümüze kadar başarılı olan Metrobüs (BRT) Sistemlerinin ortak özellikleri aşağıdaki gibidir :

- Toplu taşıma için ayrılmış veya tercihli yollar,* (Levinson vd., 2003a , s. 2.)
- Hızlı iniş – biniş,
- Araca binmeden önce inme ve ücret farklılaştırması,
- Yüksek kapasiteli modern araçlar,
- Hatlar ve diğer toplu taşıma sistemleri arasında ücretsiz aktarma,
- İstasyon ve terminallerde modal entegrasyon,
- Dikkatli bir planlama ve işletme denetimi,
- Yüksek kaliteli sinyal sistemi ve kullanıcı bilgilendirmesi,
- İyi bir tanım, pazarlama ve müşteri hizmetleri. (Sustainable Mobility, 2006, s. 7.)

Metrobüs Sisteminin 5 temel bileşeni*, sistemi oluşturan elemanlar ise şunlardır :

- 1.Araçlar*, (Zimmerman ve Levinson, 2004, s. 84.)
- 2.Yollar,
- 3.Kontrol Sistemleri,
- 4.Ücret Toplama Sistemleri,
- 5.Yolcu Bilgilendirme Sistemleri. (Peterson vd., 2006, s. 26.)

Metrobüs Sisteminin artı ve eksileri :

Artıları :

- Kapasite ve hız,
- Esneklik ve çeşitlilik,
- Satılma gücü,
- Artan gelişme,

* “BRT, esnek, yüksek performanslı; ekipman tesis, hizmetler ve ITS elemanlarını kalıcı bir şekilde, entegre bir sistemde biraraya getiren hızlı bir taşıma sistemidir ve bu sistemin elemanları şunlardır :

- 1.Seyir yolu,
- 2.Duraklar, istasyon ve terminaller,
3. Araçlar,
4. Hizmetler,
5. ITS – Akıllı Ulaşım Sistemleri,
6. Ücret toplama.” Farklı görüş için bkz. Zimmerman ve Levinson, 2004 , s. 84.

* “Araçlar, kullanıcılar ve diğerleri açısından BRT'nin sistem kalitesini belirlemede en önemli etkenlerden biridir. Araçlar ayrıca, hız, maliyet ve güvenilirlik vasıtasıyla sistemin gerçek performansının bulunmasında da önemli bir rol oynar...

- Çekiş türü ve motor seçeneği; gelir, hizmet zamanı, araç emisyonları, işletim ve bakım maliyetlerini etkiler.
- Yolcunun araç içindeki oturma konumu, aracın zemin yüksekliği ve kapı konfigürasyonu durakta bekleme süresini, dolaylı yoldan da hizmet süresini etkiler.
- Aracın türü ve şekli, koridor genişliği, araçtaki kapı sayısı, kapıların genişliği ve konumu, koltuk sayısı ve konfigürasyonu da BRT sisteminin kapasitesini belirleyen önemli etkenlerdir.”

- Uygulama hızı

Eksileri:

- Kurumsal bölünme,
- Siyasi öngörü eksikliği,
- Belirgin karmaşa,
- Diğer trafiğe etkisi,
- Arazi ile ilgili etkileri. (Peterson vd., 2006, s. 28.)

2.2. BRT NE DEĞİLDİR ?

BRT, öncelikle bir otobüs sistemi değildir, her ne kadar işletmede körüklü otobüsler kullanılıyor olsa da.* (Bus Systems for the Future, 2002, s. 28.) Aslında BRT – Metrobüs, yolcuları hızlı ve etkili bir şekilde taşımak, bu sistemi de diğer ulaşım sistemleri ile etkin bir şekilde birleştirmek için dizayn edilmiş bir sistemdir (Sustainable Mobility, 2006, s. 18) ve Metrobüs sisteminin konvansiyonel otobüs işletmeciliği ile çok fazla ortak noktası da yoktur. (Wright ve Hook, 2007, s.13)* BRT ile otobüs işletmesi ve diğer toplu taşıma sistemleri arasındaki en önemli fark, BRT’de sistemin odak noktasının araç değil, kullanıcı olmasıdır.* (Sustainable Mobility, 2006, s.7.)

* “Karayolu Otobüs İşletmeciliğinde 3 temel tür vardır:

- a. Karışık trafikte, hiçbir önceliğe tabi tutulmadan seyir eden, çalışan otobüsler,
- b. Sınırlı önceliği olan otobüsler (*Örneğin sinyal önceliği ve otobüs şeridi gibi.*)
- c. Tahsisli otobüs yolu gibi, özel yapılmış altyapı üzerinde çalışan ve diğer trafikle asgari derecede temas eden otobüsler.”

Bkz. Bus Systems for the Future, 2002, s. 27.

* “BRT Sistemine ortak bir tanım getirilmesindeki zorlukların ana nedeni Dünya’nın farklı yerlerinde bu isim altında farklı sistemlerin kullanılmasıdır.” Daha fazla bilgi için bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 13.

“BRT bir şehre uygun tek toplu taşıma sistemi değildir. Metro, LRT, Monorail, Banliyö treni ve konvansiyonel otobüs işletmeciliği diğer ve birbirini tamamlayıcı alternatiflerdir. Bu sistemlerin seçimini etkileyen faktörler : topoğrafya, maliyet, işletme maliyeti, yetişmiş personel, ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler vb. Yukarıda sayılanlar içinden BRT’nin ön plana çıkmasının nedeni altyapı ve inşaat maliyetinin azlığıdır. Ayrıca kısa sürede imalatı ve esnek işletme yapısı cazibesini arttırmaktadır...Genel olarak BRT projeleri 12–18 ayda planlanır. Bir BRT planının maliyeti genellikle 1–3 Milyon \$ arasında değişir.” Bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 2.

“Körüklü otobüsler dışında BRT’nin konvansiyonel otobüs işletmesi ve taşımacılığı ile çok az ortak noktası vardır. Konvansiyonel otobüs sistemi yavaş, rahatsız ve trafikte boğulmuş iken, BRT, uygun ve cazip bir fiyatla üstün bir hizmet vermek için planlanmıştır.” Bkz. Sustainable Mobility , 2006 , s. 7.

“BRT, pek çok açıdan lastik tekerlekli Hafif Raylı Sistemdir (LRT) ama LRT’den daha esnektir ve maliyeti de daha azdır.” Bkz. Levinson vd. , 2003a , s. 1.

“BRT – Metrobüs , konvansiyonel otobüs işletmeciliğinden farklı olarak yüksek kaliteli bir ulaşım sistemi oluşturmak için teknoloji, işletme planı ve kullanıcı etkileşimini içerir.” Bkz. Peterson vd. , 2006 , s. 26. Ayrıca bkz. Diaz ve Schneck, 2000, s.3-9.

* “**Konvansiyonel Otobüs İşletmeciliği ve Performansı** : Daha gelişmiş otobüs işletmeciliği türlerinin ortaya çıkmasının temel sebeplerinden belki de en önemlisi son 15 – 20 yılda, dünya genelinde konvansiyonel otobüs işletmecilerinin her geçen gün azalan performanslarıdır. Her ne

kadar otobüsler şehir alanlarında toplu taşıma sisteminin en önemli sacayağından birisi olsa da, yolcu taşımadaki payları artan otomobil sahipliği sebebiyle her geçen gün azalmaktadır...Toplu taşımanın özel araç sahipliği ile rekabet edememesi uzunca bir süredir tahmin edilen ve beklenen bir sonuçtur. Özel araçınızla istediğiniz zaman, istediğiniz sürede, istediğiniz yere gidebilirsiniz, üstelik de konforlu bir şekilde. Bu özelliğe ek olarak otomotiv ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda imalat ve üretim maliyetlerinin düşmesi sebebiyle otomobil ve araçların fiyatlarının makul hale gelmesi de etkili olmuştur.Bu durumu ekte verilen tablolar oldukça iyi açıklamaktadır. “Bkz. Bus Systems for the Future, 2002 , s. 31.

Tablo.1.1 Yolculukların Türel Dağılımı

	Yıl	İki veya Dört Tekerlekli	Otobüs	Taksi Minibüs	Tren Metro	Diğer	Toplam
Sao Paulo	1977	29	41		5	26	100
	1987	27	27		8	38	100
	1997	31	25		7	36	99
Mexico City	1986	25	42	11	22		100
	1995	22	8	56	14		100
Şangay	1986	3	24			72	99
	1998	11	18			71	100
Dublin	1991	64	26		10		100
	1991	72	19		9		100

(Kaynak : Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, International Energy Agency, Paris, Fransa.)

Tablo.2.1 Seçilmiş Şehirlerde Günlük Ortalama Toplu Taşıma Yolculukları Değişimi

<u>Şehir</u>	<u>Yıl</u>	<u>Nüfus (Milyon)</u>	<u>Günlük Toplu Taşıma Yolculukları</u>	<u>Tüm Yolculuklara Oranı</u>

Metrobüs buna ek olarak tahditli otobüs yolu uygulaması da değildir.* Sistemin mevcut trafikten ayrılması, izole edilmesi gereklidir* çünkü aksi takdirde inisiyatif kullanan araç sürücüleri tarafından kısa sürede istila edilecek ve transit özelliği yok olacaktır.

HongKong	1973	4,2	1,1	85
	1992	5,6	1,7	89
Manila	1984	6,6	1,5	77
	1996	9,6	1,5	78
Meksiko	1984	17	0,9	80
	1994	22	1,2	72
Moskova	1990	8,6	2,8	87
	1997	8,6	2,8	83
Santiago	1977	4,1	1	70
	1991	5,5	0,9	56
Sao Paulo	1977	10,3	1	46
	1997	16,8	0,6	33
Seul	1970	5,5	-	67
	1992	11	1,5	61
Şangay	1986	13	0,4	24
	1995	15,6	0,3	15
Varşova	1987	1,6	1,3	80
	1998	1,6	1,2	53

(Kaynak: Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, International Energy Agency, Paris, Fransa.)

* “Standart bir BRT hattının bir şeridinin ortalama genişliği 3,5 m. ; istasyonların genişliği ise 2,5 – 5 m. arasında olmalıdır. Tek şeritli bir otobüs yolu koridorunun ihtiyaç duyduğu alan ise

BRT Sistemi diğer ulaşım sistemlerinden izole bir sistem olarak planlanmaz ve uygulanamaz. Aksine bu sistemler şehrin mevcut ulaşım sistemi ile entegre edilmek zorundadır.

2.3. BRT-KISA TARİHÇESİ

Modern Metrobüs, BRT sistemlerinin uygulamasının 1974'te Curitiba'daki sistemin işletmeye alınması ile başladığı kabul edilmektedir(Bus Systems for the Future, 2002, s. 34-36.) ama bu sistemin ilk uygulamasının izlerine 1937 yılında ABD, Chicago şehri için yapılan planlarda

10 – 13 m. arasında değişir. Eğer istasyonlarda geğme şeridi eklenecek olursa bu genişlik 20 m. olmalıdır.” Bkz. Wright ve Hook, 2007 , s. 3.

* “...Sistem, Açık ve Kapalı olmak üzere iki türdür. Kapalı Sistemde koridora giriş, kısıtlıdır veya engellenmiştir. (Örneğin : Curitiba ve Bogota) Açık Sistemde ise otobüs yolu veya koridoruna erişim engellenmemiştir.(Kunming ve Taipei)” Bkz. Wright ve Hook, 2007 , s. 3.

rastlanmaktadır.* 1937 yılında yapılan ilk planlardan sonra ABD’ndeki başka şehirlerde de ekspres otobüs yolu planları yapıldı ve uygulamaya konuldu. Bunlar :

- Washington Planı(1955 – 1959): Karayolları ve çevre yollarının orta kesiminden BRT planları 1956–1959 Mass Transportation Survey for the National Capital Region adlı çalışmanın bir parçası olarak hazırlandı. Bu planda tek yönde 3–4 şeritli otobüs yolları öngörülüyordu.
- St. Louis Planı (1959): Bu planda 86 millik BRT hattı öngörülüyordu. Bunun 42 mili ayrılmış otobüs yolu idi. (Levinson vd. , 2003a , s. 14)
- Milwaukee Planı (1970): Milwaukee planında da 107 mil şehir yakınındaki çevreyolunda, 8 mil de Doğu–Batı Transit Çevreyolu üzerinde ekspres otobüs yolu inşaaı öngörülüyordu. Ayrıca bu hatlar üzerinde 39 istasyon ve 35.000 park alanı inşaa edilecekti. (Levinson vd. , 2003a , s. 15)

Planlar geliştirilmesine rağmen otobüs öncelikli veya sadece otobüslere tahditli şerit uygulaması trafik sıkışıklığı ciddi bir sorun olarak varlığını hissettirmedeği için 1960’lara kadar tam anlamıyla uygulanmadı. Fakat bu tarihten sonra değişen şartların da zorlaması ve dayatmasıyla “**Otobüs Yolu**” terimi ve uygulaması ortaya çıktı.*

* Bu planlarda şehiriçi demiryolu hatlarının ekspres otobüs hatlarına dönüştürülmesi öngörülüyordu.

“1937 Chicago Planı : BRT Sistemi ilk kez Chicago için önerilmiştir. 1937’de hazırlanan planda şehrin batı yakasındaki 3 hızlı raylı sistem hattının ekspres otobüs yoluna dönüştürülmesi öngörülmekteydi.” Bkz. Levinson vd. , 2003a , s. 14.

“Lastik tekerlekli araçların (*Otobüsler*) hızlı ve konforlu bir toplulaşıma hizmeti sağlayabilmek için kullanılması düşüncesi yeni değildir. Bu konu ile ilgili planlar ve uygulamalar 1930’lardan beri hazırlanmaktadır.” Bkz. Levinson vd. , 2003a, s. 14.

“Trafik tıkanıklığına çözüm olarak otobüs öncelikli şerit uygulamalarının başlangıcı 1930’lu yıllara kadar gider...” Bkz. McDonnel vd. , 2006, , s. 131.

“BRT konsepti, altyapısından organizasyonuna kadar Latin Amerika’da geliştirilmiştir...” Farklı görüş için bkz. Sustainable Mobility, 2006 , s. 18.

* “ABD’nde özellikle Karayolları boyunca şehir merkezleri ve banliyöler arasında irtibatı hızlı ve kesintisiz, ekspres servis sağlamak için otobüs yolları oluşturulmuştu. Bu Ulaşım Koridorları boyunca yüksek hızlı ulaşım sağlamak için otobüs durak noktaları azaltılmıştı. Bu uygulamada

genellikle Karayolunun orta refüjü hızlı otobüslere tahsis edilmiş, bazı durumlarda da Yüksek Yoğunluklu Araç – High Occupancy Vehicle (HOV) şeritlerini otobüsler, araçlarla birlikte kullanmıştır. Örneğin ; Los Angeles, New York ve Avustralya'nın Perth şehrinde.” Bkz. Wright ve Hook , 2007 , s. 17.

“BRT, aslında yeni bir konsept değildir. Bu fikir ABD’nde 1950’li yılların sonu – 60’lı yılların başı arasındaki dönemde İşadamları (Barnard, 1955), Ulaşım Plancıları (California Public Utilities Commission, 1957), Araştırmacılar (Crain, 1963) tarafından önerilmiştir. 1950’li yılların ortalarında, Boyd Barnard şehirlerde transit çalışan araçlar için ayrı yollar veya şeritler yapılması gerektiğini, şehir merkezinde ortaya çıkan tıkanıklığın bu sayede aşılabileceğini ifade etmişti.” Ayrıca bkz. Peterson vd. , 2006, s. 3. ; Barnard, 1955. ; Report on Bus Rapid Transit Between Concord and Oakland– San Francisco , 1957, s. 6. ; Crain , 1963.

Otobüs Şeridi ve Otobüs Yolu : Otobüs şerit ve yolları dizayn ve etkinlik açısından BRT yollarından oldukça farklıdır. Her ne kadar iyi işaretlenmiş ve ihlallerin sıkı sıkıya denetlendiği Otobüs Şeritleri olsa da (Örnek : Londra), genellikle Otobüs Yollarının Toplutaşıma Sisteminin etkinliğini arttırmada çok az katkısı olmaktadır. Otobüs Şeritleri kalıcı veya belli zaman dilimlerinde öncelikli olarak Toplutaşıma araçlarına tahsis edilmiş yol şeritleridir. Otobüs Şeritleri, diğer şeritlerden fiziki olarak ayrılmamıştır. Her ne kadar bu şeritler ayırt edici bir şekilde boyansa yada işaretlense de, yine de şerit değiştirme ve bu şeride girme imkanı vardır. Bazı durumlarda bu yollar High Occupancy Vehicle–HOV şeridi olarak da kullanılmakta, bunun sonucunda otobüs hizmetinin ekspres ve diğer trafikten izole olma özelliği ortadan kalkmaktadır. Otobüs Yolları ise Toplutaşıma araçlarının kullanımına tahsis edilmiş, fiziki olarak diğer yollardan ve şeritlerden ayrılmış tercihli yollardır. Ama bu yollara da bazı özel noktalarda giriş izni verilmektedir. Yolun üstünde veya altında olabilirler ama Karma trafik taşıyan bir arterde ise genellikle yolun orta noktasında imal edilmektedir.” Bkz. Wright ve Hook , 2007 , s. 19.

Tablo. 3.1 Otobüs Yolu Olan Şehirler

<u>Kıta</u>	<u>Ülke</u>	<u>Şehirler</u>
Afrika	Ivory Coast	Abidjan (Boulevard de la Republique)
	Güney Afrika	Johannesburg (Soweto Highway)

Asya	Çin Halk Cumhuriyeti Japonya Türkiye	Pekin (Qinghua Dong Road) Nagoya (“Key” Routes) İstanbul
Avrupa	Belçika İtalya İspanya İngiltere	Liege, Evry Genova Madrid (Paseo de la Castellana) Ipswich (Superoute 66), Runcorn
Latin Amerika ve Karayipler	Brezilya Şili Peru Trinidad ve Tobago	Belo Horizonte (Avenida Cristiano Machado), Campinas (Amoreiras), Manaus, Recife (Avenidas Caxanga), Joaquim Nabuco, Sul ve Herculano Bandeira), Rio de Janeiro (Avenida Brasil) Santiago (Avenida Grecia) Lima (Paseo de la Rebuglica veya “Via Expressa”, Avenida Abancay ve Avenida Brasil) Port of Spain
Kuzey Amerika	ABD	Los Angeles (San Bernadino ve Harbor Karayolu), New York (Lincoln Tüneli), Philadelphia (Ardmore Otobüsüyolu), Providince (East Side Otobüs Yolu)
Okyanusya	Avustralya	Perth (Kwinana Karayolu)

(Kaynak: Llyod Wright ve Walter Hook, 2007, **Bus Rapid Transit Planning Guide, (III. Baskı)**, Institute for Transportation&Development Policy, New York.)

Tablo. 4.1 Otobüs Yolu ve Raylı Sistemlerin Özellikleri

<u>Özellikleri</u>	<u>Otobüs Yolu</u>	<u>Hafif Raylı Sistem</u>	<u>Metro</u>	<u>Banlivö Treni</u>
---------------------------	---------------------------	----------------------------------	---------------------	-----------------------------

1966 yılında ilk defa orta şeritten giden otobüs yolları ABD'nin St. Louis ve Belçika Liege'de uygulamaya konuldu.(Bu şehirlerde eski tramvay yolları otobüs kullanımına tahsis edildi.) Bunu takip eden yılda (1967), ABD'nde ilk yüksek hızlı otobüs şeridi uygulaması Kuzey Virginia'daki Shirley Highway'de uygulanmaya başlandı.(Kuzey Amerikadaki BRT

Mevcut Uygulama	Latin Amerikada hızla yaygınlaşmaktadır.	Avrupada oldukça yaygındır. Gelişmekte olan ülkelerde de bazı uygulamaları vardır.	Avrupa ve Kuzey Amerikada oldukça yaygındır.	Başta Avrupa ve Kuzey Amerika olmak üzere, oldukça yaygındır.
Ayırım Derecesi	Çoğunlukla hemzemin	Çoğunlukla hemzemin	Çoğunlukla yeraltında veya yükseltilmiş	Çoğunlukla hemzemin
Yer İhtiyacı	Mevcut yol ağından 2 – 4 şerit alır.	Mevcut yol ağından 2 – 3 şerit alır.	Mevcut yolağın çok az etkisi vardır.	Genellikle Karayollarında ayrı koridorlarda
Esneklik	Uygulama ve işletmede oldukça esnek	Sınırlı derecede esnek, mali açıdan kısmen riskli.	Esnek değil, mali açıdan da riskli	Esnek değil, mali açıdan kısmen riskli
Trafiğe Doğrudan Etkisi	Dizayna bağlı	Dizayna bağlı	Yoldan yer almaz.	Dizayna bağlı
Mevcut Toplulaşma Sistemi ile Entegrasyonu	Genellikle mevcut otobüs sisteminin modernizasyonu olduğu için , bu hatları beslemek için bazı hatların yeniden düzenlenmesi gerekebilir.	Dizayn ve yere bağlı olarak bazı mevcut otobüs operasyonları sonlandırılabilir, gerektiğinde de besleyici hatlar oluşturmak için hatlar ve rotalar yeniden çizilir.	Dizayn ve yere bağlı olarak bazı mevcut otobüs operasyonları sonlandırılabilir, gerektiğinde de besleyici hatlar oluşturmak için hatlar ve rotalar yeniden çizilir.	Dizayn ve yere bağlı olarak bazı mevcut otobüs operasyonları sonlandırılabilir, gerektiğinde de besleyici hatlar oluşturmak için hatlar ve rotalar yeniden çizilir.
Maliyet (Milyon \$-km)	1 – 8	10 – 30	Hemzemin 15 – 30; yükseltilmiş 30 – 75; Metro 60 – 180.	Altyapı ihtiyacına göre değişir.
Kapasite(yolcu/saat/tek yön/tek şerit)	15.000 – 35.000	10.000 – 20.000	60.000'e kadar.	30.000'e kadar.
İşletme Hızı (km/saat)	15 - 25	15 - 25	30 - 40	40+

(Kaynak: Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, International Energy Agency, Paris, Fransa.)

Uygulamaları için bkz. *Bus Systems for the Future*, 2002, s. 38–40.) 1971 yılında ise İngiltere'nin Runcorn şehrinde ilk otobüs yolu kullanıma açıldı. (BRT'nin Avrupa Uygulamaları için bkz. *Bus Systems for the Future*, 2002, s. 40–41.) Gelişmekte olan ülkeler içinde bu sistemi ilk uygulayan ise Peru oldu. 1972 yılında başkent Lima'da “**Via Expressa – Ekspres Yol**” adlı otobüs yolu kullanıma açıldı. (*Toplam uzunluğu 7,5 km. olan bu yol hala işletimdedir.*)*

Bogota'nın Caracas Bulvarında çalışan ve BRT Sisteminin dünya çapında tanınmasında önemli bir katkısı olan TransMilenio BRT Hattı da işleme açılmadan önce bu koridor Otobüs Yolu olarak hizmet veriyordu. (Wright ve Hook, 2007, s. 17.)

