



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



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İSTANBUL METROBÜS SİSTEMİNİN ANALİZİ
VE KAPASİTE ARTIRIM ÖNERİSİ**

Aydın DELİ

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Programı**

Danışman

Doç. Dr. Alp Baray

II. Danışman

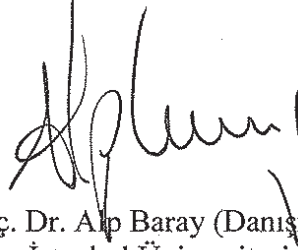
Yrd. Doç. Dr. Murat Akad

Şubat, 2015

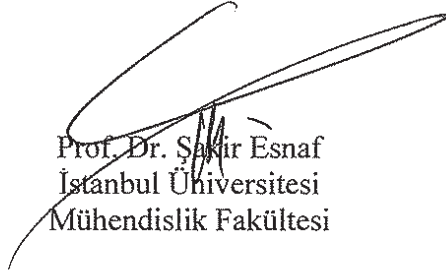
İSTANBUL

Bu çalışma 23/02/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



Doç. Dr. Alp Baray (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Şakir Esnaf
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Mehmet Mutlu Yenisey
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Murat Ergün
İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi



Yrd. Doç. Dr. Fıncay Özcan
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında yolculuk kayıtlarından ve verilerinden yararlandığım İETT metrobüs yönetimine, yardımlarını ve zamanını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Murat Akad'a, yöntemlerinden ve çalışmalarından yararlandığım ve beraber çalışma bahtiyarlığına eriştiğim değerli yöneticim Yrd. Doç. Dr. Fahrettin Eldemir'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca sabır ve desteğinden ötürü değerli eşime teşekkür ederim.

Şubat, 2015

Aydın DELİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	vii
SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	2
2.1. KAPASİTE	2
2.2. PERFORMANS VE HİZMET KALİTESİ	9
2.3. RAYLI SİSTEMLER VE BRT KARŞILAŞTIRMASI	18
2.4. DÜNYADAKİ BRT UYGULAMALARI VE İSTANBUL	22
2.4.1. Yapısal Karşılaştırmalar.....	24
2.4.2. Operasyonel Karşılaştırmalar.....	26
3. MALZEME VE YÖNTEM	29
3.1. BAŞLANGIÇ-SON MATRİSLERİ	29
3.2. İSTANBUL BRT (METROBÜS) SİSTEMİ.....	31
3.2.1. İstasyonlar	37
3.2.2. Garajlar, Bakım ve Dolum İstasyonları	40
3.2.3. Metrobüs Taşıtları	41
3.2.3.1. Taşıt Özellikleri	41
3.2.3.2. Metrobüs Arıza İstatistikleri.....	42
3.2.4. Metrobüs İşletme Modeli	43
3.2.4.1. Hafta İçi Çalışan Taşıtlar Sayısı.....	44
3.2.4.2. Hafta Sonu Çalışan Taşıtlar Sayısı.....	44
3.2.4.3. Hatlar	44
3.2.4.4. Ücretlendirme Sistemi	45
3.2.4.5. Yolculuk Sonrası İadeler	46

3.2.5. Şoförler.....	46
3.3. METROBÜS YOLCULUK ANALİZLERİ.....	46
3.3.1. Metrobüs'ün Diğer Ulaştırma Seçenekleriyle İlişkisi.....	46
3.3.2. Saatlik Yolculuklar	48
3.3.3. Yolculuk Profilleri	52
4. BULGULAR.....	54
4.1. BAŞLANGIÇ-SON MATRİSLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....	54
4.1.1. İade Kullanım Analizleri.....	56
4.1.2. Geçiş Verilerinden O-D Matrisi Oluşturulması	64
4.2. ESKİ İŞLETİM SİSTEMİ	65
4.2.1. Saatlik O-D Analizi.....	65
4.2.2. Kesit Yolcu Sayıları (Biriken Yolcu Sayıları)	72
4.2.2.1. <i>Biniş ve İnişler</i>	75
4.2.2.2. <i>Birikimli Yolcu Sayıları</i>	76
4.2.3. Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.....	78
4.2.4. İstasyon Taşıt Kapasitesi (Stopping Bays)	80
4.2.5. Taşıt Bekleme Süreleri.....	82
4.2.6. Taşıt Kapasitelerinin Hesaplanması.....	84
4.2.7. Taşıt İçi Doluluklar	85
4.3. YENİ İŞLETİM SİSTEMİ	91
4.3.1. Kesit Yolcu Sayıları (Biriken Yolcu Sayıları)	93
4.3.2. Hatlarda Çalışan Taşıt Sayıları ve Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.....	94
4.3.3. Taşıt İçi Doluluklar	94
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	99
5.1. METROBÜS TAŞITLARININ OLMASI GEREKEN YOLCU KAPASİTESİ ..	99
5.2. KONVOY SİSTEMİ	100
5.3. SOLLAMA KESİMLERİ OLUŞTURULMASI VE EKSPRES HATLAR	101
5.4. AKILLI SİSTEMLER	105
5.5. GENEL ÖNERİLER	106
KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ.....	111

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2. 1: Farklı Stratejilere Ait Değişkenlerin Birbiri ile İlişkileri	3
Şekil 2. 2: BRT, LRT ve Metronun Kapasite, Hız ve Maliyet Karşılaştırmaları	19
Şekil 2. 3: Aynı maliyetle 2 sistem seçeneği.	21
Şekil 2. 4: Aynı Maliyetle Yapılabilecek BRT, LRT ve Metro Uzunlukları.....	22
Şekil 2. 5: Dünyadaki BRT Sistemleri	23
Şekil 2. 6: Yolculuk Kapasiteleri açısından Dünyadaki BRT Sistemleri	23
Şekil 2. 7: Ülkelerdeki BRT Sayıları	24
Şekil 2. 8: BRT Filo Araç Sayıları.	24
Şekil 2. 9: BRT Hat Uzunlukları	25
Şekil 2. 10: BRT İstasyon Sayıları	25
Şekil 2. 11: BRT Koridor Sayıları.....	26
Şekil 2. 12: BRT Yıllık Yolculuk Sayıları.	26
Şekil 2. 13: BRT Günlük Yolculuk Sayıları.....	27
Şekil 2. 14: BRT Zirve Saatlerdeki Yolculuk Sayıları	27
Şekil 2. 15: BRT En Yoğun Kesitlerden Geçen Araç Sayıları	28
Şekil 3. 1: İstanbul Metrobüs Haritası.....	32
Şekil 3. 2: Ulaşım Türlerinin Yolculuk Oranları.....	33
Şekil 3. 3: Mayıs 2014 Yolculuk Verilerine Göre Ulaşım Türlerinin Oranları.....	33
Şekil 3. 4: En Yüksek Yolculuk Kapasitesine Sahip Operatörler.....	34
Şekil 3. 5: Yıllara Göre Metrobüs Yolculuk Sayıları.	35
Şekil 3. 6: 2013 Yılı Metrobüs Hafta İçi ve Hafta Sonu Yolculuk Sayıları.	35
Şekil 3. 7: Metrobüs Yolculuklarının Ortalama Yolculuk Sayıları (Günlük).....	36
Şekil 3. 8: Metrobüs Rotası.	37
Şekil 3. 9: Hizmet Düzeyi “F’ye” yaklaşan Zincirlikuyu İstasyonu.	40
Şekil 3. 10: 2013 Yılı'nın Günlük Ortalama İstasyon Yolculukları.	40
Şekil 3. 11: Avcılar Yakıt İkmal Noktası.	41
Şekil 3. 12: Ocak 2013, Metrobüs Arıza İstatistikleri.	42
Şekil 3. 13: 2013 Ocak Ayı Günlere Göre Arıza Sayıları.	43
Şekil 3. 14: 2013 Ocak Ayı Arıza Tamir Ortalama Süreleri (dk).....	43

Şekil 3. 15: İşletim Sisteminde Çalışan Hatlar.....	45
Şekil 3. 16: Metrobüsü Besleyen Ulaştırma Modlarının Karşılaştırması.....	47
Şekil 3. 17: Metrobüsü Günlük Olarak En Fazla Besleyen Operatörler.....	48
Şekil 3. 18: Aralık Ayı Günlük Yolculuklar.....	49
Şekil 3. 19: Haftaiçi Saatlik Zaman-Yoğunluk Grafiği.....	49
Şekil 3. 20: Haftaiçi 15'er Dakikalık Zaman-Yoğunluk Grafiği.....	50
Şekil 3. 21: Cumartesi Saatlik Zaman-Yoğunluk Grafiği.....	50
Şekil 3. 22: Cumartesi 15'er Dakikalık Zaman-Yoğunluk Grafiği.....	51
Şekil 3. 23: Pazar Saatlik Zaman-Yoğunluk Grafiği.....	51
Şekil 3. 24: Pazar 15'er Dakikalık Zaman-Yoğunluk Grafiği.....	51
Şekil 3. 25: Günlük Yolculukların Bölgelere Göre Dağılımı.....	52
Şekil 3. 26: Günlere Göre Yolculuk Profilleri.....	53
Şekil 3. 27: Farklı Yolcular Tarafından Yapılan Yolculuklar.....	53
Şekil 4. 1: İade ve Geçiş Kayıtlarının Eşleştirilmesi.....	55
Şekil 4. 2: Çalışma Akış Şeması.....	56
Şekil 4. 3: 1 Geçişi ve 1 İadesi Bulunan Yolculukların Eşleştirilmesi.....	58
Şekil 4. 4: 2 Geçişi 2 İadesi Bulunan Yolculukların Eşleştirilmesi.....	61
Şekil 4. 5: 2 İade 2 Geçişi Bulunan Yolculukların Eşleştirilmesi.....	63
Şekil 4. 6: Hafta İçi 07:00-07:59 Arası O-D Matrisi.....	68
Şekil 4. 7: Hafta İçi 07:00-07:59 Arası O-D Matrisi'nin Normalize Edilmiş Hali.....	69
Şekil 4. 8: Hafta İçi 08:00-08:59 Arası O-D Matrisi'nin Normalize Edilmiş Hali.....	70
Şekil 4. 9: Hafta İçi 18:00-18:59 Arası O-D Matrisi'nin Normalize Edilmiş Hali.....	71
Şekil 4. 10: Sabah T-S Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun 2 Saatin Ortalaması).....	77
Şekil 4. 11: Sabah S-T Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun 2 Saatin Ortalaması).....	78
Şekil 4. 12: Akşam T-S Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun Saat).....	78
Şekil 4. 13: Akşam S-T Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun Saat).....	78
Şekil 4. 14: Sabah En Yoğun Saatlerde Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.....	80
Şekil 4. 15: Akşam En Yoğun Saatte Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.....	80
Şekil 4. 16: İstanbul Metrobüs İstasyonu.....	81
Şekil 4. 17: Bogota BRT İstasyonu.....	81
Şekil 4. 18: Taşıt frekansı ve Sistem Hızı İlişkisi.....	82
Şekil 4. 19: Kesit Kapasite Hesaplama Yöntemi.....	86
Şekil 4. 20: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 07:00-08:00 Saatleri Kesit Yoğunluk Grafiği.....	90
Şekil 4. 21: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 08:00-09:00 Saatleri Kesit Yoğunluk Grafiği.....	90
Şekil 4. 22: Aralık Ayı Haftaiçi Akşam 18:00-19:00 Saatleri Kesit Yoğunluk Grafiği.....	91
Şekil 4. 23: Saatlik Yoğunluklar.....	92
Şekil 4. 24: Sabah ve Akşam En Yoğun Saatte Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.....	94

Şekil 4. 25: Seçilen Günlerin Haftaiçi Sabah 07:00-08:00 Saatleri Kesit Yoğunluğu.	96
Şekil 4. 26: Seçilen Günlerin Haftaiçi Sabah 08:00-09:00 Saatleri Kesit Yoğunluğu.	97
Şekil 4. 27: Seçilen Günlerin Haftaiçi Akşam 18:00-19:00 Saatleri Kesit Yoğunluğu.	97
Şekil 5. 1: Taşıt Kapasite Hesaplama Yöntemi (BRT Planning Guide, 2007).	100
Şekil 5. 2: Sollama Şerit Seçenekleri.	102
Şekil 5. 3: İstasyonlarda Ek Şerit.	103

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2. 1: BRT Standartları Kategorileri	13
Tablo 2. 2: BRT Sistem Değerlendirmesinde Puan Kesintileri	13
Tablo 2. 3: Metrobüs Yolcu Anketi	17
Tablo 2. 4: BRT ve raylı sistemlerin çeşitli yönlerden karşılaştırması	20
Tablo 2. 5: Ulaşım Modlarının Tek Saat Tek Yön Yolculuk Kapasiteleri	20
Tablo 2. 6: Farklı Şehirlerdeki Toplu Taşıma Türlerinin Maliyet Analizleri	21
Tablo 3. 1: Mayıs 2014 Yolculuk Verilerine Göre Operatör Oranları.....	34
Tablo 3. 2: 2013 Yılı'nın Aylarına Göre Metrobüs Yolculukları.....	36
Tablo 3. 3: İstasyonlar Arasındaki Mesafeler ve Yoğunluklarına Göre Hizmet Düzeyleri	38
Tablo 3. 4: Kuyrukta Bekleyen Yayalar için Hizmet Düzeyi Kriterleri.	39
Tablo 3. 5: Metrobüs Taşıt Bilgileri.....	41
Tablo 3. 6: Metrobüs Yakıt Bilgileri.....	41
Tablo 3. 7: Aralık 2013 Hafta İçi Çalışan Metrobüs Sayıları.	44
Tablo 3. 8: Aralık 2013 Hafta Sonu Çalışan Taşıt Sayıları.....	44
Tablo 3. 9: Yolculuk Ücretleri.	45
Tablo 4. 1: Aralık Ayı İade sayıları.	56
Tablo 4. 2: İade Verilerinin Okutulma Sıklığı.	57
Tablo 4. 3: 1 Geçiş Verisi ve 1 İade Verisi Eşleştirilmesi Sonuçları.	59
Tablo 4. 4: Gidilen İstasyona Bağlı Ücret Politikası.....	59
Tablo 4. 5: 2 İade 2 Geçiş Bulunan Yolculukların O-D Tutarlılığı.	63
Tablo 4. 6: İstasyon Numaraları.....	66
Tablo 4. 7: Sabah ve Akşam Saatlerinin Birikimli Yolcu Sayıları.	73
Tablo 4. 8: Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.	79
Tablo 4. 9: İstasyon Taşıt Kapasiteleri	82
Tablo 4. 10: Yoğun İstasyonların Bekleme Zamanları.	83
Tablo 4. 11: Taşıt Kapasite Hesaplaması.....	85
Tablo 4. 12: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 07:00-08:00 Saatleri Kesit Yoğunlukları.	87
Tablo 4. 13: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 08:00-09:00 Saatleri Kesit Yoğunlukları.	88
Tablo 4. 14: Aralık Ayı Haftaiçi Akşam 18:00-19:00 Saatleri Kesit Yoğunlukları.....	89
Tablo 4. 15: 1 Eylül-15 Ekim Yolculuk Sayıları.	92

Tablo 4. 16: Seçilen Günlerin İstasyon Kesit Sayıları.	93
Tablo 4. 17: Yeni İşletim Sistemindeki Hatlar ve Taşıt Sayıları.	94
Tablo 4. 18: Seçilen Günlerin Taşıt İçi Doluluk Oranları.	95

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
C	: Taşıt kapasitesi
d_i^+	: Bir kesitten geçen yolcu sayısı
n_i^+	: Bir kesitten geçen taşıt sayısı
y_i^+	: Bir yöndeki taşıt içi yoğunluğu

Kisaltmalar	Açıklama
BRT	: Bus Rapid Transit
O-D	: Origin Destination
SQL	: Structured Query Language
S-T	: Söğütlüçleşme-Tü yap Yönü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSSİDE	: Türkiye Sanayi Sevk ve İdare Enstitüsü
T-S	: Tü yap Söğütlüçleşme-Tü yap Yönü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ İSTANBUL METROBÜS SİSTEMİNİN ANALİZİ VE KAPASİTE ARTIRIM ÖNERİSİ

Aydın DELİ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alp BARAY
II.Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat AKAD

İstanbul ana arterinde yer alan metrobüs sistemi yolculukların hızlı bir şekilde tamamlanmasını sağlayan ulaşım türü olmuştur. Ulaşım türleri arasından, metrobüs kadar fazla yolcuya hizmet veren başka bir ulaştırma modu yoktur. Bu avantajlarının yanında yoğun taleplerden ötürü taşıt içi doluluklar zaman zaman kapasite sınırını geçmekte ve yolculuklar eziyet haline gelebilmektedir. D-100 karayolunda yer alan bu sistemin çok fazla esnekliği bulunmamakla birlikte yolcu memnuniyetini ve konforunu artırabilmek için bazı yapısal ve operasyonel farklılıklara gidilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada “kapasite, performans ve hizmet kalitesi, raylı sistemler ve BRT karşılaştırması” başlıkları altında literatür araştırması yapılmıştır. Ardından SQL-Visual Basic kodlamaları yardımıyla “Büyük Veri” analizleri yapılmıştır. Milyonlarca metrobüs yolculuk kayıtları analiz edilerek yolculuk profilleri çıkarılmış, Başlangıç-Son matrisleri oluşturulmuştur. İade verileriyle eşleştirilen yolculuklarla O-D matrislerinin tutarlılığı sorgulanmıştır. Ortaya çıkan matrislerle binen, inen ve birikimli yolcu sayıları hesap edilmiştir. Son olarak yolcu taleplerinin ve sunulan kapasitenin bilinmesiyle günün en yoğun saatlerinin taşıt içi doluluk oranları çıkarılmıştır. 2014 Eylül ayı itibariyle farklı bir işletim sistemine geçen metrobüsün eski işletim sistemi 2013 Aralık ayı yolculukları, yeni işletim sistemi ise 2014 1 Eylül-15 Ekim yolculukları üzerinden incelenmiştir. Karşılaştırması yapılan bu işletim sistemlerinin yanında kapasite iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur.

Şubat 2015, 124 Sayfa

Anahtar Kelimeler: İstanbul Metrobüsü, Büyük Veri, Başlangıç-Son matrisi, Birikimli Yolcu Sayısı

SUMMARY

M. Sc. THESIS

ANALYSIS OF ISTANBUL'S BRT (BUS RAPID TRANSIT) SYSTEM AND A PROPOSAL FOR INCREASING SYSTEM CAPACITY

Aydın DELİ

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Alp BARAY

Co-Supervisor: Asst. Prof. Murat AKAD

The BRT system of Istanbul located in the main artery of the city is the mode of transportation allowing significantly faster trips. Among transportation modes, there is not a mode serving more passengers than BRT systems do. Despite these advantages, due to high demand in rush hours, occupancy rates in the vehicles are likely to exceed capacity limits which in turn cause capacity crushes. The system in D-100 highway has to undergo some structural and operational changes to increase passenger satisfaction and comfort although it does not have the required flexibility to realize significant improvements.

In this study capacity, performance and service level, comparison of BRT and the rail modes is made. Afterwards big data analyses are made with SQL and Visual Basic based query coding. Trip profiles are created as a result of analyzing millions of BRT trip records, moreover Origin Destination (O-D) matrices are constructed. It has been checked and verified that there is consistency between O-D matrices and return path data in BRT stations. By the help of resulting matrices boarding, alighting and cumulative passenger numbers are calculated. Finally, occupancy levels inside vehicles are revealed as known passenger demand and presented capacity. BRT has been a different operational system since September 2014 and its old system is examined with trip records of December 2013 whereas the new system is examined with trip records of September-15 October 2014. Besides the comparison of the two systems, proposed methods for increasing the system capacity are presented.

February 2015, 124 Pages

Keywords: BRT, Big Data, Origin Destination matrices, cumulative passenger numbers

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerin ulaşım problemlerinin çözümü adına BRT (Bus Rapid Transit) sistemleri eşsiz kolaylıklar sağlamaktadır. BRT sistemleri metro ve hafif raylı sistemlerin aksine çok az maliyetiyle, hızlı kurulumuyla ve en az bu sistemler kadar günlük yolculuk kapasiteleriyle son yıllarda çok ciddi değer kazanmış ve 2014 Aralık ayı itibariyle 6 kıtada 41 gelişmiş-gelişmekte olan ülkede, 186 şehirde hayata geçirilmiştir.

2012 yılında şu anki halini alan İstanbul metrobüs sistemi, çok kısa sürede İstanbul'un günlük toplu taşıma yolculuğunun %14'ünü karşılar hale gelmiş ve her geçen gün daha fazla önem kazanmıştır. İşletilmesi metro ve hafif raylı sistemlere göre daha zor olan BRT sistemlerinin planlanması, işletilmesi, operasyonları, yolculuk analizleri, taşıt içi ve kesit yoğunlukları gibi bir çok yönden incelenmesi gerekmektedir. Zirve saatlerdeki mevcut yoğunluğu ile refah ve sürdürülebilir olmayan bu sistem farklı yaklaşımlarla ele alınmalıdır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde (2. bölüm) kapasite, performans-hizmet kalitesi ve diğer ulaşım modları ile karşılaştırma başlıklarında BRT literatür çalışması yapılmış ve dünyadaki BRT sistemleri ile İstanbul metrobüsü yapısal ve operasyonel olarak karşılaştırılmıştır. Çalışmanın 3. bölümünde, başlangıç-bon matris çalışmaları hakkında daha önce yapılan çalışmalar incelenmiş, İstanbul metrobüs sisteminin bütün detayları ele alınmış, istasyonlar, garajlar, kullanılan taşıtlar ve işletme modeli analiz edilmiş ve metrobüs yolcu profilleri ele alınarak zaman bazlı yolculuklar incelenmiştir. Çalışmanın 4. bölümünde yolculuk ve iade verileri kullanılarak yolculuk analizleri gerçekleştirilmiş, başlangıç-bon matrisleri oluşturularak kesit yoğunlukları çıkarılmış ve zirve saatlerin taşıt içi dolulukları bulunmuştur. Ayrıca metrobüs işletmesi tarafından uygulanan iki farklı işletim sisteminin karşılaştırması yapılmıştır. Çalışmanın 5. ve son bölümünde ise kapasite artırma önerileri geliştirilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

Bus Rapid Transit'in (BRT) bilinen kabul görmüş bazı tanımlamaları şöyledir. BRT hızlı, rahat ve maliyet etkin bir şekilde şehir içi taşımacılığını sağlayan otobüs tabanlı toplu ulaşım sistemidir (Wright ve Hook, 2007).

Diğer bir tanıma göre BRT, raylı toplu ulaşımın ve esnek otobüs hattının niteliklerini sağlayabilen hızlı ulaşım modudur (FTA 2004).

Deng ve Nelson'a (2013) göre ise raylı ulaşımın güvenilirliğini ve hızını; geleneksel otobüs taşımacılığının esnekliğini ve düşük maliyetini birleştiren sistemlerdir.

İstanbul'da özel adı metrobüs olan BRT'nin geniş tanımı Transit Cooperative Research Program (TCRP, 2003) raporunda verilmiştir: BRT; istasyonları, taşıtları, hizmetleri, kendine ait yolları ve AUS (Akıllı Ulaşım Sistemleri) elementlerini güçlü bir kimlikle entegre eden esnek ve lastik tekerlekli hızlı toplu taşıma çeşididir. BRT, lastik tekerlekli hafif raylı (LRT) toplu ulaşım, kendine ait yollarda göreceli küçük yatırım maliyetleri ile hızlı taşımayı sağlayabilmektedir.

Bir çok alt başlıkta incelenebilecek BRT sistemleri bu çalışmanın da üzerinde yoğunlaştığı alan olan kapasite, performans ve diğer raylı sistemlerle karşılaştırma başlıklarında incelenmiş ve bu başlıklara göre literatür taraması yapılmıştır.

2.1. KAPASİTE

Kapasite BRT hattında, bir noktadan geçirilebilen maksimum toplu taşıt veya yolcu sayısını ifade etmektedir. Yolcu talebi kapasite eşiğine yaklaşır veya geçerse hizmet kalitesini etkileyeceği açıktır. Sistem kapasitesini etkileyen 3 ana bileşen vardır; Taşıt yolcu kapasitesi, istasyon taşıt veya yolcu kapasitesi ve ayrılmış yol taşıt kapasitesi (FTA 2004).

TCRP'nin raporuna göre ise kapasite (2003) belli bir sürede beklenmedik gecikme veya arıza olmaksızın belli bir kesitte taşınabilecek maksimum yolcu sayısıdır.

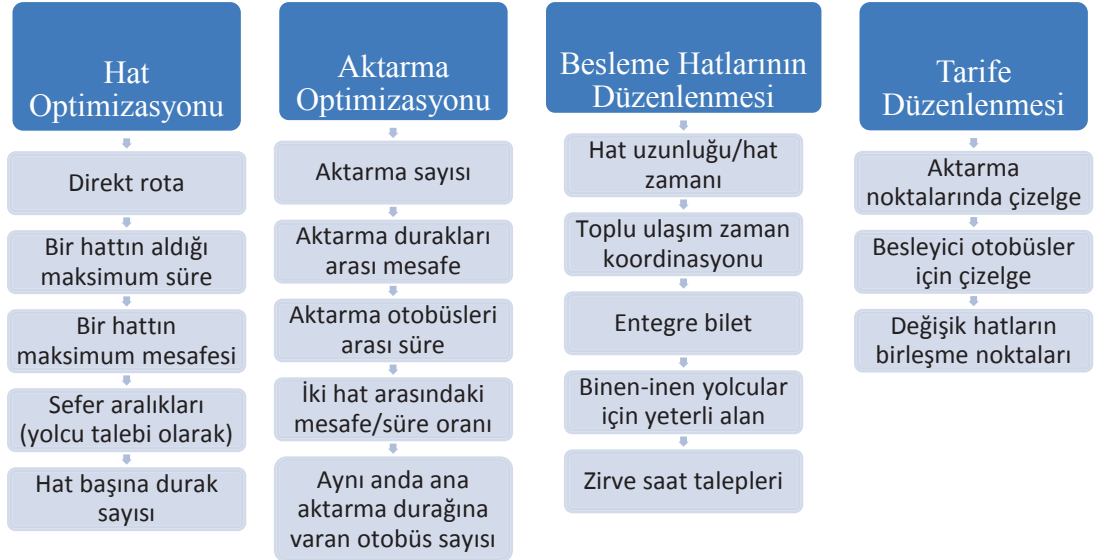
BRT sistemlerinde kapasite aşağıdaki maddelere bağlıdır (Wright, 2004).

- Taşıt yolcu kapasitesi
- Taşıt sayısı
- İki taşıt arasındaki süre ve taşıt geçiş sıklığı
- Taşıt doluluk oranları
- Devir hızını artıracak teknolojiler
- Servis ve işletme yapısı
- Güvenlik, konfor, uygun fiyatlar

Advani ve Tiwari (2006) BRT sistemlerinin kapasitelerini geliştirmek için stratejilerin iki sınıfta toplandığını belirtmiştir; İşletim stratejileri ve altyapının iyileştirilmesi. İşletim stratejileri olarak,

- Hat optimizasyonu
- Aktarma optimizasyonu
- Besleme hatlarının düzenlenmesi
- Çizelge düzenlenmesi

maddeleri incelenmiştir. Şekil 2.1’de, her bir alandaki optimizasyon süreçlerinde kullanılan farklı değişkenler gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Farklı Stratejilere Ait Değişkenlerin Birbiri ile İlişkileri (Advani ve Tiwari, 2006).

Hat optimizasyonunun özellikle işletim maliyetlerini azalttığı, ulaşım hizmet kalitesini ve sistemi kullanan insan sayısını arttırdığı ifade edilmiştir (Advani ve Tiwari, 2006).

Aktarma optimizasyonu ise, aktarma noktalarındaki beklemeyi minimize etmek için gereklidir, böylece yolcunun memnuniyetinin sağlanması ve konforun artması mümkün olacaktır. Aktarma noktaları ile ilgili bir çalışma yapan Kalaga ve Haripersad (1999) Durban'daki toplu taşıma için aktarma noktalarındaki bekleme sürelerini minimize eden bir model geliştirip yolcu başına bekleme süresini ortalama 5 dakika azaltmışlardır.

Yine Advani ve Tiwari (2006) aynı çalışmasında otobüs besleme hatlarının özellikle hafif raylı sistemler, metro veya BRT sistemlerinin yolculukları açısından önemli olduğunu belirtmiştir. Bu yüksek kapasiteli toplu taşıma taşıtlarının kapasitelerini arttırmak amacı ile besleme hatlarının erişilebilir ve uyumlu olması gerekmektedir. Bu durum özel taşıt kullanımını azaltıp trafik sıkışıklığını azaltacaktır. Hizmet güvenilirliği açısından en önemli faktörlerden birisi ise tarife düzenlemesidir. Tarifelerin doğru biçimde düzenlenmesi ile hizmet veren otobüs sayısında artış, sistem güvenilirliği ve konfor sağlanmış olacaktır. Kapasitenin artırılabilmesi amacıyla ikinci ana başlıkta belirtilen strateji ise altyapının iyileştirilmesidir. Bu kapsamda özel BRT şeridinin ortada (refüjde) veya kenarlarda olması hakkında karşılaştırmalar yapılmıştır. Altyapıda yapılacak iyileştirmelerin yolcu sayısında yaklaşık %350 oranında artış sağlayabileceği belirtilmiştir (Advani ve Tiwari, 2006)..

Hidalgo ve diğerleri (2013) yolcu kapasitesinin, ulaşım sistemlerinin önemli performans ölçütlerinden biri olduğunu belirtmiş, BRT sistemlerinde kapasite artırımı için öngörülen iyileştirme kalemlerini şöyle özetlemiştir:

- Sollama kesimleri oluşturulması
- Önceden ödemeli biletler
- Çok kapılı büyük otobüsler
- Ekspres servisler
- Yerel servisler
- Hemzemin kavşaklarda etkili trafik mühendisliği çözümleri

Bogota'daki BRT sisteminde uygulanan modele göre ortalama 150 kişilik otobüs doluluğu ve 22-24 km/s hızla bir saatte tek yönde 43.000 yolcuya ulaşılabilmiştir. Bu sayının 48.000 olması da imkân dâhilindedir. Gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasında kıyaslama yapıldığında, ulaşım sistemleri benzerlik göstermesine rağmen sistemlerin kapasitelerinde ciddi farklar olduğu görülmektedir. İstasyonlarda çift şerit olması kapasiteyi yaklaşık iki katına çıkarmakta fakat bununla beraber; bütün BRT hattının çift şerit olması ise kayda değer bir kapasite artışı sağlamamaktadır.

BRT hattında taşınan yolcu sayısı ve otobüslerin sayısı şunlara bağlıdır (Hidalgo ve diğerleri, 2013):

- Güzergâh
- İstasyon ve terminallerin tasarımı
- Otobüslerin yüksekliği ve uzunluğu
- Otobüslerin kapılarının yeri ve sayısı
- Yolcu toplama metodu
- Talep karakteristiği ve işletme çalışmaları

Leiva ve Diğerleri'ne göre (2010) kapasite artırımı için yüksek talebin olduğu koridorlarda her durakta durmayıp ekspres hizmet veren veya sınırlı duraklarda hizmet veren hatlar yolcu bekleme süresini, taşıt bekleme süresini ve işletme maliyetlerini minimize etmektedir. Yüksek talebin olduğu hatlarda 3 farklı strateji izlenebilir.

- Kısa Dönüşler: Yolcu yoğunluğunun fazla olduğu durumlarda yoğunluğu normal seviyelere çekme adına kısa dönüşlü hatların hizmet vermesi
- Boş taşıt gönderimi: Düşük yoğunluklu yerlerden yoğunluğun fazla olduğu yerlere boş taşıt takviyesi
- Sınırlı duraklarda duran hatlar: BRT'nin sadece bazı duraklarda durması

Bu çalışmada işletim maliyetlerini (değişken maliyetler-km başına gider ve sabit maliyetler-genel yönetim giderleri gibi) ve kullanıcı maliyetlerini (erişim zamanı, bekleme zamanı, taşıt içi seyahat zamanı ve aktarma zamanı) minimize eden bir model geliştirilmiştir. Ekspres ve sınırlı duraklarda duran taşıt hizmetlerinin her durakta duran taşıtlara göre etkinliği ve hizmet düzeyi sorgulanmış ve bazı durumlarda sınırlı duraklarda duran taşıtların her durakta duran taşıtlara göre %10 daha fazla frekansa sahip olduğu belirtilmiştir.

Cervero (2013), Çin'in Guangzhu şehrinde her istasyona yapılan çift yönlü sollama şeritlerinin saatte tek yönde 27.000 yolcu artışına yol açtığını belirtmiştir.

Wright ve Hook, BRT Planlama Rehberinde (2007) kapasite başlığında şu noktalara değinmiştir. BRT sistemlerini geleneksel otobüs hizmetlerinden ayıran en önemli özellikler kapasite ve hızdır. En yüksek kapasiteye sahip BRT ise bir saatte bir yönde yaklaşık 45.000 yolcu taşıyan Bogota'daki TransMilenio BRT sistemidir. Ekspres çalışan hizmetlerinde ise şerit değiştirme olmaksızın maksimum 13.000'dir. Yüksek hız ve yüksek kapasiteye ulaşım bazı tasarımlara bağlıdır. Bunlar; biniş seviyesinde platformlar, optimum istasyon alanları, biniş öncesi bilet basma ve ücret ödemeleri, geniş ve çokça otobüs kapıları, ekspres ve sınırlı durak hizmetleri, istasyonlardaki alanın bir çok durma yerinin olması. BRT sistemlerinin bir saatte bir yönde 50.000 yolcu kapasitesini geçmesi şu özellikleri olmasına bağlıdır: Ayrılmış yol, çift şerit, ekspres servisler ve çoklu duraklar.

Kapasite hesaplamalarında mevcut ve gelecek yolcu talebinin doğru okunması, minimum seyahat süresi için sistem hızının 25 km/s veya daha yüksek olması, yolcular açısından kapıdan kapıya seyahat süresini minimize etmesi gibi bazı parametrelere dikkat edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla BRT sistemlerinin tasarımında sadece kapasite ve hız değil kapıdan kapıya seyahat süreleri de minimize edilmelidir. Yazarlar daha fazla kapasite artırımı için bazı anahtar kavramlara değinmiştir (Wright ve Hook, 2007).

- İstasyon yoğunluğu: Bir taşıtın durakta işgal ettiği zamanın yüzdesi
- Cep duraklar: Taşıtların duraklarda bir diğerini beklemeden yolcu indirip bindirebileceği, hızı ve kapasiteyi artırabileceği aynı istasyonlardaki arka arkaya duraklar
- Servis hızı ve ilerleme farkı: Saatte gönderilen taşıt sayısı servis hızını etkilerken ilerleme farkı ise; taşıtlar arasındaki bekleme zamanını ifade eder. İlerleme farkının düşük, sıklığın fazla olduğu durumlarda duraklardaki yoğunluk artacak hız düşecektir.
- Yük faktörü: Taşıtın gerçekte alabileceği toplam kapasitenin yüzdesidir. Bir taşıtın kapasitesi 160 yolcuysa ancak ortalama kullanım 128 yolcuysa yük faktörü %80'dir.