BRT'nin sunduğu fırsatlar Curitiba, Brezilya'daki “**Satış Metro**su” sistemi ortaya çıkana kadar anlaşılamadı. Curitiba BRT Sisteminin ilk 20 km'si 1972'de planlandı, 1973 yılında da imalatı tamamlandı ve 1974 yılında da işletmeye alındı. (Sustainable Mobility, 2006, s. 18)* Bu sıralarada Curitiba bir metro sistemi kurmaya çalışıyordu. Fakat mali kaynakların yetersizliği siyasetçileri ve planlıları daha yaratıcı bir yaklaşım ve çözüm geliştirmeye mecbur etti. Bulunan çözüm şehrin Otobüs sisteminin iyileştirilmesi ve şehir merkezinden etrafa radyal şekilde dağılan otobüs yolları inşası idi. (*Curitiba, bu yıllarda artan sanayileşme; onun getirdiği plansız ve hızlı büyüme ve gettolaşma ile yüzyüze idi.*)

Tüm Latin Amerika'da toplu taşıma pazarının büyük kısmı özel sektörün kontrolünde idi. Bunun sonucunda kontrolsüz ve düzensiz işletmeciler kuruluşlar yolcuların istediği konfor, güvenlik ve rahatlığı karşılayamıyordu. Raylı sistem veya araba tabanlı bir ulaştırma sisteminin

* “Peru'nun başkenti Lima'daki “**Via Expressa – Ekspres Yol**” Latin Amerika ve diğer yerlerdeki BRT uygulamalarının öncüsü olmuştur.” Farklı görüş için bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 17.

* “Brezilya'nın güney eyaletlerinden Parana'da yer alan planlı şehirler bu sistemin doğum yeridir. Curitiba'nın ulaşım planlıları daha sonra BRT veya Metrobüs olarak adlandırılacak olan bu sistemi planlamış, geliştirmiş ve meşhur etmiştir... 1966 yılında vizyon sahibi şehir planlıları geniş kapsamlı, ayrılmış otobüs yollarını merkez alan bir ulaşım planı hazırladılar... Curitiba'da bu amaçla Urban Research and Planning Institute kuruldu ve hazırlanan ulaşım planını daha da geliştirmek için çalışmaya başladı... Şehrin ilk ayrılmış şeritli otobüs yolu 1974 yılında faaliyete geçti.”

geliştirilmesi için yeterli kaynakların olmaması bu ülkelerin otobüs temelli bir ulaşım sistemine yönelmesine sebep oldu. Bunun sonucunda geliştirilen tüp şeklindeki istasyonlar-duraklar ve 270 kişilik otobüsler neredeyse tüm dünyada standart hale gelmiştir.*

1973 Arap-İsrail Savaşı (*Ramazan veya Yom Kippur*) sonrasında yaşanan Petrol Krizi özellikle gelişmekte olan ülkeleri artan enerji maliyetleri sebebiyle oldukça zora soktu ve toplu taşıma sistemini daha da geliştirmeye mecbur etti. ABD’nde National Cooperative Highway Research Program (*NCHRP*) 1973 ve 1975’te yayınladığı raporlarında otobüs yollarının geliştirilmesi önerilmişti. Bunu 1976 yılında Paris toplu taşıma sistemi Regie Autonome des Transports Parisiens (*RATP*) yayınladığı Otobüs Yolu Rehberi takip etti.

Aynı yıllarda ABD ve Avrupa ülkelerinden daha hızlı davranan ve yaşadıkları sorunlar nedeniyle bekleme ve zaman kaybetme lüksü olmayan Latin Amerika ülkeleri, ama özellikle Brezilya, Curitiba’ya ek olarak Sao Paulo (1975), Goiania (1976), Porto Alegre (1977) ve Belo Horizonte (1981) de benzer sistemleri uygulamaya koydu. (Wright ve Hook, 2007, s. 21-23.)

Yaşanan bu gelişmeler sonrasında Otobüs yolu uygulamaları Dünya Bankasının da ilgisini çekmeye başladı ve Banka dünya genelindeki BRT projelerini desteklemeye başladı* çünkü BRT – Metrobüs sisteminin maliyeti Metro sisteminin 1/20’ine kadar düşebiliyordu. Bu durumu bir örnekle açıklamak gerekirse: Meksika’nın başkenti Meksiko City’de faaliyet gösteren Metrobüs sisteminin tamamı iki Metro Durağı parasına mal olmuştur.(Sustainable Mobility, 2006 , s. 18.)

Ancak tüm bu desteklere ve Curitiba’nın başarısına rağmen BRT konseptinin gelişmesi takip eden 10 yılda oldukça yavaş oldu. Çünkü 1970’li yıllara damgasını vuran Petrol Krizi aşılmış, bunun sonucunda da Batılı ülkeler de bu sisteme olan ilgisini kaybetmişti.* Bu ilgi kaybı

* “Talebin yüksek olduğu koridorlarda 160 kişilik körüklü otobüsler standart hale gelmiştir.” Farklı görüş için bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 6.

* Örneğin 1977 yılında Ivory Coast’ta Abidjan’da. Bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 23.

* “Bu durumun tek istisnası 1980 yılında Almanya’nın Essen şehrinde hizmete giren otobüs yoludur.” Bkz. Wright ve Hook, 2007. , s. 23.

yüzünden 80'li yılların tamamı ve 90'lı yılların büyük kısmında BRT fazla bilinmeyen, marjinal bir ulaşım sistemi olarak kaldı. Ancak 1990'lı yılların sonlarında BRT sisteminin adı yeniden duyulmaya başlandı.

1990'lı yılların sonlarında Küreselleşmenin de etkisi ile ekonomik yapıları iyice bozulan Latin Amerika ülkelerinin yerel yönetimleri gölge ekonomi ve özel sektörün artan rekabetini dengeleyebilmek için alternatif çıkış yolları aramaya başlamışlardı. Bu ortamda 1996 yılında Ekvador, Ouito'da elektrikli otobüslerin (*Trolleybüs*) kullanıldığı bir BRT hattını işletmeye açtı.*

BRT, 1990'lı yıllarda Çin, Kunming'te, 2001 yılında da Tayvan'ın başkenti Taipei'de orta şeritten giden bir otobüs yolu işletmeye açıldı. (Levinson vd. , 2003a, s. 24.)

3. BRT SİSTEMİNİN ANA BİLEŞENLERİ

Bu durumun sebebini 80'li yıllarda İngiltere Başbakanı olarak görev yapan Margareth Thatcher'in şu sözü gayet güzel bir şekilde açıklamaktadır: “26 yaşının üzerinde olan bir kişi toplu taşımayı (otobüsü) kullanıyorsa, kendisini hayatta başarısız olmuş biri olarak görür.” Bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 82.

* “Bu hatta 2001 yılında Ecovia ve 2005 yılında da Central Norte koridoru eklendi.” Bkz. Wright ve Hook, 2007, s. 24.

3.1. SEYİR YOLLARI

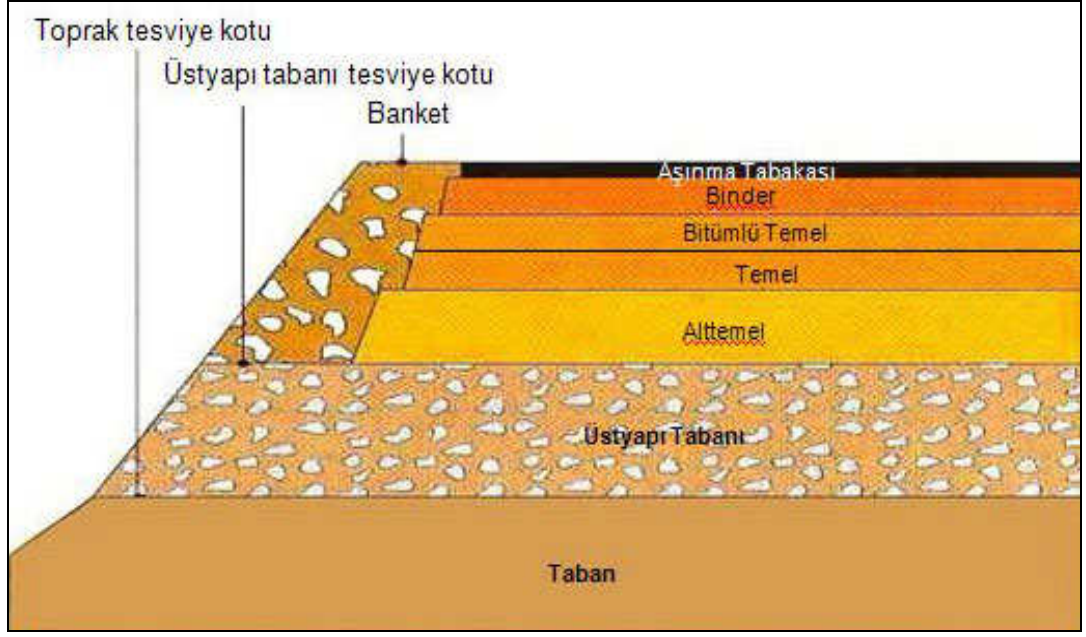
Seyir yolu adından da anlaşılacağı gibi BRT taşıtlarının üzerinde seyir yaptığı, gittiği yollardır. BRT sistemlerinde lastik tekerlekli araçlar kullanıldığı için seyir yolları da karayollarında olduğu gibi asfalt kaplama olarak imal edilmekte, dolayısıyla asfalt kaplamanın avantaj ve dezavantajları bu sisteminin işleyişinde de işletmecinin ve kullanıcıların karşısına çıkmaktadır. Seyir yollarının genele özelliklerine değinmeden önce Karayolu yapısı ve asfalt kaplama hakkında kısa bir bilgi vermek yerinde olacaktır.

3.1.1. Karayolu Üstyapısı ve Çeşitleri

Genel olarak iki çeşit üst yapı vardır. Bunlar Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı. Esnek ve Rijit Üstyapıda kendi içinde bölümlere ayrılır:

- a. Rijit Üstyapı (Donatılı ve Donatısız)
- b. Esnek Üstyapı (Yüzeysel Sathi Kaplama, Beton Asfalt, Modifiye Beton Asfalt)

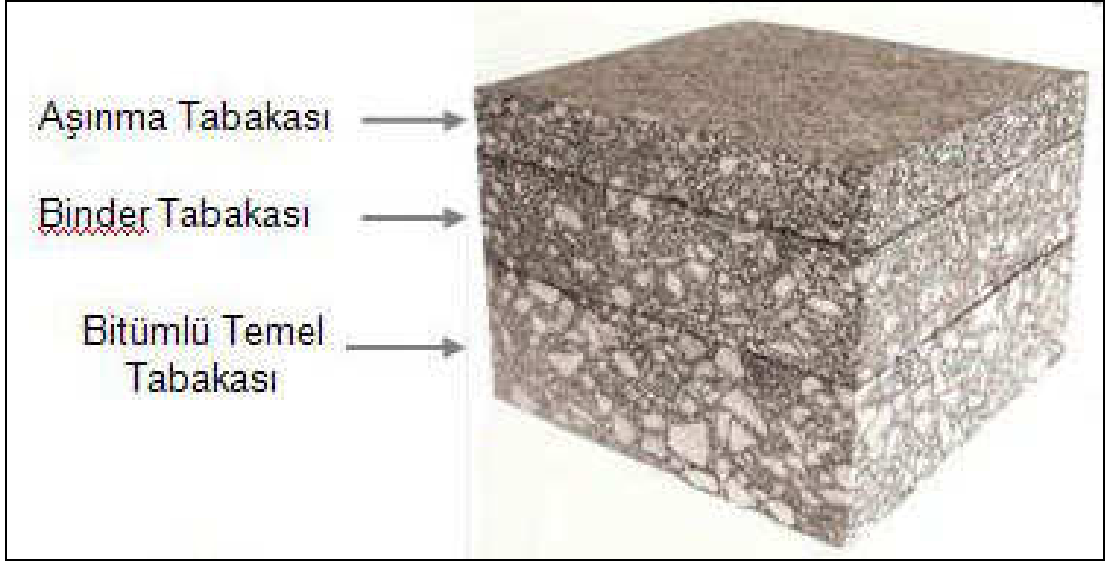
a) Esnek üstyapı : Tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve yükleri taban zeminine dağıtan bir üstyapı şekli olup, bağlayıcısız alttemel veya temel malzemeleri üzerinde trafiğe bağlı olarak bitümlü sıcak karışımla teşkil edilmiş denilen en alt tabakası toprak ile karıştırılarak homejen bir katman elde edildikten sonra sıkıştırılır. Taban'ın hemen üstünde ise Alt Temel denilen tabaka yer alır. (*Bu tabakada da kırma taş-Agrega-kullanılır.*) Taban veya Zemin Esnek üstyapılarda taban üzerindeki bütün tabakaların (*alttemel, temel tabakaları dahil*) asfalt karışımlarla teşkil edildiği üstyapı tipine, kalıcı üstyapılar (*Perpetual Pavement*) denilmektedir.



Şekil.1.1 Yol yapısı.

b) Rijit üstyapı : Yüksek eğilme mukavemetine sahip ve Portland çimentosundan yapılmış tek tabakalı yükleri dağıtan bir üstyapı tipidir. Beton plak bağlayıcısız veya çimento bağlayıcılı bir alttemel veya zayıf beton üzerine yerleştirilebildiği gibi direkt taban zemini üzerine de inşa edilebilmektedir. Beton plak boyuna sürekli donatılı veya kesikli donatılı olarak inşa edilebilmektedir.

3.1.1.1. Asfalt tabakaları



Şekil.2.1 Asfalt tabakaları

1) **Aşınma tabakası:** Üstyapının en üst tabakası olan aşınma tabakası, genellikle 5 cm kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır. Ağır trafikli devlet yollarında ve otoyolların aşınma tabakasında yüksek mukavemetli, kayma direnci yüksek SMA-Taş Mastik Asfalt gibi bitümlü sıcak karışımlar kullanılmaktadır.

2) **Binder tabakası:** Bitümlü temel veya granüler temel üzerine uygulanan binder tabakası, trafiğe bağlı olarak genellikle 6-8cm kalınlıklarda asfalt betonu ile teşkil edilmektedir.

3) **Bitümlü temel tabakası:** Trafiğe bağlı olarak genellikle 8-18cm kalınlıklarında uygulanan bitümlü temel tabakası, genellikle bağlayıcısız granüler temel üzerine yoğun gradasyonlu bitümlü sıcak karışımın uygulandığı bir tabakadır.

3.1.1.2. Asfalt karışım tipleri

1) **Bitümlü sıcak karışım-BSK:** Sıcak karışım asfalt olarak da adlandırılan bitümlü sıcak karışım, asfalt plantlerinde 1600 C civarında ısıtılmış mineral agrega ile bitümün karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Karışımda agrega %93-97 oranlarında, bitüm ise %3 ila %7 arasında bir oranda kullanılmaktadır. Günlük ağır taşıt trafiği 1000'in üzerinde olan yollarda kullanılması gereken bitümlü sıcak karışımlar trafiğe bağlı olarak farklı kalınlıklarda 2 veya 3

tabaka halinde teşkil edilmektedir.

2) Ilık karışım asfalt: Ilık karışım asfalt, enerji tasarrufu sağlamak ve emisyonları azaltmak için bitümlü sıcak karışım sıcaklığını en az 20-30 °C düşürecek şekilde uygun metotla hazırlanan bitümlü bir karışımdır. Karışımın hazırlanması sırasında sıcaklığın 10 °C düşürülmesi emisyonun % 50 oranında azalmasına neden olduğundan, henüz fazla yaygın olmayan bu teknolojinin gelecekte daha büyük bir önem kazanacağı açıktır. Düşük sıcaklıkta asfalt üretmek için değişik karışım prosesleri uygulandığı gibi, suyu uzaklaştıran zeolit gibi katkı malzemeleri veya bitüm viskozitesini azaltmak için parafinin kullanıldığı değişik metotlar uygulanmaktadır.

3) Soğuk karışım asfalt: Çok düşük trafikli yollarda kaplama olarak, asfalt kaplamalı yollarda ise pürüzlülüğü, sızdırmazlığı ve yüzey düzgünlüğünü sağlamak amacıyla karışımı plentte veya yolda yapılmış soğuk karışımlar uygulanmaktadır. Soğuk karışımlarda belirli boyutlarda kırmataş agregalarla sıvı petrol asfaltları veya bitüm emülsiyonu kullanılmaktadır.

4) Köpük asfalt-(Foam asphalt): Köpük haline getirilmiş bitüm ile agrega karışımıdır. Bitüm özel bir işlemle sıcak halde iken su ile teması sağlanarak köpük hale getirilir. Köpük bitümün yüzey alanı genişletilmiş ve viskozitesi düşürülmüş olduğu için bu tip bitüm agrega ile karıştırılmaya en uygun kıvama sahiptir. Köpük bitüm agreganın dayanım özelliğini artırır rutubet hassasiyetini azaltır. Köpük asfalt, esnek ve yorulmaya karşı dirençlidir. Bir soğuk asfalt alternatifi olan köpük asfalt az bitüm gerektirdiğinden daha ekonomiktir. Ayrıca agreganın ısıtılması ve kurutulması gerekmediğinden büyük bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

3.1.1.3. BSK tipleri



a) Asfalt betonu: Sürekli yoğun bir gradasyona sahip ve boşluk oranı düşük olan bu karışımlarda bitüm oranları düşüktür. Aşınma ve binder tabakalarında kullanılırlar. İri boyutlu yoğun gradasyonlu karışımlar ise bitümlü temel tabakasında kullanılmaktadır. Asfalt betonu dünyada ve ülkemizde en yaygın kullanılan BSK tipidir.



b) Taş mastik asfalt (SMA): Kesikli gradasyona sahip olan bu karışım, iri agrega iskeleti içindeki boşlukların bitüm-

filler harcı ile doldurulmasıyla elde edilmektedir. Bu tip karışımlarda, oluşturulan agrega iskelet yapısı ile yüksek mukavemet sağlanmaktadır. Karışım tekerlek izlerinin oluşumuna karşı dirençli olup, uygun sıkıştırılması durumunda, yüksek bitüm oranı nedeniyle durabilitesi de çok yüksektir. Taş mastik asfaltın üretimi ve uygulanması sırasında bitümün drene olmasını önlemek için genellikle elyaf, polimer veya her ikisi de kullanılmaktadır.



c) Poröz asfalt: İri agrega oranı yüksek, ince agrega ve filler kısmı az olan uniform açık gradasyonlu malzemelerle oluşturulan bu karışımın boşluk oranı yüksektir, yüzeyden üstyapıya giren suların drenajını sağlar. Açık gradasyonlu karışımların üretimi sırasında bitümün drene olmasını önlemek için, polimerler ve elyaflar kullanılmaktadır. Yüksek drenaj özelliğine sahip poröz asfaltın uzun ömürlü olabilmesi için, bitümlü bağlayıcı filminin süreklilik göstermesi ve nispeten kalın olması gerekmektedir.

d) Mastik asfalt: Kesikli gradasyonlu, düşük orandaki iri agreganın zengin bir harç (bitüm+ince agrega+filler) içinde dağılmış halde bulunduğu boşluksuz karışım tipidir. Bu tür karışımların bitüm oranı yüksek, boşluk oranı düşüktür. Tekerlek izi oluşumunun önlenmesi için sert bitümler kullanılır ve oluşturulan kum+filler+bitüm harcı ile istenilen mukavemet sağlanır. Kaba agregalar bu harcın içinde iskelet teşkil etmeyecek şekilde dağılmıştır. Sıcak dökülebilir ve sıkıştırma gerektirmez. Bu tür karışımların yüzey pürüzlülüğü, önceden bitümle kaplanmış mıcırın yüzey üzerine serilip sıkıştırılmasıyla sağlanır. Mastik asfalt çeşitli trafik ve iklim koşulları altında yollarda köprü üstlerinde ve havaalanlarında kullanılmaktadır.

e) Kum asfalt: Bitüm, sıvı petrol asfaltı veya emülsiyon asfalt ile kumun karışımı olan bir asfalt tipidir. Kum veya kum-çakıl karışımından hazırlanan agrega, mineral filler de içerebilir. Karışım plentte veya yerinde yapılabilir.

f) Bitüm: Ham petrolün rafinerilerde uygun metotlarla damıtılması sonucu elde edilen bağlayıcı bir malzemedir. Yol yapım ve bakımında kullanılan bitümler, Asfalt Çimentosu veya “Kaplama Sınıfı Bitümler” olarak anılmaktadır.

g) Modifiye bitüm: Bitümlü sıcak karışım-BSK veya sathi kaplama yapımında kullanılan kaplama sınıfı bitümlerin reolojik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla belirli oranlarda polimer veya katkı malzemeleri ile karıştırılarak elde edilen bitümdür.

h) Bitümlü bağlayıcı: Ana bileşeni bitüm olan bağlayıcıların tümünü kapsayan malzemedir.

3.1.1.4. Bitümlü yüzey kaplamaları

a) Bitümlü sathi kaplama: Bağlayıcısız temel tabakası veya asfalt kaplamalar üzerine ince bir tabaka halinde bitümlü bağlayıcının uygulanarak, bunun üzerine belirli boyuttaki uniform agreganın serilip silindirenmesi ile yapılan kaplama tipidir. Düşük trafikli yollarda yaygın olarak kullanılan sathi kaplamalar kırmataş granüler temeller üzerinde tek veya çift kat olarak uygulanmaktadır. Sathi kaplama yapımında AC 100/150, 160/200 penetrasyonlu bitüm veya sıvı petrol asfaltları ile asfalt emülsiyonları, kullanılmaktadır.

b) Koruyucu sathi kaplama (Seal coat): Yoldaki mevcut asfalt kaplamanın hava ve rutubet etkilerinden korunması veya eski yüzeylerin yenilenmesi ve yüzeyin sürtünme direncini artırmak amacıyla sathi kaplama gibi bitümlü bağlayıcı ve agreganın yüzeye uygulanması ile elde edilen veya sadece bitümlü bağlayıcının uygulandığı koruyucu tabakadır.

c) Harç tipi yüzey kaplamaları: İnce agrega, mineral filler, bitüm emülsiyonu, su ve/veya katkı maddelerinin karışımı olup, genellikle mevcut kaplamada aşınma, deformasyon ve yüzey çatlaklarının bakım ve onarım amacı ile kullanılabilirdiği gibi mevcut kaplamanın kayma direncini artırmak amacıyla da uygulanabilir.

d) Fog seal: Seyreltik asfalt emülsiyonuyla yapılan basit bir uygulamadır. Eski asfalt yüzeylerin yenilenmesi, küçük çatlak ve yüzey boşluklarının doldurulması ve sökülmelerin önlenmesi amacıyla kullanılır.

3.1.2. Seyir Yollarının Özellikleri

3.1.2.1. Seyir yolunun ayırım derecesi

Seyir yolu planlama parametrelerinin başında mevcut trafik akımından ayrılma, izolasyon derecesi gelmektedir. En temel formu, ana yollardaki, diğer trafikten ayrılmamış karma akım şeritleridir. Özel anayol şeritleri, ayrılmış şeritler veya ayrı bir seyir yolundaki özel toplu taşıma yolları aracılığı ile artan ayırım derecesi, BRT hizmetlerinin sunulması; yolculuk süresinin azalması ve güvenilirlik artışı sağlanmasına katkıda bulunur. Ayrılmış yollar; en yüksek hız, en yüksek maliyet, en yüksek güvenlik ve en yüksek güvenilirliğe sahiptir.

3.1.2.2. Seyir yolu işaretlemesi

- a) Kaplama işaretlemesi
- b) Şerit ayırıcı
- c) Kaplama dokusu/renginin değiştirilmesi
- d) Ayrılmış seyir yolu, şeklinde olabilir.

3.1.3. Seyir Yolu Seçenekleri

3.1.3.1. Seyir yolu ayırımı

Yapılacak asgari bir yatırım ve düzenlemeyle düzenleme yada mevcut haliyle karma akım şeritleri, BRT taşıtları için uygun hale getirilmektedir. BRT araçları ve sistemi mevcut trafikten ayırmak için ek yatırım gerekmektedir ama bunun sonucunda da sistemin hızı ve güvenilirliğinde artış sağlanır. Ayırımın derecesine göre 4 ana seyir yolu seçeneği vardır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-3.) Bunlar sırasıyla:

a) Karma akım şeritleri

Diğer trafikle karışık olarak sistemin işletildiği Karma Akım Şeritleri kendi içerisinde ikiye

ayrılır :

- İyileştirilme Yapılmamış Karma Akım Şeritleri
- Kuyruk Atlamalı Karma Akım Şeritleri

Maliyeti: Eğer mevcut yollar kullanılıyorsa, minimum maliyet söz konusudur. Maliyet her kavşaktaki kuyruk atlama şeridi başına 0,1-0,29 milyon dolar öngörülmektedir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-3.)

b) Tercihli anayol şeritleri

Mevcut yollarda BRT taşıtları için ayrı bir şerit tahsisi tartışmasız bir şekilde araçların ve sistemin hızının artmasını sağlamaktadır. Çünkü BRT sistemi diğer trafikten izole edildiği için olumsuz etkilenmemektedir.

Fakat bazı durumlarda ambulans, dönüş yapan taşıtlar, HOV (*High Occupancy Vehicle*) gibi taşıtların da bu yola girmesi veya kullanmasına izin verilebilmektedir. Bu tür istisnalarda başka araçların da yola girip çıkması tabiatıyla sistemin performansında düşüşe sebep olmaktadır. Maliyeti: Km başına 1,5 - 1,8 milyon dolardır. (Güven, 2008, s. 6-7.)

c) Hemzemin toplulaşıma şeritleri

Başlıca hemzemin toplulaşıma şerit türleri aşağıdaki gibidir:

- Standart Şerit
- Çift yönlü Şerit

Maliyeti: Km başına 4 - 6 milyon dolardır.

d) Kesişme bulunmayan ayrılmış toplulaşıma yolları

Raylı sistemlerdeki gibi yalnızca BRT'ye ayrılmış yollardır. (*Zeminin altında ya da üstünde olabilmektedir.*) Ayrılmış BRT yolları, taşıtların kesintisiz ve maksimum hızda seyahat etmesini imkan sağlamaktadır.

Otobüs sayısının fazla olduğu ve standart (her durakta duran) hatlar ile ekspres hatların karışık kullanıldığı durumlarda, kapasiteyi arttırmak ve sollamaya izin vermek amacı ile çoklu şeritlere gereksinim duyulabilmektedir. Maliyeti: Yükseltilmiş yollar için: 12-30 milyon dolar; Yer altından giden yollar için: 60-105 milyon dolar; Eklenen şeritler için: mevcut yollar kullanılıyorsa Km başına 1,5-1,9 milyon dolar; yeni yollar açılıyorsa 4-6 milyon dolardır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-6.)

3.1.3.2. Seyir yolu işaretleme

- a) Tabela ve Şerit Ayrım Çizgisi
- b) Yükseltilmiş Şerit Ayracı
- c) Değişik Kaldırım Rengi/Dokusu

Seyir yolu için tamamen farklı bir renk ve doku kullanmak çatışma ve kargaşayı önlemektedir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-7 ve 2-8.)

3.1.4. Yanal Kılavuzlama

Üç çeşit ana kılavuzlama sistemi mevcuttur;

- a) Mekanik Kılavuzlama
- b) Elektromanyetik Kılavuzlama
- c) Optik Kılavuzlama

Her bir kılavuzlama türü hem taşıt hem de seyir yoluna yatırım yapmayı gerektirir. Kılavuzlama sistemleri, tüm yolda ya da karayolunun özel kesimlerinde kullanılabilir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-9.)

a) Mekanik kılavuzlama

Yolda önemli oranda tadilat ve imalat gerektirir. Fakat Kılavuzlama sisteminin karmaşık olmasına gerek yoktur. Yani sensör vb. karmaşık ve pahalı ekipmanlara ihtiyaç duyulmaz. Taşıtlar yolda bulunan fiziksel bir bağlantı ile kılavuzlanmaktadır. Kılavuzlama şekilleri şunlardır:

- Çelik tekerlek ile
- Lastik tekerlek ile (yükseltilmiş zemini takip eder)
- Taşıtın kendi tekerleği ile (yoldaki hendeği takip eder).

b) Elektromanyetik kılavuzlama

Yol üzerinde elektronik veya manyetik işaretleme yapılmasını gerektirir. İşaretlemede zeminde yönlendirmeyi sağlayan elektromanyetik kablo veya kalıcı mıknatıslar mevcuttur. Taşıttaki sensörler bu işaretler sayesinde yolun yapısını algılar ve elektromanyetik izi takip ederek yol alır. Yolun altına gömülmüş sistemler olduğu için dikkatli bir planlamayı gereklidir. Maliyeti: Manyetik sensörler: Km başına 12.000 dolar ; Donanım ve entegrasyonu: Araç başına 50.000-95.000 Dolar.

c) Optik kılavuzlama

Taşıtlar takılan özel optik sensörler vasıtasıyla zemindeki işaretleri okuyup, yolun şeklini algılayan ve seyir yapan sistemlerdir. Her taşıt için karmaşık elektronik ve mekanik sistemler kurulması gerekmektedir. Maliyeti: Taşıt başına 11.000-134.000 dolardır.

3.2. İSTASYONLAR

İstasyonlar, BRT sistemi, kullanıcıları ve bölgedeki diğer toplu taşıma sistemleri arasındaki önemli bir düğüm noktasıdır. Çünkü BRT sistemleri genellikle yolculuk talebinin oldukça yüksek olduğu koridorlara hizmet vermektedir ve konvansiyonel otobüs işletmeciliği örneklerinden farklı olarak daha az durağı vardır. (*Hizmetin kesintiye uğramaması için*) Buna karşın durak başına düşen yolcu sayısı daha fazladır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-19.)

BRT İstasyonları basit duraklardan, kompleks karma terminallere kadar geniş bir durak yelpazesini bünyesinde barındırır.

Bu duraklarda sunulan hizmetler arasında şunlar sayılabilir:

- Gerçek zamanlı yolculuk bilgisi
- Gazete büfeleri
- Cafeler
- Otopark
- Turnike/bilet gişeleri
- Hemzemin binış imkânı

3.2.1. İstasyonların Özellikleri

3.2.1.1. İstasyon tipleri

Özelliklerine dört çeşit BRT istasyon tipi vardır. Bunlar :

- **Basit Durak:** 4 çeşit istasyon tipinden en basit forma sahip olanıdır. Bekleyen yolcuları hava koşullarından korumak için asgari toplu taşıma durağını içerir. Bu tip istasyonlar, en düşük yatırım maliyeti ve en düşük seviyede yolcu konforuna sahiptir. Maliyeti : Durak başına 15.000-20.000 dolar arasındadır.

- **İyileştirilmiş Durak:** BRT istasyonlarını diğer toplu taşıma istasyonlarından farklı kılan ve kötü hava koşullarında daha iyi bir koruma ve ışıklandırma sağlayan ek özellikleri içerecek biçimde tasarlanan istasyonlardır. Maliyeti: Durak başına 25.000-35.000 dolardır.
- **Özel İstasyon–Durak:** Aynı seviyeli yolcu biniş-inişi, bir platformdan diğer platforma uygun bağlantıyı ve yüksek oranda yolcu konfor bileşenlerini içermektedirler. Maliyeti: İstasyon başına 150.000-2.500.000 dolardır. (Güven, 2008, s. 14.)
- **Karma (İntermodal) Toplutaşıma–Aktarma Merkezi :** En karmaşık ve en yüksek maliyetli istasyon tipidir. Genellikle hemzemin biniş ve yolcu konfor bileşenlerini içerirler. BRT'den yerel otobüslere ve diğer toplutaşıma modlarına aktarma yapmaya imkan verir. Maliyeti: Tesis başına 5 milyon-20 milyon dolar ya da daha yüksek olabilir. (Güven, 2008, s. 15.)

3.2.1.2. Platform yüksekliği

Taşıta binişlerde sakatlanma ya da yaralanma olasılığını etkilemektedir. Yolcular -geleneksel olarak- taşıtlara alçak kaldırımdan taşıttaki ilk basamağa daha sonra da diğer basamaklara çıkarak biniş yapmaktadırlar. Yaygın eğilim; alçak zeminli taşıtların tercih edilmesidir. Bu sayede tüm yolcular için biniş, çok daha kolay, hızlı ve rahat bir şekilde gerçekleşmektedir. Aynı seviyedeki taşıt ve platformlar; yolcu iniş-binişlerini kolaylaştırır ve eğer boşluksuz yanaşma ve basamaksız biniş sağlanırsa, bekleme süresi azalır. (Güven, 2008, s. 13.) Belli başlı platform türleri aşağıdaki gibidir :

a) Standart kaldırım

Standart yükseklikler, taşıt girişi ve kaldırım arasında kot farkı problemlerine neden olmaktadır. Bu durum, taşıta binerken ve inerken basamak çıkıp inmeye neden olur. Genellikle bu tip platformlar, özel bir istasyon yolu yapılamadığında kullanılır. Maliyeti: Ekstra bir maliyeti yoktur.

b) Yükseltilmiş kaldırım

Platform ve taşıt arasındaki düşey çatışmayı azaltmaktadır. Yol seviyesinden yüksekliği 25 cm'den fazla olmamalıdır. Bazı durumlarda hemzemin binişe izin verecek bir yükseklikte olabilir. Standart kaldırıma oranla daha fazla tercih edilir. Maliyeti: Özel bir ek masrafı yoktur.

Standart kaldırırma 8-10 cm eklenmesi yeterli olmaktadır.

c) Hemzemin platform

En güvenli, en kolay ve en verimli yolcu biniş ve inişlerini sağlayan platform tipidir. BRT aracının tabanı ile aynı yükseklikte olan platformlar en çok tercih edilen istasyon platform tipidir. İstasyon ile taşıt arasında rahat, bazen de hissedilmeyen bir geçiş sağladığı için biniş ve iniş kolaylığı sağlar. Maliyeti: Önemli bir ek maliyeti yoktur. Standart kaldırırma 20 cm eklenmesi yeterli olmaktadır. (Güven, 2008, s. 15.)

3.2.1.3. Platform planı

İstasyon tasarımının önemli bileşenlerinden biridir. Yanaşma yeri ataması (*hangi otobüs, hangi yanaşma yerine, ne şekilde yanaşacağı*) ve uzunluğunu, istasyonda kaç adet araca eş zamanlı olarak hizmet verilebileceği ve yolcuların indi-bindi sırasında platform boyunca nasıl konumlanacaklarını belirlemektedir. (Güven, 2008, s. 13.) 12 metre uzunluğunda olan standart bir araç için ve asgari yanaşma yeri için 18 m. Uzunluğunda olmalıdır. Eğer birden fazla körüklü taşıta hizmet verilecekse, bu uzunluk en az 91 m. olmalıdır. (Güven, 2008, s. 15–16.)

3.2.1.4. Sollama şeridi imkanı

Eğer seyir yolu, taşıtların ardı ardına gelmelerine neden olacak kadar yoğunsa, taşıtların birbirlerini sollamaları, bunun için de sollama için ek şerit yapılması gerekecektir. Sollama çeşitli şekillerde yapılabilir:

- Çoklu şeritler vasıtasıyla,
- İstasyon ve kavşaklardaki sollama şeritleri vasıtasıyla,
- Karma akım trafiğiyle birlikte yan şeritler bulunmaktadır. (Güven, 2008, s. 13.)

BRT taşıtlarının istasyonda duran diğer bir taşıtı geçebilmesi iki temel durumda önemlidir:

- a) Karma akım işletimlerinde (*sıklık yüksek ve yolculuk süresi çok çeşitlidir.*)
- b) Aynı yol üzerinde çeşitli hizmet türleri işletildiğinde (*yerel ve ekspres*) ve düzenli olmayan talep seviyelerinde.

Her iki durumda da, istasyonda sollama yapma şansı yoksa aynı seyir yolu üzerinde hizmet veren BRT taşıtları diğer BRT taşıtlarının işletimini engelleyebilir.

3.2.1.5. İstasyon erişimi

Yolcuların sistemi kullanabilmesi ve hareketliliklerini kesintiye uğramadan sürdürebilmeleri için gereklidir. Uygun BRT istasyonlarında park etme koşulları; istasyon alanı dışından otomobille istasyona gelen yolcular için toplam yolculuk süresini korur ve sisteme ulaşımı iyileştirir. (Güven, 2008, s. 13.)

Toplu taşıma sistemleri, çevresindeki toplulukları çekebilmek için;

- Yayalar için yaya bağlantıları ve
- Otomobil ya da motorsuz taşıt bağlantılarını içermelidir.

a) Yaya bağlantıları

Kaldırım, üst geçit ve yaya yolları, BRT istasyonunu çevresindeki alanlara, yapılara ve etkinlik merkezlerine bağlayan önemli fiziksel bağlantılardır. Maliyeti: Özel istasyonlar ve karma terminaller veya toplu taşıma merkezleri için özel olarak yapılırlar, bu nedenle maliyet değişkenlik gösterir.

b) Park et -bin tesisleri

Park et ve bin tesisleri; özellikle çevresinde dikkate değer bir yerleşme bulunmayan istasyonlarda, yolcuları geniş bir alandan BRT istasyonlarına çekmektedir. BRT hizmetleri kendi ana seyir yolunun dışına çıkabilmektedir. Bu nedenle bölgesel park et ve bin tesisleri ayrıca ana seyir yolunun uzağında da olabilir. Bu düzenleme, BRT hizmetlerini mevcut park

yerleri ile ilişkilendirerek-potansiyel olarak-yatırım maliyetlerini azaltabilir. Maliyeti: Yapılaşmamış alan için 3.500-5.000, yapılaşmaya açılmış alanlar için alan başına 10.000-25.000 dolar civarındadır. (Güven, 2008, s. 17.)

3.3. ARAÇLAR

Araçlar, hız, kapasite, çevre ile uyumluluk ve konfor üzerinde doğrudan etkilidirler. Araçlar BRT sisteminin görünen yüzü, vitrininin duraklarla birlikte önemli bir parçasıdır ve sistemin kullanıcılar ve kullanıcı olmayanlar tarafından değerlendirilmesini sağlayan bileşenlerden biridir. Araçlar, sistemdeki kullanıcıların en çok zaman geçirdiği, yolcuların BRT sistemini ve performansını hakkındaki fikirlerinin şekillenmesinde etkili olan etmenlerden de biridir. Kısacası araçlar, sistemin en çok gözönünde olan kısmıdır.

3.3.1. Araçların Özellikleri

BRT araçlarının temel fiziksel konfigürasyonu ve özellikleri; aracın ebatları, taban yüksekliği ve gövde biçiminin vb. özelliklerinin bir kombinasyonudur. ABD'ndeki toplu taşıma araçları, genelde basamaklı ve yüksek tabanlıdır. Ama son yıllarda değişen şartlar ve yolcuların tercihleri sonucunda ABD'de dahil olmak üzere, BRT uygulamalarında alçak tabanlı, inme ve binmesi nispeten daha kolay olan araçlar tercih edilmeye başlanmıştır. Bunun sonucunda da işletmede kullanılan taşıtlar; alçak tabanlı, 2 dingilli, 12-14 metre uzunluğundaki araçlardan, 3 dingilli, 18 metre (ve daha uzun; 24m., İstanbul örneğinde 26 m.) uzunluğundaki körüklü otobüslere kadar değişebilmekte ve farklılık gösterebilmektedir.

Taşıtların konfigürasyonu, BRT sistemleri için birincil taşıtların planlama/tasarım parametresidir. Bu konfigürasyon;

- uzunluk (kapasite),
- taşıtların gövde tipi ve
- taban yüksekliği kombinasyonlarını, içermektedir.

BRT sistemleri pratikte, tek bir seyir yolu üzerinde, farklı çeşitlerde taşıtların konfigürasyonlarını kullanabilmektedir. Her bir konfigürasyon, belirli bir hizmet profiline ve hedef kitleye

göre rahatlıkla uyarlanabilmektedir. Araç seçme ve kullanımındaki esnekliği nedeni ile bazı bölgelerde, 12-14 m uzunluğundaki araçlarla başlayan hizmet, talebin artması ile birlikte 18 m uzunluğundaki körüklü otobüslerle verilmeye başlanmıştır. Yerel toplu taşıma hizmetleri ve birçok BRT uygulamasında konvansiyonel yüksek tabanlı araçlar kullanırken, alçak tabanlı araçlar, ABD'deki toplu taşıma kuruluşları arasında baskın seçenek haline gelmeye başlamıştır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-42.) BRT-Metrobüs uygulamalarında aşağıda sayılan araç türlerinin tamamı kullanılabilir.

a) Geleneksel standart araçlar

12-14 m. uzunluğunda olan ve geleneksel, konvansiyonel otobüs gövde biçimine sahip araçlardır. Bu araçların genellikle en az iki kapısı vardır. Bu araçların kapasitesi, tipik 12 m. uzunluğundaki araçlarda 35-44 oturan ve 50 ile 60 arasında toplam (*oturan ve ayakta*) yolcu; 14 m. uzunluğundaki araçlarda, 35-52 oturan ve 60 ile 70 arasında toplam yolcu arasında değişmektedir. Maliyetleri 375.000 - 400.000 dolar arasındadır.

b) Özel görünümlü standart araçlar

Geleneksel basamaklı alçak tabanlı otobüslerin tüm özelliklerini taşırlar. Konvansiyonel veya geleneksel araçlardan en önemli farklılıkları, araç gövdesinde aracın daha modern, aerodinamik ve cazip, albenili görünmesi için yapılan modifikasyonlardır. Kapasiteleri geleneksel standart taşıtlar ile aynıdır. Maliyeti ise 425.000 - 450.000 dolar civarındadır.

c) Geleneksel körüklü araçlar

Diğerler araçlara göre daha uzun olan körüklü taşıtlar, standart taşıtlara oranla %50 daha fazla daha fazla yolcu taşıma kapasitesine sahiptirler. Bu araçlar, 2 veya 3 kapılı, basamaklı, kısmen alçak tabanlı olabilirler. Aracın taşıyacağı yolcu sayısı (*gerek ayakta gerekse de oturan olmak üzere*) aracın kapı konfigürasyonu ile doğrudan irtibatlıdır. Bu konfigürasyona göre körüklü otobüslerin taşıyabileceği oturan yolcu sayısı asgari 31 (*4 geniş kapı olursa*), azami de 65 (*2 kapı olursa*) olabilir. (*Bu sayıya ayakta gidecekler de eklenirse, tabii ki Batı standartlarına göre, bu sayılar 80-90 arasında olabilmektedir.*) Maliyetleri 700.000-750.000 dolar arasındadır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-43.)

d) Özel görünümlü körüklü araçlar (Kısmi alçak tabanlı)

Bu taşıtlar ABD'nde, BRT kullanıcılarının, daha modern, gösterişli ve konforlu taşıt isteklerine yanıt verebilmek için geliştirilmiştir.

Araçların belirgin özellikleri:

- Basamaklı alçak araç tabanı,
- Asgari 3 adet iniş–biniş kapısı,
- Engelli yolcuların araca daha rahat ve hızlı bir şekilde inme ve binmesine imkan veren iki çift, hızlı yerleştirilebilen rampadır.

Bu araçların maliyeti 800.000 – 950.000 dolar civarındadır.

e) Özel donanımlı BRT araçları (Tam alçak tabanlı)

Modern, aerodinamik ve raylı sistem taşıtlarına benzer dış görünüşleri vardır.(*Örnek:Las Vegas 'ta kullanılan Irisbus CIVIS ve Almanyada kullanılan Translohr*) Aynı zamanda, gelişmiş çekiş, ITS ve kılavuzlama sistemlerine de sahiptirler. Kapasiteleri geleneksel standart araçlarla aynıdır. Maliyeti ise 950.000–1.600.000 dolardır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-44.)

3.3.2. Estetik Görünümün Arttırılması

Taşıt gövdesinin görünümü ve konfigürasyonunu etkileyen, farklılaşması ve ayırt edilmesini sağlayan boyama biçimleri ve biçimsel değişiklikleri içeren estetik iyileştirmeler, BRT sisteminin daha estetik, kendine özgü ve ayırt edici olması sağlamakta ve sistemin imajı ve kurumsal kimliğine katkıda bulunmakta, emsallerine göre daha kaliteli bir seçenek olduğu vurgusunun yapılmasına imkan vermektedir. Araçlarda kullanılan daha kaliteli iç dizayn ve donanım, daha iyi aydınlatma ve iklimlendirme gibi artılar hizmet kalitesi ve yolcu memnuniyetinin artmasını sağlamaktadır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-45.)

3.3.3. Yolcu Sirkülasyonunun İyileştirilmesi

Aracın içindeki yolcu dolaşımı, duraklarda indi–bindilerin kolaylaştırması için bazı iyileştirme yapılabilir. Bu iyileştirmeler :

- a) Ek veya daha geniş kapı kanallarının kullanılması,
- b) Aracın her iki tarafında da iniş–biniş kapılarının bulunması, şeklinde sıralanabilir.

Ayrıca araç içindeki yolcu dolaşımını kolaylaştırılması için;

- a) Alternatif oturma planları,
- b) Alternatif tekerlekli sandalye güvenlik yerleri de planlanabilir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-46 ve 2-47.)

3.3.4. Çekiş Sistemi/Yakıt*

Her geçen gün artan hava kirliliğini azaltmak için yapılan düzenlemelerin de teşviki ve zorlamasıyla, araç çekiş sistemlerinde, yani motorlarında yeni teknolojiler kullanılmaya ve çeşitlilik arttırılmaya çalışılmaktadır. Bunda toplu taşıma ve otomotiv sektörlerindeki artan rekabetin de etkisi yadsınmaz.

Çekiş tipi ve gücü, BRT araçlarının; ivme, azami hız, yakıt sarfiyatı ve salınım özelliklerini belirlemektedir. Aynı zamanda, sürüş sırasındaki gürültüyü, akıcılığı ve hizmet güvenilirliğini etkiler. Çekiş sistemleri, BRT sisteminin işletim ve bakım maliyetleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-42.) Belli başlı çekiş tipleri aşağıdadır:

a) İçten yanmalı motorlar

Günümüzün en yaygın çekiş sistemleri, "ultra düşük kükürt seviyeli dizel (*ULSD*)" (Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, s. 61.) ya da "sıkıştırılmış doğal gaz (*CNG*) (Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, s. 86-90.)" ile beslenen, otomatik vitesli ve kıvılcım ateşlemeli içten yanmalı motorlardır. Kimi işletmeler "biodizel" (Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, s. 80-81.), "dizel emülsiyon karışımları" ve hatta "sıvı doğal gaz (*LPG*)" (Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, s. 90-94.) gibi diğer yakıtlar ile denemeler yapmaktadırlar ancak bunlar toplu taşıma uygulamalarının çok küçük bir kesimini oluşturmaktadır.