- Bekleme süresi: Taşıt başına toplam bekleme zamanı, 3 gecikmeden oluşur; yolcunun binış zamanı, yolcunun iniş zamanı ve ölü zamanlar. Taşıtın bekleme süresini etkileyen çeşitli faktörler vardır. Yolcu akış hacmi, taşıt kapı sayısı, taşıt kapı genişlikleri, taşıtlara giriş karakteristikleri (aynı seviye veya kademeli), taşıt kapı kontrol sistemleri. Bekleme süresi durak başı 20 saniye veya daha az olmalıdır.

Yine Wright ve Hook'a göre (2007) toplu taşıma hizmetlerinde genel olarak darboğaz oluşmasına sebep olan 3 kritik faktör vardır. Bunlar;

- Biniş ve iniş esnasındaki yolcu gecikmeleri
- İstasyonlardaki taşıt sıkışıklıkları
- Kavşaklardaki taşıt sıkışıklıkları

Çoğu vakada istasyonlardaki sıkışıklıklar, yüksek kapasiteli ve yüksek hızlı sistemlerin önündeki en büyük engeldir. Etkili bir BRT sistemi duraklardaki gecikmeleri çözüme kavuşturmalıdır. Özellikle yoğun saatlerde istasyonlarda onlarca metre taşıt kuyrukları oluşmasına sebebiyet veren gecikmeler sistemin hızını düşürmekte ve belli bir kapasiteyi aşmasına izin vermemektedir. Sistemin ve taşıtların hareketliliğini etkileyen spesifik faktörler ise Wright ve Hook'a göre (2007) şunlardır.

- Taşıt uzunluğu
- Durak tipleri
- İstasyonlardaki cep durak sayısı
- Ekspres ve ara duraklı servisler
- İstasyon sıklığı
- Taşıtların doluluk oranı
- Kavşak tasarımları
- İstasyon tasarımları

BRT planlama rehberinde (Wright ve Hook, 2007) geçtiği üzere taşıt uzunlukları, kapı genişlikleri gibi unsurlar koridor (kesit) kapasitesi için önemli olsa da kesit kapasitesini (bir saatte bir noktadan geçen yolcu sayısı) çok fazla artırmamaktadır. Kesit kapasitesini saatte 50.000 yolcu sayısına çıkaracak faktörler istasyonlardaki cep durakların sayısı ve ek şeritlerdir. En fazla kapasiteye sahip Bogota'daki Transmilenio sisteminin her bir istasyonunda 3-5 arası cep durak vardır. Her bir cep durak farklı bir rotaya veya servise

(her durakta veya bazı duraklarda duran taşıtlar) hizmet etmektedir. Bir istasyonda birden çok durak olması başlıca 2 amaca hizmet eder. Birincisi her bir durak her durakta duran veya bazı duraklarda duran hatların yerini temsil eder. İkincisi ise bu duraklar istasyon yoğunluklarını büyük oranda azaltır. İstasyon yoğunluk seviyeleri %40 doluluktan sonra aynı istasyonda ikinci bir durağa ihtiyaç duyar. Bunun üstündeki bir yoğunluk iniş ve binış sürelerini doğrudan etkileyeceğinden her bir taşıtın istasyonlarda kaybedeceği zaman artar ve o koridorun kapasitesini düşürür. Ek şerit ise istasyonlardaki taşıt yoğunluğunu ve bekleme sürelerini düşüreceğinden büyük bir avantaj sağlar. Ek şerit ya bütün koridor boyunca ya da sadece istasyonlarda var olabilir. Böylece sadece ekspres veya belli duraklarda duran taşıtlar çalıştırılıp istasyonlardaki yoğunluklar azaltılmış, taşıtların her bir istasyonda beklemesi engellenmiş, duraklardaki taşıt sıkışıklıkları azaltılmış, yolcunun iniş ve binış zamanı da düşürülmüş olur. Böylece koridor kapasitesi önemli oranda artmış olur.

Hidalgo ve diğerleri (2013) yapmış olduğu araştırmada Bogota'daki Transmilenio sisteminde yapılacak iyileştirmeler sayesinde 150 kişilik taşıtlarla bir saatte bir yönde 48.809 yolcunun taşınabileceğini belirtmiştir ki bu sayı birçok raylı sistem taşımacılığından yüksektir. Kapasitenin yüksekliği şu faktörlere bağlıdır;

- Platformlara yanaşabilecek taşıt sayısı
- Platform sayısı
- Taşıt kapasiteleri
- İstasyonlarda durmayan taşıt yüzdesi

Yapılan hesaplamada 1 dakikada 3 platforma yanaşan 150 yolcu kapasiteli taşıtların toplam kapasitesi 54.000 olmaktadır. Ancak teorikteki bu hesaplamalar pratiğe yansımamaktadır. Bunun nedeni ise;

- Hizmet politikası: Taşıtların kapasite seviyesi
- Altyapı: Cep durakların ve platformların sayısı, kuyruk kapasiteleri
- Stokastik varyasyonlar: Taşıt içindeki yolcu kapasitesi, inen ve binen yolcu sayısı, kavşaklar'dır.

Tüm bunlarla birlikte pratik kapasite bir saatte bir yönde 42.914 yolcu olmaktadır.

Kapasite artırmanın en önemli aracı olan ekspres servisler ve sınırlı duraklarda duran servislerle ilgili Wright (2004), BRT Planlama rehberinde şu tanımlamaları yapmıştır.

Sınırlı Durak Servisleri: Bazı duraklarda duran veya bazı durakları es geçen bu hizmet metodu istasyonlardaki talebe bağlı olarak değişmektedir. Yolcular açısından seyahat süresini azaltan bu opsiyon, talebe göre 3-4 istasyonda bir durmayı gerektirmektedir. İyi tasarlanmış bir BRT sistemi bazı duraklarda duran bu taşıtların her bir durakta duran taşıtları geçmesine izin verir. Uygulamada yolcuların bazı duraklarda duran bu taşıtları tercih edip daha sonra asıl gitmek istedikleri yere gitmek için birkaç istasyon geri döndükleri görülmüştür. Bu servislerin sayısını ve etkinliğini artırmak için bu hatların istasyonlarda bekleme yapmaması gerekmektedir. Bunun için ya yol güzergahı boyunca ek şerit olmalı veya sadece o istasyonda ek şerit olmalıdır.

Ekspres Servisler: Sınırlı duraklarda duran servislerin genişletilmiş olan ekspres taşıtlar yoğun duraklardaki yolcu yoğunluğunu azaltmanın yollarından biridir. Seyahat süresini azaltan bu opsiyon aynı güzergahtaki özel taşıt kullanımını da azaltan önemli etkenlerdendir.

Kılıoğlu E. (2010), yüksek lisans tezinde İstanbul metrobüsünün kapasite artışının sağlanması için aşağıdaki maddeleri sıralamıştır;

- Grup kalkışları ve Sinyalizasyon düzenlenmesi
- Durak uzunluklarının artırılması
- Yeni şerit eklenmesi

2.2. PERFORMANS VE HİZMET KALİTESİ

Alpkokin ve Ergun (2012), bir BRT sisteminin 4 ana elementi olduğunu belirtmiş ve her bir başlıkta İstanbul BRT sistemini (metrobüs) sayısal verilerle analiz etmiştir. Performans kriterlerini şu şekilde incelemiştir:

- Ulaşım Performansı
 - Hizmet Düzeyi
 - İstasyon başına düşen yolcu sayısı ve duraklara giriş-çıkış kolaylığı
 - Mod kullanım oranlarına etkisi
 - Kaza sayısı
 - Boğaz geçişi şişe boynu iyileştirmeleri

- Bölgesel erişilebilirlik üzerine etkileri
- Çevresel Sürdürülebilirlik
- Ekonomik Sürdürülebilirlik
- Politik ve Sosyal Boyut

Zheng ve Jiaqing (2007) Çin'in Beijing şehrinde kurulan BRT sisteminin hizmet düzeyini ve sosyal faydasını incelediği makalesinde yatırım maliyeti yaklaşık 100 milyon \$ tutan bu sistemin saatte tek yönde yolcu kapasitesinin 20.000 yolcu olduğunu belirtmiştir. Yolculuk sürelerinin BRT sisteminin kurulmasıyla 30 dakika azaldığını, bir BRT taşıtının günlük olarak geleneksel otobüslerden 2 kat fazla km giderek 4 kat daha fazla yolcu taşıdığını, bunun da BRT sistemlerinin verimliliğini gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca Beijing BRT sisteminin Beijing metrosunun 15'te 1'i kadar maliyeti olduğunu, BRT yatırım geri dönüşümünün 9,5 yıl iken metronun 22,5 yıl olduğunu ifade etmiştir.

BRT servis performansı; geçiş üstünlüğü, cazip istasyonlar, taşıt trafiğine kapalı alanlar, sadece BRT' ye ayrılmış yollar, sessizlik, kolay ulaşılabilirlik, birden çok kapı sayısı, temizlik, sıklık ve tüm gün çalışma gibi faktörlerle iyileştirilebilir.

Kang Hu (2009), BRT performans ölçümlerini şu şekilde yapmıştır:

1. Hatların uzunluklarını, istasyonların kapladığı alanları, otobüsün bir istasyondan diğerine gitme süresini ve geçiş üstünlüğünü (yüzde olarak) her bir hat için ölçerek bunların ortalamasını almıştır.
2. Her bir hat için sabah ve akşam yoğun saatler ile gün ortasındaki saatlerde yerel hız ve hızlandırılmış hız değerlerini ölçerek bunların ortalamasını alıp yüzde kaç iyileştirme yapıldığını göstermiştir.
3. Toplam haftalık yolcu sayısı ve yolcu kilometresi değerlerini ölçüp (yüzde olarak) karşılaştırmıştır.
4. “Boş koltuk sayısı yeterli mi? Ücret uygun mu? Yeterince geç saatlere kadar çalışıyor mu? Yeterince erken saatte başlıyor mu? Yeterince sık çalışıyor mu? Tam zamanında mı? Yeterince hızlı mı?” sorularına normal ulaşım modları (otobüs, minibüs) ile BRT'yi kıyaslayarak bir performans skoru oluşturmuştur.

Federal Transit Administration ve United States Department of Transportation (2004)' e göre BRT'nin performans kriterleri şöyledir;

- Yolculuk Süresi
- Güvenilirlik
- Görünüm ve Kimlik
- Güvenlik ve Emniyet
- Kapasite

Joseph A. Calabrese (2004)'e göre BRT performans ölçütleri şunlardır:

- Yolculuk Süresi
- Güzergâh yolculuk süresi
- İstasyonda durma süresi
- Otobüs bekleme süresi
- Aktarmada geçen süre
- Güvenilirlik
- Güzergâh yolculuk süresinin artmaması
- İstasyonda durma süresinin artmaması
- İmaj
- Marka kimliği
- Topluma uyum sağlama
- Yolcu Güvenliği ve Emniyeti
- Sistem Kapasitesi

Deng ve Nelson (2013) Çin'in Beijing kentinde 3 BRT koridorunun performansını ve etkilerini incelemiştir. Çalışmada sistemin işletiminin etkinliği, teknik performansı ve maliyetleri ele alınmıştır. Ayrıca BRT sisteminin, kullanıcılarının seyahat davranışı değişimi, trafikteki etkisi ve güzergâh üzerindeki arazinin gelişime etkileri de incelenmiştir. BRT kullanıcılarının %75,4'ünün önceden otobüs kullanıcılarının olduğunu, seyahat süresini %38,3 kadar azalttığını, yoğun saatlerde 1,5 dakikada bir, yoğun olmayan saatlerde ise 2-3 dakikada bir taşıt sıklığı olduğunu, dakiklik oranının %90 olduğunu belirtmiştir. Çalışma sonucunda; tam donanımlı bir BRT sisteminin yolcu kapasitesinin ve işletim hızının artması, daha güvenli ve konforlu yolculuk imkânı tanınması gibi olumlu etkilerinin olabileceği, kullanıcıların yolculuk davranışını olumlu etkileyebileceği ifade edilmiştir. Çalışmanın sonuçlar kısmında ayrıca Beijing'teki uygulamadan elde edilen deneyimler de paylaşılmış ve aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- BRT sisteminin diğer ulaşım türleriyle mutlaka entegre edilmesi gerektiği, özellikle Çin’de çok kullanılan bisiklet ulaşımı ile entegre olacak biçimde bisiklet depolama bölgelerinin düzenlenmesi gerektiği,
- İstasyon tasarımının yolcular açısından çok önemli olduğu, daha güvenli, korunaklı ve kapasiteli istasyonların tasarlanması gerektiği,
- Kavşaklarda öncelikli sinyalizasyon sistemlerinin uygulanması gerektiği,
- Diğer toplu ulaşım sistemleri ve ağlarıyla düzgün ve senkronize biçimde bir entegrasyon yapılması gerektiği,
- Trafik güvenliği açısından BRT şeridini ayıran bariyerlerin yayaların ve taşıtların girmesini engelleyici ve esnek biçimde tasarlanması gerektiği
- İyi bir imaj açısından taşıtların konforunun iyi olması, istasyon tasarımlarının (banklar, korunaklar) düzgün yapılması, logo ve renklerin yolcunun dikkatini çekecek şekilde iyi olması gerektiği belirtilmiştir.

BRT standartları oluşturmak için, ulaşım ve BRT ile ilgilenen birçok önemli kuruluş tarafından kurulan komite (ClimateWorks Foundation, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit-GIZ, Institute for Transportation and Development Policy-ITDP, Rockefeller Foundation, International Council on Clean Transportation-ICCT) skor tablosu yapıp, her bir standart için puanlama sistemi geliştirmiş ve bu çalışmayı “The BRT Standard 2012 Version1.0 ve The BRT Standard 2013 Version 2.0”olarak yayınlamıştır. Buna göre standart kategorilerinin başlıkları şunlardır: BRT esasları, Servis Planlaması, Altyapı, İstasyon Tasarımı, Hizmet Kalitesi ve Yolcu Bilgilendirme Sistemi, Entegrasyon ve Erişilebilirlik. Tüm kategorilerdeki puanlar toplanarak 18-54 arası basit, 55-69 arası bronz, 70-84 arası gümüş, 85 ve üzeri altın olarak değerlendirilmektedir (BRT Standard, 2013). Bu standartlar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: BRT Standartları Kategorileri (The BRT Standard, 2013).

Kategoriler	Max. Skor	Kategoriler	Max. Skor
BRT Esasları		İstasyon Tasarımı	
BRT yolunun hizası	7	İstasyonlar arası uzaklık	2
Ayrılmış yol kullanım hakkı	7	Güvenli ve rahat istasyonlar	3
Taşıt dışı bilet toplama	7	Otobüslerdeki kapı sayısı	3
Kavşakların işleyişi	6	Peron cepleri ve ara istasyonları	1
Platform seviyesinde biniş	6	İstasyonlardaki sürgülü kapılar	1
Hizmet Planlaması		Hizmet kalitesi ve yolcu bilgilendirme	
Birden fazla güzergah	4	Markalaşma	3
Yoğun saatte servis sıklığı	3	Yolcu bilgilendirme	2
Yoğun olmayan saatte servis sıklığı	2	Entegrasyon ve Erişilebilirlik	
Ekspres, birkaç durakta duran ve yerel servis	3	Genel erişim	3
Kontrol merkezi	3	Diğer toplu ulaşım taşıtlarıyla entegrasyon	3
En işlek 10 koridor	2	Yaya erişimi	3
İşleme saatleri	2	Güvenli bisiklet park yerleri	2
Talep profili	3	Bisiklet şeritleri	2
Çok koridorlu ağ	2	Bisiklet paylaşım entegrasyonu	1
Altyapı		Toplam	100
İstasyonlardaki geçiş şeridi	4		
Otobüs emisyonu minimizasyonu	3		
İstasyonların kavşaklara uzaklıkları	3		
Merkez istasyonlar	2		
Asfalt kalitesi	2		

Ayrıca puan kesinti sebepleri ve ceza puanlarının da verildiği değerlendirme Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: BRT Sistem Değerlendirmesinde Puan Kesintileri (The BRT Standard, 2013) .

Kesinti Sebebi	Ceza Puanı
Ticari Hızlar	-10
Bir yönde, bir saatte yolcu sayısı (1000 altı)	-5
Yol kullanım hakkı’nda yaptırım eksiklikleri	-5
Otobüs zemini ile platform arasındaki önemli boşluk	-5
Aşırı kalabalık	-3
Otobüs, istasyon ve teknolojik sistemlerin kötü işletilmesi	-8

Mevcut BRT sisteminde çok fazla tıkanıklık, kuyruk, otobüs ve yolcu hacminde aşırı artış oluyorsa ve cadde kullanım alanı sınırlıysa BRT’ye özel tüneller yapılarak performans artırılabilir. BRT yolunda sollama şeritleri, taşıtların hareket kabiliyeti için hayatidir. BRT istasyonları; otobüsle, otomobille, bisikletle ve yürüyerek gelenlere yakın ve kolay ulaşılabilir olmalıdır. Aynı zamanda bu istasyonlara birden fazla giriş ve çıkış noktaları olmalıdır. BRT güzergâhları hastane, havaalanı, kampüs, iş merkezleri

gibi şehrin ana ulaşım noktalarına, aktarma hatlarına, ticari alanlara yaşam merkezlerine ve şehir merkezine yakın yerlerden geçmelidir. BRT, üstgeçit köprüsü dışında geçiş üstünlükleri ile desteklenerek en iyi ulaşılabilen mod olmalıdır. BRT şehirdeki maksimum yolcu sayısını ve trafik akışını net ve kesintisiz bir şekilde dış trafikten ayrılarak karşılamalıdır (The BRT Standard 2013).

BRT sistemlerinin uygulanmasında önemli derecede farklı uygulamalar vardır. Ancak tercihli BRT sistemlerinin özellikleri şöyle olmalıdır; yüksek ticari hız, sübvansiyonsuz işletim, platform seviyesinde düşük tabanlı taşıtlar, diğer modların giremediği ayrılmış yol, taşıt dışı bilet toplama sistemleri, modlar arası geçiş, minimum giriş ve çıkış zamanı (Hensher, 2008).

Yazıcı ve Diğerleri (2013) İstanbul'daki metrobüsün faydalarını şöyle sıralamıştır. İETT otobüs kullanıcılarının %55,7'si, özel halk otobüsü kullanıcılarının %18,1'i ve dolmuş/minibüslerin kullanıcılarının %9,4'ü metrobüse kaymıştır. Ayrıca İETT otobüs hatlarından 18'i kapanmış, 11'inin de hat uzunluğu kısalmıştır. Diğer yandan özel taşıt ve taksi kullanımı %4 civarında, raylı sistem kullanımı da %7 civarında azalmıştır. Bu da kullanıcılar açısından metrobüsün daha elverişli ve erişilebilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca minibüs ve otobüs hatlarının kaldırılmasıyla o rotadaki otobüs kazalarının %64'ü azalmıştır. Metrobüs sisteminin diğer faydaları ise aşağıdaki gibidir.

- Seyahat Süresi tasarrufu-Günde 52 dakika (Yılda 316 saat)
- Seyahat maliyetinden tasarruf-Ortalama %61 azalma
- Taşıt kullanımdan tasarruf-209 Otobüs ve 1296 Minibüs
- Ulaşımında yakıttan tasarruf-242 ton yakıt ve %64 kazalarda azalma
- Çevre-80.000 taşıtın yollardan çekilmesi ve günlük 623 ton daha az karbondioksit salınımı
- Hat tasarrufu-18 hat iptali ve 11 hat kısılması
- Müşteri memnuniyeti-%90 oranında müşteri tatmini

Cervero (2013) ise araştırmasında Bogota'daki BRT'nin gelişimiyle o koridordaki ölümcül trafik kazalarında %88 civarında azalma görüldüğünü belirtmiştir. Yapılan başka bir araştırmaya göre Meksiko City'deki BRT sisteminin düzenli kullanıcılarının maruz kaldığı kirli hava, BRT sistemin kurulduğundan sonra azalmıştır.

Ayrıca Hidalgo ve diğerlerinin (2013) tahminine göre Transmilenio BRT sistemi sayesinde eski otobüslerin devre dışı kalması ve emisyon kirliliğinin azaltılmasından ötürü Bogota'daki sağlık harcamalarından tasarrufun 20 yıllık periyotta 114 milyon \$ olacaktır.

Yılmaz Ş. (2012) yüksek lisans tezinde, BRT sisteminin sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan etkilerini incelemiştir. Çalışma kapsamında BRT sisteminin tarihçesi anlatılmış, sistem bileşenleri (taşıtlar, duraklar, ücret toplama sistemleri, akıllı ulaşım sistemleri vb.) tanıtılmış, farklı ülkelerdeki uygulamalar özetlenmiş, BRT sistem bileşenleri analiz edilmiş ve ayrıca sistem için bir SWOT analizi çalışması yapılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında, İstanbul metrobüs sisteminin işletmeye alınması ile

- Günlük 51.156 LT yakıt tasarrufu sağlandığı,
- Günlük 204.624 TL yakıt tasarruf sağlandığı,
- Günlük 121.938,00 Kg CO2 salınımı tasarrufu sağlandığı,
- Toplam 4.064.600 adet ağaca eşdeğer tasarruf sağlandığı,
- Toplam 101.615.000 m² alanın yeşillendirildiği,
- Günlük yaklaşık 120 dk./yolcu tasarruf sağlandığı, (Yaklaşık 2saat/yolcu tasarruf (120/60 =2)) Günlük yaklaşık 0,08 gün/yolcu tasarruf (2/24=0,08),
- Toplamda Metrobüs sistemi sayesinde 30,41 yıl/gün/yolcu tasarruf sağlandığı (0,08 X 365 = 30,41) ,
- Günlük 1.018.257 TL zaman tasarrufu sağlandığı,
- Yolculuk başına 2,90 TL tasarruf sağlandığı,
- 4 db'lik bir çevresel gürültü azalması sağlandığı,
- Metrobüs sisteminin, İstanbul'u tek bir metropol haline getirdiği,
- Metrobüs sisteminin, İstanbullulara değişik seçeneklere yönelebilmeye esnekliği kazandırdığı,
- Metrobüs sisteminin, İstanbul'a ticari hareketlilik kazandırdığı tespit edilmiştir.

Yüce, E. (2013), İstanbul'daki metrobüs örneğini Curitiba, Bogota ve Mexico City'deki BRT örnekleriyle planlama, sistemin fiziksel karakteristiği, işletme karakteristiği, algı ve imaj, sistem kullanıcıları gibi başlıklar altında karşılaştırmıştır. Metro ve tramvayla entegre olamayan BRT sistemlerinin problemlere sebebiyet verdiğini ve metrobüs

koridorunun yolcu açısından çok talep aldığını, özellikle yoğun saatlerde istasyonların aşırı kalabalıklaştığını ve bunun da sistemin performansını etkilediğini belirtmiştir. Sistemin zayıf yanlarının yanında çevreye pozitif etkisini belirtip metrobüslerin 242 ton fuel'den tasarruf yaptığını belirtmiştir. Metrobüs öncesi Söğütlüçeşme-Beylikdüzü hattının 180 dakikadan fazla olduğunu ama metrobüsle birlikte bunun 83 dakika tuttuğunu belirtmiştir. Ayrıca metrobüs sisteminin başarısından ötürü İstanbul'da farklı güzergahlarda da metrobüs yerleştirme çalışmalarının yapıldığını belirtmiştir. Düşünülen güzergahlar şöyledir; Kadıköy-Tuzla, Kozyatağı-Başakşehir, Küçükçekmece-Yenikapı.

Işık, S. (2010) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Boğaziçi köprüsünün Asya-Avrupa yönünü 2008-2010 yıllarını kıyaslayarak simülasyon sonuçlarını ortaya koymuştur.

- Karbonmonoksit salımı %15 oranında azalmış,
- Hidrokarbon salımı %13 oranında azalmış
- Azot oksit salımı %5 oranında azalmış
- Toplam yakıt tüketimi %5 oranında azalmış
- Ortalama hız %10 oranında artmış
- Ortalama yolculuk süresi ve toplam yolculuklarda (taşıt sayısında) değişim gözlenmemiştir.

İETT'nin 2010 yılında yaptığı 2034 kişiye yapmış olduğu ankete göre metrobüs kullanma nedenleri arasındaki yüzdeler Tablo 2.3'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere metrobüs kullanıcılarının yaklaşık %80'i metrobüsü hızlı, trafik kalabalığına girmemesi ve rahatlığı için tercih etmektedir. İstanbul'daki metrobüs, şehir merkezinde saatte 35 km hızla BRT sistemleri arasında en yüksek hıza sahiptir. BRT sistemlerinin işletim hızı arttıkça raylı sistemler ve özel taşıtlarla rekabeti artacaktır. (Yazıcı ve Diğerleri).

Tablo 2.3: Metrobüs Yolcu Anketi (İETT, 2010).

Metrobüs Kullanma Nedeni	Tercih Eden Sayı	%
Hızlı	731	35,9
Trafik'e takılmaması	730	35,9
Rahat	149	7,3
Ekonomik/Ucuz	44	2,2
Sık sık geçmesi	132	6,5
Zorundayım	201	9,9
24 saat hizmet vermesi	44	2,2
Emniyet/Güvenlik	3	0,1
Toplam	2034	100,0

Yurdagül, E. (2012), İstanbul metrobüs sistemini bileşenleriyle beraber değerlendirmiş ve dünyadaki diğer metrobüs sistemleri ile karşılaştırmıştır. Yurdagül'ün tespitleri şöyledir.

- Metrobüs seyir yollarında sollama veya emniyet şeridi bulunmamasının beklenmeyen arıza veya kaza durumlarında sistem kapasitesine olumsuz etki ettiğini,
- Metrobüs seyir yollarının sistemdeki diğer taşıtlardan ve trafik sinyallerinden kaynaklanan gecikmeleri ortadan kaldırdığı için yolculuk süresi güvenilirliğinin yüksek olduğunu,
- Arıza ve kaza durumlarında acil müdahale taşıtlarının arıza/kaza bölgesine erişimi sistem içerisinden olamamaktadır. Bu gibi durumlarda acil müdahale taşıtları normal taşıt trafiğini kullandığı için sistemdeki tıkanıklıklar uzun sürede düzeltilemediğini,
- İstasyonlarda inen ve binen yolcular çakıştığından dolayı istasyonlarda yoğunluk yaşandığını ve inen yolcuların istasyondan ayrılma sürelerinin arttığını, binen yolcuların ise taşıtlara ulaşımının zorlaştığını,
- İstasyon genişliklerinin zirve saatlerde yolcu sayısına yetemediğini ve özellikle Sefaköy ve Şirinevler gibi ara istasyonlara dolu olarak gelen metrobüs taşıtlarının istasyondan fazla yolcu alamadığını ve istasyonda yoğunluk yaşandığını belirtmiştir.

Orhan D. (2010), Avcılar Söğütluçeşme hattını trafik simülasyon modeli kurarak incelemiştir. Şu sonuçlara varmıştır.

- Tüm duraklarda bekleme sürelerinin aynı olduğu, tüm durak dağılım katsayılarının aynı olduğu durumlarda sistem en verimli şekilde çalışmaktadır.

- Taşıtlar arası izleme sürelerini sabit tutabilecek teknolojik altyapı, sistemi daha düzenli hale getirip sistemdeki toplam gecikme sürelerinin azalmasına ve böylece taşıt/yolcu kapasitesinin artmasına yardımcı olabilir.
- Sistem zirve saatlerde zirve yönlerde kapasite sınırında çalıştığından dolayı sunulan hizmetin iyileştirilmesine yönelik getirilecek öneriler, taşıtlardan veya yollardan ziyade insan odaklı olmalıdır. Sahadaki personel eğitilerek işletmenin verimliliği artırılabilir.

2.3. RAYLI SİSTEMLER VE BRT KARŞILAŞTIRMASI

Efektif bir seçenek olan metrobüsün doğuşunda düşük altyapı maliyetleri ve sübvansiyonsuz işletim avantajları vardır (Wright ve Hook, 2007).

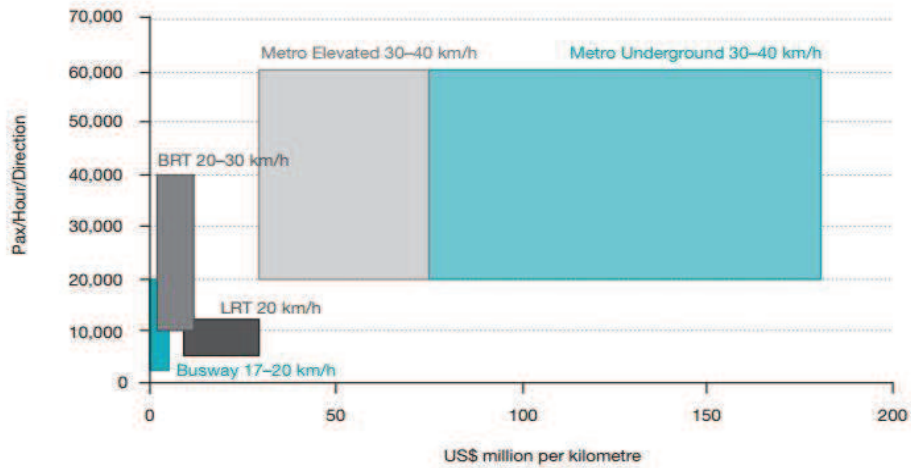
Metro, Hafif raylı sistemler ve BRT hızlı, konforlu ve maliyet etkin bir şekilde yüksek kapasiteli olarak kent içi hareketliliği sağlayan toplu ulaşım taşıtlarıdır. Her birisinin kendine özgü taşıtları, performansı ve kapasitesi olan bu sistemler bulunduğu şehre durumuna göre farklı faydalar sağlayabilir: Seyahat maliyetini ve zamanını azaltma, trafik yoğunluğunu azaltma vb. Metro, yüksek maliyetini karşılayacak büyük şehirler tarafından tercih edilmekte ve büyük yatırımları gerektirmektedir. Hafif raylı sistemler metroya göre biraz daha esnek olup daha az maliyetlere sebep olmaktadır. Çoğu kentin BRT sistemlerini kabul etmesinin 2 önemli nedeni vardır: Maliyet ve Konfor. Metro aynı uzunluktaki BRT sistemlerine göre 10 kat daha maliyetlidir. Avrupa'nın birçok yerinde kullanılan hafif raylı sistemler ise 4 kat daha pahalıdır. Üstelik yerin altına inşa edilecek metro 10 yıl sürebilecekken BRT inşası yaklaşık 2 yıl sürmektedir (Suzuki ve diğerleri, 2013).

Wright ve Hook'a göre ise (2007) bir BRT inşa maliyeti aynı yer ve uzunlukta yapılacak hafif raylı sistemlerden 4 ila 20 katı arasında, metro inşasından 10 ila 100 katı arasında daha azdır. Los Angeles'ın Wilshire bulvarındaki BRT'nin km başına maliyeti 120 bin \$ iken, Gold hafif raylı sistemlerinin km başına maliyeti 38 milyon \$ olmuştur. Pitsburg'daki özel otobüs yolunun km başı maliyeti 16 milyon \$ iken hafif raylı sistem olan geleneksel tramvayın km başına maliyeti 23,3 milyon \$ olmuştur. Bir hesaplama göre Bangkok'daki BRT sisteminin maliyeti, şehrin havatreni (havaray) maliyetininin 30 ila 40'ta biri kadardır (Cervero, 2013).

Alejandro Tirachini ve diğeri (2010) Avustralya için hafif raylı sistemler, metro ve BRT sistemlerinin işletim ve kullanıcı maliyetleri açısından ayrıntılı bir şekilde karşılaştırmasını yapmıştır. BRT sistemlerinin, altyapı ve işletim maliyetlerinin, zaman erişim maliyetinin (geniş ağı), bekleme süresi maliyetinin (taşıt geliş frekanslarının yüksek oluşu) hafif raylı sistemler ve metroya göre düşük olması bu sistemin maliyet etkin bir taşımacılık modu olduğunu göstermektedir. Yazarlara göre raylı sistemlerin tek avantajı ise BRT'ye göre daha hızlı olmasıdır.

İstanbul'daki metrobüsün ilk fazı olan Avcılar-Topkapı hattı 8 ayda inşa edildikten sonra ikinci faz olan Topkapı-Zincirlikuyu hattının 3 aydan daha kısa zamanda (77 gün) inşa edilmesi BRT sistemlerinin hızlı kurulumuna güzel bir örnektir (Yazıcı ve Diğeri). Ayrıca bir başka örnek vermek gerekirse 45 km olan Ekvador'daki BRT yapımı 3 sene sürmüştür (2003-2006), muhtemelen aynı özellikteki metro inşası 20 yıl sürebilirdi (Cervero, 2013).

Dünyanın BRT sistemlerini en iyi uygulayan şehirlerin başında gelen Curitiba'nın (Brezilya) ulaşım maliyetleri kişi başına 0,67 \$ iken Sao Paulo'nunki 7.34 \$'dır. Ayrıca büyük oranda endüstriyel sektör olmasına rağmen Brezilyanın en temiz havasına sahiptir (Suzuki ve diğeri, 2013).



Şekil 2.2: BRT, LRT ve Metronun Kapasite, Hız ve Maliyet Karşılaştırmaları (Planning and Design for Sustainable Urban Mobility, 2013).

Ulaşım sistemlerinin kapasite hız ve maliyet açısından sistem karşılaştırmaları Şekil 2.2'deki gibidir. BRT sistemleri metro ve hafif raylı sistemlerden daha fazla kapasiteye

sahip olabilmektedir. Ayrıca metronun saatlik hızı en yüksek seviyelerde olmakta iken BRT'nin hızı hafif raylı sistemlerin saatlik hızını geçmektedir. Başka yönlerden karşılaştırmalar ise Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: BRT ve raylı sistemlerin çeşitli yönlerden karşılaştırması (Deng ve Nelson 2011).

	BRT	Hafif Raylı Sistemler	Metro
Geçiş hakkı	Karışık, Paylaşımlı, tahsisli ve sadece BRT	Sadece raylı sistemler veya paylaşımlı	Sadece metro ve mutlak ayrılmış
Güzergah	Kaldırım, Şerit	Ray hattı	Ray hattı
Taşıt kontrol	Operatör	Otomasyon	Otomasyon
Taşıt itici gücü	Taşıt motoru	Elektrik	Elektrik
İnşa zamanı	1-2 yıl	2-3 yıl	4-10 yıl
Maximum Kapasite (Taşıt başına düşen yolcu)	160-270	170-280	240-320
Maximum Kapasite (Taşıt başına düşen yolcu)	160-270	500-900	1000-2400
Minimum İlerleme	12-30	75-150	120-150
Hat Kapasitesi (yolcu/yön/Saat)	5000-45000	12000-27000	40000-72000
Maksimum Hız (km/saat)	60-70	60-80	70-100
Ortalama yatırım maliyeti (2000\$/km)	8.4	21.5	104.5
Ortalama işletim maliyeti (2000\$/km)	2.94	7.58	5.30

Ulaşım modları yolcu taşıma kapasitesi açısından çok büyük değişiklik göstermektedir. Tablo 2.5'te ise Wright ve Hook'un (2007) tek yönde 1 saatte kapasite yapmış olduğu karşılaştırmalar verilmiştir.