* BRT sistemlerinin çekiş sistemleri ve kullanılan yakıt türleri için bkz. Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, International Energy Agency, Paris, Fransa, 2002 içinde "*Bus Technologies and Fuels*", s. 61 – 122.

b) Trolleybüs, çift enerjili tür ve dizel – elektrikli çekiş

Üstten katener sistemiyle enerji alan elektrikli trolleybüsler halen üretilmekte ve tünel BRT sistemleri vb. uygulamalarda sınırlı ölçekte olsa da kullanılmaktadır. Araç üzerinde hem elektrik hem de ısı motoru (*genellikle dizel*) olan çift enerjili sistemler, hem bir trolleybüs gibi, hem de içten yanmalı motorlu araçlar gibi katenersiz olarak çalışma özelliğine sahiptirler. (*İçten yanmalı motoru jeneratöre bağlayan dizel–elektrik çekiş sistemi, Las Vegas BRT'sinde yaygınlaşan Irisbus'ın Cavis'i gibi araçlarda kullanılmaktadır.*) (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-48.)

c) Hibrid–elektrikli çekiş sistemi

Hibrid–elektrikli çekiş sistemi, zararlı emisyonlarda düşme (*örneğin, nitrojen oksit (NOx) ve partiküller*) ile birlikte yüksek performans ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Bu sistemin Çift Enerjili Sistemden farkı ise kullanacağı enerjiyi katener vb. bir alet yardımıyla dışarıdan alması değil, akü veya kondansatör benzeri araçlar sayesinde kendi içinde depolamasıdır. Bu özelliği Çift Enerjili Sisteme göre en önemli zaafı ve dezavantajını da ortaya çıkarmaktadır; akü vb. dahili enerji depolama araçlarının sınırlı kapasitesi bu sistemin yumuşak karnını oluşturmaktadır. Hibrid çekim sistemlerinde genellikle dizel motor kullanılmasına rağmen nadiren de olsa farklı uygulamalarla da karşılaşılmaktadır. Örneğin: CNG (*Sıkıştırılmış Doğal Gaz*) veya benzin ile beslemeli motorlar da kullanılabilir. Hibrid – Elektrikli Çekişin konvansiyonel dizel motorlu araçlara göre kentiçi yoğun trafikte kullanımda %60'a varan yakıt tasarrufu sağladığı iddia edilmektedir. Çünkü bu araçlar sıkışık kentiçi trafiğinde, elektrik motorunu devreye sokmakta, bu sayede aracın rölantide beklerken veya düşük viteste, yavaş hızda giderken yakıt harcaması ve çevreye zararlı emisyonların yaymasının önüne geçmektedir. Ayrıca Hibrid çekiş sisteminin, geleneksel dizel motora göre, daha sarsıntısız ve daha hızlı kalkış (*ivmelenme*), daha etkin ve hızlı frenleme, artan yakıt tasarrufu ve daha düşük emisyon gibi bir çok işletim avantajına sahip olduğu da yine iddialar arasında yer almaktadır. Ama bakım maliyetleri, farklı iki güç sisteminin entegrasyonunda karşılaşılan zorlukların yol açtığı sorunlar başta olmak üzere, diğer sistemlere göre daha fazladır. Maliyeti: Dizel motorlu araçlara göre maliyet fazlası 100.000- 250.000 dolar kadardır. (Bus Systems for the Future, Achieving Sustainable Transport Worldwide, 2002, s. 100-107 ve Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-49.)

d) Yakıt hücreleri

Yakıt hücresi kullanan araçlarla ilgili bir dizi test yakın gelecekte Avrupa'da ve Amerika'da

uygulamaya konulacaktır. Fiyatı çok yüksek olmasına rağmen, dahili olarak elde edilen hidrojeni kullanarak sıfır emisyon sağlama konusundaki gelişmelere olan ilgi çok büyüktür. Halihazırda, Amerika'da ve Avrupa'da, yakıt hücrelerinin BRT sistem uygulamalarında kullanılmasına ilişkin planlar yapılmamıştır. Zaten şu anda ticari bir uygulaması da yoktur. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-49.)

3.4. ÜCRET TOPLAMA SİSTEMLERİ

BRT’de ücret toplama sistemleri, elektronik, mekanik veya manuel olmak üzere üç şekilde olabilmektedir. Ancak asıl önemli olan ise sisteme ve yerel ihtiyaçlara en uygun, uyumlu, verimliliği destekleyecek sistemin seçilmesidir.

3.4.1. Ücret Toplama Yöntemi

Ücret toplama yöntemi, sistemi kullanım ücretinin nasıl tahsil edileceği, işleneceğini ve doğrulanacağı konusuna odaklanır. Ücret toplama yöntemi, hizmet sürelerini (*bekleme süresi ve güvenilirlik*), ücret kaybı ve cezalandırma usullerini, işletme maliyetlerini (*işgücü ve bakım maliyetleri*) ve yatırım maliyetlerini (*ekipman ve ödeme aracı seçenekleri*) içerir. Dört tür ücret toplama sistemi vardır :

- a) Binişte Ödeme Sistemi
- b) Kondüktör Onaylı Sistem,
- c) Geçiden Geçiş Sistemi,
- d) Serbest Giriş veya İspat Gerektiren Ödeme Sistemi

a) Binişte ödeme sistemi

Tipik olarak, şoförün yanında bulunan bir ücret kutusunu veya bilet ya da kartlar için bir ücret işleme birimini içermektedir. Bu sistemin en önemli avantajı, taşıt dışında ücret toplama altyapısına ihtiyaç duyulmamasıdır. Yolcular taşıtın ön tarafındaki tek bir kapıdan biniş yaparlar ve geçiş yaptıklarında ücreti öderler. Dezavantajı yolcu hacmi büyük olan yoğun BRT güzergahlarında uzun süre bekleme ve gecikmeye neden olmasıdır. Eğer ücret ödemeleri şoför denetiminde olmazsa, ücret kayıp riski artış gösterir.

b) Kondüktör onaylı sistem

Yolcunun ön ödeme yapmasını veya binış sırasında biletçiden bileti almasını gerektirir. Bu sistem tüm biletlerin görsel olarak onaylanmasını gerektirdiği için yüksek iş gücü maliyetine sahiptir.

c) Gişeden geçiş sistemi

Turnikeleri, ücret kapılarını ve bilet bayilerini ya da etrafi çevrilmiş otobüs platformu veya istasyon alanında bu üç işlemin kombinasyonlarını içerir. Yalnızca giriş veya giriş ve çıkış kontrolünü (*özellikle uzaklığa dayalı ücretlendirmeler için*) içerebilir. Maliyeti: Otomatik bilet satış makinesi 30.000-60.000 dolar, ücret ödeme kapısı (*bir adeti*) 20.000-35.000 dolar arasındadır. Bu sayılara ek olarak istasyon donanım/yazılım maliyeti ortaya çıkabilir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-63.)

d) Serbest giriş veya ispat gerektiren ödeme (POP) sistemi

Bu sistemde taşıta binmeden önce ödeme yapılır ve yolcu taşıtta bulunduğu süre boyunca, gezici kontrolöre ödeme yaptığını ispat etmek durumundadır. Yolcunun, taşıttayken, geçerli bir bilet (*genellikle saat ve gün ile sınırlandırılmış*) veya serbest geçiş kartı taşımasını gerektirir. Bununla beraber yolcu, dolaşan kontrolör tarafından rastgele olarak kontrole tabidir. Bu sistem tipik olarak, bilet satış ve/veya onaylama makinelerini gerektirir. Daha az kısıtlayıcı olan bu sistemin avantajı; çok sayıda kapıdan binışleri desteklemesi ve bu nedenle daha düşük bekleme süresine sahip olmasıdır. Dezavantajı; yüksek ücret kaybı riskine sahip olmasıdır. İspat gerektiren ödeme sistemi uygulanırken, toplu taşıma kuruluşları, yolcuların nasıl binış yapacağını, nasıl aktarma yapacağını ve taşıt içindeki kontrollerin kolay bir şekilde yapılabileceği taşıt içi tasarımının nasıl olması gerektiğini dikkate almalıdır. Taşıtlardaki kontrolün potansiyel olarak bazı zorlukları vardır. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-64.)

3.4.2. Ücret Ödeme Araçları

Ücret ödeme araçları, verilen bir ücret toplama yöntemi ile ortak işlemin gerçekleşmesine yardımcı olur. Ücret toplama araçlarının seçimi, seçilen ekipman, teknolojiler ve ücret toplama yöntemleri ile ortak araçları içerir. Ücret ödeme araçlarının seçimi ve tasarımı, aynı zamanda, hizmet sürelerini, ücret toplama sistemlerinin yatırım ve işletme maliyetleri gibi yan özellikleri etkileyebilir.

Ücret toplama politikaları ve yöntemleri, ücret ödeme aracının ve ekipman teknolojisinin seçimini etkilemektedir. Ücret toplama ekipmanları, seçilen ödeme araçlarının işleme tarzı ile uyumlu olmalıdır. Aynı şekilde, seçilen ücret ödeme aracı, belirli bir donanım veya teknolojiyi gerektirebilir. Bu da, toplu taşıma kuruluşları tarafından kullanılan ücret toplama ekipmanı ve ödeme aracına, yolculara tanınan ücret ödeme seçeneklerine bağlıdır. 3 temel ücret ödeme aracı seçeneği bulunmaktadır:

- a) Nakit Para ve Kağıt Araçlarla
- b) Manyetik Şeritli Kartlarla
- c) Akıllı Kartlarla.

a) Nakit ve kağıt araçlarla (biletler, aktarma biletleri, serbest geçiş kartları)

En basit fakat (özellikle kısırlı ücret söz konusu ise, paraüstü-iade bekleme yüzünden), en yavaş ücret toplama şeklidir. Görsel doğrulama/kontrolü veya manüel onaylamayı gerektirirler. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-64.)

b) Manyetik şeritli kartlar

Bu kartlar, gramajlı kağıt veya plastikten yapılmaktadır ve kartın değeri veya kullanımı hakkında bilgi saklayan bir damgalı manyetik şeride sahiptir. Bu tür ücret ödeme araçları, ödeme zamanını tanımlayan elektronik okuyucuları gerektirmektedir. Bunlar ücret toplama yöntemine ve makinesine bağlı olarak bekleme süreleri üzerinde etkilidirler. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-65.)

c) Akıllı kartlar

Akıllı kartlar, genellikle daha hızlı ve daha esnek ücret toplama sistemlerini desteklemektedirler. Temassız veya yaklaşırmalı akıllı kartlar, manyetik şeritli kartlar veya temassız kartlardan daha hızlı bir işlem süresine izin vermektedirler. Aynı zamanda akıllı kartlar, saat-tabanlı ve mesafe-tabanlı değişken ücret tarifelerinin işlemini ve farklı toplu taşıma türleri ve işletmecileri arasındaki ücret entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. Hibrid ya da çift-ara yüzü akıllı kartlar; toplu taşımanın dışında da kullanılabilirler. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-66.)

3.4.3. Ücret Tarifesi

Toplu taşıma kuruluşları genellikle ücret toplama politikaları ve kendi boyutu, ağı, organizasyon yapısı, kullanıcı özellikleri ile mali, politik ve yönetim ile ilgili hedefleri de içeren faktörlerin miktarına bağlı olan ortak ücret sistemi üzerinde karar vermektedirler. İki temel ücret tarifesi mevcuttur:

- a) Sabit Tarife
- b) Değişken Tarife.

a) Sabit Tarife

Sabit tarifede, mesafe veya hizmet kalitesi ne olursa olsun aynı ücret uygulanmaktadır. Bu politika ile potansiyel karışıklık ve tartışmalar azaltılmış, bu sayede de sürücülerin üzerindeki sorumluluk azaltılmış ve biniş hızı arttırılmıştır.

b) Değişken Tarife

- Değişken ücretlendirme, yolculuk uzunluğuna, günün saatine, kullanıcı çeşidine, hizmetin hızına veya kalitesine bağlı olarak belirlenmektedir. Değişken tarife stratejilerinin çeşitli tipleri vardır:
- Uzaklık–tabanlı veya bölgesel ücret, seyahat edilen mesafenin doğrudan ya da dolaylı fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Otobüs şoförleri, ücretleri yolcular binerken veya nadir olarak yolcular taşıttan inerlerken toplayabilmektedir.
- Saat-tabanlı ücretler, günün saatine veya yolculuğun uzunluğuna bağlı olarak belirlenmektedirler.
- Hizmet-tabanlı ücretler, diğer hizmetler ile aynı altyapı veya istasyonları kullanabilen toplu taşıma hizmetinin kalite veya türüne bağlıdır. Ekspres otobüs veya BRT hizmetleri bu sisteme birer örnektir. Genellikle, bu yaklaşım, çok – türlü toplu taşıma sistemleri için kullanılmakta ve aktarma olanaklarını içermektedir.

Diğer değişken ücret tarifeleri, hedef kitle tabanlı veya kullanıcı tabanlı ücretler, indirimli ücretler ve ücretsiz hat bölgelerini içermektedir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-68.)

3.5. Akıllı Ulaştırma Sistemleri (ITS)

ITS (*Intelligent Transportation Systems – Akıllı Ulaşım Sistemleri*), toplu taşıma kuruluşlarına, güvenliği, işletim verimliliği ve hizmet kalitesini yükseltmek konusunda yardımcı olmakta ve BRT sistemlerinin en üst düzeyde ve en verimli şekilde hizmet vermesini sağlamaktadır. ITS, taşıt ve yol sensörlerinden alınan gerçek zamanlı verileri toplamak, işlemek ve dağıtmak için geliştirilmiş çeşitli teknolojileri içermektedir. Bu veriler özel bir haberleşme ağı ile iletilir. İşletmeci kuruluş, sürücü ve kullanıcılar için verileri faydalı bilgilere dönüştürmek amacıyla, özel sistemler kullanılmaktadır. Çeşitli teknolojilerin bir araya getirilmesi ile farklı türde ITS sistemleri oluşturulmaktadır. Örneğin, Otomatik Taşıt Konumlandırmanın (*AVL*), Otomatik Taşıt Sevk Çizelgeleme (*ASD*) ve Toplu Taşıma Sinyal Önceliği (*TSP*) ile kombinasyonu, çizelgeye uyumluluğu ve böylece güvenilirliği, aynı zamanda da gelir akışını iyileştirmektedir.

ITS teknolojileri, performansta iyileşmeler ve diğer bazı faydalar sağlamaktadır. Toplu taşıma taşıtının konumu ve durumunun ve de yolcu hareketlerinin uzaktan izlenmesi, yolcu ve tesis güvenliğini iyileştirmektedir. ITS, ayrıca, işletmeci kuruluşa filodaki taşıtların bakımı konusunda yardımcı olurken, teknisyenleri de muhtemel mekanik problemler ve rutin bakım gereksinimleri konusunda uyarılmaktadır.

ITS uygulamalarının BRT sisteminin faydalarını belirginleştirmede önemli bir işlevi vardır. Ancak, tekil ITS uygulamalarının BRT sisteminin geneline entegrasyonu gereklidir. BRT'yi oluşturan yüksek kaliteli hizmeti sunmak için; ITS uygulamalarının kombinasyonlarının, uyumlu şekilde birlikte çalışmaları gerekmektedir.

3.5.1. Akıllı Ulaştırma Sistemlerinin Özellikleri

BRT sistemleri için kullanılan birçok teknoloji ve işletim özelliği bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, geleneksel otobüs sistemlerinde uygulanmıştır. BRT sistemlerinde entegrasyonun sağlanması için uygulanan, entegre BRT sistemlerinin bir parçası olan ve önemli faydalar sağlayan, bir çok tekil ITS teknolojisi vardır. BRT sistemleri içine entegre edilen bu ITS uygulamaları 7 grupta toplanabilir. Bunlar sırasıyla:

- a) Taşıt Önceliklendirme
- b) Sürücü Destek ve Otomasyon Teknolojisi
- c) Elektronik Ücret Toplama
- d) İşletim Yönetimi
- e) Yolcu Bilgilendirme
- f) Güvenlik
- g) Destek Teknolojileri'dir. (Diaz ve Hinebaugh, 2009, s. 2-80.)

4. YÜKSEK KAPASİTENİN SAĞLANMASI İÇİN ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

4.1. İSTANBUL METROBÜS SİSTEMİNİN MEVCUT DURUMU

Metrobüs sistemi İstanbul'un yolculuklarının önemli bir kısmını taşıyan D-100 aksı üzerinde kurulmuş, bu hat üzerinde kısa sürede önemli faydalar sağlamış, İstanbul'un isminin daha fazla duyulmasına sebep olan bir sistemdir. Bu sistemin sağladığı faydalar ise:

- Zaman kazancı,
- Yakıt tasarrufu,
- Zararlı emisyon salınımda azalma,
- Kaza oranlarında azalma,
- Hızlı ve kaliteli ulaşım,
- Yeni araçlardaha yüksek konfor sunulmaya çalışmıştır.

Bunlara ek olarak hattın diğer trafikten izole edilmesi sebebiyle artan ticari hızı da saymak gereklidir.(Ilıcalı vd., Kentiçi Ulaşımında Toplutaşımanın önemi ve İstanbul Örneği.)*

Fakat adı Metrobüs olmasına ve tüm bu sayılan faydalarına karşın, daha ziyade iyileştirilmiş bir tahsisli otobüs yolu görüntüsü çizen bir sistemdir. D-100’de trafiğin neredeyse durma (*yada trafik mühendisliğindeki tabiri ile çökmesi durumu-F Servis Seviyesi*) noktasına geldiği bir duruma çare olması için kurulan bu yeni sisteme talep ilk işletmeye açıldığı andan itibaren oldukça yüksek olmuştur; Öyleki sisteme olan talep, bu güzergah üzerinde trafikte önemli bir düzensizliği ve keyfiliğe sebep olan minibüslerin kaldırılması ve toplu taşıma otobüs sefer ve sayılarının azaltılması ile, ulaşım-erişim için başka alternatifi kalmayan yolcuların yoğun ilgisi sonucunda 2008 Mayıs ayında 150.000 yolcu/gün’e çıkmıştır. Bu rakam Kasım ayında ise Mayıs ayına göre %105 artarak 307.000 yolcu/gün’ü bulmuştur. Zirve saatlerde bu hat üzerinde iki yönde toplam sabah (07:30-08:30) 36.000 yolcu ve akşam (18:15-19:15) 29.000 yolcu taşınmıştır. 2008 yılı

* Tablo.5.1 İşletilmekte Olan Metrobüs Hattı Hakkında Teknik Bilgiler

	1. Etap Avcılar-Topkapı	2. Etap Topkapı-Zincirlikuyu	3. Etap Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme
Hat Uzunluğu (km)	18.9	10.5	11
Yolcu Sayısı (yolcu/gün)	160.000	150.000	190.000
Durak Sayısı	14	11	6
Seyahat Süresi (dakika)	28	19	24
Araç Sayısı	85	200 (Toplam)	300 (Toplam)
Kalkış Aralığı (saniye)	43	32	28
Sistem Kesit Kapasitesi (yolcu/saat/yön)	14.500	18.000	20.000
Ortalama Seyahat Mesafesi (km)	11.5	14	17

(Kaynak: Mustafa ILICALI, Nilgün CAMKESEN ve Selim DÜNDAR, Kentiçi Ulaşımında Toplu Taşımanın Önemi ve İstanbul Örneği, http://ius.imoizmir.org.tr/ius_bildiriler/09_k08_ius_ilicali_camkesen_dundar.pdf, erişim tarihi: 14 Nisan 2010.)

Mayıs ayında 90 adet otobüs ile hizmet veren sistemdeki otobüs sayısı güzergah uzunluğunun ve talebinin artması sonucunda 200'e çıkarılmak zorunda kalınmıştır.

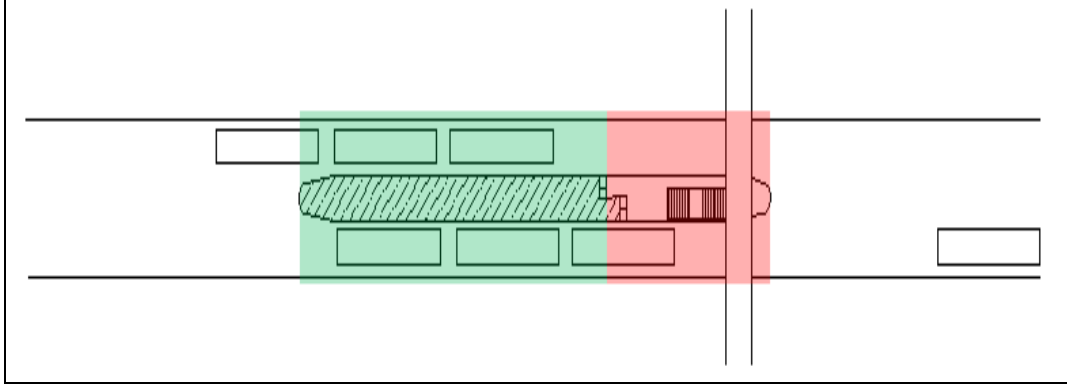
Sistemin bu hızlı gelişmesi sonucunda bir dizi beklenen ve beklenmeyen problem ortaya çıkmış ve sistemin revizyonu ihtiyacı doğmuştur. İşte bu bahsi geçen revizyon-iyileştirilme için kısa vadede alınması gereken bir dizi önlem ortaya çıkmıştır. Bunların öncelikli olanları :

- Turnikelerin geçitler üzerine taşınması,
- Araç kalkışlarının sistematikleştirilmesi,
- İniş ve binişlerde Manyetik kartların daha yaygın olarak kullanılmasıdır.
(Örneğin RFID Kartları)

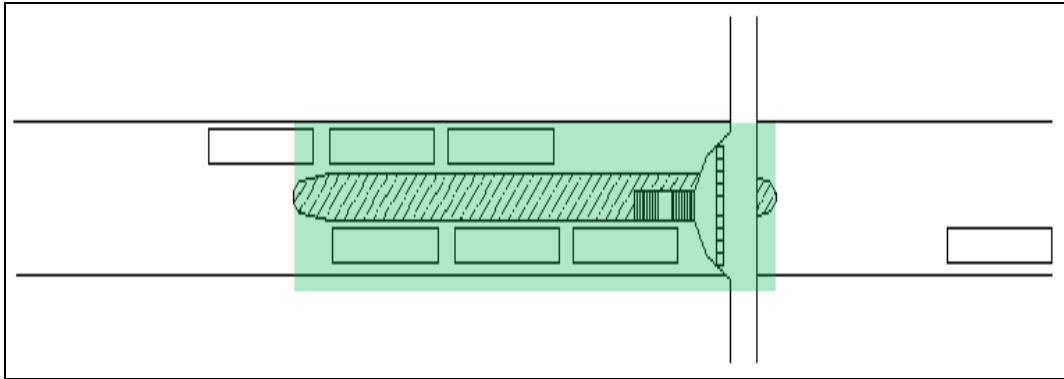
4.1.1. Turnikeler

Duraklara giriş-çıkışı ve ücret toplanmasını sağlayan turnikelerin iniş-biniş platform giriş-çıkışlarına yerleştirilmiş olması sebebiyle durak alanında bekleme yeri, giriş- çıkış ve yolcu erişiminde ise zaman kayıpları oluşmaktadır. Bu ölü alanların ortaya çıkmasının önüne geçilmesi için turnikelerin geçitler üzerine alınması uygun bir çözüm olacak gibi gözükmektedir. tabiki bu arada ilk etapta ilan edilen açılış tarihine yetişmesi için idareten ve iğreti şekilde yapılan ama daha sonra kalıcı hale gelen platformların da yeni turnike yerleşimini taşıyabilecek şekilde değiştirilmesi de unutulmamalıdır.

Mevcut durumda otobüsler aşağıdaki şekilde kırmızı ile gösterilen ölü alanlarda yolcu indirirken dur-kalk yapmakta ve beklemekte, turnikelerin konumuna göre uygun alana yanaşmak için ek manevra yapmak zorunda kalmakta, bu sırada da vakit kaybetmektedir.



Şekil.3.1 Turnikeler platform üzerinde iken kullanılabilen durak alanı.



Şekil.3.2 Turnikeler üstgeçitler üzerinde iken kullanılabilen durak alanı.



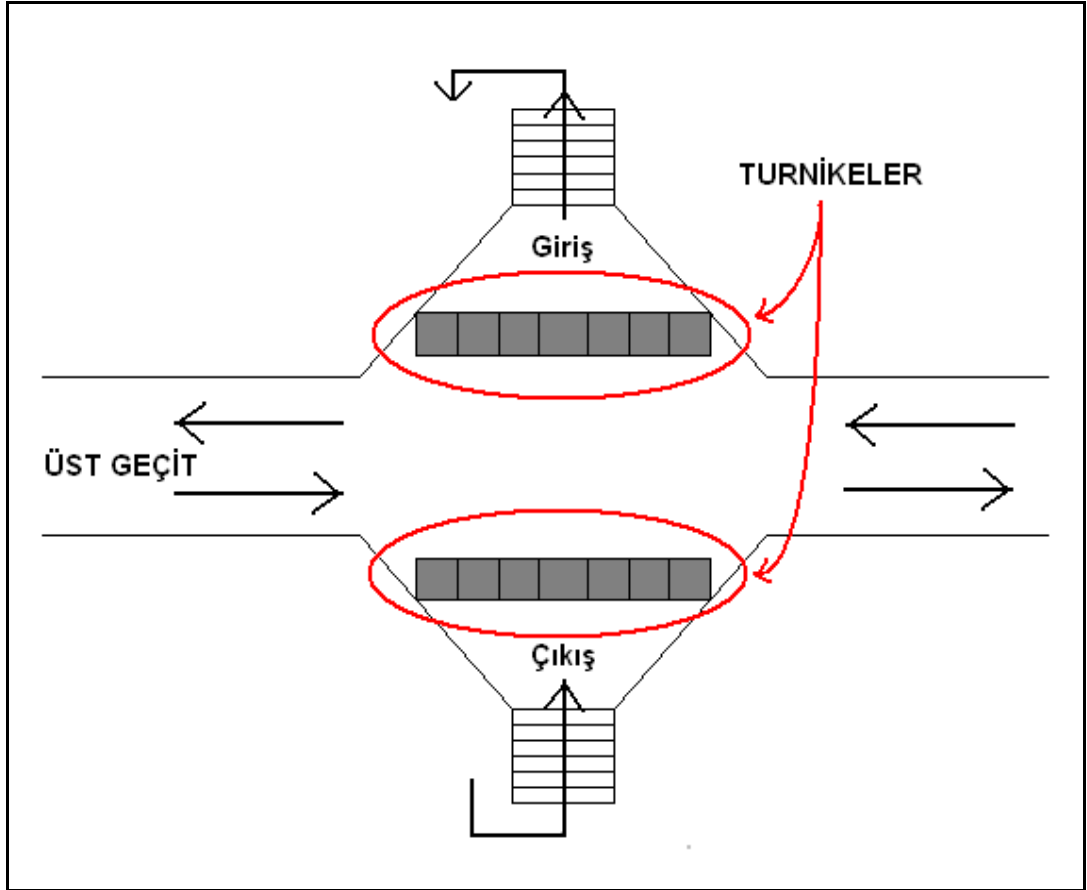
Şekil.4.1. Öneri üstgeçitlerin örnek görünümüleri.



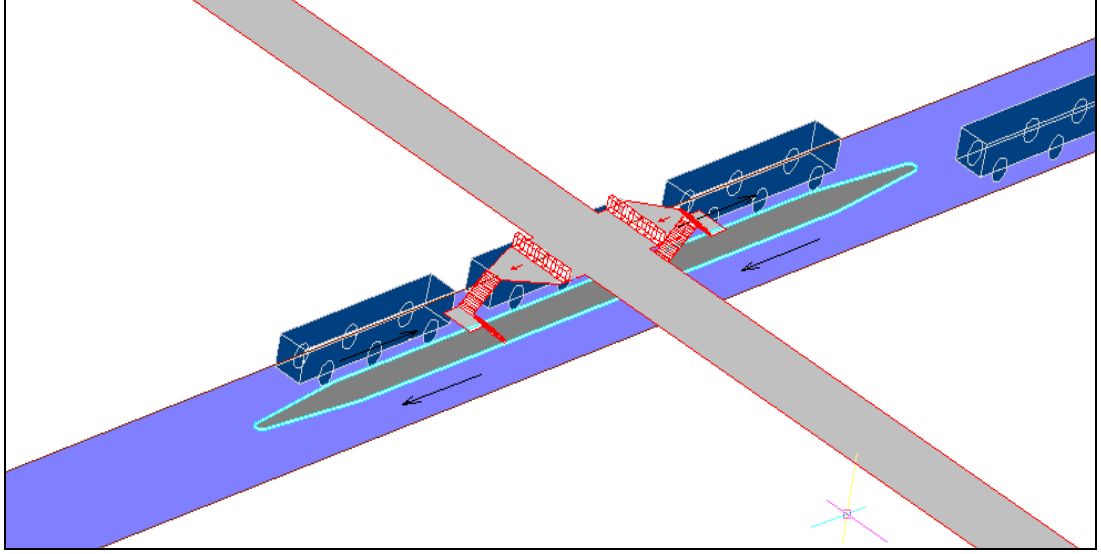
Şekil.4.2. Öneri üstgeçitlerin örnek görünümüleri.

Yolcu giriş-çıkışlarının giriş ve çıkışlarının aynı turnikelerden yapılması yolcu hareketini olumsuz etkilemekte ve hareketi sınırlandırmaktadır. Bu durum turnikelerin önünde kuyruklanmalara ve tıkanmalara bunun sonucunda da beklemele ve zaman kayıplarına sebep olmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için turnike giriş ve çıkışlarının

birbirinden ayrılması uygun bir çözüm olacak, bunun sonucunda durağa ulaşmaya çalışan ve bu sırada acele eden yolcularla durak alanında bir an önce ayrılmaya çalışan yolcuların karşılaşması, yollarının kesişmesi önlenmiş olacaktır. Ayrıca geçit üzerinde daha fazla sayıda turnike koyulabilecektir. (Şekil 2).



Şekil.5.1. Üstgeçit ve turnikelerin yerleşimi.



Şekil.5.2. Üstgeçit ve turnikelerin yerleşimi.

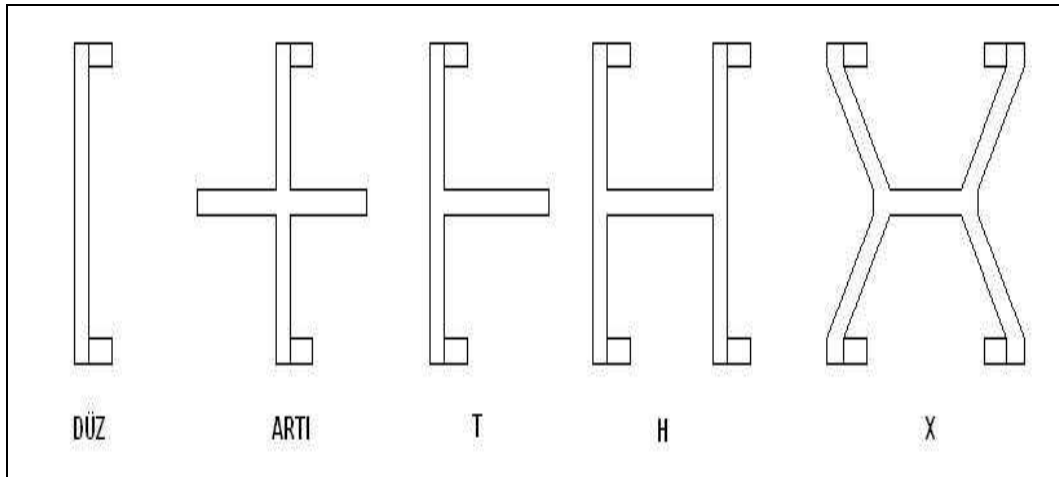
Turnikelerin üstgeçitler üzerine alınması platform içindeki akımların düzenlenmesinde önemli rol oynayacaktır. Giriş ve çıkışların ayrılması merdivenler üzerinde iki yönlü hareketin olmaması merdiven kapasitelerini arttıracaktır. Hattın uzamasıyla ortaya çıkacak olan mesafeye göre ücretlendirme konusunda daha çok turnikeye ihtiyaç olacaktır. Bu sebeple de turnikelerin yukarıya alınması en uygun çözüm olarak görünmektedir.

Turnikelerin Üst Geçitler Üzerine Taşınmasının Faydaları

- Durak platformu ve durak platformu dışındaki alanların herbiri otobüslerin yolcu indirme ve bindirmesine uygun hale gelir.
- Giriş ve çıkış hareketi platform üzerindeki dar alandan geniş alana taşınarak dar alanda yolcu hareket zorluğu da önlenmiş olur.
- Giriş ve çıkışların birbirinden ayrı merdiven ve turnikelerden yapılması sağlanarak yolcuların platforma giriş ve çıkışları kolaylaştırır.
- Giriş ve çıkışların birbirinden ayrılması farklı ücretlendirme politikalarını uygulamayı mümkün kılar.

4.1.2. Üst Geçitler

Bir önceki bölümde değinilen düzenlemelerin hayata geçirilebilmesi için Üstgeçitlerin üzerinde bazı değişiklikler yapılması olmazsa olmaz bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü başlangıçta geçici olarak yapılan ama daha sonra kalıcı hale gelen üstgeçitler birçok noktada genişlikleri yaya trafiğine yetersiz kalmaktadır. Öncelikle platform genişliklerinin yaya trafiğine uygun hale getirilmesi gereklidir. Üniversite, Sefaköy, Yenibosna, İncirli, Zeytinburnu vb. duraklarda yaya geçitleri kapasiteleri bırakın zirve saatlerde, normal zamanlarda bile yetersiz kalmaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için aşağıda verilen üstgeçit tasarımlarından bazıları kullanılabilir veya bu örnekler bazı fikirler verebilir.



Şekil.6.1 Farklı yaya üstgeçiti tipleri.

Metrobüs sistemine erişimlerde üstgeçitlerin korunaksız ve eksik yapısı yüzünden yağmur, kar, don, yazın sıcak ve aşırı güneş ışığı gibi hava şartları olumsuz etki yapmakta ve bekleme yapan yolcuların sıkıntıya girmesine sebep olmaktadır. Özellikle Küresel Isınma sebebiyle değişen hava şartları ve artan hava sıcaklıkları özellikle yaz aylarında konforsuzluğa sebep olmakta, küçük bir serin alan bile önemli bir rahatlık sunmaktadır. Örnekle açıklamak gerekirse ; Merter Metro Durağı buna güzel bir örnektir. Yazın ve kışın istasyon alanının altkatındaki bekleme alanı önemli bir bekleme alanı olabilmektedir. Metrobüs – BRT durakları da benzer formatta yapılırsa hem yolcu konforu arttırılacak, hem de burada işletmeye alınacak dinlenme ve bekleme tesisleri de

bu konfor arttırımına, istihdama, güvenliğe, sistemin özgün ve kurumsal kimliğinin gelişmesine ve yeni rekreasyonel alanların kamuya kazandırılmasına katkıda bulunacaktır.

Bu yapısal değişiklik ve dönüşüme ek olarak Metrobüs duraklarına Engellilerin erişimi ve sistemi kullanabilmeleri için eğik inişler yerine asansörlü sistemlerin kurulması gerekmektedir. (*Halihazırda bazı duraklarda, Örneğin Zincirlikuyu Durağında, bu türden sistemler kurulmuştur.*) Mevcut durumda engellilerin eğimli inişlerde sıkışma sorunları vardır. Oldukça dar olan rampalar ve İnişler engellilerin kullandığı tekerlekli sandalyenin karşılıklı geçebilmesine uygun değildir. (*Yayaların bile kullanımında sıkıntıya yol açmaktadır.*) Eğik inişler durak kapasitesini de olumsuz etkilemekte, kullanılabilir indii bindi alanlarını daraltmaktadır. Ancak asansörlü inişlerin tüm duraklarda kurulması gereklidir ve engelliler gerçekten durak platformuna erişebilir hale gelecektir. Fakat bu uygulama tek başına yeterli değildir; araçların yolcu indirme ve bindirme sırasında yolcu platformuna tam (*halk arasında tanımlaması ile sıfır*) yanaşmaması sebebiyle platforma ulaşabilen engellilerin araçlara inmesi ve binmesi oldukça zahmetli ve yavaş olmaktadır. Keza Avrupa ve ABD'ndeki örneklerindeki gibi araçlarda inme-binme rampalarının, araç içlerinde de tekerlekli sandalye sabitleme noktalarının olmaması, sistemin planlama ve tasarımı sırasında engellilerin dikkate alınmadığı intibasını uyandırmaktadır. Zaten pik saatlerde iğne atsan yere düşmeyecek dolulukta giden bu araçlarda bu sayılanların yapılmaması da zordur ve ayakta bekleme yeri kaybı ve daha fazla yolcu doldurma şansının kaybı olacaktır.

Engellilerin duraklara erişimi konusuna geri dönmek gerekirse; Engelli asansörlerini ihtiyaç sahiplerinin rahat kullanabilmesi için üstgeçitlerin iki ucunda eğik platformlar inşa edilebilir (*bu da platform içinde daha çok fazla yer kazanılması imkanı sağlar*), özürülü vatandaşlara asansörlü sistemler yapılabilir ve bu asansörler platform alanında oluşturulacak rekreasyon alanlarına yakın ve içlerine yerleştirilebilir. Bu sayede hem engelliler rahat bir şekilde kendine tahsis edilen sistemleri kullanabilir. Bu sayılan uygulamaların hayata geçirilmesi ile duraklar sadece bekleme alanları değil, yaşayan alanlar haline gelecek, artan sirkülasyon sayesinde iş imkanları ve güvenlik de artacaktır.

4.1.2.1. Üst geçitlerde gelir getirici işletmelere yer tahsis edilmesi ile sağlanacak faydalar:

- Yağmur, kar, rüzgar, sıcak gibi olumsuz hava koşullarından duraklardaki ve üstgeçitlerde bekleyeme yapan yolcuların asgari derecede etkilenmesi sağlanabilir.
- Yolculara dinlenme, yemek yeme, beklerken başka şeylerle ilgilenme imkanı sağlanarak sistemin konforu ve cazibesi arttırılmış olur.
- Artan yolcu konforu ile hattın cazibesi arttırılabilir. Bu daha çok yolcuyu Metrobüs'e çekecektir.
- Üst geçit, üstgeçitlerdeki özürlü asansörü vb. sistemlerin yapım maliyetlerinin kiralaayan işletmelerce karşılanması ve elde edilecek kira gelirlerinin kamuya kazandırılması sağlanabilir.
- Üstgeçitler üzerinde ve çevresinde asayiş sorunları azalır. Yine kurulacak tesisler sayesinde yeni işyerleri, iş imkanları oluşturulup, istihdama katkıda bulunulabilir.

4.1.3. Kapasite Artışı İçin Öneriler

Körüklü otobüslerle kurulan bir sistemin kesitten geçen yolcu kapasitesini arttırmak için yapılabilecekler şunlardır:

- Grup kalkışları ve sinyalizasyonun düzenlenmesi
- Durak uzunluklarının arttırılması
- AGT sistemine geçilmesi
- Yeni şerit eklenmesi

Bu sayılanlar arasındaki en ucuz, en kolay, kısa vadede uygulanabilir yöntem Grup Kalkışları'dır. Bunun sağlanabilmesi için aşağıda belirtilen düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.



Şekil.7.1 Zirve saatte yolcu talebi.

4.1.4. Grup Kalkışlar

İşletmede kapasiteyi ve hattın verimliliğini etkileyen en önemli unsur iniş-biniş süreleridir. Grup kalkışlar bu süreleri araçlara paylaştırarak aynı anda inen binen sayısını arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak durakta bekleme süreleri kısaltmakta ve durak hizmet düzeyi arttırabilecektir. Bu da mevcut sistemi daha etkin, verimli ve efektif yapar. Bu bakımdan “grup kalkışlar” demiryollarındaki “tren katarı hareketi”nin Metrobüs otobüslerine uygulanmış haline benzetilebilir. İstanbul’un mevcut sisteminde durak uzunluklarına uygun olarak araçların 3’lü gruplar halinde hareket etmesi öngörülmektedir. Metrobüs sistemi durakları azami 3 araç (18mt Citaro veya 19,5mtlik Capacity) veya 2 adet (26mtlik Philaeas) alabilmektedir. (turnikelerin de üstgeçitlere alındığı varsayılarak) Otobüslerin 3’lü diziler halinde hareket ettirilerek indi-bindi sürelerinin paylaşılması sistemin kapasitesini yaklaşık 2 kat arttırabilir. Bu şekilde kesitten geçebilecek yolcu kapasitesi de artarak ortalama 15.000’den 27.000’e çıkacaktır.

4.1.4.1. Durak kayıp süreleri ve kapasite

Bugünkü işletme şekli otobüslerin yoğun duraklarda iki kere durarak (*yanaşamama durumunda bu sayı artmaktadır*) ilkinde yolcuları indirmesi ikincide bindirmesi şeklindedir. Bu şekilde bir işletme yolculuk süresini arttırmakta ve hattın cazibesini azaltmaktadır. Bugünkü işletmedeki 30 sn aralıklı kalkışların sağladığı kapasiteyi korumak için her ekstra 30 sn kayıp için sisteme 1 araç daha eklemek gerekmektedir. Buna benzer olarak sisteme eklenecek her durak ortalama olarak iki yönde toplam 40-60 sn gecikme yaratacağı için bugünkü kapasite koşullarında 4, yakın gelecekteki kapasite koşullarında (*durak kayıp süreleri değişmez ve kalkış aralığı 20 sn olursa*), 6 araç, kapasiteyi korumak üzere sisteme eklenmelidir.

4.1.4.2. Durak uzunlukları

Durak kapasitesini belirleyen en önemli etkenlerden biri de durak uzunluklarıdır. Durak uzunlukları durakların aynı anda hizmet verebilecekleri otobüs sayısını belirlemektedir. Durak uzunlukları açısından bazı duraklar kritik durumda görünmektedir. Bu kritik duraklar Zincirlikuyu, Avcılar, Maltepe, Cevizlibağ duraklarıdır. Ara duraklar aynı anda 3 otobüse hizmet verecek şekilde planlanmalıdır. Bu hizmet miktarı ana duraklarda bekleme süresinin artması nedeniyle daha fazladır bu yüzden Ana duraklar aynı anda 6 otobüse hizmet verecek şekilde olması uygun olacaktır. Bunu sağlamak amacıyla bu duraklarda ya durak uzunluğu arttırılmalı ya da ikinci bir paralel platform oluşturulmalıdır. Bunlar yapılamıyorsa bu duraklar için farklı yer veya tasarımlar geliştirilmelidir.

Duraklar	Uzunluk (m.)
Avcılar (Üniversite)	71
Şükrübey	223
İETT Kampı	189
K.Çekmece	303
Cennet	309
Florya	120
Sefaköy	208
Yenibosna	132
Şirinevler	152
İncirli	146
Zeytinburnu	156
Merter	257
Cevizlibağ	161
Topkapı	87
Maltepe	82
Edirnekapı	276
Ayvansaray	157
Halıcıoğlu	428
Okmeydanı	327
Perpa	232
Çağlayan	314
Mecidiyeköy	210
Zincirlikuyu	56

Tablo.6.1 Durak Uzunlukları

4.1.4.3. Yolcu hareketlerinin düzenlenmesi

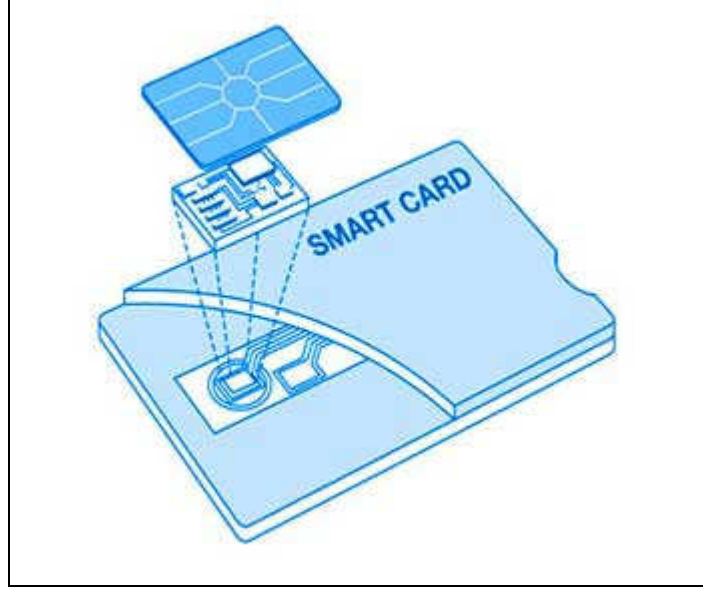
Yolcuların kapıların kapanmasına yakın binişleri zorlamamaları için otobüslerde sesli uyarı ve ikaz sistemi kurulmalıdır. Bilindiği üzere bir aracın bir durakta biraz fazla beklemesi, hem araçların yığılması, kuyruklanma ve gecikmeye bunun sonucunda da sonraki duraklarda yolcu sayısının katlanarak artması ve sistemin işlerliğini kaybetmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple durakta bekleme sürelerinin artmaması hayati önemdedir ve sistemin zayıf noktasını oluşturmaktadır. Ayrıca yine indi–bindilerdeki sürelerin uzamaması ve gecikmelerin artmaması için Zirve Saatlerde araç içinde Akbil basımının uygulamasının tüm duraklar için sonlandırılması gereklidir.

4.1.4.4. Daha hızlı akıllı kartlar

Akbil hızlı ve diğer sistemlerle entegre oluşuyla İstanbul yolcu trafiğini olumlu olarak etkilemiştir. Turnikelerde hızlı geçiş sağlamış ve ödeme düzenini ve ücretlendirme politikalarını uygulama imkanı vermiştir. Hızlı geçiş açısından uygundur. Akbil, temas ile elektrik alarak çalıştırılan bir cihazdır. Akbil yerine daha gelişmiş temassız indükleme ile çalışan ve bilgi aktaran sistemler gelişmiştir. Bu yeni sistemlerde geçiş hızı, kullanım kolaylığı ve taşıma konforu artmaktadır. (*RFID Kartları gibi*)



Şekil.8.1 Akıllı kartlarla geçiş.