Tablo 2.5: Ulaşım Modlarının Tek Saat Tek Yön Yolculuk Kapasiteleri (Wright ve Hook,2007).

Ulaşım Tipi	Kapasite (Tek saat, tek yön)
Standart Otobüs	3.000-6.000
BRT (Tek şerit)	13.000'e kadar
BRT (sollama şeritleri ve cep duraklar)	43.000-55.000
Hafif Raylı Sistemler(LRT)	30.000'e kadar
Metro	52.000-90.000

ABD'de yapılan bir araştırmaya göre BRT kullanıcılarının yüzde 24'ü ila 33'ü arası toplu taşımayı ilk defa kullanmaya başlayan ve özel taşıtlarını bırakan yolculardır (Cervero, 2013).

Pirie, yapmış olduğu araştırmada şunları belirtmiştir. Afrika’da 3 BRT sistemi vardır. Lagos, Johannesburg ve Capetown. 2008’de Lagos’ta açılan ve kilometre başına 1.7 milyon \$’ a inşa edilen BRT şimdiye kadarki en ucuz sistemdir. Lagostaki BRT taşıtları o rotadaki taşıtların %4’üne tekabül etse de, koridorundaki yolculuğun dörtte biri olan 200 bin yolcuğu günlük olarak taşımaktadır (Cervero, 2013).

Wright (2004) ise Tablo 2.6’da verildiği gibi farklı şehirlerdeki toplu taşıma türlerinin maliyetlerini incelemiştir.

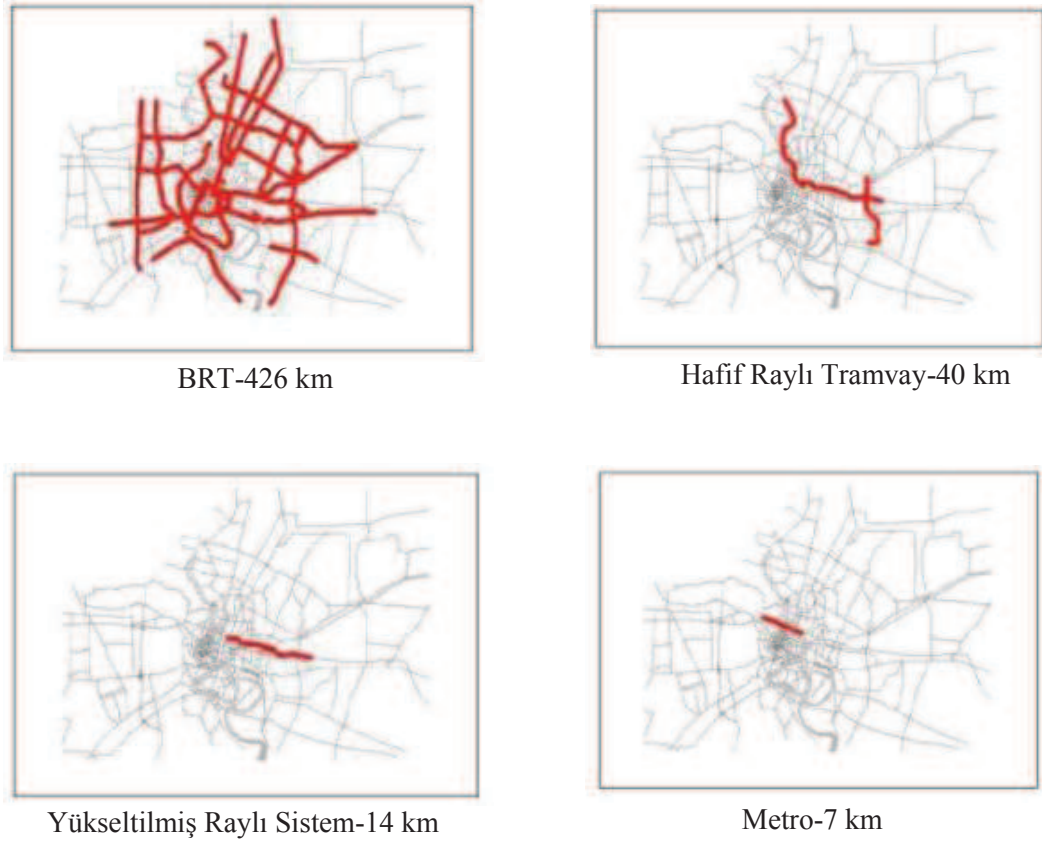
Tablo 2.6: Farklı Şehirlerdeki Toplu Taşıma Türlerinin Maliyet Analizleri (BRT Planning Guide, 2004).

Şehir	Ulaşım Çeşidi	Toplam Uzunluk (km)	Km başına maliyet (\$ milyon/km)
Taipei	BRT	57	0,5
Porto Alegre	BRT	27	1
Quitio	BRT	10	1,2
Las Vegas	BRT	11,2	1,7
Curitiba	BRT	57	2,5
Sao Paulo	BRT	114	3,0
Bogota	BRT	40	5,3
Tunus	Hafif Raylı Ulaşım	30	13,3
San Diego	Hafif Raylı Ulaşım	75	17,2
Lyon	Hafif Raylı Ulaşım	18	18,9
Bordeaux	Hafif Raylı Ulaşım	23	20,5
Portland	Hafif Raylı Ulaşım	28	35,2
Los Angeles	Hafif Raylı Ulaşım	23	37,8
Kuala Lumpur	Yükseltilmiş Raylı Sistemler	29	50,0
Bangkok	Yükseltilmiş Raylı Sistemler	23	73,9
Las Vegas	Mono Raylı Sistemler	6,4	101,6
Meksika	Metro	24	40,9
Madrid	Metro	38	42,8
Karacas	Metro	12	90,3
Hong Kong	Metro	86	220,0
Londra	Metro	16	350,0

Ayrıca aynı maliyetle bir şehre yapılabilecek BRT ve raylı sistemler altyapısı Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’te göstermiştir (Wright, 2004).



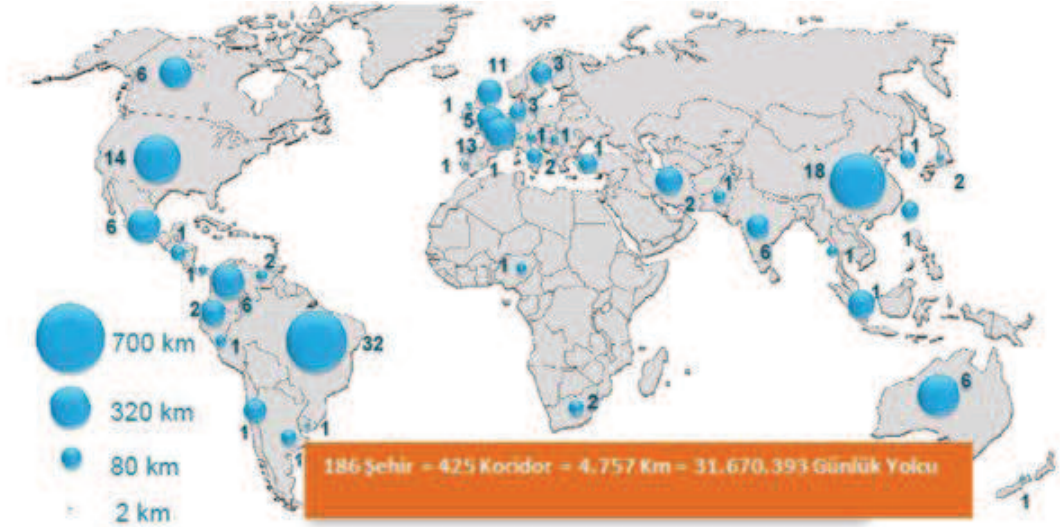
Şekil 2.3: Aynı maliyetle 2 sistem seçeneği (Wright, BRT Planning Guide, 2004).



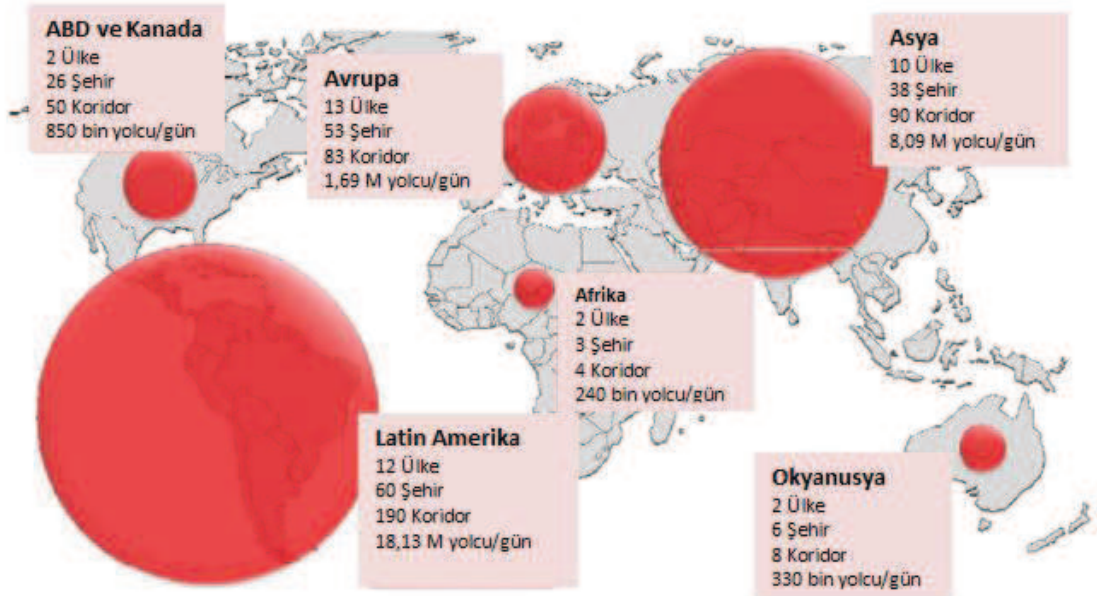
Şekil 2.4: Aynı Maliyetle Yapılabilecek BRT, LRT ve Metro Uzunlukları (Wright, 2007).

2.4. DÜNYADAKİ BRT UYGULAMALARI VE İSTANBUL

2014 Aralık ayı itibarıyla, Şekil 2.5'te de gösterildiği gibi 41 ülkede, 186 şehirde yaygınlaşan ve toplamda 4.757 km uzunluğa sahip BRT sistemleri günlük olarak yaklaşık 31 milyon yolcu taşımaktadır. 1992 ile 2001 arasındaki 10 yılda sadece 23 şehirde var olan BRT 2001 sonrası 163 şehirde daha hayata geçmiştir (BRTdata.org). Daha da gelişmeye açık BRT sistemleri önümüzdeki yıllarda 143 şehirde daha kurulacaktır. Bu alanda Bogota, Sao Paulo, Curitiba ve Meksika City şehirleri ile Latin Amerika ülkeleri başı çekmektedir. Tüm şehirlerdeki BRT sistemlerinin % 34'üne sahip olan bu şehirler aynı zamanda tüm BRT yolcularının %62'sini taşımaktadır. Brezilya ise günlük 11 milyon yolculukla tüm BRT yolculuklarının %38'ini gerçekleştirmektedir. Bu bölümde dünyadaki BRT uygulamalarının kendi içinde karşılaştırmaları yapısal ve operasyonel olarak incelenmiştir.

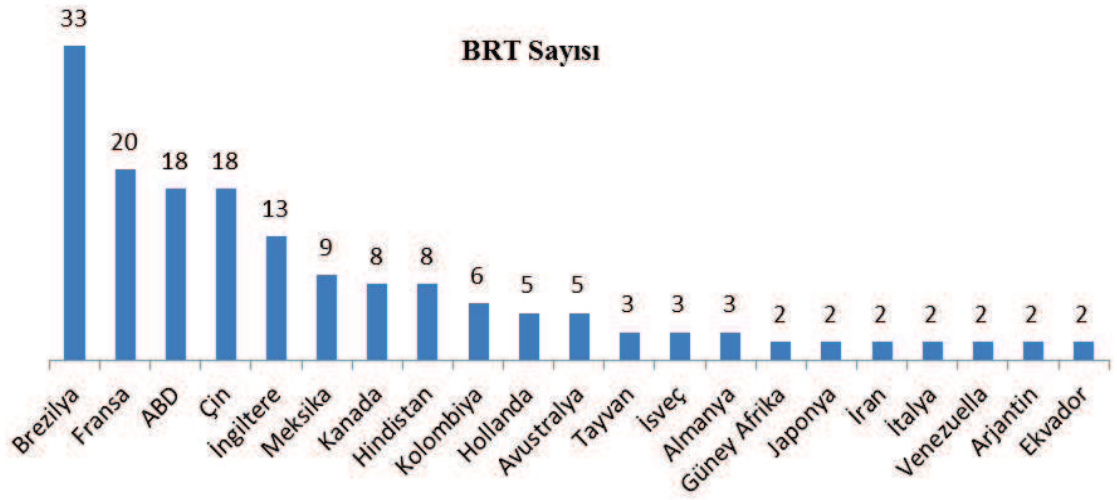


Şekil 2.5: Dünyadaki BRT Sistemleri (BRTdata.org, Haziran 2014).



Şekil 2.6: Yolculuk Kapasiteleri açısından Dünyadaki BRT Sistemleri (BRTdata.org, Haziran 2014).

İstanbul BRT sistemi tek koridora sahipken, Şekil 2.6'daki koridor sayılarından da anlaşılacağı üzere genelde bir BRT sistemi farklı koridorlardan oluşmaktadır. Kıtalara düşen BRT sayılarının ülke ve şehir sayılarına göre verildiği Şekil 2.6'da toplam yolculuk sayıları da verilmiştir. 18,13 milyon günlük yolculuk sayısı ile başta Brezilya olmak üzere Latin Amerika ve Karayipler BRT yolculuk sayısında başı çekmektedir.

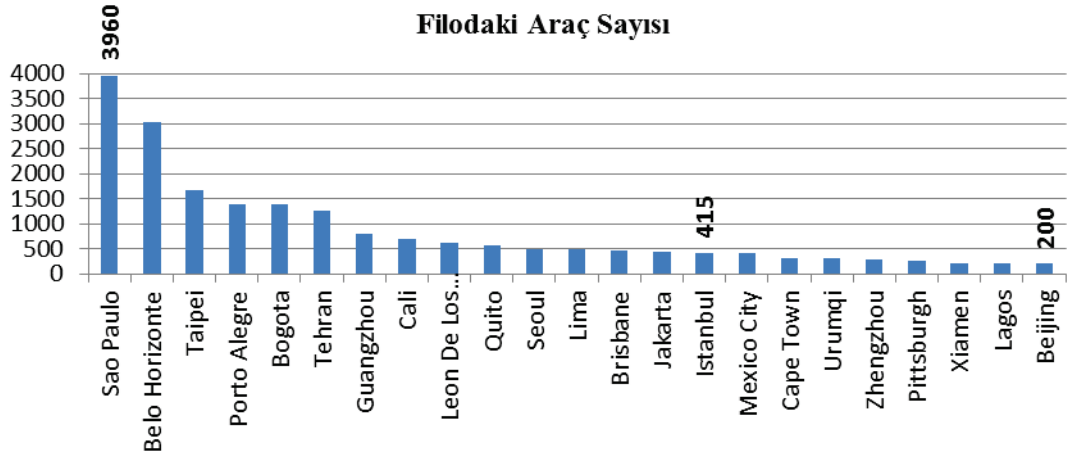


Şekil 2.7: Ülkelerdeki BRT Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

1'den fazla BRT'ye sahip ülkelerin BRT sayısı Şekil 2.7'de verilmiştir. Gelişmiş ülkelerin de çok fazla BRT sistemine sahip olduğu grafikte görülmektedir.

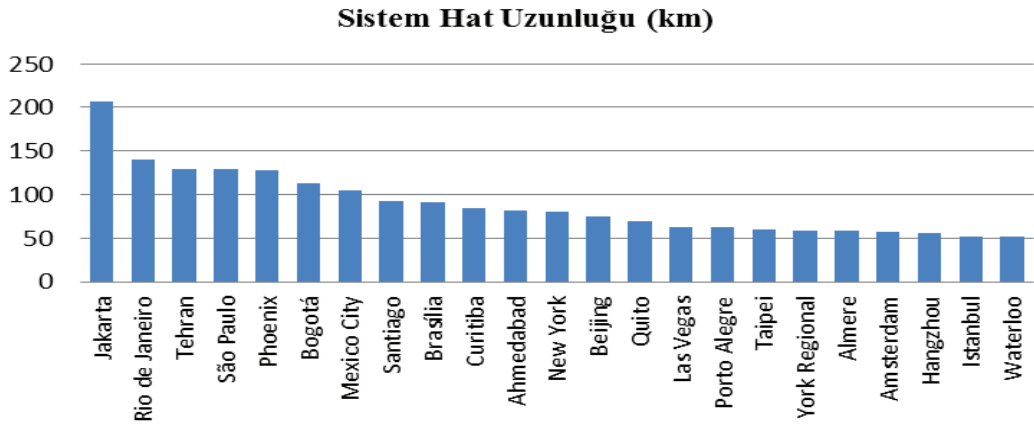
2.4.1. Yapısal Karşılaştırmalar

Dünyadaki BRT sistemlerinin yapısal karşılaştırmaları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



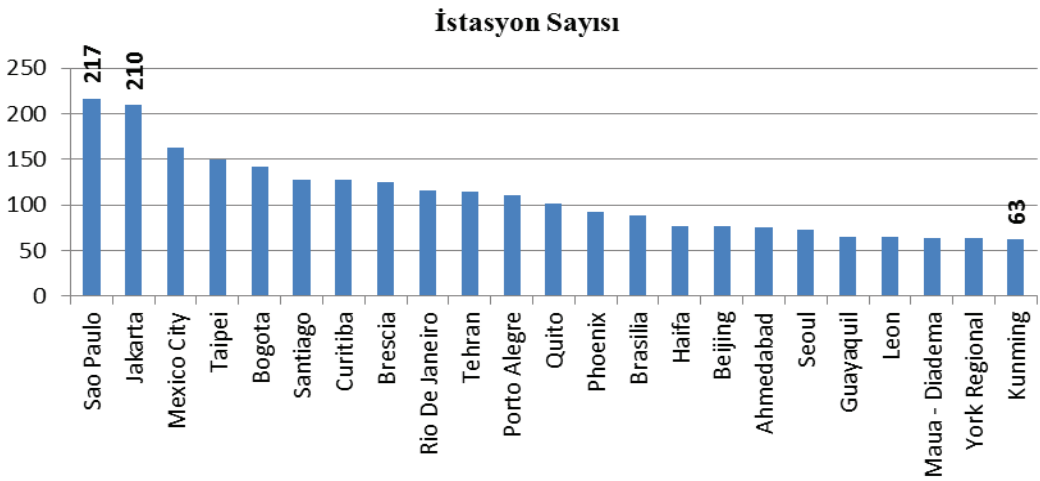
Şekil 2.8: BRT Filo Araç Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

BRT sistemlerinin sahip oldukları taşıt sayıları açısından karşılaştırmaları Şekil 2.8'de gösterildiği gibidir. Sao Paulo BRT sistemi 3960 araçla çok yüksek taşıt kapasitesine sahiptir.



Şekil 2.9: BRT Hat Uzunlukları (BRTdata.org, Haziran 2014).

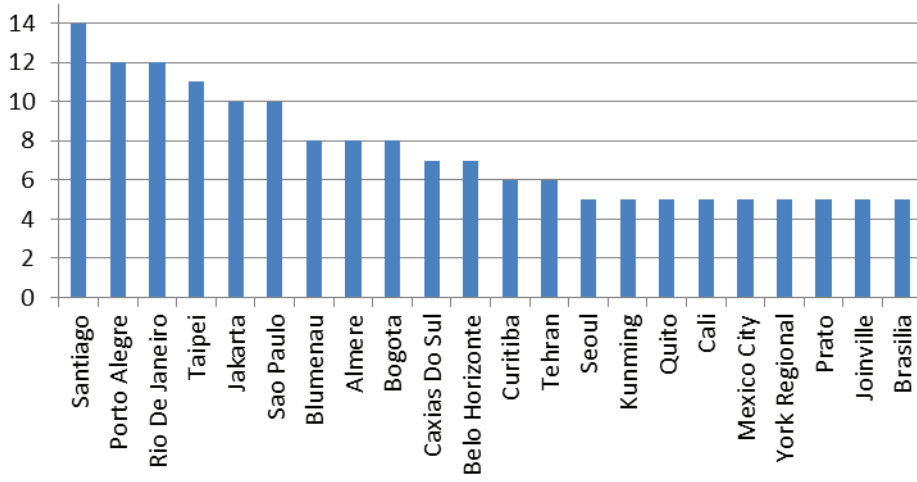
BRT sistemlerinin hat uzunlukları açısından karşılaştırmaları Şekil 2.9'daki gibidir. 233 km ile Melbourne BRT sistemi 1. iken, 52 km uzunluğu ile İstanbul 22. sıradadır.



Şekil 2.10: BRT İstasyon Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

BRT sistemlerinin istasyon sayıları Şekil 2.10' da verilmiştir. Sao Paulo 200'ü geçen istasyon sayısı ile önde yer alırken İstanbul 44 istasyonuyla ilk 25' te kendine yer bulamamıştır.

Koridor Sayısı

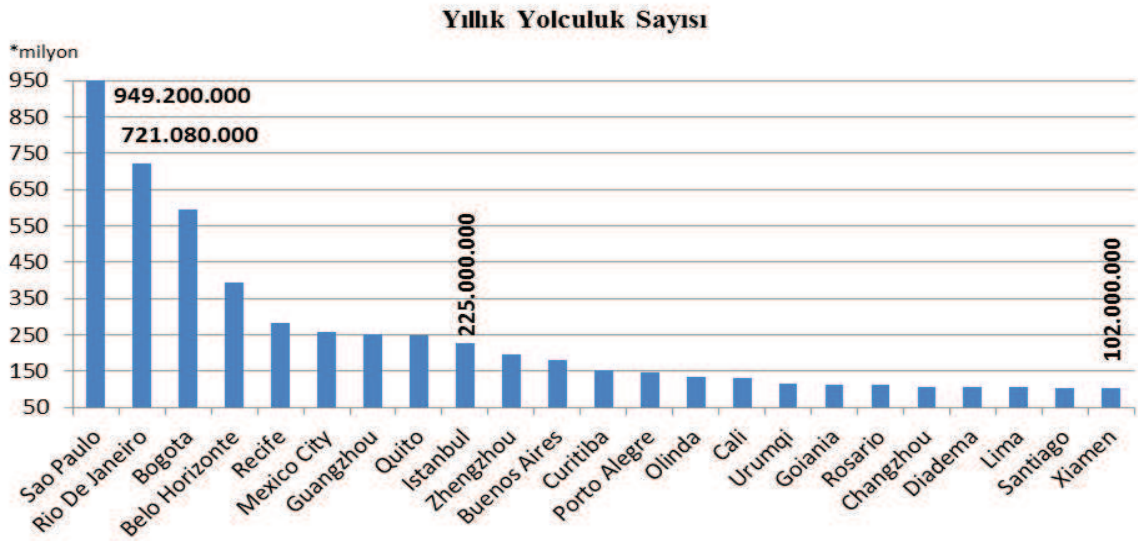


Şekil 2.11: BRT Koridor Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

BRT sistemlerinin sahip oldukları koridor sayıları açısından karşılaştırmaları Şekil 2.11’de verilmiştir. Yolculuk kapasiteleri yönünden yüksek olan sistemlerin birçok koridora sahip olduğu görülürken İstanbul’da tek koridorlu metrobüs sistemi mevcuttur.

2.4.2. Operasyonel Karşılaştırmalar

BRT sistemlerinin yapısal karşılaştırmalarının yanında sundukları hizmet ve kapasite açısından karşılaştırmaları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

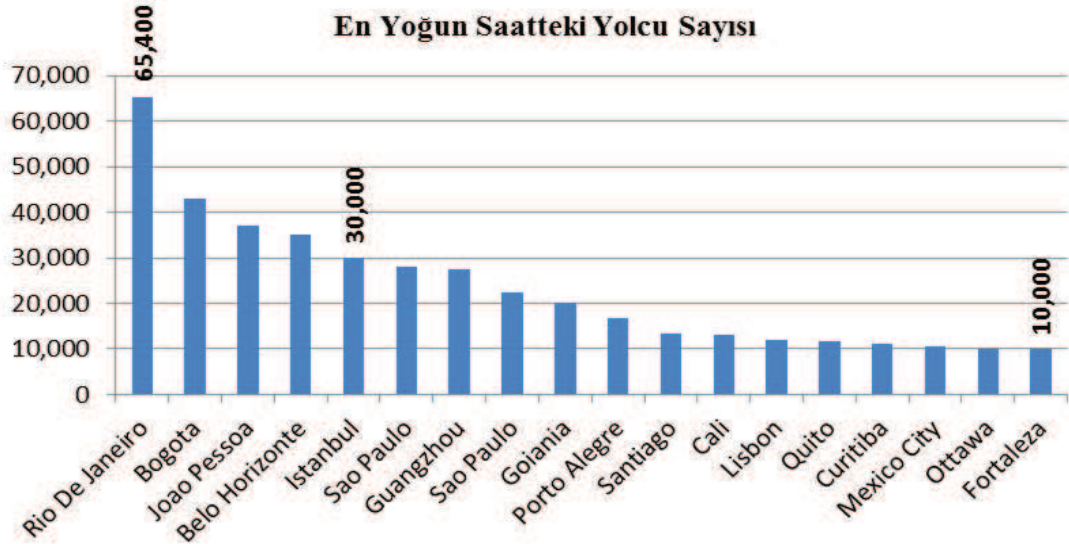


Şekil 2.12: BRT Yıllık Yolculuk Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

BRT sistemlerinin yıllık ve günlük yolculuk karşılaştırmaları Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te verilmiştir. Çoklu koridor yapısıyla şehirlerini metro ağı tarzı BRT sistemleri ile donatan Brezilya'nın çok yüksek yolculuk sayıları vardır. İstanbul'un yolculuk sayıları ise tek şerit ve tek koridorla günlük 750.000 civarında, yıllık ise 225.000.000 civarındadır.



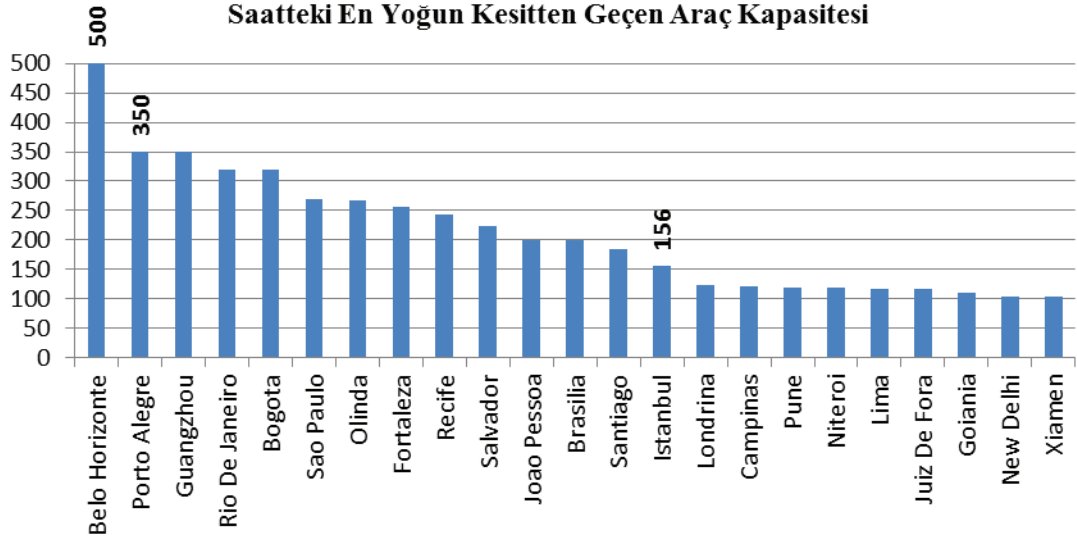
Şekil 2.13: BRT Günlük Yolculuk Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).



Şekil 2.14: BRT Zirve Saatlerdeki Yolculuk Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

BRT sistemlerinin tek yöndeki ve en yoğun saatteki yolculuk sayıları açısından karşılaştırmaları Şekil 2.14'te verilmiştir. Sistemin sahip olduğu şerit sayısı ve koridor uzunluğu ile de alakalı olan bu sayılarla, İstanbul'un tek koridor ve tek şeritli

metrobüsünün yine iyi bir seviyede olduğu söylenebilir. Ancak İstanbul metrobüsü tek koridordan oluşsa da 3 koridor özelliği taşımaktadır.



Şekil 2.15: En Yoğun Kesitlerden Geçen Araç Sayıları (BRTdata.org, Haziran 2014).

Sistemin direkt olarak kapasitesini belirleyen en önemli unsur kesitlerden geçebilen taşıt sayılarıdır. Şerit sayıları ve istasyon özellikleri ile de alakalı olan bu durumun kesit kapasiteleri açısından karşılaştırması Şekil 2.15'te verilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. BAŞLANGIÇ-SON MATRİSLERİ

Toplu taşıma sistemleri trafik sıkışıklığını, hava kirliliğini ve enerji tüketimini azaltmanın etkili bir yoludur ve teşvik edilmelidir. Daha fazla kullanıcının toplu taşıma hizmetlerinden yararlanmasını sağlamak ve ulaşım hizmetlerini geliştirmek için ulaşım planlayıcıları, yolcuların seyahat modellerini çıkararak yolculuğu cazip hale getirecek anahtar faktörler tanımlamalıdır. Kullanıcıların seyahat analizlerinin yapılmasıyla toplu taşıma hizmetlerinde daha iyi stratejiler uygulanacaktır. Bu durum; yolculuk verilerinin yanında yolculuğun sonlandığı yer, transfer noktaları, ağ bağlantı noktaları, seyahat süreleri gibi akıllı kart verilerinde olmayan bilgilerin çıkarılmasıyla mümkündür (Wu ve Diğerleri, 2013).

Akıllı kart sistemlerinin toplu taşıma hizmetlerinde kullanılmasıyla yolculuğa ait verilerin birçoğu bilinmeye başlanmıştır. Ancak yolculuğun sonlandığı istasyon çoğu akıllı kart sistemlerinde mevcut değildir. Yolculukların başlangıç noktalarının bilinmesinin yanında bitiş noktalarının da bilinmesini veya tahmin edilmesini sağlayan Başlangıç-Son matrisleri (Origin-Destination matrix) bir coğrafik alanda trafikteki araçların veya seyahat eden yolcuların başka bir coğrafik alana akışı hakkında temel bilgi sağlamaktadır. Başlangıç-Son matrisleri bu yönüyle trafik ve ulaşım yönetiminde çok kritik bir role sahiptir (Li, 2009). Bu çalışmada Başlangıç-Son matrislerine kısaca O-D matrisi denecektir. O-D matrisi oluşturmanın çeşitli yöntemleri şöyle sıralanabilir.

- Yolcu veya hane halkı anketleri
- Gözleme dayanan sayımlar
- İniş yapılan kapılara veya duraklara kart okuyucu sistemlerin konulması

Ancak O-D matris verilerinin bu şekilde toplanması çok zordur ve anket tabanlı yaklaşımlar maliyet gerektiren çalışmalardır (Ma ve Diğerleri, 2012). 1990'lı yılların sonunda akıllı kart ödeme sistemlerinin Washington ve Tokyo başta olmak üzere bazı şehirlerde kullanılmaya başlanmasıyla bu yeni teknoloji çok hızlı bir gelişim göstermiş ve toplu taşıma ücret toplama sisteminin çok önemli bir parçası olmuştur. Daha somut

toplu taşıma planlamaları ve operasyonları akıllı kartlar sayesinde hayata geçmiştir. (Munizaga ve Palma, 2012). Ayrıca ekspres hatlar için özel ücretler veya zirve saatler dışındaki yolculuklarda özel indirimler uygulanması gibi bazı uygulamalara gidilebilmiştir (Trepanier, 2007).

Barry (2002), New York City ulaşımında metrocard olarak bilinen, kayıtlarında her bir yolcuya özel seri numarası bulunan, yolculuk zamanının ve yerinin bilindiği otomatik ücret toplama sistemini incelemiş ve yolculuk kayıtlarını inceleyerek istasyondan istasyona O-D seyahatlerini tahmin eden bir metodoloji geliştirmiştir. Metro için yaptığı ve her bir kartın 1 güne ait ardışık seyahatlerini incelediği çalışmasında başlangıç istasyonundan son istasyonu tahmin eden algoritma setlerine başvurmuştur. 2 temel varsayımdan oluşan algoritmanın ilki şöyledir. Kullanıcıların büyük bir kısmı gelecekteki yolculuğuna başlamak için önceki yolculuğunun bitiş noktasından geri dönerler. İkincisi ise, yine kullanıcıların büyük bir kısmı günün ilk yolculuğuna başladıkları istasyonda günün yolculuğunu sonlandırırlar. Anketle test edilen bu varsayımlar metro kullanıcıları açısından %90 oranında doğrulanmıştır.

Zhao ve Diğerleri (2007), sadece başlangıç durakları bilinen Chicago Transit Authority raylı sistemlerindeki akıllı kart verilerinden O-D matris tahmin algoritması geliştirmiştir. Raylı sistem yolculuğundan sonra otobüs yolculuklarının geldiği yolculuklarda, otobüs yolculuğunun (400 metre sınırına kadar) en yakınındaki raylı sistem istasyonunu iniş yaptığı istasyon olarak değerlendirmiştir. (Ma ve Diğerleri, 2012). O-D matrisleri metodolojisinde, Barry (2002) ile kısmen aynı varsayımın yapıldığı ama ek olarak Zhao ve diğerlerinin maksimum 400 m veya 5 dakika yürüme mesafesi eklediği söylenebilir.

Trepanier (2007), Kanada'nın Gatineau şehrindeki otobüs sistemleri için iniş duraklarını tahmin eden nesne yönelimli bir metot geliştirmiştir. "Sonraki yolculuğun başladığı yer, bir önceki yolculuğun bittiği yerin en yakınındaki duraktır" varsayımıyla hareket etmiş, Barry'den farklı olarak günün son yolculuğunun iniş noktasını doğru tahmin edebilmek için ertesi günün ilk yolculuk kaydına bakmıştır. Bu varsayımın da %66 oranla başarı elde ettiğini belirtmiştir.

Munizaga ve Palma (2012), akıllı kartlardaki kullanıcının zincirleme yolculuklarından iniş noktalarını tahmin eden bir metot geliştirmişlerdir. Aynı zamanda davranış

analizleri, O-D matrisleri, taşıt yük profil tahminleri gibi bir çok bilgi üretmişlerdir. Akıllı kart verileri, araç konum bilgileri ve toplu taşıma ağ yapısının coğrafi bilgi sistemleri gibi 3 veri setini, veri tabanında eşleştirdikten sonra yolcu iniş noktaları tahmin edilmiştir.