Şekil.9.1 Akıllı kart örneği.

4.1.4.5. Durak kılavuz çizgileri

Yolcuların indi–bindilerinin ve araçların duraklara yanaşmasının kolaylaştırılması için duraklarda otobüslerin duracağı yerleri gösterir kılavuz çizgilerinin çizilmesi de önemli bir yardımcı uygulama olacaktır. Durağa geliş ve çıkışlardaki ve durak içindeki yaya hareketlerini de düzenlemek için hareket yönünü gösteren işaretleme düzen sağlanması açısından faydalı ve uygun bir uygulama olacaktır.

4.1.4.6. Sinyalizasyon ve sesli ikaz sistemi

Araç kapıları kapanırken sesli ve ışıklı uyarı sistemi ile yolcular uyarılmalı, iniş binişlerin bittiği yolculara ilan edilmelidir. Bu sayede son anda durumu zorlayarak inme ve binme girişimleri ve bunun sonucunda yaşanabilecek gecikmeler ve olası kazaların önü alınmaya çalışılmalıdır.

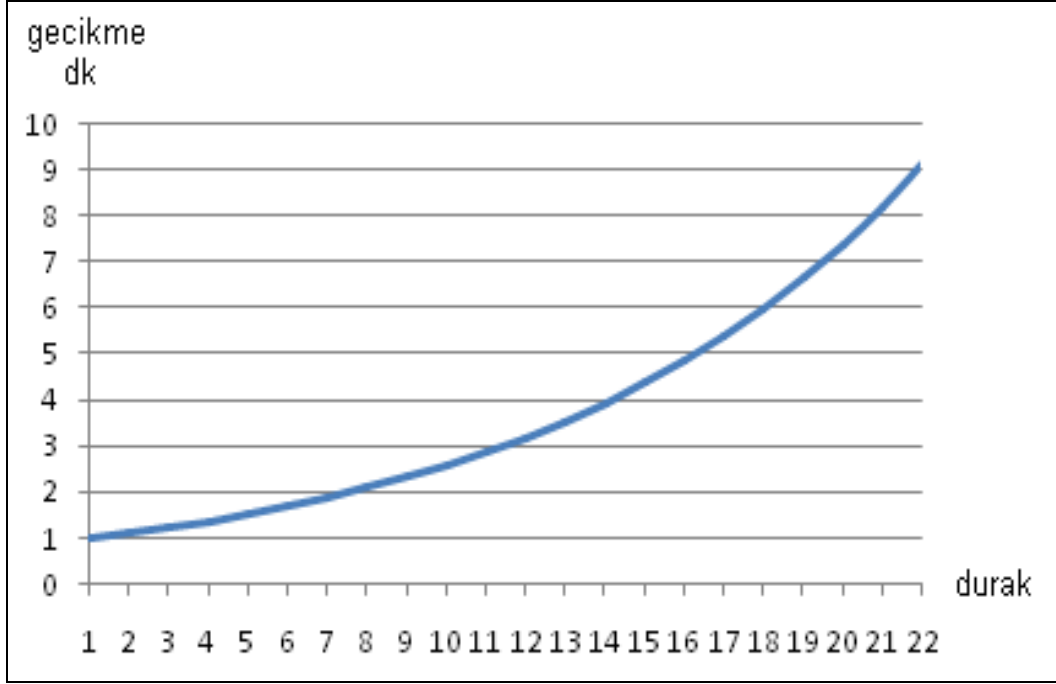
Durağın gerisinde yaklaşmakta olan otobüs dizisini belirlemek için tüm duraklara ve yaklaşım noktalarına Loop Dedektörler yerleştirilerek, iki dizinin durakta karşılaşması

önlenmelidir. Bu şekilde kurulacak Işıklı Sinyalizasyon Sistemi ile otobüs katarlarının birlikte ve koordineli hareketleri sağlanmış olacaktır. Bu sayede araç grupları arasında zaman farkları korunabilecek ve işletim sisteminin istikrara kavuşturulması sağlanabilecektir.

4.1.5. Kalkış Aralığı Düzensizliği ve Bu Düzensizliğin Yol Açtığı Sorunlar

Araç kalkışlarındaki düzensizliklerin en somut ve görünen yansıması Metrobüs duraklarındaki fazla yolcu birikimleridir. Otobüslerin kalkışlarındaki gecikmelerden dolayı durağa gelen ek yolcu birikimi, araç geldiğinde binmek için harekete geçtiğinde durakta biriken yolcu otobüs bekleme sürelerinin daha da arttırmasına ve aracın gereğinden fazla bekleme yapmasına yol açmaktadır. Bu durum zaten geciken otobüsler için olumsuz bir etkidir; bu sebepten dolayı sonraki duraklarda mevcut gecikme katlanarak artmakta ve güzergah boyunca gecikmeler ve duraklama sayıları üstüste eklenerek durumu kötüleştirmektedir. Bu istenmeyen ve hattın çalışmasını olumsuz yönde etkileyen durumun oluşmasının engellenmesi için şoförler eğitilmeli; kalkış aralıkları sabitlenmeli ve kayıp süreler telafi edilecek şekilde bekleme süreleri (*gecikme durumlarında*) bekleyen yolcu sayısına rağmen kısaltılmalıdır. Kapasitededen azami şekilde faydalanabilmek için bu sayılanlara dikkate edilmesi yerinde olacaktır.

Kapasitenin arttırılması ve düzenin sağlanması için araçların grup kalkışlarını sağlayan ışıklı sinyalizasyon, dur çizgileri ve yolculara araç içinden kapı kapanma ikazları (*sesli ve ışıklı*) uyarıları yapılması uygun olacaktır.



Şekil.10. 1 İlk durakta ortaya çıkacak 1 dakikalık gecikmenin sonraki duraklarda yaratacağı tahmini gecikme*

4.1.6. Ücretlendirme

Hattın kesintisiz işletilmesi durumunda, uzun ve kısa mesafeli hattı kullananlar arasında fark yaratılması ve ücretin bu durum için uygunlaştırılması gerekebilir. Giriş ve çıkış turnikelerinde İDO'nun Adalar'daki işletmesine benzer bir uygulama yapılarak girişte tam yol ücreti alınıp çıkışta mesafeye göre geri ödeme sistemi kurulabilir. Bu şekilde daha adil ücretlendirme yapılmış ve uzun mesafeli ama keyfi taleplere de sınırlandırma getirilmiş olacaktır. Giriş ve çıkışların üstgeçitler üzerine alınması, yaya akımlarının ayrılması ve turnike sayılarının artırılmasıyla giriş ve çıkışlarda Akbil kullanımında kuyruklanmayı önlenecektir. Aksi halde mevcut durumda mesafeye göre ücret alınması

* Şekil 10.1'de 1 dakikalık bir gecikmenin hattın sonuna doğru katlanarak artışı ve son durakta maksimuma (9 dakika) çıkışı görülmektedir. Şekilden de anlaşıldığı üzere duraklardaki bekleme ve buna dayalı olarak gecikme arttıkça takip eden duraklarda bekleyen yolcu sayısı artmakta ve bunun sonucunda gecikmeler de artmaktadır.

için hem binış hem de inişte Akbil kullanarak ücret ödeme Őikayetleri ve çekilen sıkıntıyı arttırmaktan başka birŐeye sebep olmayacaktır.

4.1.7. Kaza ve Arıza Durumu

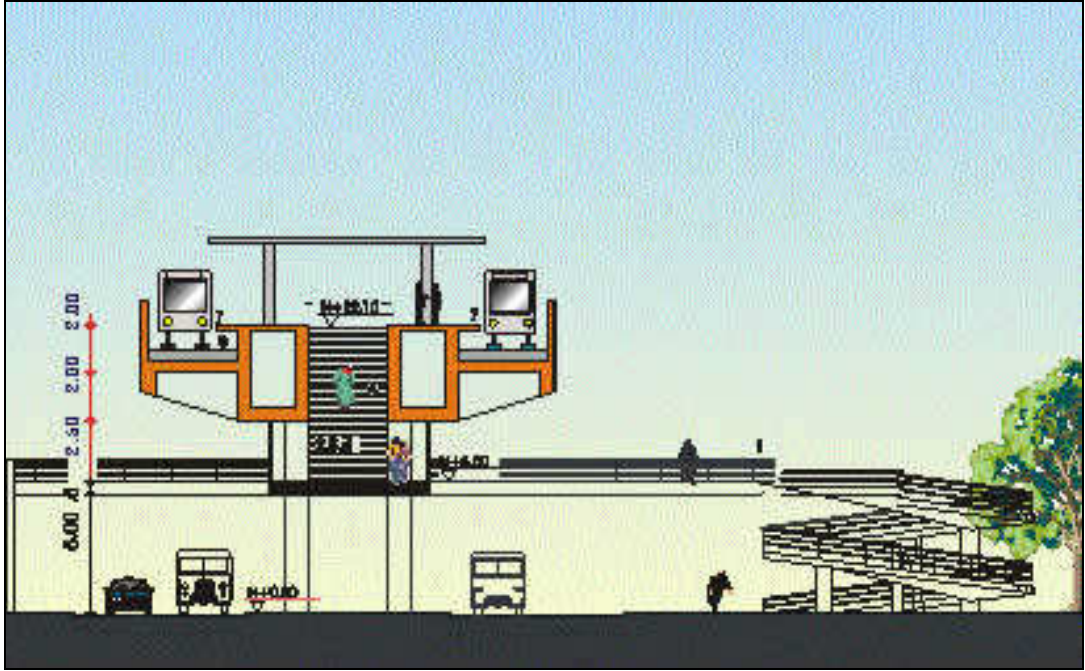
Hat üzerinde yaşanacak olası bir kazada, kaza noktasına erişimler geriye doğru düzenlenerek hızlı ve çabuk müdahalenin sağlanması gereklidir. Bunun için her 10 km’de bir ekipler ve acil müdahale araçları ve acil durum trafik düzenleyici birimlerin konuşlandırılması uygun olacaktır. Geriye doğru müdahale de iki yönlü gidebilen vinç ve kurtarıcı olarak kullanılabilen özel araçları gerektirmektedir. Bu araçlar temin edilmeli ve buna ek olarak ilgili birimlerin dahil ile olası Kaza ve Arıza Senaryoları üretilmeli, senaryolara uygun müdahale ve trafik düzenlemelerinin planlanması eğitimi ve tatbikatı yapılmalıdır.

4.1.8. Besleme Hatları ve Transfer Merkezleri

Metrobüs duraklarına ve yolcu toplama bölgelerinin yoğunluğuna göre minibüslerle veya otobüslerle yolcu toplama (*besleme*) hatları düzenlenmelidir. Günlük yolcu miktarına bakılarak hangi sistemin kullanılacağına karar verilebilir.

DURAK	Oran (%)
ÜNİVERSİTE	14%
CEVİZLİBAĞ	11%
MECİDİYEKOY	10%
ZİNCİRLİKUYU	8%
ŞİRİNEVLER	8%
İNCİRLİ	7%
ZEYTİNBURNU	6%
SEFAKÖY	6%
YENİBOSNA	5%

Tablo.7.1 Yolcu sirkülasyonu oranları.



Şekil.11.1 Sistemlerarası transfer.



Şekil.11.2 Sistemlerarası transfer. (en kısa yürüme mesafesi)



Şekil.12.1 Transmilenio BRT transfer merkezi.

Toplutaşıma Sistemi	Yolcu/Gün	Zirve Saat (Yolcu/Saat)
Minibüs	500 – 3.500	60 – 600
Otobüs	3.500 – 12.000	600 – 11.000
Metrobüs veya Tramvay	12.000 – 26.000	11.000 – 26.000
LRT veya METRO	15.000 – 60.000	130.000 – 500.000

Tablo.8.1 Taleplere uygun toplutaşıma sistemleri.

4.1.9. Bisiklet Kullanımı

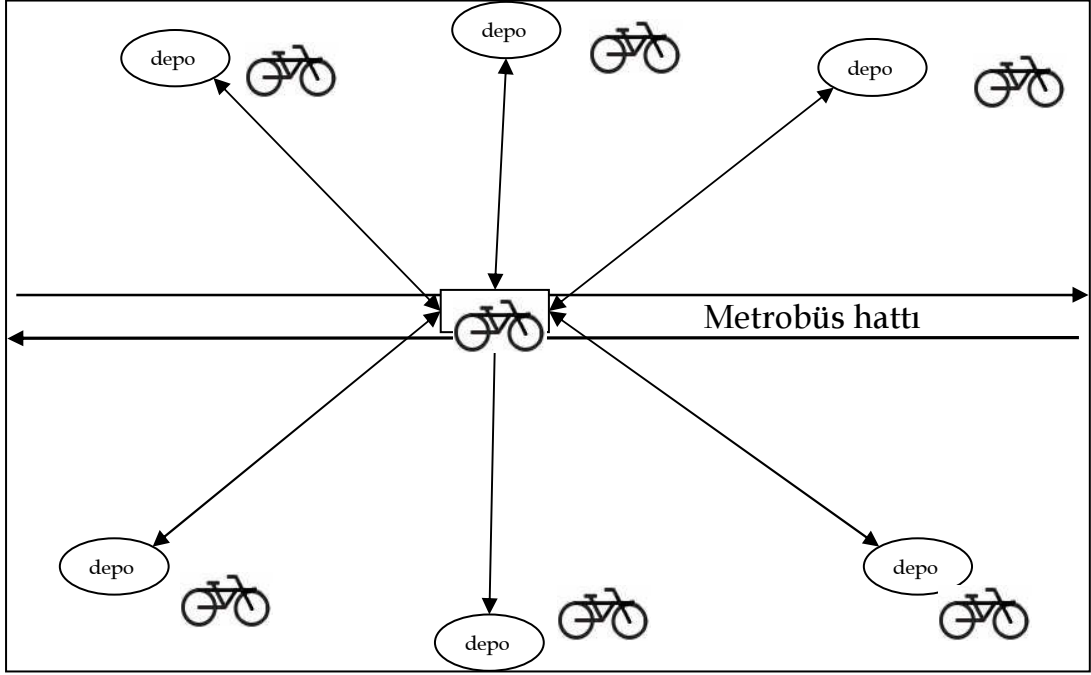
Yapılan anketlerde yolcuların %41'i bisikletle erişime uygun düzenleme yapılırsa bisiklet kullanılabileceğini belirtmiştir ama bu güvenilir bir beyan değildir. Özellikle de Türkiyede herkesin bu türden sorulara zevahiri kyrtarmak için olumlu ve ılımlı yaklaşıyor gibi görünürken fedakarlığı başkasından bekleyeceği dikkate alınacak olursa. Fakat bazı öneriler getirebilmek için bu olumsuzluğu yok sayıp, bazı hesaplamalar yapalım: Yukarıda da değinildiği üzere yolcuların % 41'i bisiklet kullanımına olumlu yaklaştığını beyan etmiştir. Buna göre potansiyet bisiklet kullanıcısı sayısı Avcılar-Zincirlikuyu hattı üzerinde 125.000 kişi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kişilerin kişilerin daha çok potansiyel kişilerdir denebilir. Eğer gerçekteşebilirse, bu rakamın %10'u Metrobüs'ü bir günde kullanan toplam yolcuların %4'üne denk gelmektedir. 12.500 kişiye denk gelen bu rakam da bu sistemlerin kurulabileceğini göstermektedir. (*Kolombiya-Bogota'da bu oran tüm yolcuların %5'idir.*) BRT hattına erişimde bisiklet kullanımının teşviki için bazı ara yolların yayalaştırılması ve ortasında bisiklet yolu geçirilmesi vb. pilot projeler yapılabilir. Duraklarda oluşturulacak bisiklet park alanlarıyla kişilerin bisikletlerini hızlı bir şekilde bırakıp otobüs ile yola devam etmeleri sağlanabilir.

	Yolcu Adedi	%Evet	Bisikletli Pot.
ÜNİVERSİTE	42000	49%	20701
CEVİZLİBAĞ	33000	47%	15487
MECİDİYEKOY	30000	34%	10176
ZİNCİRLİKUYU	24000	30%	7318
ŞİRİNEVLER	24000	50%	11886
İNCİRLİ	21000	31%	6469
ZEYTİNBURNU	18000	47%	8519
SEFAKÖY	18000	45%	8057
YENİBOSNA	15000	28%	4229

Tablo.9.1 Bisiklet kullanımı anket sonuçları.

4.1.9.1. Kamu bisiklet tedarik depoları

Yolcuların bisiklet kullanımını teşvik için yapılacak öncü uygulama kamu bisiklet depolarının kurulması olabilir. Bu depolar duraklarla belli noktalar arasında kişilere bisiklet sağlayacak ve diğer tarafta toplayacaktır. Amsterdamdakine benzer şekilde bisiklet ücretsiz sunulacaktır. İstanbulda yapılacak uygulamada bu depolarda bisikletlerin halka ücretsiz sunulabilmesi için kredi kartı bilgisi alınabilir ve kişinin hesabından provizyon çekilebilir. Bu uygulamanın dezavantajı kredi kartı ile kiralama yapılabilmesi için uygun altyapının kurulmasının getireceği ek maliyet ve kredi kartı ve bisiklet kiralama ve iade sırasında kaybedilecek zaman ve yolcu yığılması ihtimalidir. Ayrıca arazinin oldukça azaldığı ve değerli hale geldiği İstanbul'da bisiklet depoları için yer bulmak da başka bir handikap olarak işletmecinin karşısına çıkacaktır. Uygulamanın artıları; bisiklet kiralama hizmeti minibüs hatlarının kurulmasının uygun olmadığı bölgelerde erişimin sağlanmasına ve yeni istihdam alanlarının yaratılması imkanı şeklinde olacaktır. Ek olarak bu uygulama sonucunda bisiklete olunacak aşinalık sayesinde daha sonra veya bu uygulamalarla bağlantılı olarak geliştirilecek bisiklet kullanımını teşvik politikalarına da ihtiyaç duyacağı sosyal, kültürel ve yasal althığı da sağlayacaktır.



Şekil.13.1 Bisiklet depolarının durak çevresinde dağılımı.



Şekil.14.1 Bisikletli erişim için bisiklet parkı. (Transmilenio-Bogota)



Şekil.14.2 Bisikletli erişim için bisiklet parkı. (Transmilenio-Bogota)



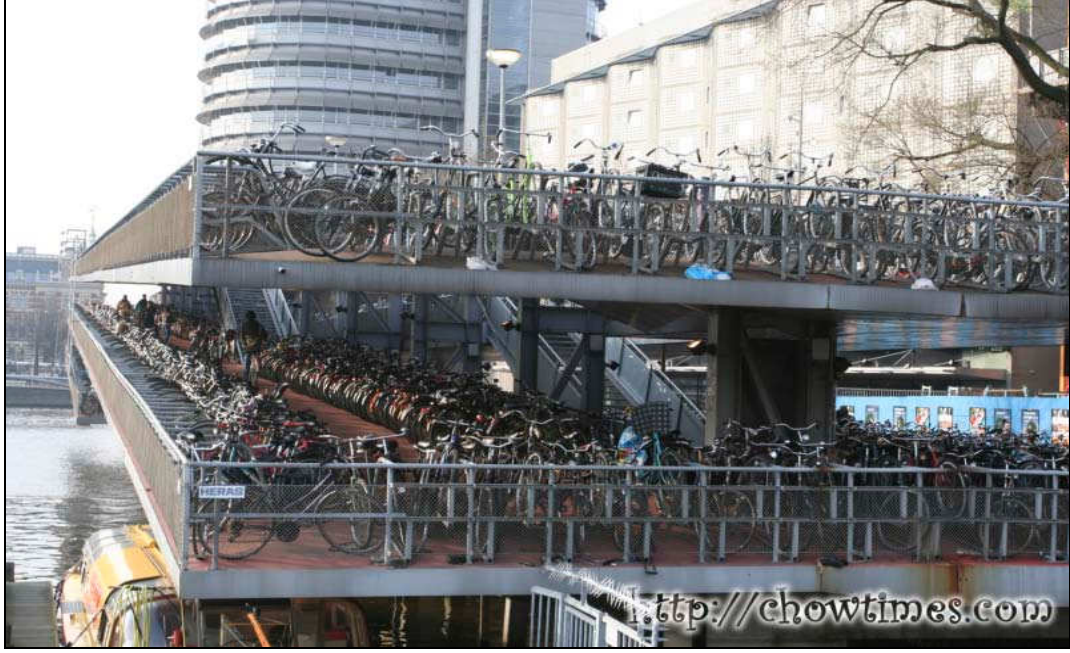
Şekil.15.1 Bisiklet yolları. (Bogota)



Şekil.16.1 Bisiklet parkı (Amsterdam)



Şekil.16.2 Bisiklet parkı (Amsterdam)



Şekil.16.3 Bisiklet parkı (Amsterdam)



Şekil.16.4 Bisiklet parkı (Amsterdam)



Şekil.16.5 Bisiklet parkı (Amsterdam)



Şekil.17.1 Kiralık bisikletler (Paris, saati 2 Euro)



Şekil.17.2 Kiralık bisikletler (Paris)



Şekil.18.1 Tren istasyonundaki bisiklet parkı (Amsterdam)



Şekil.19.1 Taipei'de çift katlı bisiklet parkı.



Şekil.20.1 Bisiklet parkı uygulaması.



Şekil.20.2 Duple bisiklet parkı.



Şekil.21.1 Otobüs önünde bisiklet yerleri.



Şekil.21.2 Otobüs önü bisiklet askısı.



Şekil.22.1 Bisiklet parkı. (estetik görünlü)

4.1.10. Park Et – Bin Sistemleri

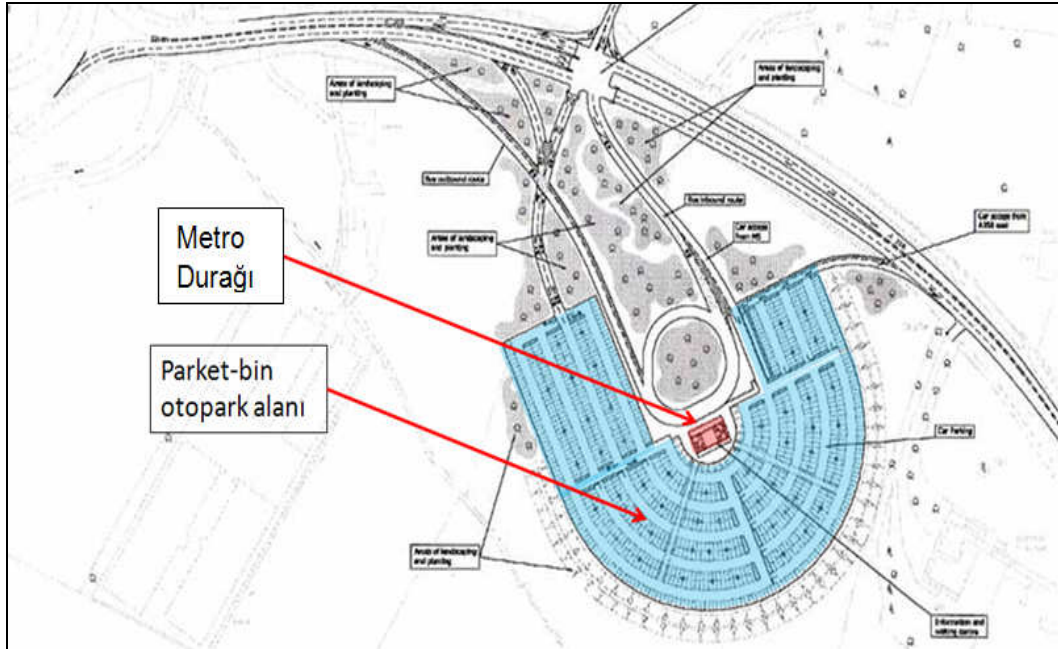
Özel otomobil kullanıcılarının metrobüs hattına erişimleri için hattın yolu üzerindeki duraklara Parket – Bin sistemlerinin kurulması gerekmektedir. Özel otomobillerin ana akımlarının yoğunlaşarak geldiği ana yol kesişimlerinde, hattın hemen üzerinde veya yanında otopark imkanlarının yaratılması sistemin özel otomobil kullanıcılarına cazip hale gelmesi için gereklidir. Bu sayede özel otomobil kullanıcılarından metrobüs için alınan yol kendilerine için de bir alternatif haline gelecektir. Ama gerek yer yokluğu, gerekse de kamulaştırma maliyetlerinin yüksekliği, ayrıca arazi kullanımında yol açacağı olumsuzluklar sebebiyle bu uygulamanın hayata geçirilmesi çok zor gözükmemektedir. Hazırlanacak planların eksiksiz ve firesiz uygulamayacağı, araya girecek ricalar veya benzeri sebepler yüzünden defaatle revizyona uğrayacağı için başlangıçta amaçlanan faydaya ulaşmak zor olacaktır. Ama tüm bu olumsuzluklara rağmen bu uygulamayı hayata geçirmek de gereklidir.