Munizaga ve Palma (2012), multimodel (otobüs, metro, metrobüs) toplu taşıma sisteminde bir kullanıcının aynı gündeki yolculuk kayıtlarını sıraladıktan sonra ek olarak bir sonraki yolculuğun konumuna, zamanına, araç konum bilgilerine de bakarak “her yolculuk kaydı bir önceki yolculuğun bittiği yerin yakınından başlamıştır ve günün son yolculuğu da ilk yolculuğun başladığı noktaya yakındır” varsayımıyla iniş noktasını bulmaya çalışmışlardır.

Gordillo Londra raylı sistemleri için, Farzin ise Sao Paolo’daki otobüs ve BRT sistemleri için O-D matrisi tahmin çalışmaları yapmıştır (Delice, 2012).

Bu çalışmada da Barry’in (2002) varsayımlarından yararlanılmış, yolculukların bitiş noktaları tahmin edilmiş ve O-D matrisleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu matrislerin doğruluğu ve geçerliliği ise metrobüs istasyonlarında yer alan iade cihazlarındaki verilerle karşılaştırılarak sorgulanmıştır. Çalışmanın ana amacı olan İstanbul metrobüs sisteminde kapasite artışının sağlanabilmesi için O-D matrisleri önemli faydalar sağlayacaktır. Bu sayede sistemdeki darboğaz noktalarının tespit edilmesi, ekspres veya lokal hatların tanımlanması, kesit taleplerinin çıkarılması ve yolculuk taleplerinin karşılanıp karşılanamaması gibi çok önemli sorulara cevap verilebilecektir. O-D matrislerinin çıkarılmasına başlamadan önce metrobüsün toplu taşımadaki yerinin anlaşılması için bu bölümde İstanbul metrobüs sisteminin tanıtımı yapılacak, yolculuk verileri kullanılarak sistem analizi gerçekleştirilecektir.

3.2. İSTANBUL BRT (METROBÜS) SİSTEMİ

Özel adı metrobüs olan İstanbul BRT sistemi, İETT bünyesinde işletilen bir kamu hizmetidir. İETT’nin İstanbul’un ana arterlerindeki trafik yoğunluğunu azaltmak, hızlı ve konforlu ulaşım sağlamak amacıyla işletmeye aldığı metrobüs sisteminin ilk etabı, D-100 karayolunun Topkapı-Avcılar hattının orta refüjüne yakın gidiş ve geliş yönlerinde birer şerit alınarak 17 Eylül 2007’de hizmete açılmıştır. 18,3 km hat

uzunluğuna ve 14 durağa sahip metrobüs hattı, daha önce zirve saatlerde 67 dakikada alınan Topkapı-Avcılar arasını 22 dakikaya indirmiştir. Metrobüs hattının ikinci etabı olan 9,5 km'lik Topkapı-Zincirlikuyu bölümü 9 Eylül 2008'de hizmete açılmıştır. Böylece metrobüs, Mecidiyeköy etrafındaki merkezi iş alanlarına da ulaşarak 29,6 km hat uzunluğuna erişmiştir. Avcılardan merkezi iş alanlarına otomobil ile 90 dakika olan seyahat zamanı zirve saatlerde metrobüs ile 45 dakikaya inmiştir. Metrobüsün üçüncü etabı olan Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme metrobüs hattının 3 Mart 2009 tarihinde işletmeye açılmasıyla Avrupa yakasından Anadolu yakasına geçiş sağlanmıştır. Böylelikle İstanbul metrobüsü kıtalararası geçiş özelliği ile dünyadaki BRT sistemleri arasında ilk ve tek olma özelliği kazanmıştır (Alpkokin ve Ergun, 2012). Köprü üzerinde normal trafiğe karışan ve yolun en sağ şeridini kullanan bu hat 11 km uzunlukta ve 7 duraklı olarak inşa edilmiştir. Zirve saatlerde en fazla 6 dakikada köprü geçişi yapan metrobüs için ortalama yolculuk süresi 25 dakikadır. Son olarak ise hattın dördüncü etabı olan Beylikdüzü -Avcılar bölümü 19 Temmuz 2012 tarihinde hizmete açılmıştır. Şekil 3.1'de etaplar görülmektedir. Toplam uzunluğu 52 km olan 44 istasyonlu Beylikdüzü-Söğütlüçeşme metrobüs hattında 2014 yılı itibariyle hafta içinde günlük ortalama 800.000'e yaklaşan yolculuklar gerçekleştirilmektedir.

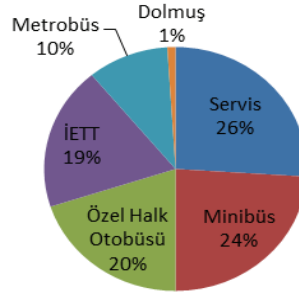


Şekil 3.1: İstanbul Metrobüs Haritası (iett.gov, Haziran,2014).

İstanbul'un 2014 yılında toplu taşımadaki günlük yolcu sayısının %14'ünü taşıyan metrobüs önemli bir toplu taşıma sistemi olmuştur. Metrobüsün kısa bir zaman diliminde bu seviyeye gelmesinde yüksek kapasiteye sahip olması, istek hatları üzerinde çalışması ve sefer sıklığı etkili olmuştur. (İstanbul Metropolitan alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı, 2011)

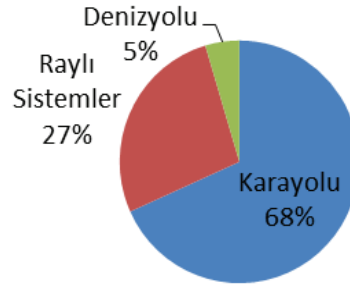
İstanbul'da en fazla yolculuk karayolu taşımacılığı ile yapılmaktadır. Karayolu yolcu taşımacılığı otobüs, metrobüs, minibüs, dolmuş ve servislerle sağlanmaktadır. İstanbul ulaşım master planına göre (2011) ulaşım türlerine ait yolculuk payları Şekil 3.2'deki gibidir.

Türü İçerisindeki Payı %



Şekil 3.2: Ulaşım Türlerinin Yolculuk Oranları
(İstanbul Ana Planı, 2011).

Şekil 3.2’de ve İETT’nin sitesinde ulaşım türlerinin yolculuk oranları ve ortalamaları mevcuttur ancak güncel değildir. Ulaşım türlerinin ağırlıkları güncel veriler ışığında değerlendirilmesi gerekmektedir. İstanbul’a her geçen yıl yeni ulaşım türleri eklenmekte ve bu durum yolcuların tercihini etkilemektedir. Operatör oranlarının ve yolcu tercihlerinin nasıl değiştiğini görmek amacıyla İstanbul’un genelinde Mayıs ayında gerçekleşen bütün yolculuk kayıtları analiz edilmiştir. Akıllı bilet kullanılan ulaşım türlerindeki veri setlerine göre İstanbul’da bütün ulaşım türlerinde Mayıs ayında toplam “143.139.017” yolculuk gerçekleşmiştir. Bu yolculukların ulaşım tipleri açısından oranları Şekil 3.3’te verilmiştir.



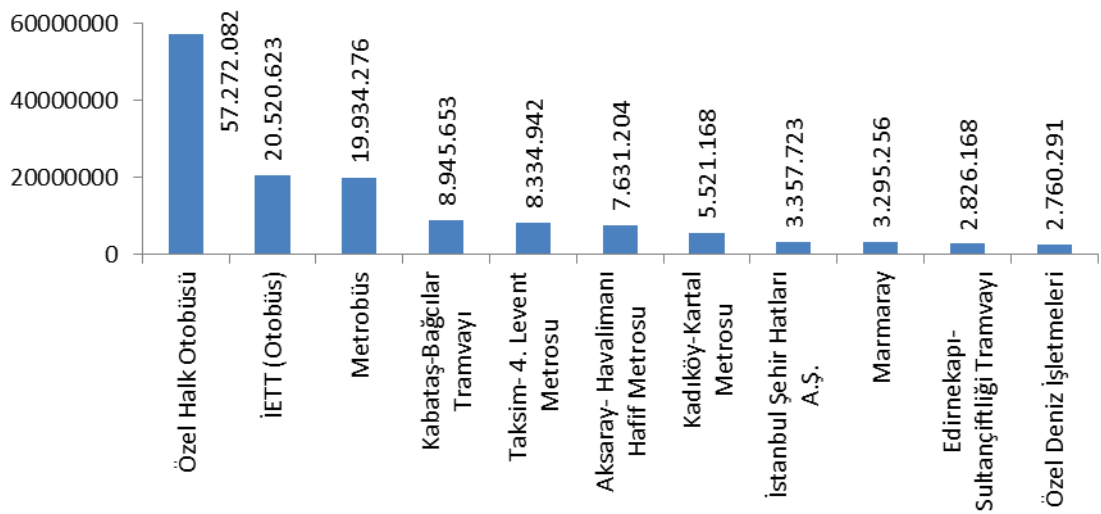
Şekil 3.3: Mayıs 2014 Yolculuk Verilerine
Göre Ulaşım Türlerinin Oranları.

Mayıs ayı kayıtlarına göre ulaşım türlerinin operatör ağırlıklandırmaları ise Tablo 3.1’de verilmiştir. Metrobüs sistemi İstanbul’da Mayıs ayında yapılan tüm yolculukların %13,93’ünü (799.509) gerçekleştirerek yolcular ve taşımacılık açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. İstanbul için önem arz eden Kabataş-Bağcılar Tramvayı ve Taksim-4.Levent Metrosu gibi ulaşım seçenekleri yolcu taşımacılığı açısından metrobüs yolcu kapasitesinin yarısından daha azdır.

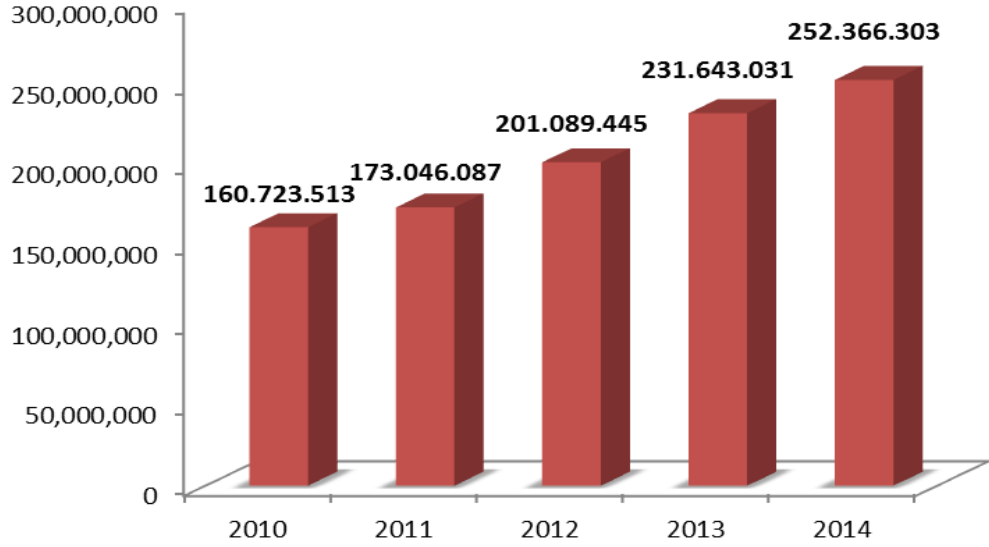
Tablo 3.1: Mayıs 2014 Yolculuk Verilerine Göre Operatör Oranları.

Ulaşım Tipi	Ulaşım Oranı
Karayolu	68,27%
Özel Halk Otobüsü	40,01%
İETT (Otobüs)	14,34%
Metrobüs	13,93%
Raylı Sistemler	27,13%
Kabataş-Bağcılar Tramvayı	6,25%
Taksim-4. Levent Metro su	5,82%
Aksaray-Havalimanı Hafif Metro su	5,33%
Kadıköy-Kartal Metro su	3,86%
Marmaray	2,30%
Edirnekapı-Sultançiftliği Tramvayı	1,97%
Kirazlı-Olimpiyatköy Metro su	0,65%
Taksim-Kabataş Füniküleri	0,52%
Tünel	0,25%
Teleferik	0,10%
T3 Kadıköy-Moda	0,05%
Nostaljik Tramvay	0,02%
Denizyolu	4,60%
İstanbul Şehir Hatları A.Ş.	2,35%
Özel Deniz İşletmeleri	1,93%
İDO	0,32%

İstanbul toplu taşımacılığının omurgasını oluşturan, en fazla yolcu taşımacılığına sahip ulaşım türlerinin Mayıs ayı yolculuk sıralaması Şekil 3.4'teki gibidir.



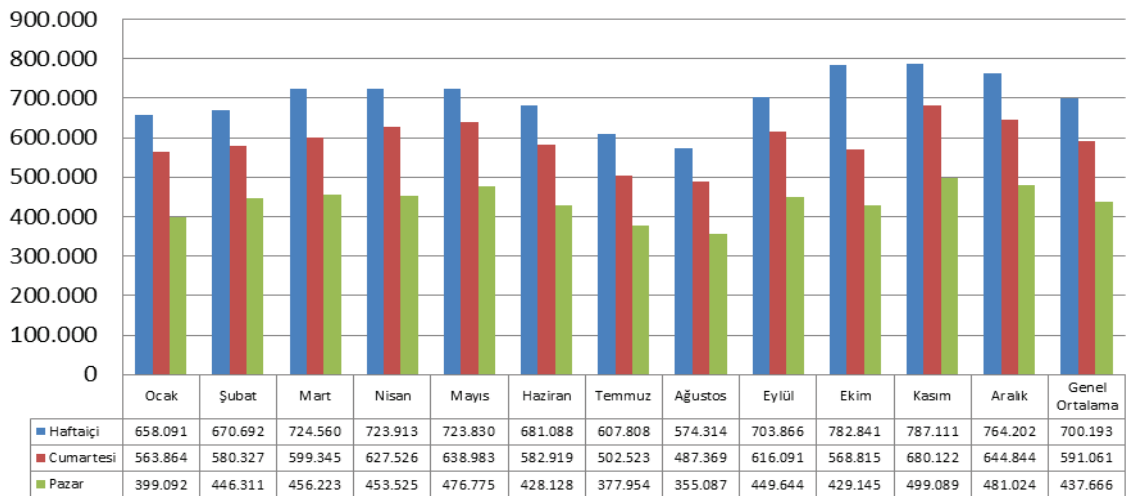
Şekil 3.4: Mayıs 2014 Yolculuk Verilerine Göre En Yüksek Yolculuk Kapasitesine Sahip Operatörler.



Şekil 3.5: Yıllara Göre Metrobüs Yolculuk Sayıları.

2009 yılından itibaren Avcılar Zincirlikuyu güzergahları arası çalışan sistem 2012 Temmuz ayında Avcılar'dan Beylikdüzü'ne uzatılmıştır. Şekil 3.5'deki yıllara göre yolculuk sayıları yorumlanırken bu durum dikkate alınmalıdır. Şekil 3.6'da 2013 yılına ait metrobüs yolculuklarının hafta içi, cumartesi ve pazar olarak gösterimi mevcuttur. Aynı olarak yer almasının sebebi ise bu günlerde yolcu kullanımlarının tamamen farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Resmi tatil günlerinde (1 Ocak, 23 Nisan, 1 Mayıs gibi) yarıya düşen yolculuklar ortalamaya dâhil edilmemiştir.

2013 Metrobüs Yolculukları



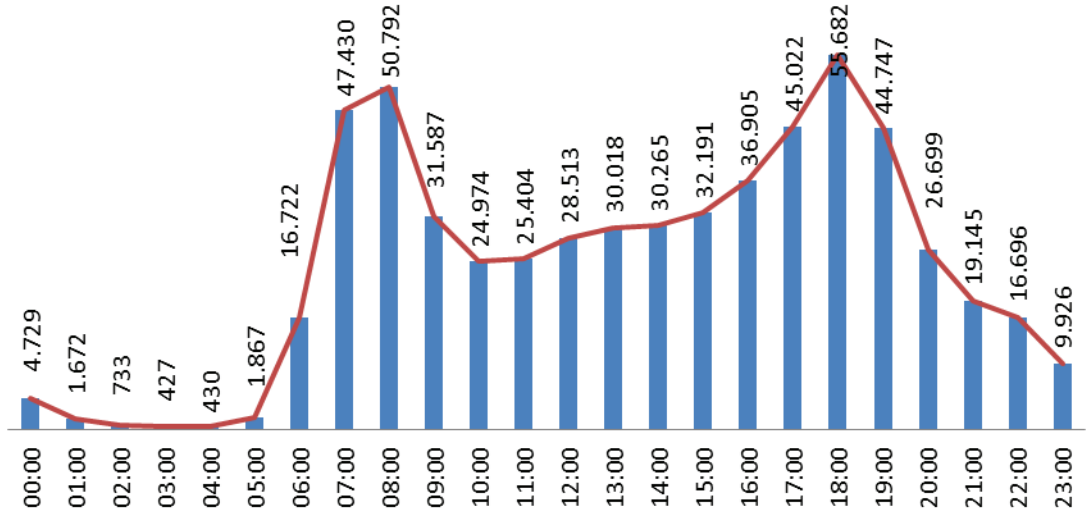
Şekil 3.6: 2013 Yılı Metrobüs Hafta İçi ve Hafta Sonu Yolculuk Sayıları.

Tablo 3.2’de ise 2013 yılının aylarının toplam ve ortalama yolculuk değerleri verilmiştir.

Tablo 3.2: 2013 Yılıının Aylarına Göre Metrobüs Yolculukları.

Aylar	Toplam Yolculuk	Günlük Ortalama
Ocak	18.701.121	603.262
şubat	17.520.392	625.728
Mart	20.493.602	661.084
Nisan	20.059.754	668.658
Mayıs	20.561.198	663.264
Haziran	18.676.990	622.566
Temmuz	17.501.501	564.565
Ağustos	15.882.137	512.327
Eylül	19.493.766	649.792
Ekim	19.859.677	640.635
Kasım	21.926.308	730.877
Aralık	21.710.237	700.330
Ortalama	19.388.575	637.667

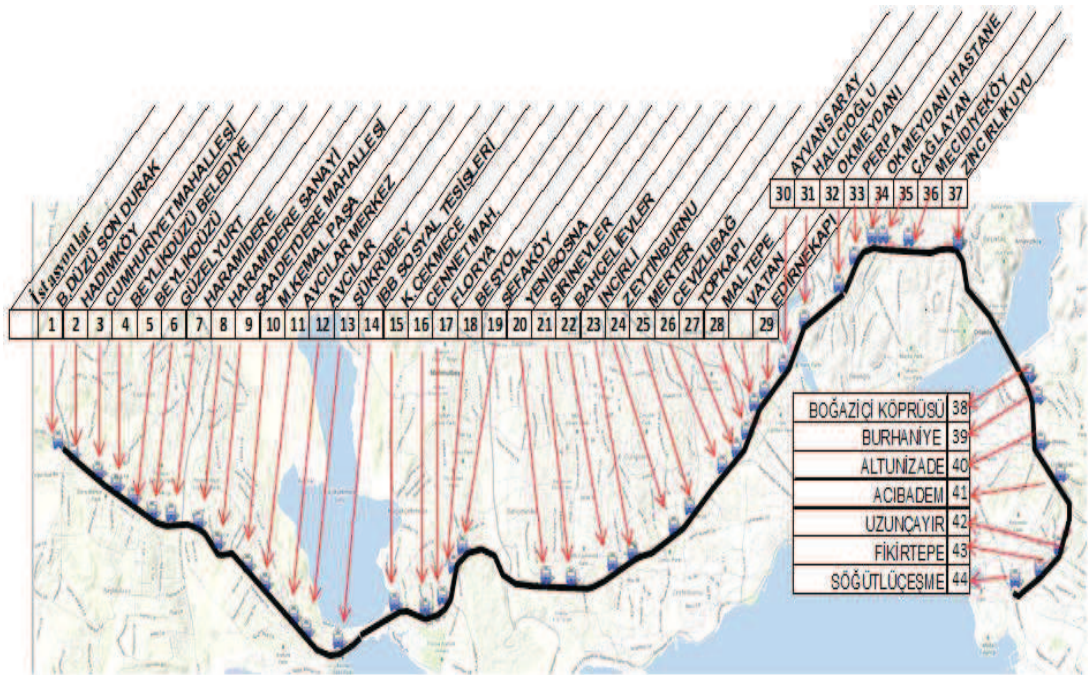
Saatlik yapılan yolculukların tüm yıldaki ortalaması hesaplanmış ve şekil 3.7’de verilmiştir. Cumartesi ve Pazar günlerinin de ortalamaya dâhil edilmesiyle sabah ve akşam saatlerindeki zirve saatlerin yolculuk değerleri biraz düşmüştür.



şekil 3.7: 2013 Yılıının Tüm Metrobüs Yolculuklarının Ortalama Saatlik Yolculuk Sayıları (Günlük).

3.2.1. İstasyonlar

İstanbul'da Doğu'dan Batı'ya geçen D-100 Karayolu üzerinde bulunan metrobüs hattı yaklaşık 52 km'lik bir uzunluğa sahiptir ve ilgili rota Şekil 3.8'de görüldüğü gibidir. İki yönlü olmak üzere sadece bu hatta çalışan taşıtlara özel olarak tahsis edilmiş bir yolu olan metrobüs hattının üzerinde 44 istasyon mevcuttur. Doğu-Batı istikametinde gidildiğinde Söğütlüçeşme'den başlayan yolculukla Altunizade, Zincirlikuyu, Mecidiyeköy, Okmeydanı, Topkapı, Cevizlibağ, Şirinevler, Yenibosna, Sefaköy, Florya, Küçükçekmece ve Avcılar'dan geçerek Beylikdüzü'ne ulaşılmaktadır.



Şekil 3.8: Metrobüs Rotası (İETT sitesi, 2014).

Metrobüs istasyonları arasındaki mesafeler ise Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: İstasyonlar Arasındaki Mesafeler ve Yoğunluklarına Göre Hizmet Düzeyleri (TÜBİTAK TÜSSİDE Raporu, 2014).

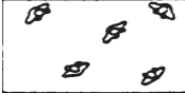

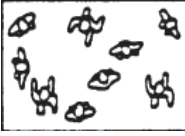



No	İstasyon	İlk istasyona Uzaklık(m)	Bir önceki istasyona uzaklık(m)
1	Beylikdüzü Tüyap	0	0
2	Hadımköy	0,9	0,9
3	Cumhuriyet Mahallesi	2	1,1
4	Beylikdüzü Belediye	2,7	0,7
5	Beylikdüzü	3,4	0,7
6	Güzelyurt	4,2	0,8
7	Haramidere	4,9	0,7
8	Haramidere Sanayi	5,9	1
9	Saadetdere Mahallesi	6,7	0,8
10	Mustafakemalpaşa	8	1,3
11	Avcılar Merkez	8,8	0,8
12	Avcılar	10,1	1,3
13	Şükrübey	10,7	0,6
14	İBB Sosyal Tesisleri	11,9	1,2
15	Küçükçekmece	14,2	2,3
16	Cennet Mahallesi	15,3	1,1
17	Florya	16	0,7
18	Beşyol	16,8	0,8
19	Sefaköy	17,4	0,6
20	Yenibosna	20,9	3,5
21	Şirinevler	21,9	1
22	Bahçelievler	23,4	1,5
23	İncirli	24,1	0,7
24	Zeytinburnu	25,8	1,7
25	Merter	26,6	0,8
26	Cevizlibağ	28,1	1,5
27	Topkapı	28,7	0,6
28	Maltepe	29,2	0,5
29	Edirnekapı	30,6	1,4
30	Ayvansaray	31,5	0,9
31	Halıcıoğlu	32,8	1,3
32	Okmeydanı	34,3	1,5
33	Perpa	35,2	0,9
34	Okmeydanı SSK	36,1	0,9
35	Çağlayan	36,5	0,4
36	Mecidiyeköy	37,4	0,9
37	Zincirlikuyu	39,3	1,9
38	Boğaziçi Köprüsü	43,5	4,2
39	Burhaniye	44,2	0,7
40	Altunizade	45,5	1,3
41	Acıbadem	46,6	1,1
42	Uzunçayır	48,5	1,9
43	Fikirtepe	49,5	1
44	Söğütlüçeşme	50,7	1,2

Metrobüs hattına sistemindeki istasyonlar arası mesafe 50,7 km uzunluğundadır. Dönüş noktaları ile birlikte sistemin toplam uzunluğu 52 km olmaktadır. Tablo 3.3'te dikkat edilmesi gereken nokta, hem karayolu trafiği için hem de metrobüs için darboğaz

oluşturan İBB Sosyal Tesisler ile Küçükçekmece istasyonları arasındaki 2,3 kilometrelik mesafe ve Sefaköy ile Yenibosna arasındaki 3,5 kilometrelik mesafedir. Bu mesafeler, 2 kilometrenin üzerinde olup, olası tehlike durumlarında yolcuların tahliyesi için problem oluşturabileceği gibi, kaza durumlarında da sistem performansını etkileyecek şekilde uzakta kalacaktır (TÜSSİDE, İETT Esnek Ulaşım Modülü 1. Raporu, 2014).

İstasyon yoğunluklarına göre yolcu bekleme alanlarının geniş ve rahat olması gerekmektedir. “Highway Capacity Manual” standartlarında metrekareye düşen kişi sayısına göre hizmet düzeyleri belirlenmiştir (Tablo 3.4). Metrobüs istasyonlarının hizmet düzeyleri, istasyon bekleme alanları ve yolculuk talebi açısından değerlendirilmeli ve tüm istasyonlar A-B-C düzeylerine çekilmelidir.

Tablo 3.4: Kuyrukta Bekleyen Yayalar için Hizmet Düzeyi Kriterleri (HCM,2000).

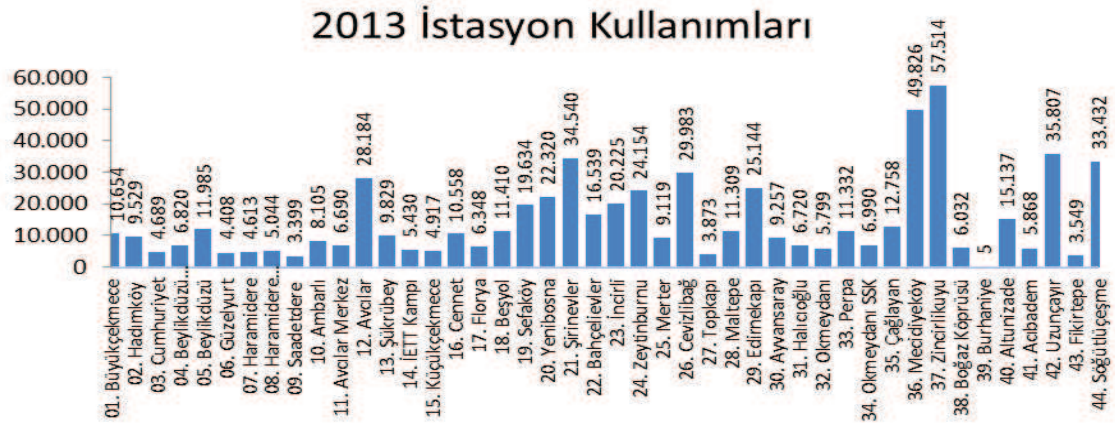
Hizmet Düzeyi	Alan (m ² /kişi)	Gösterim
A	>1.2	
B	>0.9-1.2	
C	>0.6-0.9	
D	>0.3-0.6	
E	>0.2-0.3	
F	<=0.2	

Yolcu iniş ve binişlerinin yüksek olduğu Avcılar, Yenibosna, Şirinevler, Cevizlibağ, Mecidiyeköy, Zincirlikuyu ve Uzunçayır istasyonlarının hizmet düzeyleri yeterli seviyede değildir. Zirve saatte örnek bir istasyonun yoğunluğu Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9: Hizmet Düzeyi “F’ye” yaklaşan Zincirlikuyu İstasyonu.

Şekil 3.10’da istasyonların 2013 yılında gerçekleşen yolculuklara göre günlük ortalama yolculuk sayıları verilmiştir. Yoğunluk açısından sırasıyla Zincirlikuyu, Mecidiyeköy, Uzunçayır, Şirinevler, Söğütluçeşme, Cevizlibağ ve Avcılar istasyonları ortalama yolcu kullanımının üzerindedir.



Şekil 3.10: 2013 Yılı'nın Günlük Ortalama İstasyon Yolculukları.

3.2.2. Garajlar, Bakım ve Dolum İstasyonları

İETT bünyesinde bulunan 9 garajın 4’ü aktif olarak metrobüs sistemine hizmet etmektedir. Bu garajlar Avcılar, Edirnekapı, Hasanpaşa ve İkitelli garajlarıdır. Bakım onarım işlemleri bu garajlarda, garaj müdürlüklerince gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler garaj şefliği, motor yenileme şefliği, kaporta boya şefliği, trafik ve hasar işleri şefliği, taşıt bakım yönetim şefliği, taşıt bakım ARGE şefliği ve acil müdahale şefliği ile sağlanmaktadır. Her taşıtın yakıt alma zamanı önceden planlanmaktadır. 34Z hattına yakıt ikmalleri saat 12.00’den itibaren Zincirlikuyu’da yapılmaktadır. 34 ve 34BZ hatlarına yakıt ikmalleri Şekil 3.11’de görülen Avcılar garajında saat 12.30’da

yapılmaktadır. Saat 14.30 ile 15.00 civarı Avcılar'da yoğunluk yaşandığı bilinmektedir (TÜSSİDE, İETT Esnek Ulaşım Modülü 1. Raporu, 2014). Garaj kapasiteleri ve garajların sisteme uzaklıkları metrobüs kısıtları arasında yer almaktadır.



Şekil 3.11: Avcılar Yakıt İkmal Noktası.

3.2.3. Metrobüs Taşıtları

3.2.3.1. Taşıtların Özellikleri

Metrobüs taşıtlarının bilgileri Tablo 3.5'te yer almaktadır (İETT metrobüs İnternet sitesi, erişim 11.10.2014).

Tablo 3.5: Metrobüs Taşıtlarının Bilgileri.

Sıra No	Markası	Model	Taşıtların Uzunluğu	Adedi	Kapasite	Yakıt Özelliği
1	MERCEDES CİTARO 0530 G	2006	18 m	100	137	Dizel, Euro 3
2	MERCEDES CAPACITY	2007	19,54 m	50	192	Dizel, Euro 4, Euro 5
3	MERCEDES CAPACITY	2008		100		
4	MERCEDES CAPACITY	2009		100		
5	MERCEDES CONECTO G	2012	18 m	85	166	Dizel, Euro 4, Euro 5
6	PHILEAS	2008	26 m	15	220	Dizel, Euro 4, Hibrit
7	PHILEAS	2009		35		
8	KARSAN	2013	18 m	50	150	
TOPLAM				535		

Metrobüs taşıtlarına ait yakıt sarfiyat bilgisi Tablo 3.6'da yer almaktadır (TÜBİTAK TÜSSİDE raporu, taşıtların sayıları ise İETT metrobüs İnternet sitesi, erişim 11.10.2014).

Tablo 3.6: Metrobüs Yakıt Bilgileri.

	Markası	100 km de ort. sarfiyat	Bir depo ile gidilebilir yol (km)	Depo Kapasitesi (lt)
1	MERCEDES CİTARO 0530 G	58 lt	515	300
2	MERCEDES CONECTO G	55 lt	545	300
3	MERCEDES CAPACITY	60 lt	500	300
4	PHILEAS	65 lt	385	250

Metrobüs taşıtlarına kilometreye bağlı olarak (kilometrik) bakım yapılmaktadır. Buna göre Mercedes taşıtlar her 30.000 km’de, Phileas taşıtlar her 7.500 km’de bakıma girmektedir. Bakımlarda motor yağı, yağ filtresi, yakıt filtresi, adblue filtresi, hava filtresi, klima filtresi değiştirilmektedir. Genel olarak, kontrol sonrası aşınmış fren balata ve diskleri, bozuk kayış-kasnaklar, sürtünme sonucu hasar gören su hortumları, klima hortumları, hava kaçıran süspansiyon hava körükleri, bozuk amortisörler değiştirilmektedir. Ön düzen ayarı bozuk olan taşıtların rot balans ayarları yapılmaktadır. Taşıtların hepsinde arıza teşhis cihazı kullanılmakta olup daha önce vuku bulan kayıtlı arızalar incelendikten sonra hafızadan silinmektedir. İç ve dış temizlik ortalama 45 dakika sürmektedir (TÜSSİDE, İETT Esnek Ulaşım Modülü 1. Raporu, 2014).

3.2.3.2. Metrobüs Arıza İstatistikleri



Capacity-274 Arıza



Citaro-231 Arıza



Phileas-50 Arıza

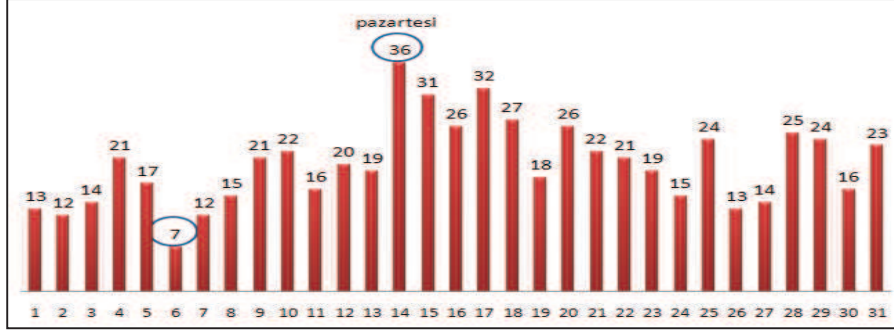


Connecto-60 Arıza

Şekil 3.12: Ocak 2013, Metrobüs Arıza İstatistikleri.

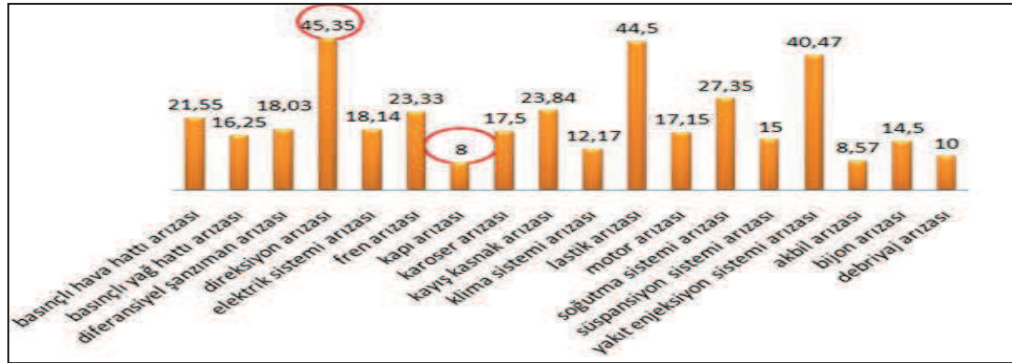
Şekil 3.12’de metrobüs taşıt cinslerinin arıza sayıları verilmiştir. 2013 Ocak ayına ait günlük arıza sayılarına ek olarak, 2013 yılına ait arıza dağılımları Şekil 3.13’te verilmiştir. Ocak için en düşük arıza sayısı 7, en yüksek arıza sayısı 36 olarak görülmektedir. Son alınan metrobüs arıza ve kaza verileri, arıza sayısında Ocak’tan Aralık’a kadar Haziran, Ekim ve Aralık aylarında azalma görülse de yıl bitiminde Ocak ayındaki değer iki katına çıktığı görülmüştür. Bu artışın sisteme yeni dâhil olan

metrobüs sayısı ile arttığı ortaya çıktığı tahmin edilmektedir, yani esas etken yolcu talebinin artmasına bağlı taşıt sayısının artışı olarak görülmektedir (TÜSSİDE, İETT Esnek Ulaşım Modülü 1. Raporu, 2014).



Şekil 3.13: 2013 Ocak Ayı Günlere Göre Arıza Sayıları.

Ortalama tamir süreleri Şekil 3.14'te görsel olarak ifade edilmiştir. Direksiyon, lastik ve yakıt enjeksiyon sistemi arızaları sistem için önemli zaman kayıpları olarak nitelendirilebilir. Sadece arızaların tamir sürelerinin incelenmesi yeterli olmayabilir. Tamire başlayana kadar geçen bekleme süresi istatistikleri de düzenli tutulmalıdır. Buralardaki gecikmeler, sistemin direk performansını etkilemektedir.



Şekil 3.14: 2013 Ocak Ayı Arıza Tamir Ortalama Süreleri (dk).

3.2.4. Metrobüs İşletme Modeli

Metrobüs işletmesi, 7 hat ile (8 Eylül 2014 tarihinden itibaren yeni işletim modeline geçen İETT 34AS ve 34BZ hatlarını sisteme ekleyip, 34B hattını iptal etmiştir) 44 istasyonda, yolcu taleplerine göre farklı taşıt atamaları yapan işletim modeline sahiptir. Bu atamalar sonucunda, hafta içi sabah yoğun saatler, hafta içi akşam yoğun saatler, hafta içi gün içi, cumartesi ve pazar günlerinde yolcu taleplerine göre taşıt atamaları değişiklik göstermektedir. Taşıtlar sisteme Söğütluçeşme, Edirnekapı, Avcılar ve Beylikdüzü istasyonlarından giriş yapmaktadır. Sistemdeki taşıtların dönüş noktaları

ise, Söğütlüçeşme, Zincirlikuyu, Edirnekapı, Topkapı, Avcılar ve Beylikdüzü istasyonlarından gerçekleştirilmektedir.

3.2.4.1. Hafta İçi Çalışan Taşıt Sayısı

Uygulama aşamasında Aralık ayı verileri detaylı inceleneceği için 2013 Aralık ayındaki işletim sistemi incelenmiştir. Aralık ayı itibarıyla hafta içi günlerinde saat sabah 6.00 ile gece 24.00 arasında 34, 34A, 34B, 34C ve 34Z hatlarında çalışan araç sayıları Tablo 3.7'deki gibidir.

Tablo 3.7: Aralık 2013 Hafta İçi Çalışan Metrobüs Sayıları.

Hat Adı	Kapsamı	Sabah	Akşam
34A	Cevizlibağ-Söğütlüçeşme	54	54
34B	Beylikdüzü-Avcılar	29	24
34C	Beylikdüzü-Cevizlibağ	81	81
34	Avcılar-Zincirlikuyu	217	192
34Z	Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme	79	74
34T	Avcılar-Cevizlibağ	0	25
TOPLAM		460	450

3.2.4.2. Hafta Sonu Çalışan Taşıt Sayısı

Hafta sonu yolcu taleplerindeki azalmadan kaynaklı bazı taşıtlar dinlenmeye veya bakıma alınmaktadır. Bu sebeple hafta sonu taşıt sayıları azaltılmaktadır. Hafta sonu sistemde çalışan taşıt sayıları Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8: Aralık 2013 Hafta Sonu Çalışan Taşıt Sayıları.

Taşıt	Cumartesi	Pazar
34	155	123
34A	31	35
34B	20	20
34C	42	45
34Z	40	35
TOPLAM	288	258

3.2.4.3. Hatlar

Bu çalışmanın yapıldığı sırada metrobüs güzergâhında yeni 2 hat daha hizmete alınmıştır. Hizmete alınan bu hatlarla birlikte Söğütlüçeşme-Beylikdüzü istasyonları arasında 06.00 ile 24.00 saatleri arasında 7 hat işletilmektedir. İlgili hatlar, şu şekilde tanımlanmıştır:

- 34A: Cevizlibağ-Söğütlüçeşme
- 34C: Beylikdüzü-Cevizlibağ

- 34: Avcılar-Zincirlikuyu
- 34Z: Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme
- 34AS: Avcılar-Söğütlüçeşme
- 34BZ: Beylikdüzü-Zincirlikuyu
- 34T: Avcılar-Topkapı (Sadece akşamları)
- 34G: Beylikdüzü-Söğütlüçeşme (Sadece geceleri)

Hatların kapsadığı istasyonlar Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

Beylikdüzü -Tüyap	Hadimköy	Cumhuriyet mahallesi	Beylikdüzü belediye	Beylikdüzü	Güzelyurt	Haramidere	Haramidere sanayi	Saadetdere	Mustafakemalpaşa	Avcılar merkez	Avcılar	Şükürbey	İbb sosyal tesisleri	Küçükçekmece	Cennet mahallesi	Florya	Beşyol	Sefaköy	Yeni bosna	Şirnevler	Bahçelievler	İncirli	Zeytinburnu	Mertler	Cevizlibağ	Topkapı	Maltepe	Edirnekapı	Ayvansaray	Halıcıoğlu	Okmeydanı	Perpa	Okmeydanı hastane	Çağlayan	Mecidiyeköy	Zincirlikuyu	Boğaziçi köprüsü	Burhaniye	Altunizade	Acıbadem	Uzunçayır	Fikirtepe	Söğütlüçeşme
Tüyap – Söğütlüçeşme (Sadece Gece)																																											
Tüyap – Cevizlibağ														Cevizlibağ – Söğütlüçeşme																													
Tüyap-Zincirlikuyu																																											
Avcılar-Söğütlüçeşme																																											
Avcılar – Zincirlikuyu																				Z.Kuyu – S.Çeşme																							
Avcılar – Topkapı (Sadece Akşam)																																											

Şekil 3.15: İşletim Sisteminde Çalışan Hatlar.

3.2.4.4. Ücretlendirme Sistemi

Metrobüs sisteminde akıllı biletler yoluyla gidilen istasyonlar hesaplanarak mesafeye bağlı ücretlendirme uygulanmaktadır. İstasyonlara bağlı ücretler Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9: Yolculuk Ücretleri.

Durak Sayısı	Tam	Öğrenci	Sosyal
1 -3	1,75	0,95	1,25
4 -9	2,65	1,10	1,55
10 -15	2,75	1,10	1,55
16 -21	2,85	1,10	1,65
22 -27	2,95	1,10	1,65
28 -33	3,10	1,10	1,75
34 -39	3,20	1,10	1,75
40 -44	3,25	1,10	1,75

3.2.4.5. Yolculuk Sonrası İadeler

Başlangıçta alınan tutar yolcunun gittiği istasyonların ücretinden fazla ise istasyonlarda bulunan iade cihazlarından iade yapılmaktadır. İade cihazı, ayarlanabilir tarife yapısı ile esnek ücretlendirme imkânları sunmaktadır. İade verileri başlangıç istasyonu bilinen bir yolculuğun bitiş istasyonunun da bilinmesi demek olduğu için ayrıntılı incelenecek ve iade verilerinin güvenilirliği sorgulanarak Başlangıç-Son matrisleri oluşturulmaya çalışılacaktır.

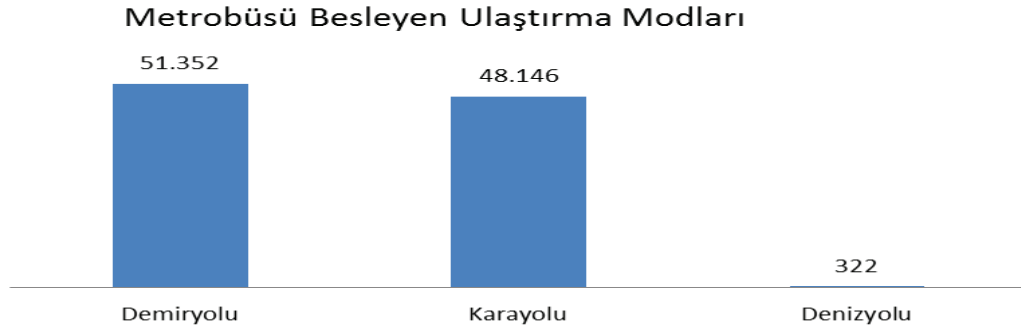
3.2.5. Şoförler

2013 Aralık ayı itibariyle 460 taşıtla birlikte hizmet eden 1.032 metrobüs şoförü vardır. Taşıt başı şoför sayısı 2.03'tür. Bu oran dünya standartlarında 2,47-2,5 arasındadır (TÜSSİDE, İETT Esnek Ulaşım Modülü 1. Raporu, 2014). Sistemin 24 saat hizmet vermesi, taşıtların çoğunun 16 saatin üzerinde aktif olarak hatlarda kullanılması ve şoförlerin acil durumlarda izin kullanması gibi durumlar göz önünde bulundurulduğunda, metrobüs sistemindeki oran sistemin performansına etki edebilecek kadar yetersiz kalmaktadır. Mevcut sistemde seferlere şoför atanamamakta, taşıtlara şoför atanmaktadır. Bu durum şoförler ve İETT açısından sorun teşkil edebilmektedir. Günlük olarak bir taşıta iki şoför atanmaktadır. Bu durum şoförü bağlamaktadır. Taşıtların etkin yönetimi adına hatlara günlük ve saatlik şoför ataması yapılabilmelidir.

3.3. METROBÜS YOLCULUK ANALİZLERİ

3.3.1. Metrobüs'ün Diğer Ulaştırma Seçenekleriyle İlişkisi

Metrobüs sistemi İstanbul ana arterinde olduğu için diğer ulaştırma modları tarafından çok iyi bir şekilde beslenmelidir. İstanbul metrobüs sistemini en fazla besleyen ulaştırma çeşidi demiryolu ve karayoludur. Erişim açısından sadece Söğütluçeşme istasyonunda denizyolu yolcusunu çekebilecek metrobüse, çok az denizyolu yolcusu gelmektedir. 2013 yılındaki yolculukların günlük ortalamasına göre metrobüsü besleyen ulaştırma modlarının karşılaştırması Şekil 3.16'daki gibidir. Grafikte verilen demiryolu grubu içinde Gebze-Halkalı banliyö treni hizmetine ara verdiği için yer almamaktadır.



Şekil 3.16: Metrobüsü Besleyen Ulaştırma Modlarının Karşılaştırması.

Özel Halk Otobüsleri ve İETT Otobüsleri metrobüs güzergâhının hemen her istasyonunda sistemi beslemektedir. Özellikle Anadolu yakasından Uzunçayır istasyonuna, Büyükçekmece ve Silivri taraflarından Beylikdüzü ve Avcılar istasyonuna aktarmalar çok olmaktadır. Demiryolları arasında ise Bağcılar-Kabataş tramvayı Zeytinburnu ve Cevizlibağ duraklarında yolcularını metrobüse entegre etmektedir. Taksim 4. Levent metrosu Mecidiyeköy istasyonunda, Yenikapı Havalimanı metrosu ise Yenibosna, Şirinevler, Zeytinburnu istasyonunda metrobüsü beslemektedir. Besleme sistemlerinin avantajları yanında dezavantajları da mevcuttur. Metrobüse diğer ulaştırma modlarından gelen yolcular özellikle Yenibosna, Şirinevler, Zeytinburnu, Cevizlibağ, Mecidiyeköy, Zincirlikuyu ve Uzunçayır istasyonlarından sisteme dâhil olmaktadır. Örneğin 3 Mart 2014 yolculuk kayıtlarına göre Yenikapı-Havalimanı metrosundan, metrobüsün Şirinevler istasyonuna 15.300, Zeytinburnu istasyonuna 1.000, Merter istasyonuna 4.750 yolcu gelmektedir. Uzunçayır metrobüs istasyonuna otobüs hatlarından 18.320, Kadıköy-Kartal metrosundan günlük ortalama 12.640 yolcu gelmektedir. Yenikapı-Hacıosman metro hattından metrobüsün Zincirlikuyu istasyonuna 23.950, Mecidiyeköy istasyonundan 22.430 yolcu gelmektedir. Bağcılar-Kabataş tramvayından ise metrobüsün Cevizlibağ istasyonundan 19.200, Zeytinburnu istasyonundan 16.600 yolcu gelmektedir. Yine Topkapı-Habibler tramvayından metrobüsün Edirnekapı istasyonuna 11.200 yolcu gelmektedir. Bu istasyonlara mevcutta merkezi olmasından kaynaklanan yolcularına ek olarak bir de aktarma yapan yolcular eklenince istasyonlardaki yolcular yoğun saatlerde yola taşmaktadır. Ayrıca her iki uçtan gelen taşıtlar, bu istasyonlara dolu olarak gelmekte ve durakta bekleyen yolcuları eritememektedir. Tüm bunlar da taşıtların istasyonlarda kapılarını açma kapama süresi arasındaki farkın artmasına (Dwell Time), taşıtların bu istasyonlarda arka arkaya kuyruk yapmasına, yolcuların ezilme tehlikesi yaşamalarına sebep olmaktadır.

Bir noktadan sonra ne kadar taşıt gönderilirse gönderilsin yoğun saatlerde istenilen zamanda o kesitlerden geçen taşıt sayısında artış olmamakta, bu da kapasite sınırlamasına sebep olmaktadır. Şu an için günlük ortalama 820.000 yolculuğun (Ekim 2014) görüldüğü sistemde artık üst kapasite sınırına yaklaşılmıştır. Sabah ve akşam saatlerindeki yolculuk diğer saatlere kaydırılmadığı veya yeni kapasite artışları olmadığı sürece metrobüs yolcu sayısında artış öngörülmemektedir. Çünkü metrobüs sistemi mevcut yoğunluktan ötürü yeni yolcu çekememektedir. Metrobüsü besleyen ulaşım türlerinin 2013 yılı günlük ortalaması Şekil 3.17'deki gibidir.

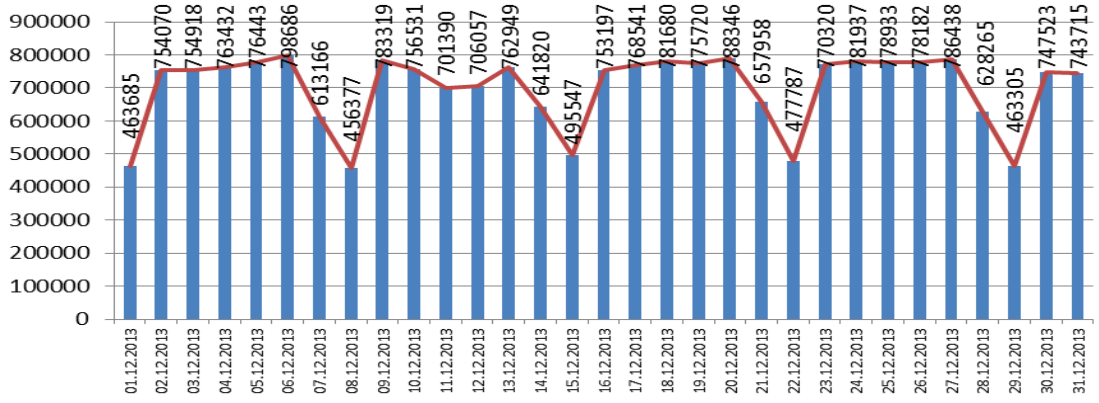


Şekil 3.17: Metrobüsü Günlük Olarak En Fazla Besleyen Operatörler.

2013 yılının Ekim ayında faaliyete geçmiş olan Marmaray'ın metrobüse yolcu getireceği öngörülse de 2013 yılının Kasım ve Aralık ayı ve 2014 yılının ilk 5 ayları incelendiğinde Marmaray'dan metrobüse aktarma yapan yolcu sayısının çok az olduğu görülmektedir. Metrobüs ve Marmaray'ın aynı güzergahlar arasında çalışması ve birbirine uzak olması aktarma sayısının az olmasının sebeplerindedir.

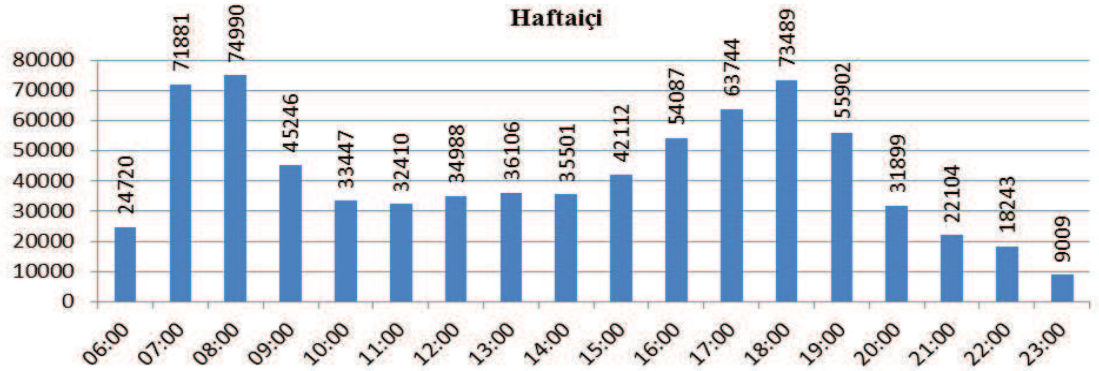
3.3.2. Saatlik Yolculuklar

Aralık ayı yolculuk kayıtları detaylı bir şekilde incelenmiştir. İETT yolculuk kayıtlarından elde edilen verilere göre Aralık ayında bulunan 22 hafta içi günün günlük yolculuk ortalaması Şekil 3.18'de görüldüğü gibi 764.202'dir. Bu sayı Cumartesi günleri 600.000-650.000 civarlarına düşmekte, pazar günleri ise 450.000 civarlarında seyretmektedir.

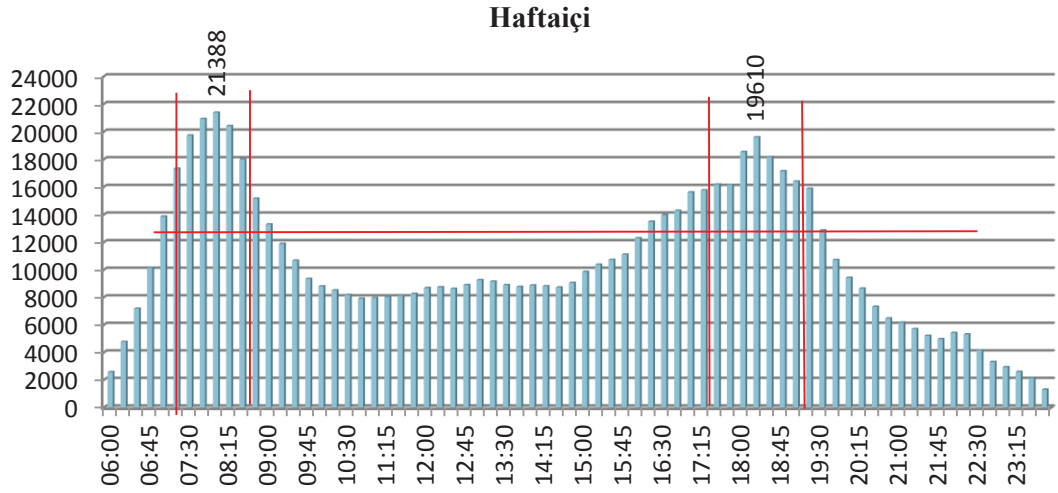


Şekil 3.18: Aralık Ayı Günlük Yolculuklar.

Bu yolculuk kayıtlarının saat 06:00:00 ile 23:59:59 arasında saatlik dağılımı Şekil 3.19'da ve 15'er dakikalık dağılımı şekil 3.20'de verilmiştir. Her bir saat dilimi kendisi ile kendisinden sonraki saate kadar olan zaman dilimini temsil etmektedir. Sabah yolcu yoğunluğu iki saate toplanmışken (07:00'den 08:59'a kadar) iken akşam yolcu yoğunluğu 4 saate yayılmıştır (16:30'dan 19:29'a kadar). Zirve saatlerin sabah 07:00-08:59 saatleri arası, akşam ise 18:00-18:59 saatleri arası olduğu görülmektedir. Hafta içi günlerinde en yoğun saat dilimi 74.990 yolculukla sabah 08:00:00 ile 08:59:59 arasındaki saat dilimidir. Bu veriler aralık ayında tek saatte tek yönde taşınan yolcu sayısının en az 37.500 olduğunu göstermektedir. Tek saatte tek yönde bu yolculuk sayısına BRT sisteminin çift şeritli olduğu şehirlerde ulaşılmaktadır. Ancak İstanbul metrobüs sistemi tek bir koridordan (Tüyap-Söğütluçeşme) oluşmuş olsa da sistem çok uzun olduğu için (52 km) ve merkezi istasyon sayısı fazla olduğu için gerçekte 3-4 koridor davranışı sergilemektedir. Bir baştan bir başa seyahat eden yolcu sayısı çok az olmaktadır.



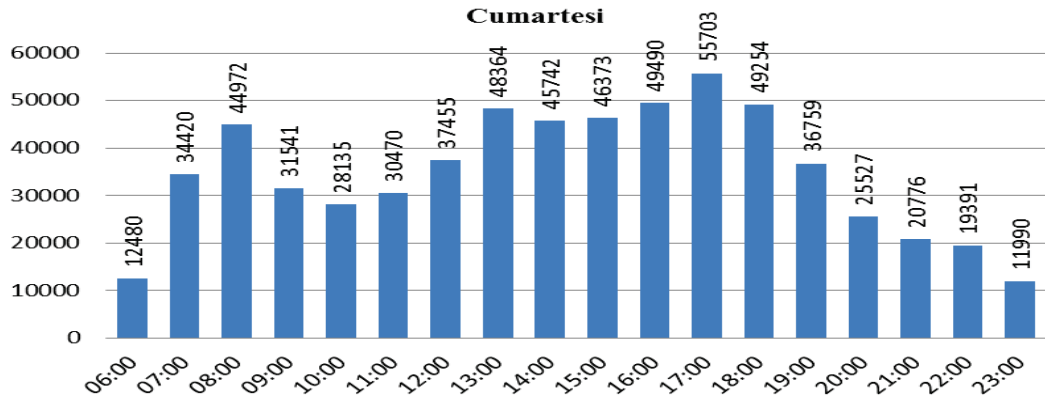
Şekil 3.19: Haftaiçi Saatlik Zaman-Yoğunluk Grafiği.



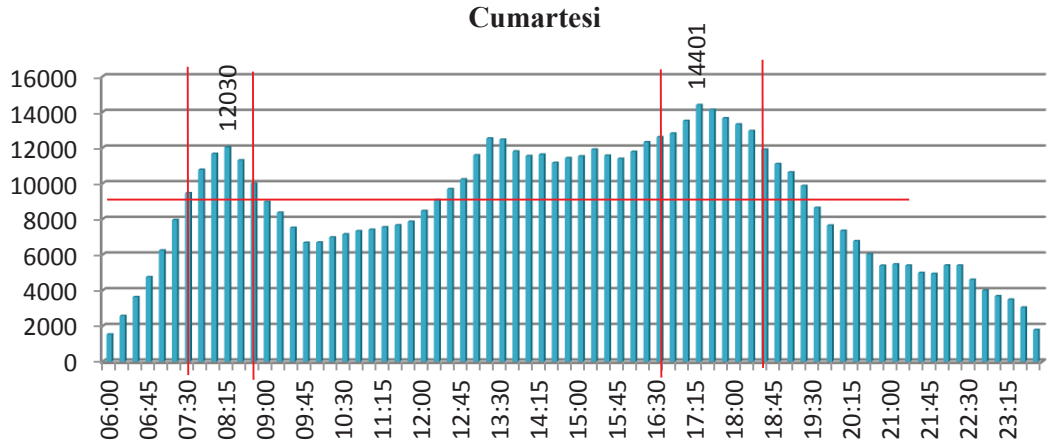
Şekil 3.20: Haftaiçi 15'er Dakikalık Zaman-Yoğunluk Grafiği.

Metrobüs sistemi sabah saatlerinde kapasite sınırındadır. Taşınabilecek maksimum yolcu sayısı bir noktadan sonra ekstra taşıt atamayla çözülememektedir. Nihayetinde kesitlerden geçen taşıt sayıları belli kapasitenin üzerine çıkamamaktadır. Sabah saatlerindeki yoğunluğun 09:00 ve 10:00 saatlerine kaydırma çalışmaları düşünülmelidir. Bir yolcunun sabah 08:00'de sistemi kullanmasıyla 10:00'da kullanması arasında fiyat farkı düşünülmesi gereken seçenekler arasındadır. Akşam saatlerinde aynı durum saat 18:00 için geçerlidir.

Hafta içi sabah ve akşam saatlerindeki zirve yolculuklar, haftasonları farklı bir seyir izlemektedir. Aralık ayı Cumartesi verilerine göre saat 13:00-18:59 saatleri arası yolculuklar yoğunlaşmakta, Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de görüldüğü üzere hafta içi günlerine nazaran cumartesi gün içi (öğle saatleri) yolculuk değerleri daha yüksek olmaktadır.

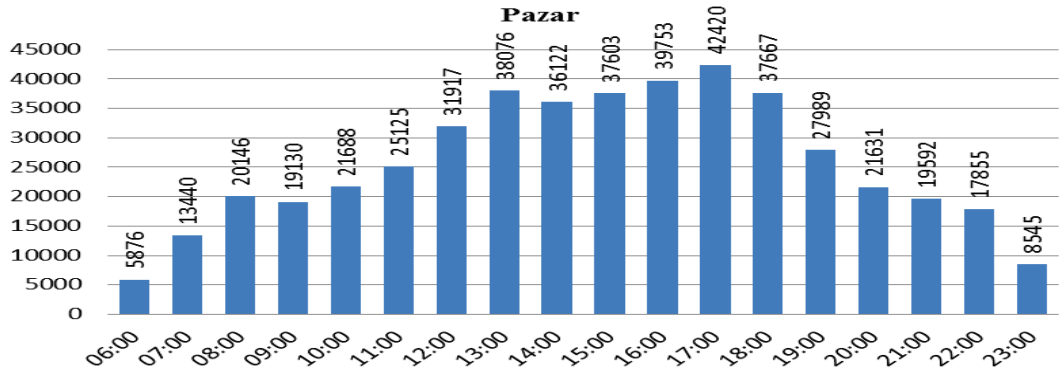


Şekil 3.21: Cumartesi Saatlik Zaman-Yoğunluk Grafiği.

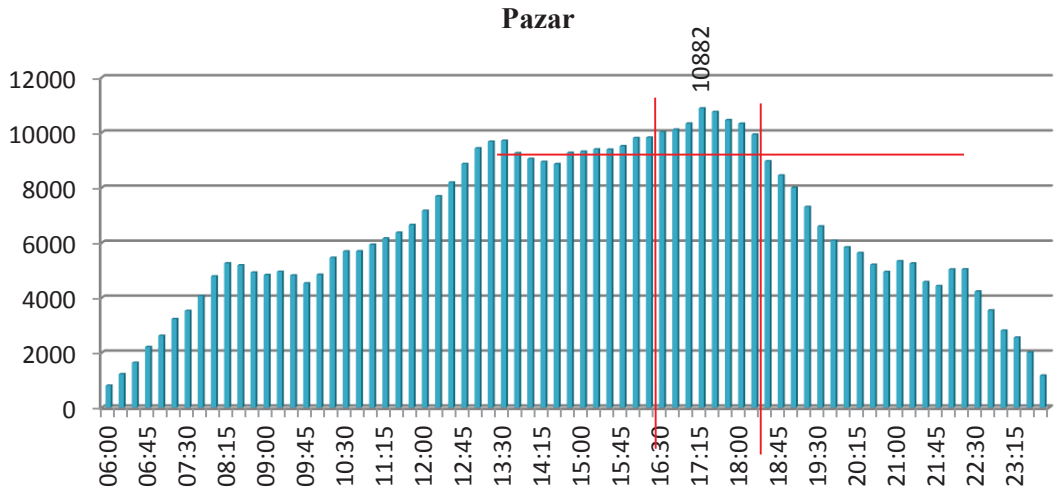


Şekil 3.22: Cumartesi 15'er Dakikalık Zaman-Yoğunluk Grafiği.

Pazar günleri ise sabah yolculukları çok azalırken Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'te görüldüğü gibi 13:00-18:59 saatleri arası en çok kullanılan saat dilimleri olmuştur. Hafta sonları en yoğun saat 17:00:00-17:59.59 arası iken sabah saatlerinde Cumartesi günleri Pazar günlerine nazaran çok daha yoğun kullanılmaktadır.



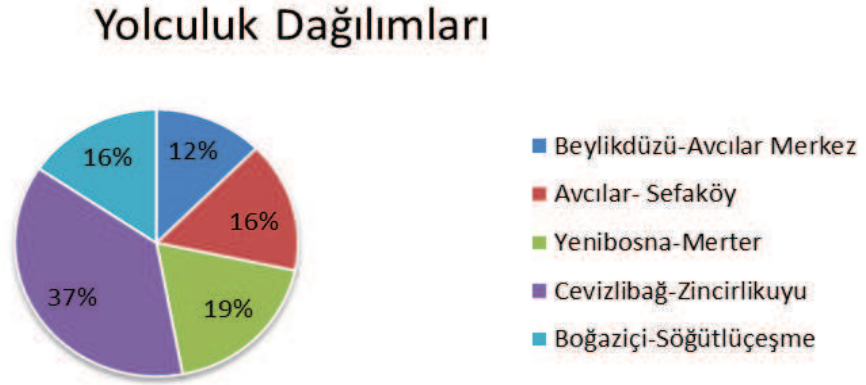
Şekil 3.23: Pazar Saatlik Zaman-Yoğunluk Grafiği.



Şekil 3.24: Pazar 15'er Dakikalık Zaman-Yoğunluk Grafiği.

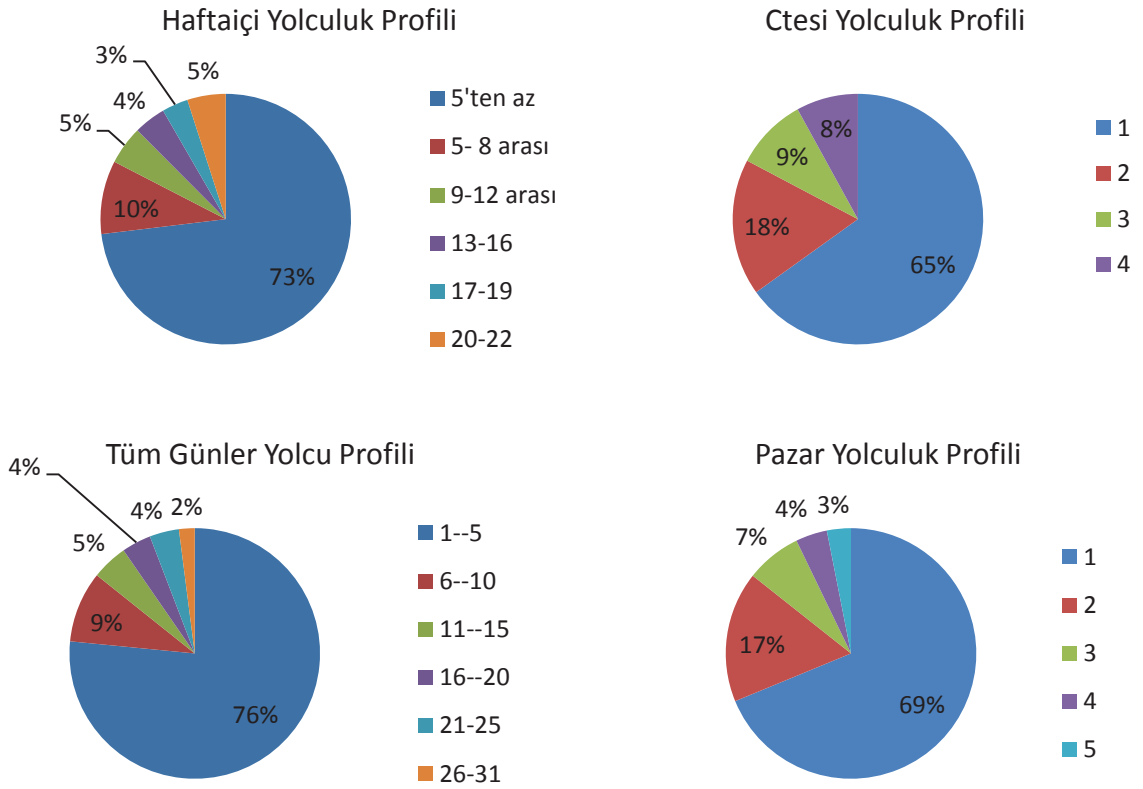
3.3.3. Yolculuk Profilleri

2013 Aralık ayı yolculuk verilerine göre yolculuk profilleri çıkarılmıştır. Aralık ayının bütün günleri, hafta içi, cumartesi ve pazar günleri için yapılan analizler, metrobüs kullanımları ve yolculuk profilleri açısından önem teşkil etmektedir. Şekil 3.25'te metrobüs yoğunluğunu oluşturan istasyonların gruplanması ve bu grupların dağılım oranları verilmiştir.



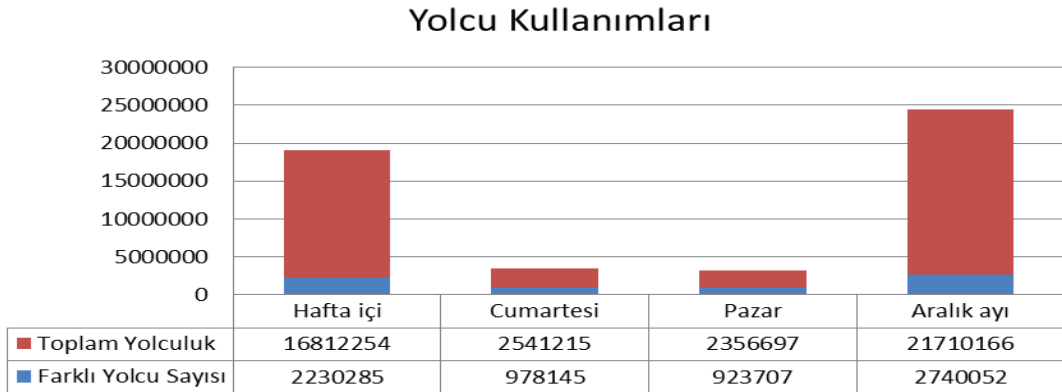
Şekil 3.25: Günlük Yolculukların Bölgelere Göre Dağılımı.