Şekil.23.1 Park Et – Bin levha örnekleri.

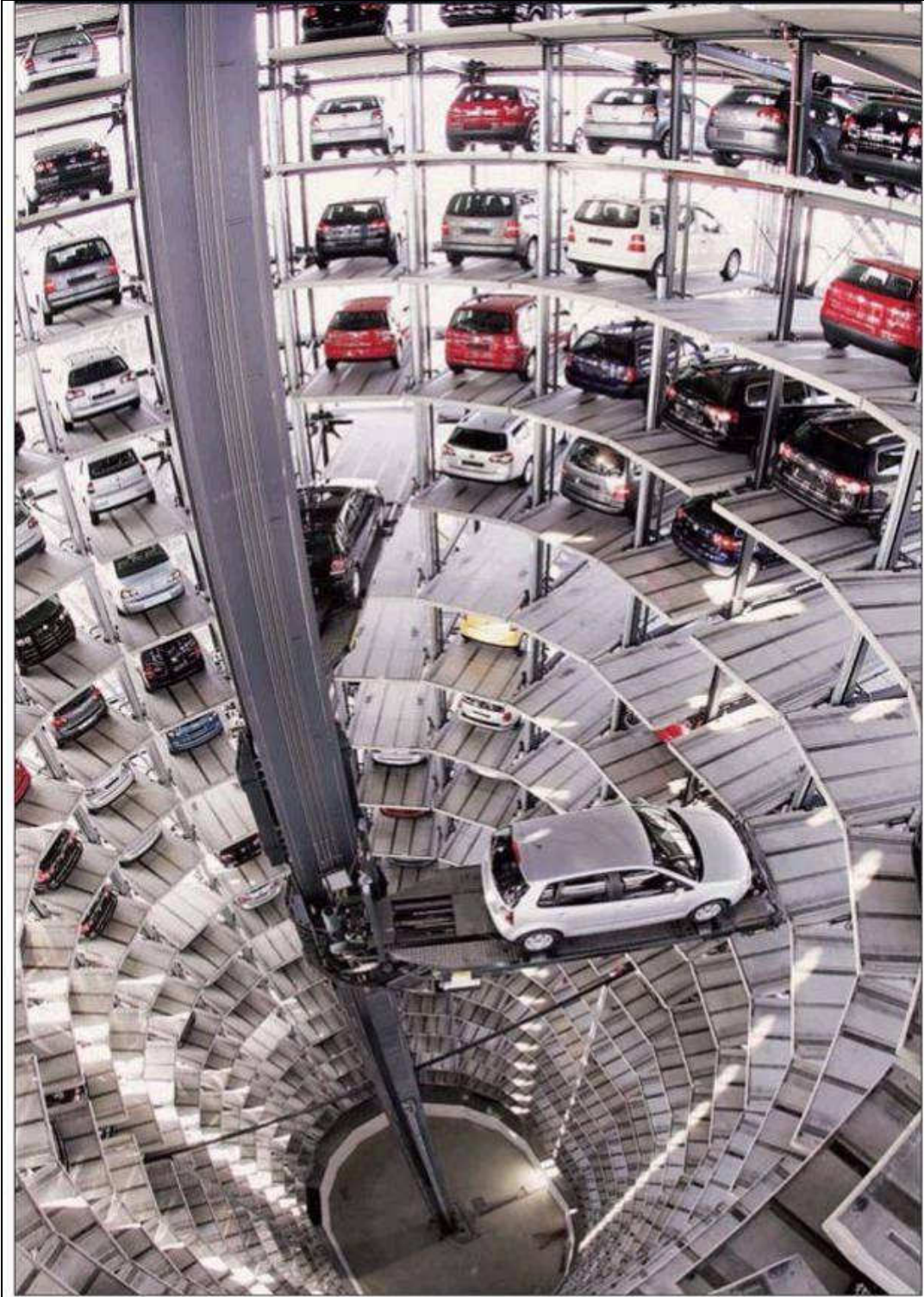


Şekil.23.2 Örnek bir Park Et - Bin uygulaması.



Şekil.23.3 Merkezinde durak olan ve yürüme mesafesini kısaltan bir Park Et-Bin uygulaması örneği.

Merkezi bölgelerde Parket – Bin uygulamalarının kendisinin de ek bir trafik yaratacağı için genelde uygun yer bulunması daha zor olacaktır. Böyle yerler bulunduğunda da alanlar dar olacağından akıllı dar alanlı uygulamalar yapılması gerekecektir. Akıllı ve dar alanlı otoparklar, otopark içi yollar ile oluşacak yer kayıplarını da park alanı kullanan veya kullanmaya çalışan sistemlerdir. Yükseklikleri diğer otoparklara göre daha az olduğu için daha çok aracın depolanmasına imkan sağlamaktadır.



AP

A Volkswagen Polo is loaded in the car towers of the VW Autostadt in Wolfsburg, northern Germany on Wednesday. The Autostadt, situated next to Volkswagen's headquarter, is the company's theme park, and distribution centre where daily 5,500 visitors view Volkswagen brands like Bentley, Audi, Lamborghini.

Şekil.24.1 Akıllı otopark uygulamasına örnek.(Almanya, Wolfsburg'ta VW Autostadt'taki araç depolama kulesi.)

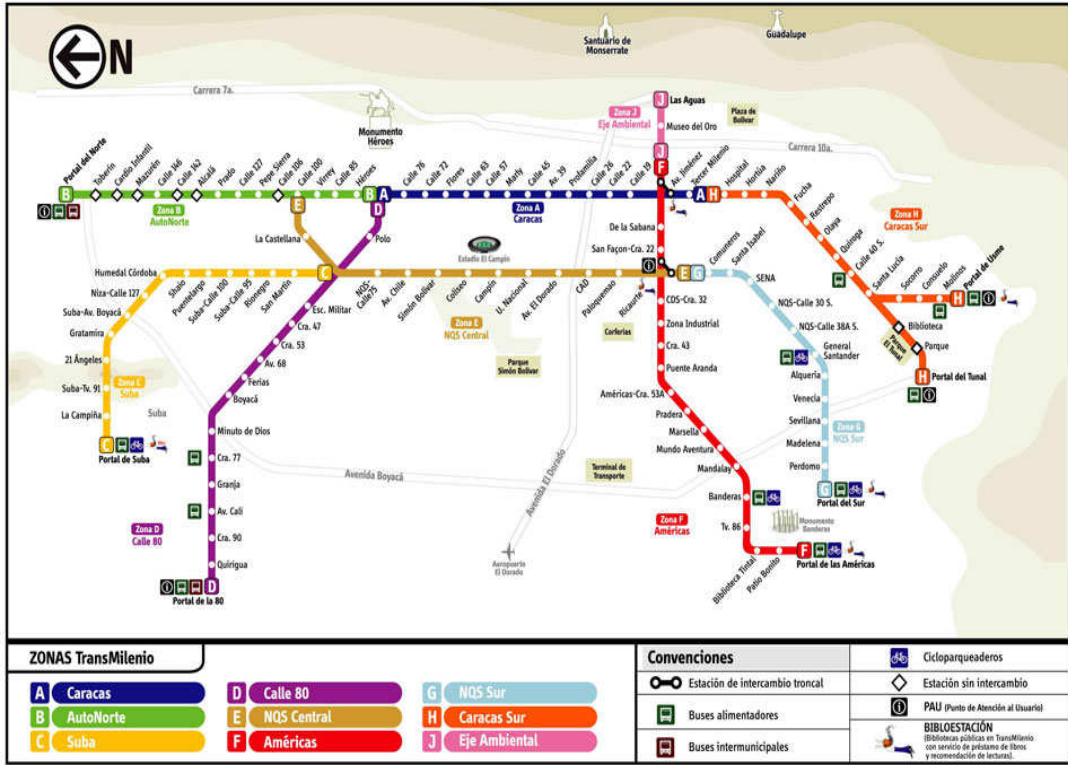


Şekil.25.1 Yükseltmiş yollar. Bu çizim JICA'nın Bogota Kolombiya'daki önerisidir. Öneri reddedilmiş ve bunun yerine TransMilenio BRT (Metrobüs) sistemi kurulmuştur. Bogota'nın çözümü çok katlı yollar yapmak ve Batılı ülkeler için bu uygulamanın deneme tahtası olmak değil, mevcut ulaşımında toplu taşıma için iki şerit yol ayrılması şeklinde olmuştur.



Şekil.26.1 Transmilenio BRT hattı. 2x2 yollar kullanılmıştır. (Bu uygulama sonucunda ortaya çıkan Transmilenio Metrobüs sisteminde 450 adet körüklü otobüs ile günde 800,000 kişi taşınmaktadır.)

MAPA GENERAL



Visite www.transmilenio.gov.co www.surumbo.com / Mayor información Línea 195

Şekil.26.2 Transmilenio BRT ağı.



Şekil.26.3 Ayrılmış otobüs yolu, Bogota Transmilenio BRT hattı.



Şekil.27.1 Curitiba public transit otobüs durağı.



Şekil.28.1 Transmilenio otobüslerin sollama şeridi.



Şekil.28.2 Transmilenio Metrobüs durak ve yolcu platformu.



Şekil.28.3 Transmilenio-durağa yanaşma.



Şekil.29.1 Brezilya-Curitiba Metrobüs sisteminin durakları.



Şekil.30.1 Transmilenio-durak görünümü.



Şekil.31.1 Çift şeritli Metrobüs hattı. (Kolombiya/Bogota-Transmilenio)



Şekil.32.1 Transmilenio’da durağa erişim. (Kolombiya / Bogota)



Şekil.33.1 Kısa duraklarda çift bomlu otobüsler ve düz yön işletme (Brezilya / Curitiba)



Şekil.34.1 Almanya Essen BRT hattı. Raylı sistem ve otobüsler aynı hat üzerinde çalışabiliyor.

4.2. İŞLETME

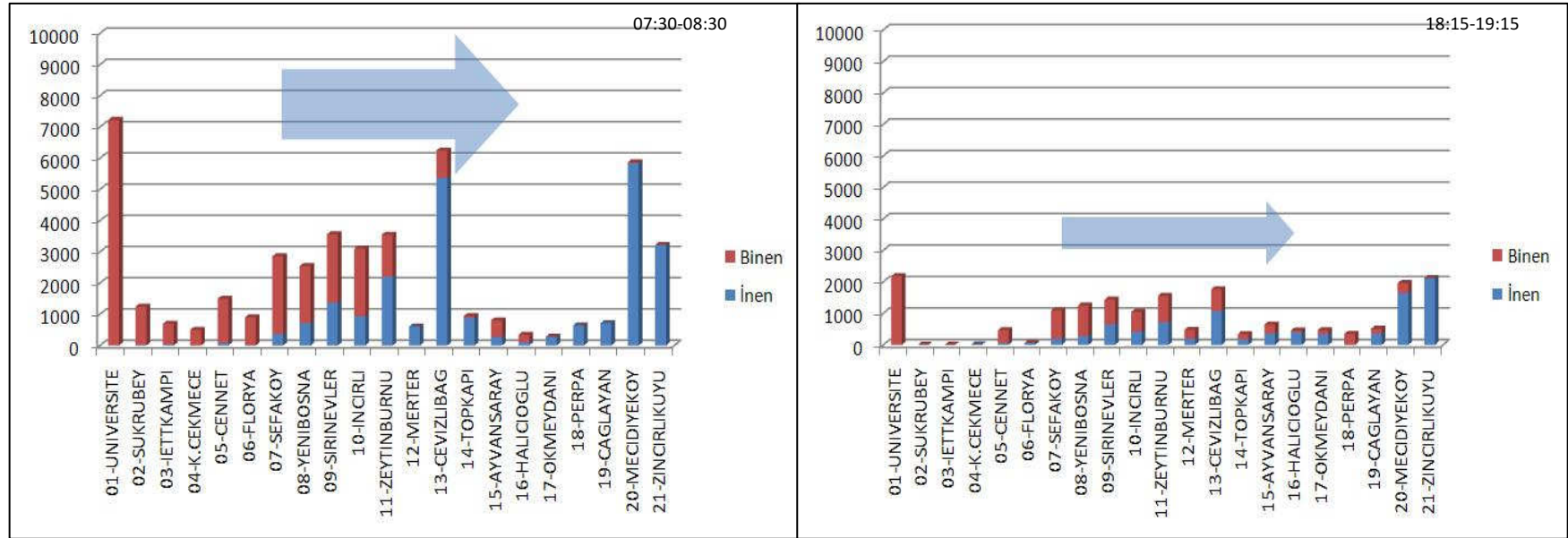
İşletme açısından bakıldığında aktarma noktalarının seçiminde iki önemli kriter bulunmaktadır:

- Yolcuların transfer sayısının minimum olması
- Daha az araçla aynı kapasitenin sağlanması

Hattın uzunluğu 30 km iken yolculukların ortamala mesafesi 14km'dir. Hattın uç duraklarından binenler için bu yolculuk mesafesi ortalama 18km'ye kadar uzamaktadır. Gelecekte hattın uzamasıyla bu mesafe Avcılar-Kozyatağı arasında 44km ve sonra da Beylikdüzü-Kozyatağı arasında 54km uzunluğa erişecektir. Yolcu sayısının mesafeyle artışı beklenen durumdur. Ortalama yolculuk mesafesi de artacaktır. Yolcu sayısı, hat 20km'den 30km'ye çıktığında 2 katına çıkmıştır. Km'de taşınan yolcu sayısı 8000 yolcu/km/gün'den 10.000 yolcu/km/gün'e yükselmiştir. Buna göre hattın Kozyatağına uzamasıyla hattın uzunluğu 44km'ye km'deki taşınması ise 12000 yolcu/km/gün civarında olacağı varsayılırsa yolcu sayısının günlük 530.000 yolcu/gün olacağı hesaplanabilir. Beylikdüzü-Kozyatağı arasında ise km'deki yolcu değişiminin 12.000 yolcu/km/gün'de sabit kalacağı varsayılırsa günlük hattın yolcu miktarı 650.000 yolcu/gün olacağı söylenebilir.

4.2.1. Bugünkü Kullanım ve İşletme

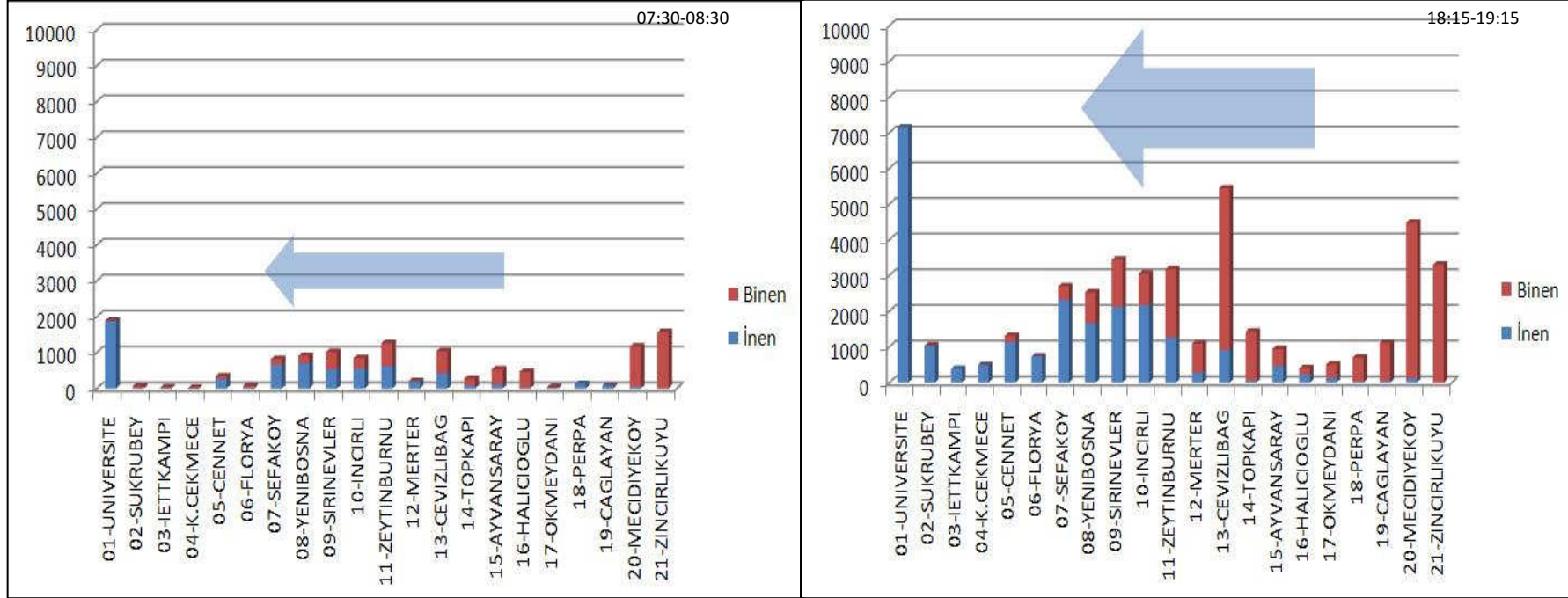
Mevcut Avcılar-Zincirlikuyu arası metrobüs işletmesindeki biniş-iniş ve doluluk bilgileri aşağıdaki gibidir.



Şekil.35.1 Avcılar-Zincirlikuyu arası yolculuklar (Sabah-Akşam)

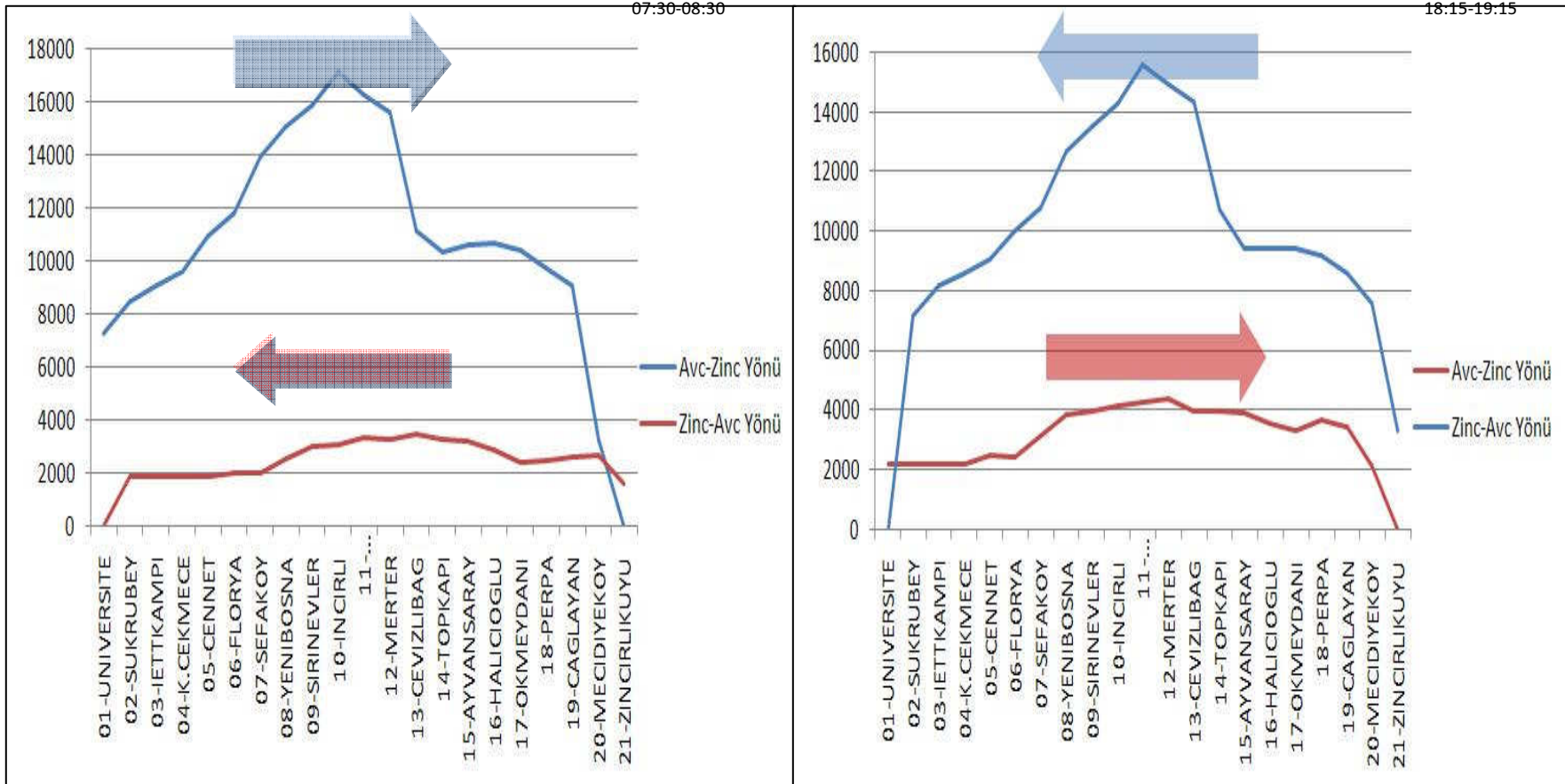
Yukarıdaki şekilde Avcılar-Zincirlikuyu yönündeki sabah ve akşam yolculukları görülmektedir. Zincirlikuyu yönünde sabah yolculukları ağırlıklıdır.

Yolcu binişleri özellikle Avcılar, Sefaköy, Yenibosna, Şirinevler, İncirli duraklarında yoğunlaşmaktadır.