Aralık ayı boyunca metrobüs sisteminde 2.740.052 farklı yolcu tarafından yaklaşık 21.710.000 yolculuk gerçekleşmiştir. Bu da bir yolcunun bir ay boyunca metrobüs sisteminde ortalama 8 yolculuk yapmakta olduğunu göstermektedir. Şekil 3.26'de hafta içi, cumartesi, pazar ve tüm günlerin yolculuk profilleri bulunmaktadır. Aralık ayı yolcu kullanımları analiz edilmiş ve yolcuların her bir günde kaydı bulunup bulunmadığına bakılarak kullanım sıklıkları incelenmiştir. Örneğin Aralık ayında bulunan 4 cumartesi gününden sadece 1 cumartesi günü yolculuk yapanların oranı %65 iken tüm cumartesi günlerinde yolculuk yapan yolcuların oranı %8'dir. Yine Aralık ayında bulunan 5 Pazar gününün 5'inde yolculuk yapanların oranı %3 iken sadece 1 Pazar günü kaydı bulunan yolcu oranı %69'dur. Hafta içi ise sistemi 22 günden sadece 1, 2, 3, 4 gün kullanan oran tüm yolculukların %73'üne karşılık gelmektedir. Sadece 1 hafta içi günü kullanan oran ise %45'tir. Sistemi 22 hafta içi gününden 13 gün ve fazla kullananların oranı ise %12 olmaktadır.



Şekil 3.26: Günlere Göre Yolculuk Profilleri.

Şekil 3.27’de görüldüğü gibi Aralık ayında bulunan 4 cumartesi gününde 978.145 farklı yolcu 2.541.215 yolculuk gerçekleştirmiştir. Yine Aralık ayında bulunan 5 Pazar gününde 923.707 farklı yolcu 2.356.697 yolculuk gerçekleştirmiştir. Hafta içi günlerinde ise sistemi kullanan 2.230.285 farklı yolcu 16.812.254 yolculuk gerçekleştirmiştir.



Şekil 3.27: Farklı Yolcular Tarafından Yapılan Yolculuklar.

4. BULGULAR

4.1. BAŞLANGIÇ-SON MATRİSLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

İstanbul ulaşımında kullanılan akıllı kart sistemlerinin birçok avantajı mevcuttur. Akıllı kartlarda her bir yolcuya ait farklı bir ID bulunmaktadır. Metrobüs yolculuk kayıtlarında her bir yolcuya ait ID ile birlikte kartın okunduğu zaman ve istasyon kaydı tutulmaktadır. Böylece kart basış bilgilerinden istasyon biniş bilgileri, zaman analizleri, yolcu seyahat ortalamaları kolayca çıkarılmaktadır. Ancak detaylı sistem planlaması ve esnek çözümler, yolculukların nereden başladığı ve nerede bittiği bilgisiyle sağlanabilir. Yolculukların başlangıç ve bitiş yerleri bilindiği takdirde yoğunluk haritaları çıkarılabilir, sistemde geçen ortalama zaman ve yolcuların gittiği ortalama istasyon sayısı bilinebilir, hattın işletilmesinde pratik çözümler sunulabilir, sistemin tıkanan bölümlerine kısa sürede müdahale edilebilir, hatlarda çalışacak taşıtlar etkin bir yöntemle hesap edilebilir ve daha birçok açıdan sistemin işletilmesine katkı sağlayabilir.

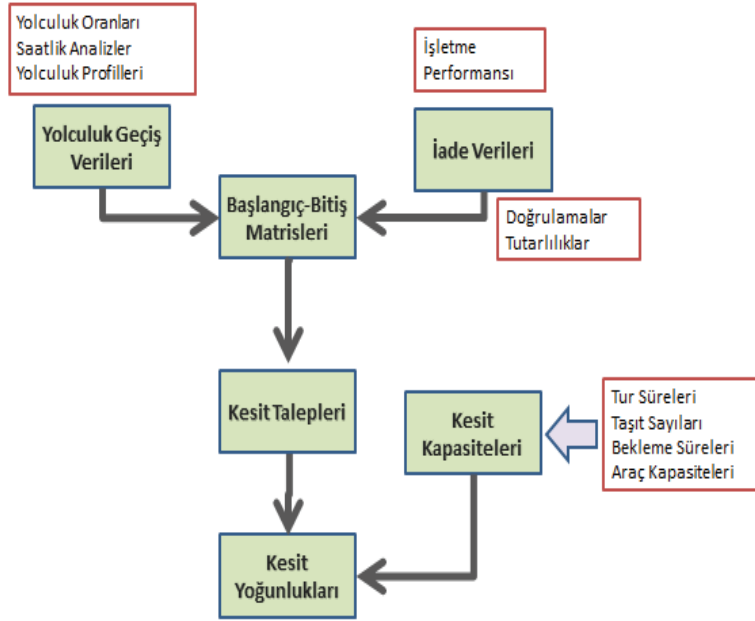
07 Mart 2014 tarihinde İETT tarafından yolcu O-D matrisleri oluşturma ve kullandıkları hat ve aktarma noktalarının tespit edilmesi amacıyla metrobüsü kullanan yolcular üzerinde anketler yapılmıştır, ancak anketlerde 1027 kişiye ulaşılmış ve bunların 846'sı ankete katılmayı kabul etmiştir. 800.000'e varan yolculuk sayısı düşünüldüğünde yolculukların başlangıç ve bitiş noktalarını tespit edebilme adına bu sayının yeterli olmadığı açıktır. Mesafeye bağlı (Gidilen istasyon adedince) ücretlendirme yapabilme adına İstanbul metrobüs istasyonlarında kullanılan, başlangıç istasyonunda kesilen fazla parayı iade etmek üzere cihazlar bulunmaktadır. Kısaca iade verileri, nerede başladığı bilgisi veri tabanında tutulan yolculuğun, iade aldığı takdirde nerede bittiği bilgisini de sağlamaktadır. Çalışmanın bu aşamasında O-D matrisleri için ideal bir sistem olan iade cihazlarının verileri yolculuk kayıtlarıyla eşleştirilmiştir. SQL kodlamaları sayesinde yolculuk kayıtları ve iade verileri kart ID'leri üzerinden eşleştirilmiştir. Gün içinde 1 yolculuk kaydı bulunan kartın iade verisi olup olmadığı sorgulanmış ve normalde bilinmesi mümkün olmayan bu yolculuk kaydının bitiş istasyonları (75.072 kayıt) iade verilerinden çekilmiştir. Yine gün içinde 2 yolculuk kaydı bulunan kartın 2 iade verisi olup olmadığı sorgulanmış ve eşleşen bu veriler üzerinden yeni bir O-D matrisi

geliştirilmiştir. 2 Aralık metrobüs yolculuk kayıtlarına göre 2 yolculuğun her birinden sonra iade verisi olan 112.988 kayıt bulunmaktadır. Tüm yolcularda iade hakkı bulunmaması yüzünden iade verilerinin temsiliyeti düşük kalmaktadır. Bu sebeple sadece 2 yolculuk kaydı bulunan yolculuklar üzerinden O-D matrisi çıkarımı tercih edilmiştir. Bu yöntemin doğruluğu ise 2 yolculuk kaydı 2 iade kaydı bulunan yolculuklarla sorgulanmış ve 1-2 istasyon fark etmeksizin bu yöntem %93 oranında tutarlı çıkmıştır. Bu tutarlılığın sorgusu Şekil 4.1’de yer alan SQL kodlaması ile yapılmıştır.

```
select i.MedyaSerino Mi, g.MedyaSerino Mg, i.Tarih Ti, g.Tarih Tg,
i.Istasyon Isi, g.Istasyon Isg
from (Select * from Aralikiade.dbo.Aralik
where Datepart(Day,Tarih) = 4
and MedyaSerino IN(
Select MedyaSerino from Aralikiade.dbo.Aralik
where Datepart(Day,Tarih) = 4
group by MedyaSerino
having Count(MedyaSerino) = 2)) i
left join
(select * from AralikGecis.dbo.Aralik
where Datepart(Day,Tarih) = 4
and MedyaSerino in (
Select MedyaSerino from AralikGecis.dbo.Aralik
where Datepart(Day,Tarih) = 4
group by MedyaSerino
having Count(MedyaSerino) = 2)) g
on g.MedyaSerino = i.MedyaSerino
where g.MedyaSerino is not null
and g.Istasyon != i.Istasyon
```

Şekil 4.1: İade ve Geçiş Kayıtlarının Eşleştirilmesi.

Bu bölümde sırasıyla 1 geçiş ve 1 iade verisi olan yolculuklar, 2 geçiş ve 2 iade verisine sahip yolculuklar ele alındıktan sonra, gün içinde sadece 2 geçiş kaydı bulunan yolculuklarla O-D matrisleri hazırlanacaktır. Şekil 4.2’deki akış şemasında gösterildiği gibi elde edilen istasyon*istasyon matrisleriyle birikimli yolcu sayıları hesap edilecek, hatlara atanan araç sayıları ve tur süreleriyle hesaplanan kesit kapasiteleri çıkarılacak ve son olarak taşıt içi doluluklar ortaya konacaktır. 8 Eylül 2014 tarihinden itibaren farklı işletim sistemi uygulanan metrobüs için her iki işletim sisteminin ayrı ayrı analizleri yapılacaktır.



Şekil 4.2: Çalışma Akış Şeması.

4.1.1. İade Kullanım Analizleri

İETT’den temin edilen 2013 Aralık ayı iade verilerine göre günlük ortalama 223.215 iade kaydı bulunmaktadır (Tablo 4.1). İade kayıtları Aralık ayında ortalama günlük olarak yapılan 700.330 yolculuğun %31,37’sine karşılık gelmektedir.

Tablo 4.1: Aralık Ayı İade sayıları.

Günler	İade	Günler	İade	Günler	İade
01 Aralık Pazar	141.414	12 Aralık Perşembe	231.040	23 Aralık Pazartesi	246.453
02 Aralık Pazartesi	239.807	13 Aralık Cuma	242.050	24 Aralık Salı	251.328
03 Aralık Salı	240.143	14 Aralık Cumartesi	209.614	25 Aralık Çarşamba	249.711
04 Aralık Çarşamba	244.427	15 Aralık Pazar	150.082	26 Aralık Perşembe	250.962
05 Aralık Perşembe	248.209	16 Aralık Pazartesi	238.685	27 Aralık Cuma	255.282
06 Aralık Cuma	253.764	17 Aralık Salı	244.215	28 Aralık Cumartesi	207.433
07 Aralık Cumartesi	198.883	18 Aralık Çarşamba	248.008	29 Aralık Pazar	140.600
08 Aralık Pazar	139.513	19 Aralık Perşembe	249.023	30 Aralık Pazartesi	243.857
09 Aralık Pazartesi	249.104	20 Aralık Cuma	252.429	31 Aralık Salı	232.945
10 Aralık Salı	235.604	21 Aralık Cumartesi	214.345	Toplam	6.919.688
11 Aralık Çarşamba	224.053	22 Aralık Pazar	146.705	Ortalama	223.215

İade verileri genel olarak incelendiğinde gün içinde bir kez okutulan kartlar olduğu gibi birden çok okutulan kartlar da bulunmaktadır. Örneğin 4 Aralık 2013 verileri incelendiğinde 244.427 iade verisinin dağılımı Tablo 4.2’deki gibi olmaktadır.

Tablo 4.2: İade Verilerinin Okutulma Sıklığı.

Sistemdeki İade	Okutulan Sayı	Toplam
1 kez	99.444	99.444
2 kez	65.981	131.962
3 kez	3.260	9.780
4 kez	675	2.700
5 kez	91	455
6 kez	7	42
7 kez	4	28
8 kez	2	16

Bu kayıtlardan 3 ve daha fazla iade kaydı bulunan kartlardan, yolculukların nerede başladığı ve nerede bittiği ile ilgili fikir yürütülmesi zor olacaktır. 1 ve 2 iade kaydı bulunan yolculuklar ise O-D matrisi oluşturma adına işe yarayabilir. 1 iade kaydının bitiş noktası bilinirken başlangıç noktası da sisteme giriş yapılan turnike verilerinden bilinebilir. Bu iki verinin eşleşmesi sonucu, belli sayıda yolculuğun nereden başladığı ve nerede bittiği bilgisi sağlanacaktır.

4 Aralık tarihinde sadece 1 kez sisteme giriş yapmış ve sadece 1 kez iade kullanmış yolculukların bir kısmının gösterimi Şekil 4.3'te verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi günde 1 kez yolculuk yapmış ve yolculuk bitiminde de iade almış yolcular serinoları yani kart ID'leri üzerinden görülmektedir. Yine aynı şekilde yolculuk başlangıç zamanı, başlangıç istasyonu ve yolculuk bitiş zamanı, bitiş istasyonu görülmektedir. 1 kez okutulan 99.444 iade verisinden 75.072'si geçiş verileriyle eşleşmektedir. Geri kalan eşleşmeyen sayı ise gün içinde 1'den fazla sisteme giriş yapmış, ancak sadece 1 kez iade almış kayıtlardır. Eşleşmeyen veriler iade verileri açısından başlangıç bitiş noktaları ile ilgili fikir sağlamamaktadır. Sistemde 1'den fazla kaydı olan yolculuklara bir sonraki bölümde değinilecektir.

İade MedyaSerino	Geçiş MedyaSerino	İade Saati	Geçiş Saati	İade İstasyonu	Geçiş İstasyonu
040444726F2380	040444726F2380	04.12.2013 18:29	04.12.2013 18:06	37. Zincirlikuyu	42. Utunçayır
04044912142A80	04044912142A80	04.12.2013 19:34	04.12.2013 18:24	22. Bahçelievler	42. Utunçayır
0404489A551F80	0404489A551F80	04.12.2013 19:27	04.12.2013 18:37	24. Zeytinburnu	07. Haramidere
0404489AA53080	0404489AA53080	04.12.2013 23:05	04.12.2013 22:37	21. Şirinevler	36. Mecidiyeköy
04044CC23F2180	04044CC23F2180	04.12.2013 15:45	04.12.2013 15:37	33. Perpa	31. Halıcıoğlu-2
04044DFAD52880	04044DFAD52880	04.12.2013 07:37	04.12.2013 06:57	40. Altunizade	25. Merter
04044F22142A80	04044F22142A80	04.12.2013 20:33	04.12.2013 20:04	14. İETT Kampı	26. Cevizlibağ
04044F2A092780	04044F2A092780	04.12.2013 09:35	04.12.2013 09:15	24. Zeytinburnu	33. Perpa
0404512A582E80	0404512A582E80	04.12.2013 12:40	04.12.2013 12:34	12. Avcılar	11. Avcılar Merkez
04045182AE2D80	04045182AE2D80	04.12.2013 12:47	04.12.2013 12:39	44. Söğütlüçeşme	42. Utunçayır
0404520A8B2880	0404520A8B2880	04.12.2013 08:51	04.12.2013 07:53	27. Topkapı	01. Büyükçekmece Tüyap
04054152AF2D80	04054152AF2D80	04.12.2013 09:10	04.12.2013 09:02	20. Yenibosna	24. Zeytinburnu
04054252FD1D80	04054252FD1D80	04.12.2013 14:08	04.12.2013 13:02	35. Çağlayan	01. Büyükçekmece Tüyap
0405476AC52A80	0405476AC52A80	04.12.2013 18:45	04.12.2013 18:19	29. Edimekapı	33. Perpa
040549D2222B80	040549D2222B80	04.12.2013 16:18	04.12.2013 15:55	23. İncirli	36. Mecidiyeköy
04054A0AEE2480	04054A0AEE2480	04.12.2013 07:51	04.12.2013 07:41	31. Halıcıoğlu-2	33. Perpa
04054A62712680	04054A62712680	04.12.2013 19:40	04.12.2013 18:57	23. İncirli	01. Büyükçekmece Tüyap
04054F5A1C2580	04054F5A1C2580	04.12.2013 12:11	04.12.2013 11:41	41. Acıbadem	29. Edimekapı
040550DAFA2880	040550DAFA2880	04.12.2013 07:49	04.12.2013 07:10	24. Zeytinburnu	09. Saadetdere Mahallesi
040554BA702880	040554BA702880	04.12.2013 16:54	04.12.2013 16:29	44. Söğütlüçeşme	37. Zincirlikuyu
04055742AA2980	04055742AA2980	04.12.2013 18:54	04.12.2013 17:54	37. Zincirlikuyu	04. Beylikdüzü Belediyesi
0405595AE02180	0405595AE02180	04.12.2013 06:57	04.12.2013 06:27	24. Zeytinburnu	10. Ambarlı
04055B8AC52A80	04055B8AC52A80	04.12.2013 08:23	04.12.2013 08:08	37. Zincirlikuyu	40. Altunizade
04055C5A1C2580	04055C5A1C2580	04.12.2013 12:15	04.12.2013 11:47	37. Zincirlikuyu	23. İncirli

Şekil 4.3: 1 Geçişi ve 1 İadesi Bulunan Yolculukların Eşleştirilmesi.

Yolculukların başlangıç ve bitiş noktalarının yeri (istasyon numaraları) ve zamanı (kartın okutulduğu an) bilindiği için sistemde geçirilen ortalama zaman ve gidilen istasyon sayıları da çıkarılmaktadır. 4 Aralık kayıtlarına göre yolcu başına ortalama sistemde geçen zaman 24 dakika 29 saniye iken yolcu başına gidilen istasyon 9,6'dır. Diğer günler için de aynı şekilde bu işlemler tekrarlanmış ve Aralık ayı geçiş verileri (gün içinde 1 kez yolculuk yapmış) ile iade verilerinin (1 kez yapılan yolculuktan sonra 1 kez iade almış) eşleştirilmesi sonucu sistemde geçirilen zaman ve gidilen ortalama istasyon sayıları Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: 1 Geçiş Verisi ve 1 İade Verisi Eşleştirilmesi Sonuçları.

Tarih	Eşleşen İade Kaydı	Sistemde Geçirilen Zaman	Ortalama Gidilen İstasyon	Tarih	Eşleşen İade Kaydı	Sistemde Geçirilen Zaman	Ortalama Gidilen İstasyon
01.Ara.13	47.515	00:25:15	11,5	17.Ara.13	74391	00:24:54	9,5
02.Ara.13	75233	00:26:13	9,8	18.Ara.13	75706	00:24:20	9,6
03.Ara.13	72308	00:23:51	9,6	19.Ara.13	76447	00:23:43	9,7
04.Ara.13	75072	00:24:29	9,6	20.Ara.13	82131	00:24:41	9,9
05.Ara.13	75874	00:24:23	9,6	21.Ara.13	73.473	00:24:40	10,8
06.Ara.13	81558	00:25:11	10,0	22.Ara.13	49.405	00:25:09	11,2
07.Ara.13	67.327	00:24:36	10,7	23.Ara.13	76872	00:25:04	9,9
08.Ara.13	46.177	00:24:40	11,3	24.Ara.13	76273	00:24:35	9,6
09.Ara.13	77693	00:26:45	9,7	25.Ara.13	76779	00:24:10	9,7
10.Ara.13	70890	00:24:59	9,5	26.Ara.13	77275	00:23:47	9,7
11.Ara.13	65334	00:25:57	9,3	27.Ara.13	82084	00:24:32	9,9
12.Ara.13	69402	00:23:52	9,4	28.Ara.13	70.299	00:24:13	10,6
13.Ara.13	77185	00:24:48	9,8	29.Ara.13	46.590	00:24:25	11,2
14.Ara.13	70293	00:23:22	10,3	30.Ara.13	75428	00:23:30	9,8
15.Ara.13	48.686	00:24:27	10,9	31.Ara.13	82708	00:25:29	10,4
16.Ara.13	75452	00:24:59	9,8	Ortalama	76004	00:24:41	10,1

İade verilerine göre Aralık ayı hafta içi günlerinde sistemde yolcu başına geçen zaman 24 dakika 41 saniye iken yolcu başına gidilen istasyon 10,1'dir.

Tablo 4.4: Gidilen İstasyona Bağlı Ücret Politikası.

Durak Sayısı	Tam	Öğrenci	Sosyal
1 -3	1,75	0,95	1,25
4 -9	2,65	1,10	1,55
10 -15	2,75	1,10	1,55
16 -21	2,85	1,10	1,65
22 -27	2,95	1,10	1,65
28 -33	3,10	1,10	1,75
34 -39	3,20	1,10	1,75
40 -44	3,25	1,10	1,75

Ancak iade ücret ödemeleri ile ilgili gözden kaçırılmaması gereken çok önemli bir nokta bulunmaktadır. Tablo 4.4'te verildiği gibi öğrenci kartına sahip yolculuklarda 3 duraktan sonra iade gerçekleşmezken sosyal karta sahip olanlarda ise çok az bir miktar iade olmaktadır. Bu durumda sağlıklı bir şekilde iade cihazlarını kullanan yolcular tam kart sahibi olanlardır. Tam kart sahibi olanlarda ise gidilen 28 istasyondan sonra iade

edilen miktar çok düşük kalmaktadır. Alacağı ücreti önemsemeyen, iade cihazlarından haberi olmayan, acelesi olup iade almayan veya unutanlar da göz önünde bulundurulursa iade cihazlarının yolculuk kayıtları açısından sağlıklı bir O-D matris bilgisi sunamadığı söylenebilir. Metrobüs yönetimi iade ücretlerini kararlaştırırken bu durumu göz önünde bulundurmalıdır. Başlangıçta tüm yolculardan yüksek miktarda ücret alıp, çok fazla durak gitse bile iade cihazına kartını okutacak şekilde bir iade yöntemi kullanılabilir. Böylelikle hemen herkesin iade kayıtlarından indiği istasyon bilinir ve ideal bir O-D matrisi çıkarılabilir. Ancak yolcuların hızlı hareket etmek isteyeceği ve beklemek istemeyeceği de gözden kaçırılmamalıdır. Bu durumda iade cihazlarının yaygınlaştırılması ve önünde sıra olmayacak şekilde cihaz sayısının konması gerekmektedir.

İade verilerinde öğrenci ve sosyal kart sahipleri ve aynı zamanda tam kart sahibi olup 30 istasyondan fazla gidenlerin verisi yer almadığı için yolcu başına gidilen istasyon düşük çıkmaktadır.

Aynı şekilde sistemde gün içinde 2 geçiş ve 2 iade kaydı bulunan yolculuklar eşleştirildiğinde (yolcu sisteme giriş yapar, indiğinde iade alır ve aynı yolcu dönerken sisteme giriş yapar ve indiğinde iade alır) 112.988 yolculuğun başlangıç ve bitiş noktaları çıkmaktadır.

Örneğin 2 Aralık'taki 2 geçişler ve 2 iadeler eşleştirildiğinde çıkan sonuç Şekil 4.4'teki gibidir. Genel itibariyle yolcunun yolculuğa başladığı yerde indiği görülmektedir. Örneğin ilk yolcu (ilk 2 satır) sabah 07:49'da sisteme Acıbadem istasyonunda giriş yaparken 08:15'te Perpa istasyonunda inmiş ve iade cihazına kartını okutmuş, yine 18:45'te Perpa istasyonundan giriş yapmış, 19:17'de de Acıbadem istasyonunda inmiş ve iade cihazına kartını okutmuştur.

Geçiş MedyaSerino	Geçiş Tarih	Geçiş İstasyon	İade MedyaSerino	İade Tarih	İade İstasyon
04044AC25D2A80	02.12.2013 07:49	41. Acıbadem	04044AC25D2A80	02.12.2013 08:15	33. Perpa
04044AC25D2A80	02.12.2013 18:45	33. Perpa	04044AC25D2A80	02.12.2013 19:17	41. Acıbadem
04044C1A032C80	02.12.2013 21:38	21. Şirinevler	04044C1A032C80	02.12.2013 21:56	12. Avclar
04044C1A032C80	02.12.2013 08:51	12. Avclar	04044C1A032C80	02.12.2013 09:16	21. Şirinevler
04044C22A53080	02.12.2013 18:20	40. Altunizade	04044C22A53080	02.12.2013 19:28	42. Uzunçayır
04044C22A53080	02.12.2013 08:57	42. Uzunçayır	04044C22A53080	02.12.2013 09:06	40. Altunizade
04045072E52880	02.12.2013 19:26	37. Zincirlikuyu	04045072E52880	02.12.2013 19:41	40. Altunizade
04045072E52880	02.12.2013 07:58	40. Altunizade	04045072E52880	02.12.2013 08:27	37. Zincirlikuyu
040453D2512380	02.12.2013 09:23	24. Zeytinburnu	040453D2512380	02.12.2013 09:55	37. Zincirlikuyu
040453D2512380	02.12.2013 13:59	37. Zincirlikuyu	040453D2512380	02.12.2013 14:27	24. Zeytinburnu
04045572561F80	02.12.2013 20:45	35. Çağlayan	04045572561F80	02.12.2013 21:08	42. Uzunçayır
04045572561F80	02.12.2013 06:59	42. Uzunçayır	04045572561F80	02.12.2013 07:27	35. Çağlayan
0404565A581F80	02.12.2013 16:20	19. Sefaköy	0404565A581F80	02.12.2013 16:49	05. Beylikdüzü
0404565A581F80	02.12.2013 08:41	05. Beylikdüzü	0404565A581F80	02.12.2013 09:15	19. Sefaköy
04045812D62880	02.12.2013 19:38	21. Şirinevler	04045812D62880	02.12.2013 19:44	19. Sefaköy
04045812D62880	02.12.2013 09:24	19. Sefaköy	04045812D62880	02.12.2013 09:35	21. Şirinevler
040540D27D2280	02.12.2013 16:57	26. Cevizlibağ	040540D27D2280	02.12.2013 17:47	01. Büyüçekmece Tüypap
040540D27D2280	02.12.2013 11:24	01. Büyüçekmece Tüypap	040540D27D2280	02.12.2013 12:13	26. Cevizlibağ
0405420A072580	02.12.2013 07:24	28. Maltepe	0405420A072580	02.12.2013 07:40	35. Çağlayan
0405420A072580	02.12.2013 18:19	35. Çağlayan	0405420A072580	02.12.2013 18:36	28. Maltepe
04054642A53080	02.12.2013 07:43	36. Mecidiyeköy	04054642A53080	02.12.2013 07:57	40. Altunizade
04054642A53080	02.12.2013 21:40	44. Söğütluçeşme	04054642A53080	02.12.2013 22:00	36. Mecidiyeköy
04054D3A3C2480	02.12.2013 19:34	37. Zincirlikuyu	04054D3A3C2480	02.12.2013 19:50	40. Altunizade
04054D3A3C2480	02.12.2013 06:56	40. Altunizade	04054D3A3C2480	02.12.2013 07:11	37. Zincirlikuyu
040551723F2E80	02.12.2013 18:02	33. Perpa	040551723F2E80	02.12.2013 18:29	38. Boğaz Köprüsü
040551723F2E80	02.12.2013 09:11	38. Boğaz Köprüsü	040551723F2E80	02.12.2013 09:31	33. Perpa
040551F222B80	02.12.2013 17:47	19. Sefaköy	040551F222B80	02.12.2013 18:18	05. Beylikdüzü
040551F222B80	02.12.2013 08:00	05. Beylikdüzü	040551F222B80	02.12.2013 08:59	19. Sefaköy
040551F27A2280	02.12.2013 12:35	21. Şirinevler	040551F27A2280	02.12.2013 12:55	12. Avclar
040551F27A2280	02.12.2013 21:49	12. Avclar	040551F27A2280	02.12.2013 22:09	21. Şirinevler
04055292A53080	02.12.2013 18:37	36. Mecidiyeköy	04055292A53080	02.12.2013 19:11	26. Cevizlibağ
04055292A53080	02.12.2013 09:06	02. Hadimköy Kavşağı	04055292A53080	02.12.2013 10:16	36. Mecidiyeköy
040557B2581E80	02.12.2013 21:14	10. Ambarlı	040557B2581E80	02.12.2013 21:25	13. Şükrübey
0404472A992B80	02.12.2013 18:33	40. Altunizade	0404472A992B80	02.12.2013 19:17	32. Okmeydanı
0404472A992B80	02.12.2013 11:55	32. Okmeydanı	0404472A992B80	02.12.2013 12:17	40. Altunizade
0404477A702880	02.12.2013 17:42	37. Zincirlikuyu	0404477A702880	02.12.2013 18:17	22. Bahçelievler
0404477A702880	02.12.2013 09:29	23. İncirli	0404477A702880	02.12.2013 09:59	37. Zincirlikuyu
04044A9A552E80	02.12.2013 17:32	19. Sefaköy	04044A9A552E80	02.12.2013 18:12	36. Mecidiyeköy
04044A9A552E80	02.12.2013 21:41	36. Mecidiyeköy	04044A9A552E80	02.12.2013 22:10	19. Sefaköy
04044B5AD22E80	02.12.2013 08:10	36. Mecidiyeköy	04044B5AD22E80	02.12.2013 08:17	34. Okmeydanı SSK
04044B5AD22E80	02.12.2013 15:30	34. Okmeydanı SSK	04044B5AD22E80	02.12.2013 15:34	36. Mecidiyeköy
04044D1A581F80	02.12.2013 08:40	12. Avclar	04044D1A581F80	02.12.2013 09:21	26. Cevizlibağ
04044D1A581F80	02.12.2013 18:22	26. Cevizlibağ	04044D1A581F80	02.12.2013 19:01	12. Avclar
04044DAA512380	02.12.2013 17:41	06. Güzelyurt	04044DAA512380	02.12.2013 18:12	21. Şirinevler
04044DAA512380	02.12.2013 07:30	21. Şirinevler	04044DAA512380	02.12.2013 07:58	06. Güzelyurt
040451228B2C80	02.12.2013 18:09	07. Haramidere	040451228B2C80	02.12.2013 18:38	21. Şirinevler
040451228B2C80	02.12.2013 07:58	21. Şirinevler	040451228B2C80	02.12.2013 08:44	02. Hadimköy Kavşağı
040451FA982B80	02.12.2013 08:50	42. Uzunçayır	040451FA982B80	02.12.2013 08:55	44. Söğütluçeşme
040451FA982B80	02.12.2013 18:29	44. Söğütluçeşme	040451FA982B80	02.12.2013 18:35	42. Uzunçayır
040453D2F72E80	02.12.2013 06:16	16. Cennet	040453D2F72E80	02.12.2013 06:55	37. Zincirlikuyu
040453D2F72E80	02.12.2013 19:28	37. Zincirlikuyu	040453D2F72E80	02.12.2013 20:18	16. Cennet
040455CA512380	02.12.2013 19:13	33. Perpa	040455CA512380	02.12.2013 19:22	36. Mecidiyeköy
040455CA512380	02.12.2013 08:51	36. Mecidiyeköy	040455CA512380	02.12.2013 08:58	33. Perpa
040457FA432880	02.12.2013 15:58	42. Uzunçayır	040457FA432880	02.12.2013 16:07	40. Altunizade
040457FA432880	02.12.2013 06:35	40. Altunizade	040457FA432880	02.12.2013 06:44	42. Uzunçayır
040458E2A22180	02.12.2013 14:13	19. Sefaköy	040458E2A22180	02.12.2013 14:26	23. İncirli
040458E2A22180	02.12.2013 14:52	19. Sefaköy	040458E2A22180	02.12.2013 15:04	19. Sefaköy
040459927A2280	02.12.2013 19:26	25. Merter	040459927A2280	02.12.2013 19:44	32. Okmeydanı
040459927A2280	02.12.2013 08:20	32. Okmeydanı	040459927A2280	02.12.2013 08:39	24. Zeytinburnu
04053E827A2280	02.12.2013 09:57	21. Şirinevler	04053E827A2280	02.12.2013 10:18	12. Avclar
04053E827A2280	02.12.2013 12:30	12. Avclar	04053E827A2280	02.12.2013 12:50	21. Şirinevler

Şekil 4.4: 2 Geçiş 2 İadesi Bulunan Yolculukların Eşleştirilmesi.

Ancak yukarıdaki bölümde de değinildiği gibi iade verilerine kartını okutan oran %31 seviyelerinde kaldığı için ve aynı zamanda sadece tam bilet sahibi kullanıcılar bu hizmetten yararlandığı için (tam kart sahibi olup uzun yolculuk yapanlar da iade kullanmamaktadır) iade verilerinden O-D matrisi çıkarmak sağlıklı olmayacaktır. Dikkat edilirse genel olarak yolcunun iade aldığı istasyon ile sisteme 2. kez dâhil olduğu istasyon aynı olmaktadır. Yani günlük olarak 2 kaydı bulunan yolculuklarda

genel itibariyle sisteme 2. kez binilen istasyon, ilk kez binilen istasyonun iniş istasyonu olmaktadır. Öyleyse sisteme 2 kez giriş yapmış ve sistemden 2 kez iade almış yolculardan bu durumun tutarlılığı ve güvenilirliği sorgulandıktan sonra sisteme sadece 2 kez giriş yapmış yolculardan O-D matrisi çıkarımı yapılabilir. Çünkü seçilen günde sadece 2 yolculuk yapanlar 434.950 iken, 2 yolculuk yapıp 2 iade alan sayı 112.988 olmaktadır. 2 Aralık'ta 2 kez iade almış yolculuk kayıtları o günün tüm yolculuk verilerinin %15'ine denk gelirken, 2 Aralık turnike geçişi verilerinden 2 kez geçenlerin verisi, o günün tüm yolculuk verilerinin %57'sine denk gelmektedir. Dolayısıyla iade verileri yerine gün içinde sistemi 2 kez kullanmış yolculukları incelemek sistemin geneli hakkında bilgi verecektir. "Gün içinde sistemi 2 kez kullanan yolculardan yola çıkarak O-D matrisi çıkarımı ne kadar sağlıklı olacaktır?" sorusuna sisteme 2 kez giriş yapmış ve sistemden 2 kez iade almış (Şekil 4.4) 112.988 yolculuk incelenerek cevap verilebilir.

Bu kısımda bir yolcunun, ilk iadesinin gerçekleştiği istasyon ile 2. yolculuğa başladığı istasyon ve 2. iadesinin gerçekleştiği istasyon ile ilk yolculuğa başladığı istasyon eşleştirilmiştir. Yapılan analizde 2 Aralık günü sisteme 2 kez giriş yapmış ve sistemden 2 kez iade almış 112.988 yolculuğun 94.368'inin (%84) sisteme 2 kez girdiği istasyonlarla sistemden 2 iade aldığı istasyonlar eşleşmektedir. Örneğin gün içinde sistemde 2 kaydı bulunan bir yolcunun ilk kaydı Avcılar istasyonu ikinci kaydı Zincirlikuyu istasyonu ise %84 oranında bu yolcu Avcılar'da sisteme binmiş Zincirlikuyu'da inmiş ve Zincirlikuyu'da sisteme binmiş ve Avcılar'da inmiştir. Geri kalan 18.620 kayıta ise iade verileriyle geçiş verileri farklılık arz etmektedir. Ancak bu kayıtların önemli bir kısmı sadece 1 istasyon farklılık göstermektedir. Yani ikinci geçiş istasyonu ile ilk iade istasyonu veya ilk geçiş istasyonu ile ikinci iade istasyonunun 1 istasyon farklılık gösterdiği toplam 7.757 kayıt bulunmaktadır. Dolayısıyla yolculuğun nerede bittiği veya nerede başladığı varsayımının 1 istasyon farkla doğru bilinmesi de bu sayıya dâhil edilirse sadece geçiş verilerinden O-D matrisi çıkarımı %90 tutarlılık gösterecektir. Tahmin edilen yolculuğun gerçek yolculuktan 2 istasyon önce veya sonra bitmesi de sistemin genel durumunu değiştirmeyeceği varsayılırsa 3.372 yolculuk da buradan gelecek ve 1 veya 2 istasyon farkı önemsiz O-D matrisi çıkarımı %93 tutarlı olacaktır. Geçiş istasyonları ile iade istasyonlarındaki tutarsızlığın 5 istasyondan büyük olduğu çok az veri olmaktadır. Bu yüzden iade verilerinden bağımsız olarak

çıkarılan O-D matrisi gerçek değerlerine çok yakın olacaktır. Bu işlemler 3-4-5-6 Aralık tarihleri için de yapıldığı takdirde değerler Tablo 4.5'te gösterildiği gibi yaklaşık aynı olmaktadır.

Tablo 4.5: 2 İade 2 Geçışı Bulunan Yolculukların O-D Tutarlılığı.

Tarih	2 İade-2 Geçiş Kayıt Sayısı	Geçiş verisindeki tutarlılık	1 istasyon Farklılık	2 istasyon Farklılık
2 Ara	112.988	%83,5	%6,9	%3
3 Ara	116.368	%83,3	%7	%3
4 Ara	117.511	%83,1	%7	%3
5 Ara	118.272	%82,9	%7	%3,1
6 Ara	113.968	%82,6	%7,1	%3,1

Şekil 4.5'te eşleşen veri setinin ilk satırları yer almaktadır. Örneğin ilk yolcu 09:50'de Şirinevler'de yolculuğuna başlamış, 09:59'da Bahçelievler'de yolculuğunu sonlandırmış ve 11:19'da Bahçelievler'de yolculuğuna başlamış, 11:24'te Şirinevlerde yolculuğunu sonlandırmıştır. Öyleyse iade verisi olmayıp sadece 2 yolculuk yapanlar adına "2. Yolculuk aynı zamanda ilk yolculuğun bitiş noktasıdır" görüşü 1 veya 2 istasyon farketmeksizin %93 tutarlılık göstermektedir.

Geçiş MedyaSer	Geçiş Tarih	Geçiş İstasyon	İade Tarih	İade İstasyon	Uyumsuz	fark1	fark2
0404430A992B80	02.12.2013 09:50	21. Şirinevler	02.12.2013 09:59	22. Bahçelievler			
0404430A992B80	02.12.2013 11:19	22. Bahçelievler	02.12.2013 11:24	21. Şirinevler		0	0
4044392512380	02.12.2013 11:35	08. Haramidere Sanayi Site	02.12.2013 12:14	26. Cevizlibağ			
4044392512380	02.12.2013 16:20	26. Cevizlibağ	02.12.2013 16:58	08. Haramidere Sanayi Sites		0	0
04044392722B80	02.12.2013 18:54	43. Fikirtepe	02.12.2013 19:47	29. Edirnekapı			
04044392722B80	02.12.2013 08:01	30. Ayvansaray	02.12.2013 08:34	43. Fikirtepe	Uymuyor	1	0
040443FAED2480	02.12.2013 20:25	23. İncirli	02.12.2013 21:07	04. Beylikdüzü Belediyesi			
040443FAED2480	02.12.2013 09:19	04. Beylikdüzü Belediyesi	02.12.2013 09:55	23. İncirli		0	0
0404450A522380	02.12.2013 11:26	22. Bahçelievler	02.12.2013 11:51	11. Avcılar Merkez			
0404450A522380	02.12.2013 10:09	11. Avcılar Merkez	02.12.2013 10:34	22. Bahçelievler		0	0
4044522162980	02.12.2013 15:40	13. Şükrübey	02.12.2013 15:54	20. Yenibosna			
4044522162980	02.12.2013 21:34	18. Beşyol	02.12.2013 22:09	37. Zincirlikuyu	Uymuyor	2	24
0404456A7A2280	02.12.2013 12:30	20. Yenibosna	02.12.2013 12:52	30. Ayvansaray			
0404456A7A2280	02.12.2013 16:38	30. Ayvansaray	02.12.2013 17:00	20. Yenibosna		0	0
040445EA412E80	02.12.2013 09:37	24. Zeytinburnu	02.12.2013 10:00	36. Mecidiyeköy			
040445EA412E80	02.12.2013 18:39	36. Mecidiyeköy	02.12.2013 19:16	24. Zeytinburnu		0	0
0404472A992B80	02.12.2013 18:33	40. Altunizade	02.12.2013 19:17	32. Okmeydanı			
0404472A992B80	02.12.2013 11:55	32. Okmeydanı	02.12.2013 12:17	40. Altunizade		0	0
0404477A702880	02.12.2013 09:29	23. İncirli	02.12.2013 09:59	37. Zincirlikuyu			
0404477A702880	02.12.2013 17:42	37. Zincirlikuyu	02.12.2013 18:17	22. Bahçelievler	Uymuyor	0	1
0404497A472180	02.12.2013 21:05	21. Şirinevler	02.12.2013 21:18	27. Topkapı			
0404497A472180	02.12.2013 08:08	29. Edirnekapı	02.12.2013 08:29	21. Şirinevler	Uymuyor	2	0
04044A12D62880	02.12.2013 09:24	12. Avcılar	02.12.2013 09:43	04. Beylikdüzü Belediyesi			
04044A12D62880	02.12.2013 07:45	04. Beylikdüzü Belediyesi	02.12.2013 08:05	12. Avcılar		0	0
04044A2A762680	02.12.2013 18:27	37. Zincirlikuyu	02.12.2013 18:46	43. Fikirtepe			
04044A2A762680	02.12.2013 06:45	43. Fikirtepe	02.12.2013 07:06	37. Zincirlikuyu		0	0
04044A327E2680	02.12.2013 18:35	12. Avcılar	02.12.2013 19:30	37. Zincirlikuyu			
04044A327E2680	02.12.2013 06:41	37. Zincirlikuyu	02.12.2013 07:25	12. Avcılar		0	0
04044A9A552E80	02.12.2013 17:32	19. Sefaköy	02.12.2013 18:12	36. Mecidiyeköy			
04044A9A552E80	02.12.2013 21:41	36. Mecidiyeköy	02.12.2013 22:10	19. Sefaköy		0	0

Şekil 4.5: 2 İade 2 Geçışı Bulunan Yolculukların Eşleştirilmesi.

2 Aralık'ta 2 iade ve 2 geçışı olan yolculukların eşleştirilmesi sonucu sistemde geçirilen zaman ve gidilen istasyonlar da bulunmaktadır. İstasyon başına sistemde geçirilen ortalama süre 3 dakika 14 saniyedir. Sabah en yoğun saatlerde yolculukların turnike geçiş verileri ve iade verileri arasında yapılan analizlere göre Uzunçayır, Altunizade, Acıbadem, Boğaziçi köprüsü istasyonlarından binip S-T yönüne hareketle Mecidiyeköy

istasyonuna kadar gidilen yolculuklar yoğunluktan ötürü istasyon başına 5 dakika 36 saniye sürmektedir. Şirinevler istasyonunda binip T-S yönünde Cevizlibağ'a kadar olan yolculuklar ise istasyon başına 5 dakika 35 saniye sürmektedir. Sefaköy istasyonunda binip T-S yönünde Cevizlibağ'a kadar olan yolculuklar istasyon başına 7 dakika 23 saniye sürmektedir. Yine İncirli de binip T-S yönünde Cevizlibağ'a kadar olan yolculuklar 5 dakika 16 saniye sürmektedir. Ancak sabah en yoğun saatte Mecidiyeköy ve Zincirlikuyu istasyonlarından binip S-T yönünde Sefaköye kadar olan yolculuklar istasyon başına ortalama 2 dakika 18 saniye sürmektedir. Akşam saatlerinde Mecidiyeköy ve Zincirlikuyu istasyonlarından binip S-T yönünde Uzunçayıra kadar olan yolculuklar istasyon başına 5 dakika 43 saniye sürmektedir. İstasyon başına geçirilen süreler O-D matrislerinden sonra çıkacak yoğunluk haritalarında da ayrıca önem kazanacaktır. İstasyon başına ortalama süre 3 dakika sürmesi gerekirken istasyon başına ortalama sürenin 5 dakikanın üzerinde çıkması taşıtların istasyonlarda geçirdiği zamanın yoğunluktan ötürü aşırı uzaması, taşıt içi doluluk oranlarının yüksek olması anlamına gelmektedir. Yolcu başına gidilen ortalama istasyon sayısı ise 11'dir.

4.1.2. Geçiş Verilerinden O-D Matrisi Oluşturulması

İade kayıtlarının sayısı önemli olmaksızın, iade verileri Başlangıç-Son matrisleri oluşturmada yetersiz kalmaktadır. Gün içinde sistemi 1 kez kullanan yolcular olduğu gibi 10'dan fazla kullanan yolcu da bulunmaktadır. 1 kez kullanan yolcunun iade almadığı düşünülecek olursa nerede ineceği ile ilgili bir bilgiye sahip olunamaz. 1 kez sisteme giriş yapan yolcu iade cihazlarına kartını okutsa bile bu verilerden O-D matrisi oluşturmanın doğru olmayacağı detaylı bir şekilde anlatılmıştı. İade verilerinin analiz edildiği bölümde gün içinde 2 yolculuk kaydı bulunan yolculardan hareketle O-D matrisi çıkarmanın tutarlılığı 1 ve 2 istasyon farkı önemli olmaksızın %93 civarında çıkmıştı. Öyleyse gün içinde sadece 2 kaydı bulunan yolculuklardan iade verilerine bakılmadan matris oluşturulabilir.

3 ve daha fazla bir şekilde sistemi kullanan yolcuların bitiş istasyonları bilgilerinde standartlaşmaya gidilemeyeceğinden bu veriler de matrise dâhil edilmemiştir. Gün içinde sadece 2 yolculuk yapanlar düşünüldüğünde yolcunun sisteme kartını okuttuğu ilk istasyon biniş durağı (başlangıç-origin), gün içinde 2. kez kartını okuttuğu istasyon iniş durağı (son-destination) kabul edilebilir (TÜBİTAK TÜSSİDE, Metrobüs Kapasite Artırımı Sistem Analizi Raporu, 2014).

Örneğin gün içinde 2 farklı istasyonda 2 kaydı bulunan bir yolcunun geçiş yaptığı istasyonlar sırasıyla Uzunçayır ve Sefaköy ise bu yolcunun ilk yolculuğunda Uzunçayır istasyonunda biniş yapıp Sefaköy istasyonunda iniş yaptığı, ikinci yolculuğunda ise Sefaköy istasyonunda biniş yapıp Uzunçayır istasyonunda iniş yaptığı kabul edilmiştir. Başka bir deyişle, yolcuların ilk turnike geçişi yaptıkları istasyon ile ikinci turnike geçişi yaptıkları istasyon arasında yolculuk ettikleri kabul edilmiştir. Tutarlılığı %93 olan bu yöntemle O-D matrisi çıkarılmaktadır. Bu veriler (yaklaşık 20 milyon yolculuk verisi) Visual Basic kodlarıyla excelde incelenmiştir. Daha sonra SQL sorgulama diliyle Aralık ayı tüm yönleriyle ele alınmıştır. Analizler yapılırken yukarıda anlatıldığı gibi sadece 2 adet turnike geçişi olan kart ID'ler değerlendirilmiştir. Aynı zamanda aynı kart ID'ye sahip yolculuk kayıtlarından her 2 yolculuk kaydının farklı istasyonlarda olması için aynı istasyonlara sahip yolculuklar analiz dışı tutulmuştur. Çünkü başka bir yolcunun da yerine basabilen yolcular çıkmaktadır. Ek olarak 1 saat içindeki yolculuk kayıtları standart bir metrobüs O-D matrisi oluşması adına analiz dışı bırakılmıştır. Tüm bu analiz ve varsayımlar altında, günlük bazda O-D matrisleri oluşturulmuştur. Analiz adımları sırasında kaybedilen (hariç tutulan) verilerin düzgün bir şekilde temsil edilebilmesi için O-D matrislerinin her bir elemanı daha sonra düzeltme faktörleri ile çarpılmıştır. Bu düzeltme faktörleri, her bir gün için, analize başlamadan önceki veri miktarının analiz sonunda elde kalan veri miktarına bölünmesiyle elde edilmiştir (O-D Matrisinin çıkarılması ve normalize edilmesi yönteminde TÜBİTAK TÜSSİDE Metrobüs Kapasite Artırımı Sistem Analizi Raporundan yararlanılmıştır).

4.2. ESKİ İŞLETİM SİSTEMİ

4.2.1. Saatlik O-D Analizi

Metrobüs sistemi yoğunluğu açısından zaman-yoğunluk grafiklerinde de görüldüğü üzere hafta içi sabah 07:00-08:59 saatleri arası ve akşam 18:00-18:59 saatleri arası çok kritik seviyelerde olmaktadır. Belirtilen saatlerde yoğun taleplerden ötürü sistem kapasitesinin üzerine çıkmakta, yolcular taşıtlara binememektedir. Bu bölümde hafta içi sabah ve akşam saatleri detaylı bir şekilde incelenecektir. O-D matrisleri yapılacak analizlere göre yolcuların istasyon tercihleri hakkında fikir sağlayacaktır. Böylece daha yoğun istasyonlara ayrı çözümler sağlanıp sağlanamayacağı görülecektir. O-D

tablolarında istasyon isimleri yerine Tablo 4.6’da verilen istasyon numaraları kullanılacaktır.

Tablo 4.6: İstasyon Numaraları.

No	İstasyon	No	İstasyon	No	İstasyon	No	İstasyon
01.	Büyükçekmece	12.	Avcılar	23.	İncirli	34.	Okmeydanı SSK
02.	Hadımköy	13.	Şükrübey	24.	Zeytinburnu	35.	Çağlayan
03.	Cumhuriyet	14.	İETT Kampı	25.	Merter	36.	Mecidiyeköy
04.	Beylikdüzü Belediyesi	15.	Küçükçekmece	26.	Cevizlibağ	37.	Zincirlikuyu
05.	Beylikdüzü	16.	Cennet	27.	Topkapı	38.	Boğaz Köprüsü
06.	Güzelyurt	17.	Florya	28.	Maltepe	39.	Burhaniye
07.	Haramidere	18.	Beşyol	29.	Edirnekapı	40.	Altunizade
08.	Haramidere Sanayi	19.	Sefaköy	30.	Ayvansaray	41.	Acıbadem
09.	Saadetdere	20.	Yenibosna	31.	Halıoğlu	42.	Uzunçayır
10.	Ambarlı	21.	Şirinevler	32.	Okmeydanı	43.	Fikirtepe
11.	Avcılar Merkez	22.	Bahçelievler	33.	Perpa	44.	Söğütliçeşme

O-D matrisindeki varsayımlar eşliğinde günlük yolculuklardan 2 kaydı bulunan yolcuların ilk kaydı bindiği istasyonu gösterirken ikinci kaydı indiği istasyonu göstermektedir. Aşağıdaki tabloda satırlar binilen istasyonu gösterirken sütunlar inilen istasyonu göstermektedir. Örneğin 12. Satır ile 36. Sütunun birleştiği matristeki 244 sayısı, O-D matrisine göre Aralık ayı hafta içi günlerinin 07:00-07:59 saatleri arasında Avcılar istasyonundan binip Mecidiyeköy istasyonunda iniş yapan günlük ortalama yolcu sayısıdır. Ancak belirtilen saatler arasında Avcılar’dan binip Mecidiyeköy’de iniş yapan yolcu sayısı 244’ten daha fazladır. Çünkü matris analizi yapılırken sadece 2 kaydı bulunan yolculuklar göz önünde bulundurulmuştu. Metrobüs sistemini 1 kez, 3 kez, 4 kez ve daha fazlası kullanarak Avcılar’dan binip Mecidiyeköy’de inen yolcular da bulunmaktadır. Belirtilen saatler arasında hafta içi ortalama gerçekleşen yolculuk 71.881 iken, bunun 48.855’i o gün içerisinde 2 kaydı bulunan yolculuklardır. Geriye kalan kayıtların ise bindiği istasyon bilinmemekte ancak tek kaydı veya 2’den fazla kaydı bulunduğu için indiği istasyon hakkında herhangi bir varsayım yapılamamaktadır. Bu durumda belirtilen katsayının $(71.881/48.855)$ tüm istasyonlara eşit dağıldığı varsayılarak tüm hücrelerdeki sayıyla çarpmak, istasyonlardaki biniş ve iniş sayıları hakkında analiz yapabilmek için akla gelen yöntemlerden biridir. 1,471 katsayısı bütün hücrelerdeki sayıyla çarpılması sonucu ortaya çıkan yeni tablo hafta içi 07:00-07:59 saatleri arasındaki 71.881 sayısını sağlamaktadır. İstasyonların biniş yoğunluğunu kayıtlardan bulmak kolay olsa da

inişler hakkında da yorum yapabilmek zordur. İnişlerin bilinmesi yolculuk talepleri ile doğru bir şekilde baş edebilme açısından önemlidir (Burhaniye’de gün içerisinde gerçekleşen yolculuklar yok denecek kadar az olduğu için analizlerdeki yolculuk sayısı 0 olarak kabul edilmiştir).

Yine yoğunluk açısından 08:00-08:59 ve 18:00-18:59 saat aralıklarının O-D matrislerinden hareketle yolculuk dağılımları çıkarılmıştır. Şekil 4.6’da 07:00-07:59 saatleri arasındaki O-D matrisi, Şekil 4.7’de O-D matrisinin bu saatlerdeki ortalama yolculuk sayılarına normalize edilmiş hali, Şekil 4.8’de 08:00-08:59 saatleri arasındaki O-D matrisinin normalize edilmiş hali, Şekil 4.9’da 18:00-18:59 saatleri arasındaki O-D matrisinin normalize edilmiş hali yer almaktadır.

Aralık ayı bütün günlerin O-D matrisi çıktıktan sonra yolculukların başlangıç ve bitiş istasyonları belli olduğu ve bu istasyonlar arasındaki km ve ortalama süreler bilindiği için sistemde geçirilen ortalama süre ve gidilen istasyonlar bilinebilir. Buna göre Aralık ayı verilerinde O-D matrisinden gelen yolculuk verilerinden yola çıkılarak ortalama gidilen istasyon sayısı 12,9 iken sistemde geçen ortalama süre 25 dakikadır. İade verileriyle karşılaştırıldığında süreler yaklaşık olarak aynı iken, gidilen istasyon 3 istasyon farklı çıkmaktadır. Bu durum da uzun yolculuk yapan tam kart sahibi yolcuların iade almadığını göstermektedir.

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	Toplam	
1	0	0	0	1	5	1	1	4	0	3	2	11	3	4	8	12	14	33	34	67	95	90	74	100	44	299	12	32	41	23	12	5	29	14	27	99	135	3	10	4	19	1	21	1390	
2	3	0	0	0	3	1	3	5	1	8	3	15	7	5	9	14	17	51	50	100	116	71	61	114	52	260	17	36	37	20	8	7	22	17	23	112	120	2	9	3	17	0	18	1439	
3	8	1	0	1	5	4	2	7	1	9	7	17	6	6	8	16	10	37	26	56	90	49	64	68	32	155	6	16	19	10	8	3	13	7	25	80	94	2	6	2	9	2	11	963	
4	36	4	0	0	2	1	2	17	1	8	5	33	7	3	13	20	22	52	47	92	121	75	49	92	43	231	8	29	26	20	9	3	15	13	25	89	144	3	9	1	14	1	15	1401	
5	44	8	1	1	0	0	2	16	2	6	7	27	7	4	15	24	15	44	63	107	126	60	67	124	54	250	12	44	48	22	9	8	32	15	37	127	166	2	6	4	18	0	18	1644	
6	4	2	0	2	1	0	0	12	3	2	10	2	2	2	6	23	8	16	36	60	79	36	70	29	120	13	32	24	16	3	7	14	8	22	52	72	1	3	2	11	1	7	846		
7	7	4	2	5	3	0	0	4	2	12	4	13	2	1	9	12	9	28	29	60	69	37	29	68	29	140	7	22	26	11	9	4	18	11	18	67	101	2	6	2	11	1	8	900	
8	3	7	2	4	7	5	2	0	0	1	1	4	2	1	3	6	7	18	17	48	57	25	22	65	19	106	8	17	23	10	5	12	9	9	32	54	2	7	1	7	0	7	640		
9	3	11	1	3	5	5	6	1	0	1	3	14	4	2	4	11	7	22	31	57	81	42	39	81	32	131	10	23	16	11	8	9	13	11	18	64	58	1	5	1	7	0	7	861	
10	12	18	8	12	14	6	9	9	1	0	1	4	3	2	6	18	12	55	51	87	131	68	58	149	52	237	14	35	44	14	13	12	29	15	37	88	95	3	9	3	14	2	13	1462	
11	12	18	8	10	11	9	8	11	0	1	0	2	1	2	5	15	21	21	27	50	69	37	31	72	27	133	10	15	20	10	5	4	9	9	15	49	66	1	5	1	6	0	9	835	
12	19	36	11	12	25	11	7	11	3	5	2	0	2	3	18	46	39	99	117	237	381	170	190	471	165	764	59	140	180	61	40	43	90	67	111	359	563	10	38	13	64	3	73	4756	
13	28	34	11	14	28	18	11	21	3	13	10	5	0	1	11	45	29	74	69	134	199	94	90	189	63	354	27	63	52	21	10	12	14	21	41	146	181	2	8	3	21	2	20	2193	
14	10	23	5	4	13	5	6	4	2	3	10	0	0	0	2	20	21	19	40	64	104	40	41	119	35	185	16	24	30	14	5	4	12	9	20	73	84	1	6	2	8	1	11	1107	
15	12	18	5	5	16	9	5	10	0	7	4	14	4	0	0	2	3	10	5	21	45	40	27	69	20	85	13	17	32	10	3	11	14	15	26	71	87	3	11	3	10	1	14	778	
16	26	26	7	10	16	23	6	13	3	16	9	26	9	5	2	0	1	12	14	41	115	73	82	122	41	302	21	45	52	24	12	10	33	24	57	173	219	4	20	6	29	1	35	1764	
17	14	16	4	8	11	9	5	5	1	9	2	16	3	1	2	1	0	2	3	33	60	36	78	26	133	16	20	27	7	7	4	9	13	21	78	108	2	12	3	13	1	11	868		
18	14	26	10	5	14	8	3	6	4	15	8	15	5	4	2	2	1	0	1	36	104	65	41	112	43	184	20	26	43	17	3	10	21	20	24	104	127	5	8	4	22	0	23	1207	
19	47	60	19	26	45	39	17	45	7	48	23	55	18	4	3	21	9	7	0	26	113	66	65	197	58	403	49	87	107	54	30	30	80	90	109	335	425	10	38	11	62	2	60	2999	
20	56	49	12	16	37	32	18	40	7	39	18	59	23	7	8	21	33	83	35	0	4	13	21	29	14	184	30	42	56	51	30	26	67	76	157	348	452	23	41	11	93	5	86	2454	
21	66	72	27	34	57	49	24	62	15	77	55	111	36	18	23	74	48	224	81	7	0	13	17	42	8	156	26	42	83	73	37	42	102	91	199	520	60	19	62	23	105	11	104	3534	
22	35	35	14	7	26	15	9	16	4	17	14	41	9	2	6	16	13	68	31	17	6	0	3	10	8	45	4	11	29	28	12	16	46	53	118	264	330	8	26	12	73	3	55	1554	
23	50	37	12	9	28	19	5	28	4	21	21	50	10	6	8	12	16	94	37	17	10	3	5	3	0	34	2	4	19	28	17	19	54	43	99	386	7	40	17	81	2	71	1743		
24	79	62	17	14	43	27	22	56	10	43	35	105	18	4	20	42	31	138	68	49	21	30	12	0	1	9	2	9	12	23	16	16	43	50	114	274	340	8	28	13	55	1	50	2010	
25	38	24	3	7	20	14	8	25	4	12	11	31	4	3	4	8	5	20	21	45	24	26	20	26	15	19	3	4	3	0	2	1	31	10	34	68	110	11	39	11	63	3	43	771	
26	57	31	11	11	26	17	11	29	11	20	19	58	12	6	7	19	15	70	26	26	18	20	10	5	2	0	0	1	8	7	15	9	13	44	33	101	237	282	10	57	30	86	6	111	1586
27	7	3	1	2	3	3	0	2	4	2	3	6	1	1	0	2	3	11	6	5	1	6	1	2	3	0	0	0	0	0	1	1	2	4	4	8	19	20	1	4	2	7	1	4	158
28	17	14	4	6	12	9	4	13	3	14	11	32	6	2	4	14	6	33	22	12	6	7	9	6	8	11	1	0	2	10	13	9	33	27	57	170	211	13	39	20	72	3	60	1024	
29	97	59	13	15	40	33	16	42	15	37	44	128	13	5	18	42	35	180	95	176	69	82	59	55	32	40	3	6	0	13	12	7	39	37	118	369	499	28	96	53	244	8	184	3155	
30	18	11	2	3	7	5	3	10	4	9	7	19	3	1	4	6	5	20	21	45	24	26	20	26	15	19	3	4	3	0	2	1	31	10	34	68	110	11	39	11	63	3	43	771	
31	16	12	2	2	7	5	2	5	2	7	7	32	1	1	2	5	6	21	20	60	28	22	33	49	33	55	7	53	19	12	0	1	5	9	18	102	130	10	34	13	61	2	45	956	
32	15	10	1	2	8	6	4	7	3	8	13	1	0	2	9	6	19	17	44	28	22	18	67	37	40	8	29	29	12	5	0	1	10	12	76	158	7	19	4	64	4	38	873		
33	17	16	1	1	8	9	4	6	3	8	13	25	2	0	6	6	4	27	21	55	38	28	25	50	23	53	12	23	23	23	5	4	0	2	7	121	165	14	49	24	143	4	83	1152	
34	8	3	1	2	2	1	1	2	1	3	4	11	0	1	2	3	4	12	17	31	18	13	15	33	18	32	9	17	18	5	1	1	3	0	1	62	90	7	15	8	50	1	34	555	
35	10	6	2	1	4	3	2	4	1	7	6	17	2	1	2	6	5	22	12	36	27	24	29	32	21	33	7	21	21	11	2	4	2	3	0	15	66	19	31	6	91	1	50	660	
36	41	21	4	4	11	9	5	13	6	12	17	60	6	3	4	18	17	61	96	112	79	71	65	93	54	116	72	73	50	21	12	41	30	29	0	78	34	83	39	269	7	188	1983		
37	76	40	7	6	21	17	12	21	11	27	46	146	6	6	31	29	149	96	194	146	123	105	146	84	140	30	117	104	70	25	17	86	78	65	16	0	56	185	56	332	15	306	3251		
38	12	8	0	0	4	3	2	4	2	6	8	22	0	0	1	5	3	19	24	51	21	22	20	52	38	62	18	74	55	44	12	28	61	34	173	165	241	0	0	0	1	0	1	1298	
40	31	17	3	2	6	4	6	8	2	11	12	49	3	1	2	8	7	37	28	82	44	42	35	54	52	97	24	97	90	70	37	36	76	62	166	204	461	0	0	5	52	9	33	2068	
41																																													

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	Toplam	
1	0	1	1	4	4	2	2	6	0	4	3	19	7	4	8	12	14	30	23	59	75	67	65	71	23	200	8	20	36	14	10	4	15	12	21	75	83	5	8	2	16	1	24	1060	
2	15	0	1	2	7	2	3	8	2	11	10	28	14	8	13	18	20	38	38	85	89	68	55	74	29	155	8	18	23	10	6	3	10	7	17	76	83	2	8	2	14	0	17	1098	
3	33	5	0	2	11	6	2	8	3	14	16	33	3	9	11	10	12	31	22	57	63	44	41	48	17	104	5	12	8	5	2	12	3	11	49	66	1	5	1	9	0	11	823		
4	81	13	1	0	4	2	16	2	18	15	59	12	14	9	21	17	48	33	76	88	66	48	55	26	143	4	13	18	9	5	1	12	6	13	52	74	3	8	1	10	1	12	1108		
5	85	22	2	2	0	2	1	26	4	18	20	56	9	5	14	31	23	42	47	95	116	63	55	77	30	175	8	22	35	16	5	4	16	6	15	83	97	2	7	1	14	1	15	1369	
6	13	4	2	2	12	2	0	1	8	2	3	7	16	7	4	5	11	10	16	21	35	63	26	33	47	17	7	15	7	5	3	2	8	4	9	29	34	1	3	1	6	0	7	572	
7	17	8	2	12	12	2	0	4	2	8	4	19	8	4	6	12	10	25	19	47	67	30	35	37	13	84	7	12	13	8	6	1	6	6	8	35	49	2	4	1	8	0	7	657	
8	17	7	3	6	16	7	1	0	0	2	3	9	3	0	4	8	6	10	15	27	45	17	18	21	16	50	4	7	11	6	4	4	8	5	7	24	21	1	2	0	5	0	3	422	
9	18	14	3	9	17	16	3	2	0	3	6	21	8	3	4	12	9	21	19	36	56	28	26	41	15	64	9	12	8	6	5	1	9	6	6	27	27	1	2	0	5	0	5	583	
10	70	36	11	29	38	13	8	15	1	0	1	9	6	1	7	24	20	38	36	64	121	68	47	87	31	143	13	17	25	10	3	6	12	7	11	57	66	2	5	1	11	1	12	1182	
11	30	15	6	21	23	10	3	17	2	3	0	2	3	4	11	10	17	23	46	72	35	31	58	22	97	4	11	18	5	3	3	6	6	6	46	39	1	2	1	6	1	7	729		
12	62	43	21	34	46	23	9	13	5	22	5	0	2	2	13	65	68	105	94	204	339	195	166	267	108	534	38	75	96	36	21	16	55	43	50	234	319	10	23	5	43	2	54	3563	
13	72	31	13	29	34	21	6	20	4	23	19	9	0	2	5	56	36	72	61	108	185	90	92	133	43	284	9	29	32	18	9	4	19	10	18	97	129	2	9	2	12	1	14	1861	
14	14	9	6	10	11	3	4	8	1	4	7	13	1	0	4	22	28	19	22	63	97	39	81	24	136	10	29	19	12	4	2	8	4	9	49	49	1	2	1	6	0	8	866		
15	23	16	5	6	19	11	3	5	4	10	7	27	9	1	0	7	5	14	4	27	54	26	35	55	18	67	7	31	18	9	3	2	8	7	9	47	43	2	3	1	5	1	9	661	
16	49	29	10	16	30	10	6	19	2	30	26	66	27	6	3	0	1	24	10	48	141	77	75	102	41	209	13	37	31	12	12	6	25	10	23	109	136	3	10	3	17	1	18	1525	
17	14	15	6	7	16	3	3	5	2	9	12	29	12	5	4	5	0	2	7	41	77	49	39	65	18	100	7	16	20	7	5	2	6	6	11	50	60	1	3	1	6	1	10	757	
18	31	13	7	7	18	6	2	5	5	14	22	50	11	5	2	9	1	0	1	44	146	89	60	84	28	164	17	22	25	11	3	3	14	8	15	73	77	2	5	1	10	0	15	1124	
19	69	31	18	30	51	23	13	33	9	51	41	108	27	11	5	52	14	9	0	28	143	75	77	179	59	341	41	91	71	33	21	10	59	42	58	270	265	9	19	6	39	1	47	2578	
20	70	32	16	19	44	25	16	31	9	35	41	100	32	27	8	49	74	107	49	0	9	27	32	42	24	172	24	56	45	42	30	16	69	42	91	308	273	11	31	6	48	4	61	2248	
21	114	59	27	35	64	33	33	40	20	74	91	234	64	38	21	101	118	294	142	16	0	30	35	48	13	219	29	43	54	53	46	30	118	68	135	492	499	14	42	14	81	6	96	3782	
22	53	22	12	13	24	16	10	11	8	22	30	78	18	5	9	36	41	88	63	30	11	0	4	17	14	95	14	16	31	40	26	20	79	34	76	359	371	15	22	7	52	3	52	1946	
23	58	30	13	12	29	13	8	13	7	24	54	95	14	8	12	38	50	109	52	60	40	9	0	12	10	74	8	14	24	40	11	15	12	79	38	74	259	267	14	38	9	57	4	64	1222
24	81	42	14	20	40	22	20	28	15	56	73	143	28	12	13	57	63	162	108	91	42	31	23	0	2	23	8	19	21	34	24	22	96	37	116	422	403	10	29	7	40	5	57	2556	
25	32	14	3	4	17	6	7	4	11	28	34	7	7	1	8	14	33	18	16	4	3	4	1	0	47	4	11	5	16	19	15	73	30	57	205	214	5	30	3	40	1	49	1109		
26	65	27	10	10	24	12	10	18	11	28	47	111	12	7	5	24	29	77	38	60	33	27	21	6	10	0	1	10	5	26	14	12	77	36	148	330	287	11	51	20	64	4	104	1922	
27	10	4	1	2	4	2	1	3	2	4	4	11	1	1	3	1	4	9	6	10	6	9	3	7	2	0	0	0	8	1	3	15	7	17	41	21	1	11	1	6	1	9	260		
28	12	11	2	4	11	5	4	5	2	12	13	27	5	2	3	11	13	29	22	13	12	9	8	9	10	21	2	0	5	11	15	12	79	38	74	259	267	14	38	9	57	4	64	1222	
29	85	35	11	10	31	17	15	21	18	51	54	167	20	15	14	39	53	163	119	204	148	134	101	76	61	70	10	10	0	14	23	20	152	62	210	734	556	24	133	39	164	15	222	4119	
30	10	6	2	2	4	2	3	6	2	7	18	3	1	3	7	10	14	23	45	33	24	23	29	22	33	3	12	3	0	5	2	59	9	33	130	137	7	31	11	41	4	56	884		
31	8	3	2	1	5	3	2	4	2	8	7	17	3	2	3	7	11	25	18	46	55	44	38	59	39	61	14	72	29	20	0	2	17	12	25	165	153	7	32	13	45	3	50	1134	
32	8	4	3	1	4	1	2	3	1	3	6	14	1	0	1	4	4	17	24	37	32	34	27	52	31	53	15	43	24	14	8	0	8	15	23	151	151	10	20	4	41	4	57	953	
33	15	9	2	2	5	2	2	4	2	6	7	25	2	2	3	3	10	20	31	45	44	37	38	48	34	71	12	39	29	30	7	4	0	4	21	273	215	13	51	19	107	5	111	1410	
34	4	2	0	1	3	0	1	1	2	2	2	12	1	1	2	5	4	10	12	31	26	20	36	19	53	6	27	17	12	9	4	5	0	1	115	136	8	27	10	32	1	52	733		
35	8	5	1	1	5	2	1	3	2	5	6	23	2	3	3	3	7	21	20	35	39	32	38	40	28	63	7	34	15	20	9	6	18	2	0	38	107	12	43	11	88	8	93	909	
36	32	15	6	5	13	6	4	8	4	15	19	67	6	4	5	15	21	68	57	126	133	127	137	149	124	274	33	138	106	105	39	25	212	86	102	0	47	29	138	56	288	20	313	3181	
37	64	39	7	11	17	9	8	14	7	27	34	155	8	5	9	26	35	101	90	196	190	147	155	160	137	280	37	115	104	99	32	30	275	122	188	33	0	80	337	100	450	44	640	4617	
38	7	3	1	1	2	3	2	2	1	3	2	1	0	0	1	4	1	18	18	28	27	13	29	23	50	18	59	29	12	26	78	37	127	222	295	0	1	0	1	0	1	0	1219		
40	13	9	3	2	7	2	3	4	2	6	8	32	1	1	2	3	6	29	23	58	32	27	38	28	45	80	16	64	47	46	48	28	102	58	151	278	520	0	0	11	80	12	89	2015	
41	4	2</																																											