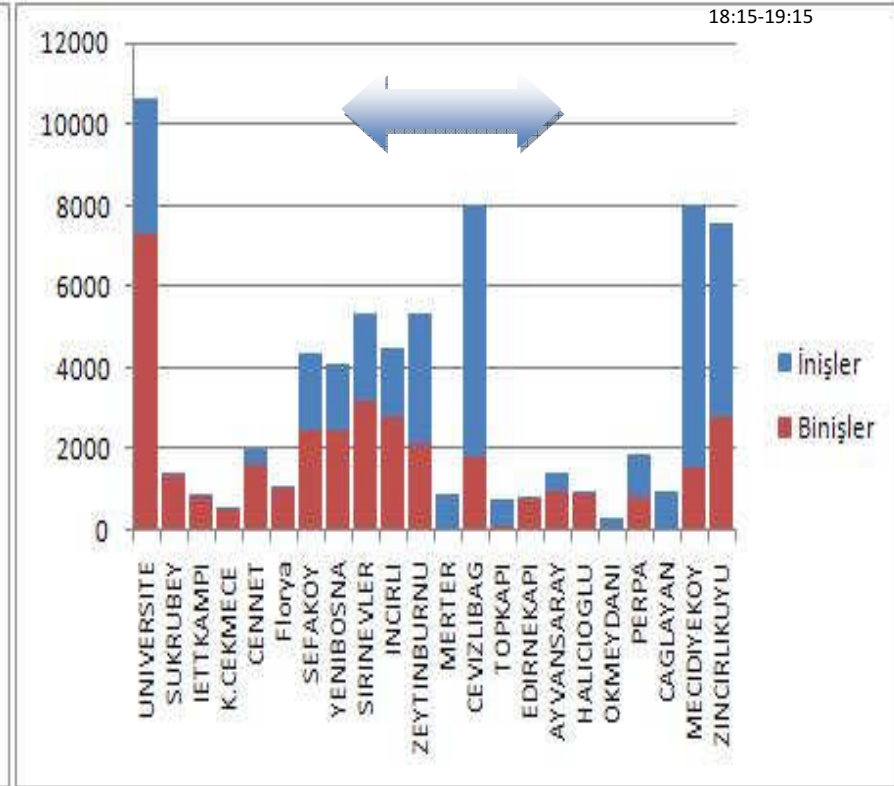
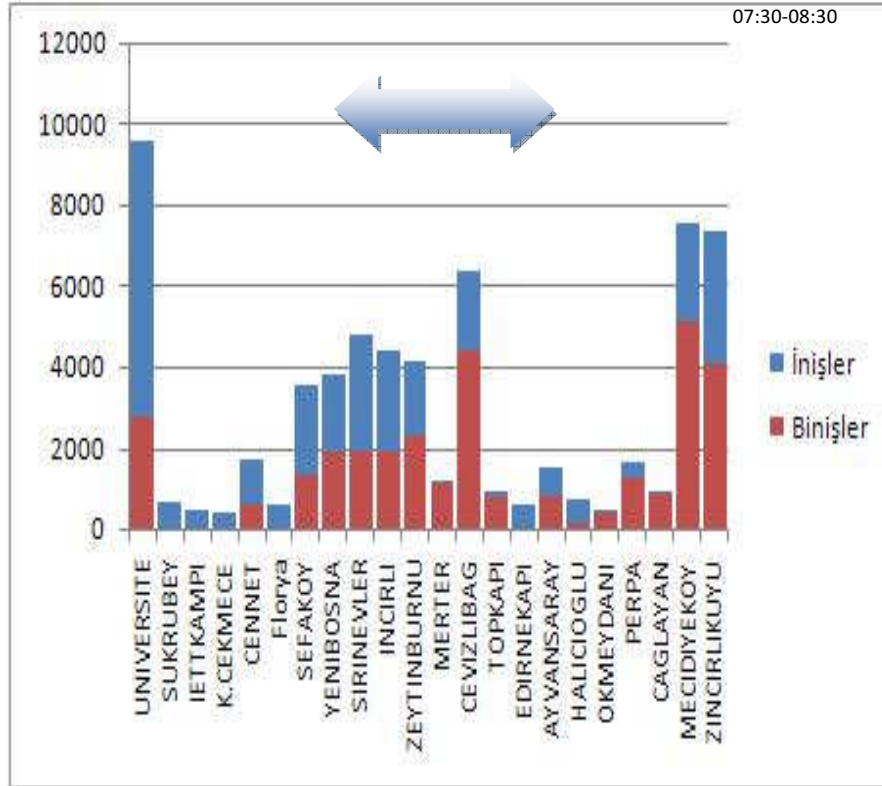


Şekil.35.2 Zincirlikuyu- Avcılar arası yolculuklar (Sabah-Akşam)

Yukarıdaki şekilde Zincirlikuyu-Avcılar arası sabah akşam yolculuklarının biniş ve işin durakları görünmektedir. Buna göre akşam saatlerinde Avcılar yönündeki yolculuklar yoğunlaşmaktadır. En çok biniş yapılan duraklar Zincirlikuyu, Mecidiyeköy, Cevizlibağ ve Zeytinburnu'dur.

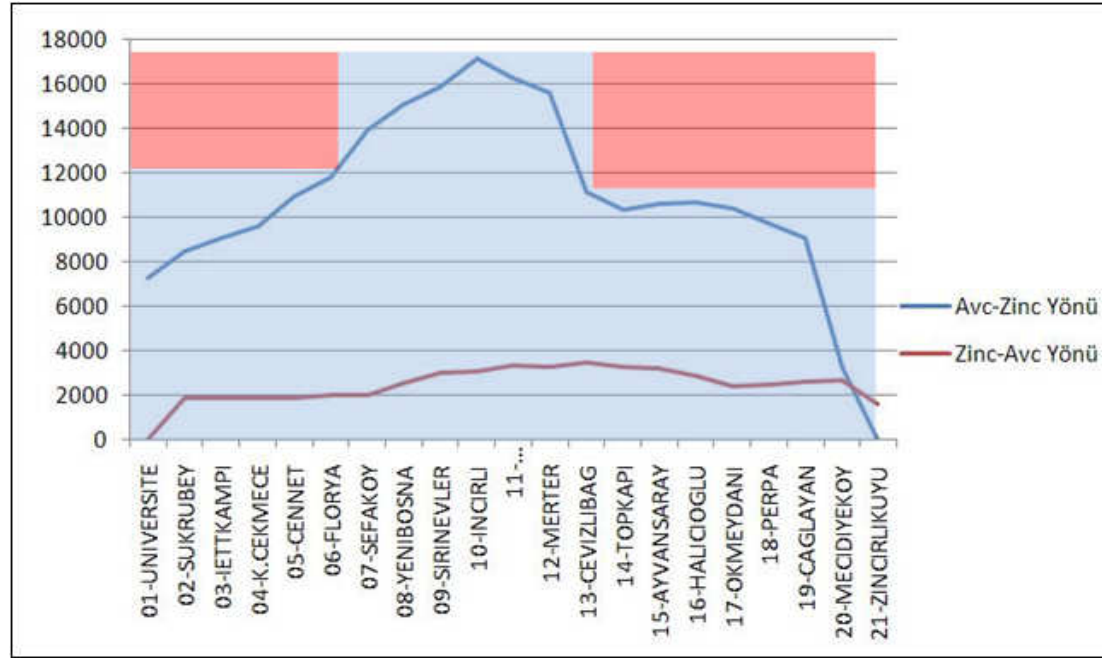


Şekil.36.1 Metrobüs hattı doluluk oranları



Şekil.36.2 Sabah ve akşam için toplam durak dolulukları.

Mevcut durum için işletmeye bir kadame daha eklenmesi uygun olacaktır. Metrobüsler üzerinde yapılan çalışma ile yapılan yolculuklar ve bunların akımlarının birleşerek kapasiteyi zorladığı bölgeler belirlenmiştir. Buna göre sefaköyden itibaren ikinci bir dönüş rampası Sefaköy-Florya arasına veya (uygun yer yoksa) Yenibosna Sefaköy arasına Cevizlibağ yönüne dönüş yapılmasını sağlayacak şekilde eklenmelidir. Bu şekilde aşağıdaki işletmeye uygun durum oluturulmuş olur.



Şeki.37.1 İşletme kapasiteleri

Bu gösterimdeki kırmızı alanlar eksiltelen atıl kapasiteyi göstermektedir. Bu şekilde bir işletme ile %20 araç tasarrufunda bulunulabilir.

5. SONUÇ

İstanbul için geliştirilen bu sistemin tüm sistemler gibi artıları ve eksileri bulunmaktadır. Çalışmanın objektif olabilmesi için BRT tanımları kısmında bu sistemle ilgili tanımlar, bu tanımları yapanların ağzından, yorum eklenmeksizin verilmiştir ama bu yöntem bu tanımların peşin hükümle, sorgulamaksızın kabul edildiği şeklinde anlaşılmalıdır.

Metro, LRT ve otobüs işletmesinin melezi olan bu sistemin artıları şunlardır :

- Diğer lastik tekerlekli toplu taşıma araçlarına göre, konfor ve hizmet düzeyi daha yüksektir.
 - Raylı sistem gibi planlanıp, raylı sistem gibi işletilmeye çalışılır.
 - Sistemin kurulumu kolaydır.
 - Sistemin kuruluşu kısa sürede gerçekleştirilir.
 - Yatırım maliyeti düşüktür.
 - Özellikle kaynak sıkıntısı çeken ve gelişmekte olan ülke kentleri için, kitlesel ulaşım cevap verebilen pratik bir çözümdür
 - Kapasitesi yüksektir.
 - Operasyonel esnekliğe sahiptir.
 - Aşama aşama güzergah gelişimi ile sistem büyütülebilir.
 - Seyahat süresinde tasarruf sağlar.
 - Kaza oranları düşüktür. (Çancı, 2008)*
-

Bu sayılan artıları ek olarak önemli eksileri de vardır. Bunlar da şu şekilde özetlenebilir:

Yapılan proje sebebiyle yol kenarındaki banket alanı ve emniyet şeridi ortadan kaldırılmış ve şerit haline getirilmiş, şerit sayısını muhafaza edebilmek için şerit genişlikleri azaltılmıştır. (projede 3.25 m.) Bu şerit sayısı muhafaza edilerek imalat yapılmıştır iddiasını desteklemek ve

* Tablo.10.1 Metrobüs ve Diğer Toplutaşıma Sistemlerinin Kıyaslaması

	HRS	Metro	Banliyö Treni	Otobüs	Metrobüs-Bus lane	Metrobüs-Busway
Sistem Kapasitesi (yolcu/saat)	21.000	12.000-40.000	10.000-30.000	600	4.500-7.500	4.500-25.000
Operasyon Hızı (km/saat)	21-45	25-60	40-70	15-20	17-25	22-50
Yol Genişliği (2 Şerit-m)	5-6.5	5-6.5	5.5-7	6-8.5	6-8	8-13
Durak Aralığı (m)	250-1.000			200-600	200-600	
Alçak Taban	Evet	Evet	Hayır		Evet	Evet
Güvenlik	Yüksek	Yüksek	Yüksek		Orta	Yüksek

Tablo.10.2 Metrobüs ve Diğer Toplutaşıma Sistemlerinin Kıyaslaması

	HRS	Metro	Banliyö Treni	Metrobüs-Bus lane	Metrobüs-Busway
Altyapı Maliyeti (Milyon Euro/km, 2 Şerit)	3-58	50-150	5-20	0.006-0.3	2.5-14
Araç Maliyeti (Bin Euro)	800-2.000	~6.000	1.800-3.000	112-185	112-185
Ekonomik Ömür (Yıl)	22-50	25-50	25-50	8-20	8-20

(Kaynak : Metin Çancı,2008, Metrobüs ve İstanbulda Metrobüs Uygulamaları, İstanbul Büyükşehir Belediyesi sunumu.)

eleştirileri en aza indirmek için yapılmış, yine bu kapsamda şerit genişliklerinin belirlenen limitler içerisinde olduğu iddiası da öne sürülmüştür ama tüm bu girişimlerde gelebilecek eleştirilerin önünü alma istek ve endişesinin önplana çıktığı görülmektedir. Çünkü eski bir karayolu olan ve bu özelliği bozulduğu ve şehir içinde kaldığı için anayol(anaarter) olarak devralınan D-100 de hala araçlar şehiriçi için belirlenen hızdan daha yüksek hızlarda, tıkanıklığa takılmadıkları zamanlarda, seyretmektedirler ve bu yüksek hızlarda araçların şeritlerini ve şerit disiplinini muhafazası oldukça zor olmaktadır.

Yine İstanbul Metrobüs sisteminin bu hatta yapılacak Metroya ayrılacak kaynak ve zamanın yeterli olmaması sebebiyle, yapımına başlanması ve bu kararda maliyetinin daha düşük olduğu ve daha hızlı imalatının yapılacağı gibi özelliklerinin etkili olduğu savunması sebebiyle, hizmete alınacağı tarihin önceden ilan edilmiş olması yerel yönetim üzerinde baskıya sebep olmuş, başarısız olmadığını ispatlamak için mahalli idare işi hızlandırmaya çalışmıştır. Bu kapsamda sisteme yolcuların rahat ulaşım ve erişimini sağlayacak olan yayayolları, bağlantı yolları, ama özellikle üstgeçitler ve yolcu platformları projeleri aceleye getirilmiş, geçici çözüm olabilecek uygulamalara gidilmiştir. Sistemin işleme alınması ile de bunlar kalıcı hale gelmiş ve sistemin verimliliği, etkinliğini kısıtlamaya başlamışlardır. Bu önemli bir eksiklik, çünkü sisteme kullanıcıların erişimini zorlu ve zahmetli hale getirmekte, sıkışıklıklara ve gecikmelere sebep olarak yolcu konforunu düşürmektedir.

Sistemde ITS uygulamalarının hemen hiç olmaması, raylı sistem benzeri olduğu ama onun daha uygun fiyatlı olduğu iddia edilen sistemin hala konvansiyonel körüklü otobüs şeklinde işletildiğini göstermektedir. Adı her ne kadar Lastik Tekerlekli Metro veya Metrobüs olsa da yolcu taşıyan araçların otobüs olması sebebiyle otobüslerin dezavantajları bu sistemin de kapasitesi ve etkinliğini sınırlamakta, raylı sistem gibi çalışmasını önlemektedir. Bunun aşılması için demiryolu araçlarının katar hareketlerini kısmen simule edecek olan 3'lü grup kalkışların uygulanması bir çıkış yolu olabilecektir. Çünkü tahsisli otobüs yolu uygulaması sebebiyle trafiğe girmeyen araçlar, kaza olmazsa, tıkanıklıkla karşılaşmadığı için gayet hızlı hareket etmektedir ama gerek pik saatte, gerekse de normal zamanlarda araçlar sıkışık şekilde gitmekte, çok yolcu taşıma için asgari yolcu konforu dahi feda edilmektedir. Hatırlatmakta fayda vardır, bu tür sistemlerde, hele yolcunun müşteri olarak görülmesini temel alan yeni yerel yönetim yaklaşımlarının hemen hepsinin temel hareket noktasında insan vardır, önceliği insandır. Bunun içinde müşteri olarak görülen ve memnun edilmesi olmazsa olmaz olan insanın sağlanan hizmetlerden insana yakışır şekilde istifa etmesi de vardır. Bu açıdan bir körüklü otobüsün içine

itiş-kakış doldurulup, altalta, üstüste taşınmasını ne kadar büyük bir başarıdır, bu kısmın üzerinde yeniden düşünmek yerinde olacaktır.

Sistemin altyapısı ve güvenliğinde de bazı eksiklikler bulunduğu gözlenmektedir: Bunlardan birisi sistemde kullanılan otokorkuluklardır. Bu korkuluklar Metrobüs araçlarının kontorlden çıkması durumunda araçları durduramamakta, yakınındaki karayoluna girmesi, buradaki araçlara da zarar vermesi ve trafik akışını kesmesini engellememektedir. Böyle bir durumda hem Metrobüs yolundaki hem de D-100 karayolundaki trafik akışı durmaktadır. Bu yüzden çelik tel bariyerlerin yapılması esnasında öne sürülen iddialar tartışmaya açık hale gelmektedir. Örneğin New Jersey vb. katı, rijit bariyerlerin bir kaza halinde Metrobüs aracını otobüs yoluna geri itip yolun kapanmasına yol açacağı gibi. Oysa akıllı metallerden veya sert malzemeden yapılmamış bariyerler bir kaza halinde daha fazla zararın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Araçların seyir yollarının inşaaı sırasında da yapılmış bir dizi yanlış göze çarpmaktadır. Bunun en belirgin olanı sert rijit beton zemin üzerine esnek kaplama yapılması, onun da çoğu yerde sadece asfaltın aşınma tabakasının serilmesidir. Altyapısı sert beton zemin olan ve üstten gelen şoklar ve yükleri normal bir asfalt yol gibi emip, tolere edemeyen bu yol yapısı sonuç olarak kısa sürede ve sıklıkla deforme olmakta ve sürekli bakım ve onarım masrafi çıkarmaktadır. Bu maliyet de, aynen kamulaştıma maliyeti ve araç maliyeti gibi kalemlerle birlikte düşünülüp toplam maliyete eklendiğinde, BRT sisteminin Raylı sistemlere göre daha ucuz olduğu iddiasını tartışılır hale getirmektedir.

Sonsöz olarak, tüm bileşenleri değil de belli ve seçilmiş bazı argümanları hesaplamaya katarak iddianızı belli bir süre savunabilirsiniz ama tüm hepsini dikkate alacak ve eksik yönlerini dikkate alanlar her zaman olacaktır. BRT sistemlerinin ilk yatırım maliyeti yüksek olan raylı sistemlere göre daha hızlı yapıldığı doğrudur ama sadece seyir yolunun imalat maliyetini, özellikle İstanbul gibi bir şehirde, tek maliyet kalemi olarak ele alarak bir analiz yapmak sadece bu türden projelerin taraftarları ve karar vericileri yanıltmaktan başka bir işe yaramayacaktır.

Şu bir gerçektir ki, Metrobüs farklı, hibrit bir sistemdir, nisbeten kendine özgüdür ama hiçbir zaman benzetildiği raylı sistem olamayacaktır. Bu uygulamaya örnek olarak gösterilen ABD ve Avrupada bu sistemin çizdiği profil konforu ve uygulaması iyileştirilmiş bir otobüs yolu

uygulaması şeklindedir. Hiç birinde raylı sisteme alternatif, mucizevi, yeni bir toplulaşıma sistemi olduğu veya olacağı gibi bir iddia yoktur.

İstanbuldaki sistem pek çok ülkeye örnek olacak ve tecrübe sağlayacaktır ama bu aynı aks üzerinde bir Metro hattı ihtiyacını ortadan kaldırmamaktadır.

KAYNAKÇA

Barnard B.T. , 1955. A Business Man Looks at Transit. Urban Land. Cilt: 14. (10), Urban Land Institute.

Beddor C., Chen W., deLeon R., Park S. ve Weiss D. J., Ağustos 2009. *Securing America's Future, Enhancing Our National Security by Reducing Oil Dependence and Environmental Damage*. Washington: Center for American Progress.

Bus Rapid Transit Shows Promise , 2001. Washington: U.S. General Accounting Office, GAO-01-984.

Bus Systems for the Future, 2002. Paris, Fransa: Achieving Sustainable Transport Worldwide, International Energy Agency.

Crain J. L., 1963. *The Rapid Bus Concept*. Monk Park, CA.: Stanford Research Institute.

Currie G., 1 – 3 Şubat 2006. *Bus Rapid Transit in Australasia : Performance, Lessons Learned and Futures*. Barselona, İspanya: PTP International Conference on Efficient Bus Systems. s. 1 – 22.

Çancı M. ,2008. Metrobüs ve İstanbulda Metrobüs Uygulamaları. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi sunumu.

Diaz R. B. ve Hinebaugh D. M., 2009. *Charasteristics of Bus Rapid Transit for Decision – Making*. Tampa FL. National Bus Rapid Transit Institute. Center for Urban Transportation Research. University of South Florida.

Diaz R. B., Chang M., Darido G., Kim E., Schnek D., Hamilton B. A., Hardy M., Baltes M., Hinebaugh D., Wnuk L., Silver F., Zimmerman S., 2004. *Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision – Making*. Washington: Office of Research, Demonstration and Innovation, Federal Transit Administration, U.S. Department of Transportation.

Diaz R.B. ve Donald C. Schneck D. C, 2000. Bus Rapid Transit Technologies in the Americas. Washington: Transportation Research Record 1731 Transit Bus Transit and Maintenance; Rural; Paratransit; Technology; Capacity and Quality of Service. Paper No. 00-0631. Transportation Research Board-National Research Council. National Academy Press, s. 3 – 9.

Güven G., 2008. *Metrobüs Sistemlerinin Planlama, Tasarım ve İşletim Özellikleri*. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ilıcalı M., Camkesen N. ve Dündar S., Kentiçi Ulaşımında Toplutaşımanın Önemi ve İstanbul Örneği,

http://ius.imoizmir.org.tr/ius_bildiriler/09_k08_ius_ilicali_camkesen_dundar.pdf.

(erişim tarihi: 14 Nisan 2010)

İstanbul Metrobüs Sistemi Analizi ve Dünya Örnekleri ile Karşılaştırmalar. (Metrobüs Sunumu), 2009. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Daire Başkanlığı.

Levinson H., Zimmerman S., J. Clinger J., Rutherford S., Smith R., Cracknell J. ve Soberman R., 2003. *Bus Rapid Transit*. Cilt:1, TCRP Report 90. Washington: US TCRP (*Transit Cooperative Research Program*).

Levinson H.S., Zimmerman S., Clinger J., Gast J., Rutherford S., Bruhn E., 2003. *Bus Rapid Transit, Volume 2:Implementation Guidelines*. Transit Cooperative Research Program, TCRP Report 90. Washington: Transportation Research Board.

McDonnell S., Ferreira S., Convery F., 2006. Impacts of Bus Priority Attributes on Catchment Area Residents in Dublin, Ireland. *Journal of Public Transportation*. 9 (3):, Special Edition: Bus Rapid Transit, s.137 – 161.

Meirelles A., 2000, A Review of Bus Priority System in Brazil: From Bus Lanes to Busway Transit, Smart Urban Transit Conference, Brisbane, Avustralya, 17 – 20 Ekim.

National BRT Institute, http://www.nbrti.org/docs/pdf/metro_magazine.pdf. (erişim tarihi: 14 Nisan 2010)

Peterson D., Hough J. ve Ulmer D., 2006. *Express Bus Transit Study : A Case Study*. North Dakota: Upper Great Plains Transportation Institute, North Dakota State University.

Report on Bus Rapid Transit Between Concord and Oakland – San Francisco, 1957. San Francisco, CA.: California Public Utilities Commission. Transportation Division. Traffic Engineering Section. California Public Utilities Commission.

Sustainable Mobility, 2006. A Publication of EMBARQ and Center for Sustainable Transport in Mexico. Metrobus. Welcome Aboard, Yıl : 1, Cilt : 1.

Thomas E., 2001, *Bus Rapid Transit*, Chicago: Prezentasyon, Institute of Transportation Engineers Annual Meeting.

Wright L., 2003. *Bus Rapid Transit*. Eschborn: GTZ.

Wright, L. ve Hook W., 2007. *Bus Rapid Transit Planning Guide*. (III. Baskı). New York: Institute for Transportation&Development Policy.