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	Toplam
1	0	3	4	7	18	3	3	4	3	11	10	20	16	5	7	9	6	9	21	23	43	20	22	42	11	34	3	9	41	6	8	5	5	3	6	24	32	4	8	5	21	1	16	552
2	1	0	3	7	16	2	4	8	5	14	13	38	18	11	17	18	10	16	36	39	55	30	32	49	10	35	2	11	44	10	7	5	9	3	5	21	36	6	14	2	22	1	10	695
3	3	1	0	1	10	2	2	6	2	9	10	25	12	5	6	11	6	13	23	15	32	18	20	19	3	16	3	4	18	4	1	2	1	1	1	9	12	1	5	1	9	0	3	339
4	6	7	1	0	2	2	3	9	3	11	10	24	13	6	7	11	8	7	34	14	15	22	16	2	16	2	1	2	1	2	1	3	1	1	10	10	1	2	1	5	0	2	352	
5	23	11	16	5	0	1	11	20	14	34	26	68	37	20	23	37	15	23	54	56	91	38	46	53	22	43	6	16	44	8	8	6	7	3	5	27	35	3	10	1	20	1	15	1000
6	1	4	6	2	0	1	6	5	12	9	16	18	3	9	17	9	34	30	53	18	20	31	12	21	4	9	38	5	9	5	4	1	2	14	19	4	4	1	11	1	5	485		
7	2	3	3	4	6	1	0	7	5	9	8	10	9	4	8	4	4	4	17	21	30	11	20	27	13	1	6	18	3	2	3	3	1	2	8	12	3	6	2	9	0	4	312	
8	12	14	12	27	42	15	10	0	2	20	22	35	24	10	11	22	9	11	47	42	70	20	27	61	22	31	5	12	44	8	7	9	7	6	5	25	25	9	9	2	19	1	7	815
9	1	1	3	2	5	3	1	0	1	3	6	5	2	2	2	3	1	4	7	10	18	6	6	13	4	10	1	3	12	2	1	2	3	1	1	7	10	2	2	1	4	0	2	170
10	3	9	12	13	18	5	10	9	1	0	2	11	11	2	7	13	8	15	33	22	60	19	21	33	8	28	3	9	33	5	5	3	2	4	16	19	5	5	1	16	1	8	513	
11	5	6	10	11	18	5	4	8	6	4	0	12	13	4	7	14	7	13	21	24	53	18	25	44	10	23	2	7	34	5	4	7	9	3	6	16	27	5	6	0	12	1	6	514
12	13	23	21	37	51	11	13	18	11	14	9	0	5	10	17	31	19	28	64	69	171	63	68	111	24	95	14	25	118	21	19	11	17	11	14	80	115	14	30	6	75	3	37	1604
13	7	4	6	7	15	4	4	9	4	4	6	3	0	1	3	20	6	12	20	23	54	16	21	25	6	21	2	5	18	3	1	1	2	0	1	16	12	1	2	0	4	0	6	374
14	2	2	2	2	4	2	2	2	1	1	2	4	1	0	1	7	3	5	8	13	25	5	10	11	6	10	1	10	1	1	0	1	0	1	0	7	9	0	2	0	5	0	2	174
15	8	11	5	12	19	6	5	6	3	6	5	13	7	4	0	2	3	2	3	8	20	7	9	15	4	7	1	4	15	2	4	2	4	1	3	8	8	1	1	0	7	0	3	258
16	11	19	11	18	28	10	7	6	8	12	10	42	31	16	3	0	1	6	17	25	75	24	31	47	7	28	3	8	32	5	6	4	4	3	5	31	23	5	6	1	15	2	6	654
17	11	15	14	27	22	12	7	8	7	23	15	52	31	26	8	4	0	3	11	42	80	30	26	38	8	23	3	12	47	10	7	5	5	2	7	26	37	4	7	1	17	1	8	742
18	21	32	23	30	43	16	19	15	16	25	16	67	46	13	12	15	2	0	7	76	199	63	60	113	15	65	10	22	113	15	17	14	17	10	16	57	81	11	23	8	44	5	29	1501
19	35	49	29	44	61	26	20	23	25	44	28	108	59	28	3	16	5	4	0	47	116	50	46	87	12	50	8	25	108	24	20	16	23	13	17	79	100	15	24	15	62	5	34	1602
20	54	90	47	83	114	43	45	30	41	69	48	213	110	48	21	40	28	52	41	0	17	31	52	78	10	58	6	14	173	37	49	33	45	29	39	178	213	31	65	30	146	12	96	2661
21	85	105	75	110	144	59	74	51	54	116	78	361	178	88	49	112	66	158	132	15	0	17	30	40	5	40	8	10	123	28	46	33	39	20	33	168	211	22	44	17	108	8	75	3235
22	48	49	30	42	54	23	25	15	18	41	26	120	58	29	0	57	32	42	47	22	26	0	9	22	5	29	4	5	65	15	19	18	20	8	18	92	92	10	25	6	48	4	38	1374
23	44	50	41	50	59	25	34	22	22	45	37	158	70	36	28	65	34	53	63	30	40	7	0	19	4	25	4	8	79	23	31	20	30	21	33	146	145	24	31	14	81	5	51	1805
24	80	92	55	78	104	56	49	31	40	87	57	283	112	69	58	90	52	91	151	39	40	7	0	10	4	9	62	26	45	40	45	26	36	174	170	42	45	22	107	11	68	2699		
25	37	52	27	44	50	29	25	21	21	44	26	143	49	24	24	48	24	51	71	23	14	13	11	2	0	12	3	7	54	23	39	33	28	21	24	133	137	37	52	13	110	7	83	1687
26	271	251	137	212	250	102	118	74	81	192	131	624	274	149	62	230	106	153	335	173	168	83	63	16	19	0	2	15	56	27	47	40	54	38	46	217	198	56	73	42	205	19	159	5570
27	9	17	6	5	10	8	7	8	8	12	7	49	15	14	13	17	9	15	38	27	28	11	6	5	2	2	0	2	7	3	11	10	11	6	7	37	36	19	15	5	37	4	18	575
28	25	29	16	23	38	23	15	15	20	29	17	111	46	26	19	34	18	21	83	49	45	13	16	17	8	10	1	0	9	7	41	28	25	17	26	139	128	65	86	28	173	11	91	1637
29	39	41	15	31	49	24	17	18	21	38	22	154	45	20	19	42	22	40	84	47	67	32	34	16	4	10	1	3	0	4	23	21	29	18	18	159	125	41	75	29	160	18	105	1781
30	21	21	14	17	26	13	14	10	10	15	6	60	22	16	9	22	9	20	49	51	72	42	38	35	14	25	6	11	14	0	26	17	31	9	23	134	128	52	75	39	162	20	115	1512
31	7	6	8	6	5	7	5	7	9	5	34	11	5	4	12	7	8	24	31	44	19	27	20	11	13	1	13	14	4	0	6	5	5	4	53	37	15	32	13	54	3	34	637	
32	6	7	3	4	5	2	5	2	4	11	5	24	8	3	4	6	3	5	15	18	34	20	15	15	14	12	2	8	14	2	2	0	3	3	5	41	29	15	29	8	53	4	30	494
33	28	19	13	20	37	10	16	15	15	26	9	87	22	10	10	32	7	18	76	85	122	77	80	86	61	65	12	64	118	51	15	6	0	6	16	210	251	90	119	68	344	26	195	2637
34	7	6	7	7	8	5	3	6	4	4	7	29	8	5	4	8	4	8	28	31	42	25	19	30	11	18	5	17	25	5	4	4	2	0	3	57	54	18	44	23	124	12	58	787
35	24	14	9	21	27	16	12	6	9	18	9	77	23	13	13	33	6	13	59	83	100	60	78	73	30	72	9	46	96	19	12	11	8	1	0	51	79	102	100	39	314	21	166	1976
36	95	103	72	86	138	46	51	36	47	70	58	313	122	58	59	149	72	99	297	323	526	315	410	373	166	304	44	200	554	112	134	83	182	88	48	0	44	186	249	190	1167	120	737	8526
37	141	136	105	146	187	73	93	51	53	98	75	553	143	71	71	185	93	116	370	373	579	373	482	398	206	278	28	234	484	120	129	103	162	97	95	87	0	283	509	483	2341	260	2099	12954
38	2	2	3	4	4	3	5	1	1	3	3	15	3	2	2	4	2	3	9	14	18	13	10	9	5	9	1	10	22	9	8	6	12	4	13	50	70	0	0	2	0	2	359	
40	12	10	8	9	16	4	6	4	3	8	6	41	11	6	6	17	8	11	38	42	63	33	47	37	23	61	9	44	37	39	24	64	26	49	175	323	0	0	19					

4.2.2. Kesit Yolcu Sayıları (Biriken Yolcu Sayıları)

O-D matrisinden yolcuların hangi durakta bindiği ve hangi durakta indiği bilindiği için istasyonlardan binen ve inen yolcu sayısı hesaplanmaktadır. Böylece taşıtlarda biriken yolcu sayısı çıkarılmaktadır. O-D matrislerine diagonal bir çizgi çekildiğinde satır sayısına bakarak çizginin üstünde kalan istasyonlar T-S yönünü, altında kalanlar S-T yönünü ifade eder. Yani yolculukların yönünü tayin edebilmek için ele alınacak istasyondan sonra gelen istasyonlar T-S yönünü, önce gelenler S-T yönünü göstermektedir. Örneğin 12. İstasyon olan Avcılar istasyonundan Söğütlüçeşme yönüne binenler için 12. Nolu satır sabit tutularak 12 nolu sütunlar ve sonrası hesap edilmelidir. Avcılar'dan Tüyap yönüne gidenler için ise 12 nolu sütun öncesine kadarki sütunlar hesap edilmelidir.

İlk istasyon olarak kabul edilen Beylikdüzü Tüyap ile 2. İstasyon olan Hadımköy arasındaki yolcu yoğunluğunu (Beylikdüzü Tüyap-Söğütlüçeşme (TS) yönünde) hesap edebilmek için O-D matrisinden hareketle Beylikdüzü Tüyap istasyonunda sisteme giriş yapan yolcu sayısı hesap edilmelidir. Aynı şekilde 2. istasyon olan Hadımköy ile 3. İstasyon olan Cumhuriyet Mahallesi arasındaki yolcu yoğunluğunu hesap edebilmek için sisteme Hadımköy veya öncesinde giriş yapan yolculardan Hadımköy-Cumhuriyet Mahallesi kesitini kullanan yolcu sayısı hesap edilmelidir. Yine İncirli-Zeytinburnu kesitini hesap edebilmek için 23. istasyon olan İncirli veya İncirli ile Beylikdüzü Tüyap arasındaki istasyonlarda metrobüs sistemine dâhil olan ve İncirli ile bundan bir sonraki istasyon olan Zeytinburnu istasyonu arasındaki kesiti kullanan yani bu kesitten geçen yolcuların sayısı hesap edilmelidir.

O-D matrisinden çıkarılan birikimli yolcu sayısı hesaplamalarına göre metrobüs yolculuk profili hakkında şu özellikler ortaya çıkmaktadır (Tablo 4.7)

Tablo 4.7: Sabah ve Akşam Saatlerinin Birikimli Yolcu Sayıları.

İstasyonlar	07:00-08:00						08:00-09:00						18:00-19:00					
	T-S Yönü			S-T Yönü			T-S Yönü			S-T Yönü			T-S Yönü			S-T Yönü		
	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli
Beylikdüzü Tünyap	1390	0	1390	0	1156	0	1060	0	1060	0	1523	0	552	0	552	0	1245	0
Hadımköy	1436	0	2826	3	884	1161	1083	1	2142	15	709	1522	694	3	1243	1	1359	1245
Cumhuriyet	954	1	3780	9	243	2041	786	2	2926	37	261	2216	336	7	1571	4	892	2603
Beylikdüzü Belediye	1361	2	5138	40	274	2276	1014	9	3931	94	385	2440	337	15	1893	15	1278	3491
Beylikdüzü	1590	15	6713	54	608	2510	1258	26	5162	111	706	2731	945	46	2792	55	1705	4754
Güzelyurt	838	7	7544	8	437	3063	549	14	5697	23	337	3326	470	10	3253	14	705	6404
Haramidere	880	11	8413	20	263	3492	605	12	6290	52	226	3639	293	24	3522	19	744	7095
Haramidere Sanayi	610	65	8957	30	555	3734	365	77	6578	57	381	3814	683	59	4146	132	543	7820
Saadetdere Mahallesi	826	10	9774	35	150	4259	501	16	7063	82	165	4137	155	38	4263	15	579	8231
Mustafakemalpaşa	1373	49	11098	89	534	4374	962	81	7943	220	589	4220	434	121	4577	78	1095	8794
Avclar Merkez	747	35	11810	88	456	4819	597	87	8453	132	699	4589	437	113	4900	77	746	9811
Avclar	4615	150	16275	141	1380	5187	3282	270	11464	281	1892	5156	1383	265	6019	221	3894	10481
Şükrübey	1997	44	18227	196	201	6426	1583	81	12966	278	322	6766	301	183	6137	72	1550	14154
İBB Sosyal Tesisleri	1017	36	19208	90	88	6430	776	60	13682	90	171	6810	146	84	6199	28	803	15632
Küçükçekmece	668	122	19754	110	151	6427	515	106	14091	146	141	6891	147	121	6225	111	546	16407
Cennet Mahallesi	1567	286	21035	197	399	6468	1196	320	14967	329	526	6886	420	224	6421	234	1296	16842
Florya	760	235	21560	108	342	6669	609	291	15285	148	608	7083	460	116	6766	281	631	17904
Beşyol	1063	592	22031	144	1454	6904	917	551	15650	207	1505	7543	1089	182	7673	412	1024	18254
Sefaköy	2507	660	23878	492	828	8214	1983	497	17137	595	1031	8840	995	445	8223	607	2140	18866
Yenibosna	1860	1375	24364	594	1354	8551	1463	1189	17412	785	1357	9277	1443	606	9060	1217	1641	20398
Şirinevler	2375	2158	24581	1159	794	9312	2164	2046	17529	1618	1080	9849	1124	1299	8885	2111	2274	20822
Bahçelievler	1155	1200	24536	399	716	8947	1347	1210	17666	600	882	9311	552	517	8920	823	1287	20985

Tablo 4.7: Sabah ve Akşam Saatlerinin Birikimli Yolcu Sayıları (Devam).

	07:08:00						08:00-09:00						18:00-19:00					
	T-S Yönü			S-T Yönü			T-S Yönü			S-T Yönü			T-S Yönü			S-T Yönü		
İstasyonlar	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli	Binen	İnen	Birikimli
İncirli	1247	1120	24663	496	616	9264	1506	1097	18076	749	892	9593	791	603	9108	1014	1531	21449
Zeytinburnu	1065	2456	23273	945	899	9384	1375	1693	17757	1182	868	9737	944	999	9053	1755	1260	21967
Merter	569	890	22951	278	634	9339	823	638	17942	285	781	9424	817	224	9646	871	657	21471
Cevizlibağ	1050	4909	19092	535	1289	9695	1199	3752	15390	723	1544	9919	1295	740	10201	4275	1067	21258
Topkapı	78	406	18763	81	217	10448	142	306	15226	117	223	10740	227	107	10322	347	137	18050
Maltepe	738	853	18649	285	835	10584	946	656	15516	276	832	10846	872	268	10926	766	791	17840
Edirnekapı	1707	1060	19295	1448	758	11134	2367	719	17164	1752	619	11402	826	1424	10328	955	1892	17866
Ayvansaray	427	625	19098	344	580	10444	527	520	17171	357	596	10270	830	330	10828	683	469	18802
Hahıroğlu	429	355	19172	527	214	10680	525	368	17328	610	312	10508	261	506	10584	376	459	18589
Okmeydanı	393	358	19207	481	248	10367	483	254	17556	470	212	10211	219	401	10402	275	353	18673
Perpa	613	976	18845	539	742	10134	821	1229	17149	589	1207	9953	1326	493	11235	1311	662	18751
SSK	266	854	18257	289	564	10338	381	624	16906	352	562	10571	393	294	11334	394	307	18101
Çağlayan	279	1754	16782	380	1303	10613	399	1447	15859	509	1306	10782	871	432	11774	1105	382	18015
Mecidiyeköy	699	5278	12203	1284	2267	11536	891	5927	10822	2290	2920	11579	2695	2471	11998	5832	1136	17292
Zincirlikuyu	949	6982	6171	2302	4706	12519	1650	6013	6459	2967	6659	12208	5966	2701	15263	6987	1579	12597
Bogaziçi	2	343	5830	1296	3	14923	3	329	6133	1216	6	15901	5	1201	14067	354	4	7189
Burhaniye	0	0	5830	0	0	13631	0	0	6133	0	0	14690	0	0	14067	0	0	6839
Altunizade	99	1082	4847	1969	286	13631	192	1228	5098	1822	619	14690	531	1834	12764	1441	172	6839
Acibadem	55	425	4477	994	74	11948	104	380	4821	1241	119	13487	77	1137	11704	361	76	5570
Uzuncaayr	57	2362	2171	6580	54	11028	190	2069	2943	6827	65	12365	53	6475	5282	2647	168	5286
Fikirtepe	7	120	2058	676	1	4502	13	189	2767	873	2	5603	3	688	4597	197	7	2806
Söğütliceşme	0	2058	0	3826	0	3826	0	2767	0	4732	0	4731	0	4597	0	2616	0	2616

4.2.2.1. *Biniş ve İnişler*

Tablo 4.7'deki biniş, iniş ve birikimli yolcu sayılarından hareketle şunlar söylenebilir.

- Sabah yoğun saatlerde genel yolculuk akışı Tüyap-Söğütlüçeşme (T-S yönü) yönünde iken akşam en yoğun saatte Söğütlüçeşme-Tüyap (S-T yönü) yönündedir.
- Sabah yoğun saatlerde T-S yönünde her iki saatin toplamı göz önünde bulundurulduğunda en fazla binişlerin olduğu istasyonlar sırasıyla Avcılar (7.897), Şirinevler (4.539), Sefaköy (4.490), Edirnekapı (4.074), Şükrübey (3.580), Yenibosna (3.323) istasyonlarıdır. Yine akşam en yoğun saatte S-T yönünde aynı istasyonlardan yoğun bir biçimde iniş olmaktadır. Bu istasyonlar sırasıyla Avcılar (3.894), Şirinevler (2.274) ve Sefaköy (2.140) istasyonlarıdır. Sabah yoğunluğu ile akşam yoğunluğunun bir olmama sebebi, sabah belli saatlerde yolcu yoğunluğu yaşanırken (07:00-09:00) akşam belirli sebeplerden dolayı yoğunluk çeşitli saatlere (16:00-20:00) yayılmaktadır.
- Sabah yoğun saatlerde T-S yönünde her iki saatin toplamı göz önünde bulundurulduğunda en fazla inişlerin olduğu istasyonlar sırasıyla Zincirlikuyu (12.995), Mecidiyeköy (11.205), Cevizlibağ (8.661), Söğütlüçeşme (4.825), Uzunçayır (4.431), Şirinevler (4.204), Zeytinburnu (4.149), Çağlayan (3.201) istasyonlarıdır. Bu istasyonlarda inen yolcuların çok yüksek olmasının sebebi bu noktaların iş merkezi olmasının yanında metro, tramvay, otobüs ve minibüs hatlarıyla entegre olmasıdır. Akşam en yoğun saatte ise yolculuklar S-T yönünde olmaktadır. Akşam en fazla binişin olduğu istasyonlar sırasıyla Zincirlikuyu (6.987), Mecidiyeköy (5.832), Cevizlibağ (4.275), Uzunçayır (2.647), Söğütlüçeşme (2.616) ve Şirinevler (2.111) istasyonlarıdır.
- Sabah yoğun saatlerde S-T yönünde her iki saatin toplamı göz önünde bulundurulduğunda en fazla binişlerin olduğu istasyonlar sırasıyla Uzunçayır (13.407), Söğütlüçeşme (8.558), Zincirlikuyu (5.269), Altunizade (3.791), Mecidiyeköy (3.574), Edirnekapı (3.200), Şirinevler (2.777) istasyonlarıdır. Akşam en yoğun saatte ise T-S yönünde en fazla inişlerin olduğu istasyonlar sırasıyla Uzunçayır (6.475), Söğütlüçeşme (4.597), Zincirlikuyu (2.701), Mecidiyeköy (2.471), Altunizade (1.834), Edirnekapı (1.424), Şirinevler (1299) istasyonlarıdır.

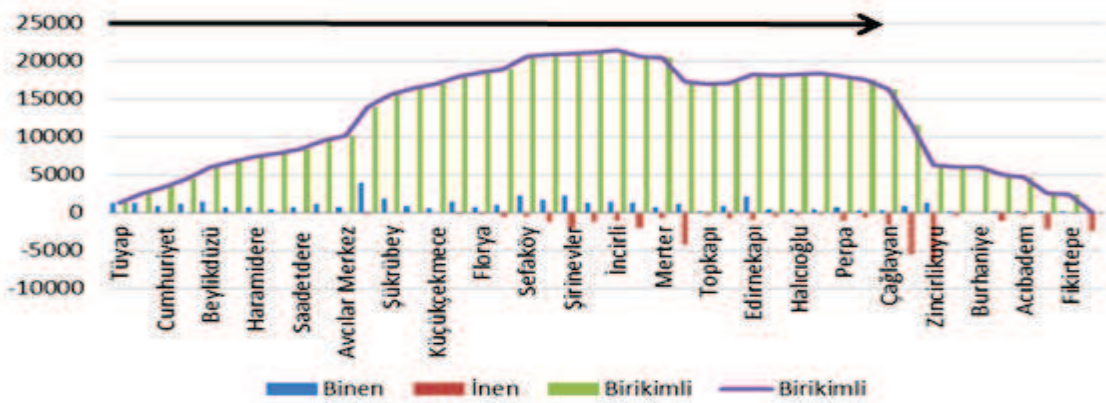
- Sabah yoğun saatlerde S-T yönünde her iki saatin toplamı göz önünde bulundurulduğunda en fazla inişlerin olduğu istasyonlar sırasıyla Zincirlikuyu (11.365), Mecidiyeköy (5.187) ve Avcılar (3.272) istasyonlarıdır. Akşam en yoğun saatte T-S yönünde en fazla binişlerin olduğu istasyonlar ise Zincirlikuyu (5.966) ve Mecidiyeköy (2.695) istasyonlarıdır.

4.2.2.2. Birikimli Yolcu Sayıları

Binen ve inen yolcu sayılarının birbirinden çıkarılmasıyla ve bunun artarda gelen bütün istasyonlarda yapılmasıyla elde edilen birikimli yolcu sayısı, taşıt içi doluluklar ve istasyonlardaki taşıt yoğunlukları ile ilgili önemli bilgiler sağlayacaktır.

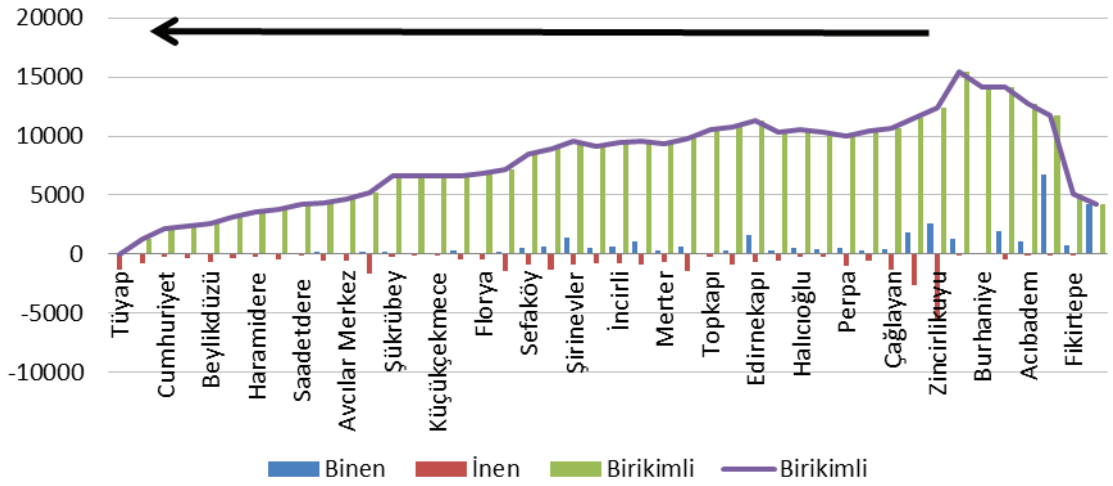
- Sabah en yoğun saatlerde en yoğun akışa sahip olan T-S yönünde özellikle Sefaköy istasyonundan Merter istasyonuna kadar kesit yoğunluğu çok yüksektir. Tüyap istasyonundan birikimli olarak gelen yolcularla birlikte özellikle bu istasyonlarda yoğun biniş olduğu ve binen yolcu sayısı inen yolcu sayısından yüksek olduğu için kesit talebi zirveye ulaşmaktadır. Sabah en yoğun saatlerde (07:00-09:00) bu kesitlerden geçen taşıtlar toplam İncirli'de 42.739, Bahçelievler'de 42.202, Şirinevler'de 42.110, Yenibosna' da 41.776, Zeytinburnu'nda 41.030, Sefaköy'de 41.015, Merter'de 40.893, yolcu T-S yönünde taşımaktadır. Akşam yoğun saatte S-T yönünde sabahki kadar yoğun olmasa da yine bu istasyonlar en yoğun kesitlere sahiptir.
- Özellikle Şirinevler istasyonu ayrı bir özellik taşımaktadır. En yoğun kesitlerden bir tanesi olan Şirinevler istasyonu sabah en yoğun saatlerde 42.110 yolcu taşırken 4.539 yolcu Şirinevler istasyonunda binmekte, 4.204 yolcu da aynı istasyonda inmektedir. Bu da demektir ki, yolcuların onda biri Şirinevler istasyonunda metrobüslerden inerken bir o kadar yolcu da metrobüslere binmeye çalışmaktadır. Zaten çok yoğun olan Şirinevler kesitinde bu durum, taşıtlarda büyük karmaşalara sebebiyet vermektedir. Aynı zamanda taşıtların istasyonlarda bekleme sürelerini artırmakta, sonradan gelen taşıtlar yolcu indirme bindirmesini tamamlayamamış taşıtları beklemekte ve tüm bu durumlar tur sürelerinin uzamasına sebep olmaktadır. Yolcu memnuniyetsizliği ile şoför ve işletme memnuniyetsizliğine sebep olan bu tür durumlara en iyi örnek olan Şirinevler istasyonunun ayrı bir şekilde ele alınması gerekmektedir.

- Sabah en yoğun saatlerde S-T yönünde yolcu yoğunluğu çok olmamakla birlikte, Anadolu yakası kısmından gelişleri ifade eden Boğaziçi köprüsü (30.824), Altunizade (28.321), Acıbadem (25.435) ve Zincirlikuyu (24.727), Uzunçayır (23.393), istasyonlarında birikimli yolcu sayısı fazla çıkmaktadır. S-T yönünde devam eden taşıtlarda, Zincirlikuyu ve Mecidiyeköy istasyonlarında binişler ve inişler çok yoğun olmaktadır. S-T yönünün taşıt içi yoğunlukları yüksek olmamakla birlikte 07:00 ve 09:00 saatleri arasında kesit yoğunluğu 24.727 olan Zincirlikuyu istasyonunda 11.365 iniş olmakta 5.269 yeni biniş olmakta, kesit yoğunluğu 23.115 olan Mecidiyeköy istasyonunda 5.187 iniş olmakta, 3.574 yeni biniş olmaktadır. Bu durum Şirinevler istasyonu ile aynı özelliği göstermekte ve taşıtların tur sürelerine etki etmektedir. Akşam en yoğun saatte yine bu istasyonlar sabahın benzer yoğunluğuna sahiptir.

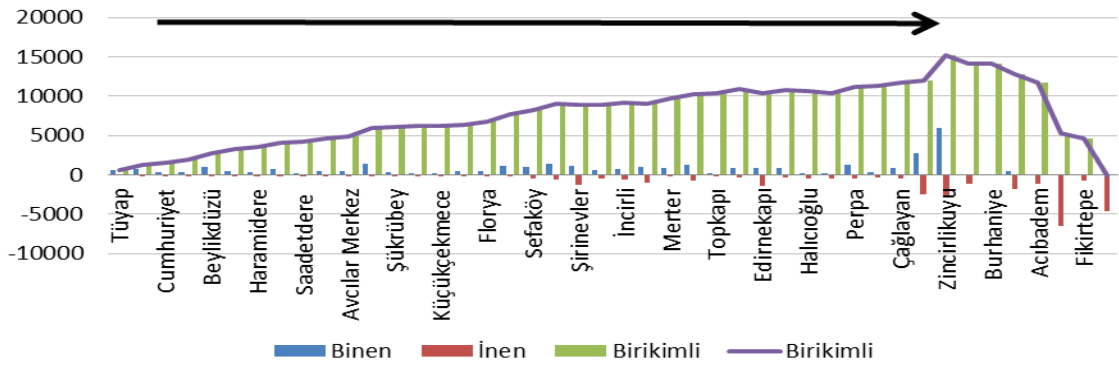


Şekil 4.10: Sabah T-S Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun 2 Saatin Ortalaması).

Birikimli yolcu sayılarından hareketle sabah saatlerinde biniş, iniş ve birikimli yolculuk grafikleri Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de verilmiştir.

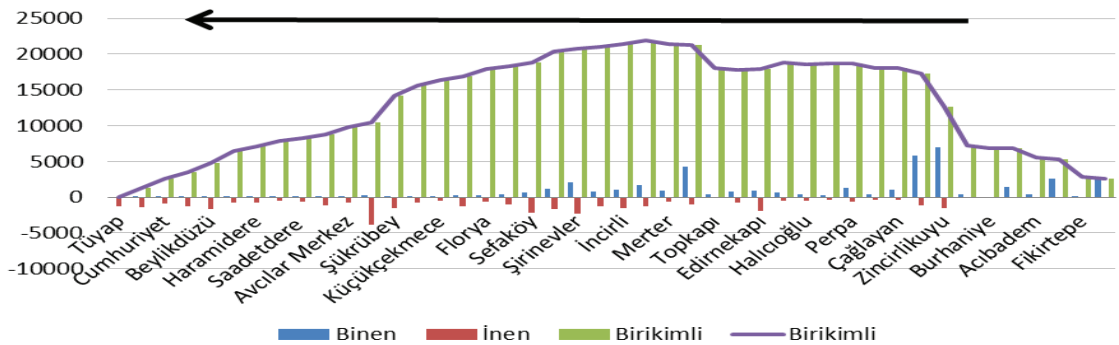


Şekil 4.11: Sabah S-T Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun 2 Saatin Ortalaması).



Şekil 4.12: Akşam T-S Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun Saat).

Akşam en yoğun saat dilimi 18:00-18:59 arasında biniş, iniş ve birikimli yolcu grafikleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13: Akşam S-T Yönü Birikimli Yolcu Sayısı (En Yoğun Saat).

4.2.3. Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları

Metrobüs eski işletim sisteminde hafta içi sabah en yoğun saat diliminde tüm sistemde 460 taşıt, hafta içi gündüz değerlerinde 331 taşıt, hafta içi akşam en yoğun saat

diliminde 450 taşıt, cumartesi tüm gün boyunca 288 taşıt ve Pazar gün boyunca 258 taşıt sistemde çalışmaktadır. Hatlarda çalışacak taşıt sayılarından yola çıkılarak hatların süreleri yardımıyla kesitlerden geçen taşıt sayısı (İstasyonlardan geçebilecek taşıt sayısı) ve iki taşıt arasındaki kalkış süresi hesaplanabilmektedir. Örneğin tur süresinin 60 dakika olduğu 60 taşıtlık bir hatta taşıtlar arası kalkış süresinin 1 dakika, 180 taşıtlık bir hatta ise taşıtlar arası kalkış süresinin ise 20 saniye olması gerekmektedir.

$$Frekans = \frac{\text{Tur Süresi}}{\text{Taşıt sayısı}} * 60 \quad 4.1$$

Yine tur süresinin 100 dakika olduğu 100 taşıtlık bir hatta 60 saniyede 1 taşıt kalkacağı için herhangi bir kesitte veya noktada 1 saatte (3600 saniye) görülebilecek taşıt sayısı 60, 200 taşıtlık bir hatta ise 30 saniyede 1 taşıt kalkacağı için herhangi bir kesitte veya noktada 1 saatte görülebilecek taşıt sayısı 120'dir.

$$Bir Kesitten Geçen Araç Sayısı = \frac{\text{Taşıt Sayısı}}{\text{Tur Süresi}} * 60 \quad 4.2$$

Tablo 4.8'de eski işletim sistemine göre hatlarda çalışan taşıt sayıları verilmiştir. Sabah ve akşam çalışan taşıt sayıları farklı olmaktadır. İETT'den temin edilen tur süreleri ve çalışan taşıt sayılarından taşıt kalkış frekansları bulunmuş, sonrasında sabah ve akşam kesitlerden geçen taşıt sayıları tespit edilmiştir. Taşıtların istasyonlardaki süre kayıpları düşünülmemiştir.

Tablo 4.8: Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.

Hat Kodu	Hat	Tur Süreleri	Sabah Taşıt Sayısı	Sabah Taşıt/Saat Sayısı	Akşam Taşıt Sayısı	Akşam Taşıt/Saat Sayısı
34B	Tüyap-Avcılar	46	29	38	24	31
34C	Tüyap-Cevizlibağ	120	81	41	81	40
34	Avcılar-Zincirlikuyu	120	217	109	192	96
34A	Cevizlibağ-Söğütlüçeşme	100	54	32	54	32
34Z	Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme	60	79	79	74	74
34T	Avcılar-Cevizlibağ	80	0	0	25	18

Ancak aynı kesitlerden geçen farklı hatlar olduğu için kesitlerden geçen taşıt sayıları hesaplanandan farklı olacaktır (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15).

- Beylikdüzü Tüyap-Avcılar Kesiti = Tüyap-Avcılar(34B) + Tüyap-Cevizlibağ (34C)

Sabah: $38 + 41 = 79$ taşıt/saat

Akşam: $31 + 41 = 72$ taşıt/saat

- Avcılar-Cevizlibağ Kesiti = Tüyap-Cevizlibağ (34C) + Avcılar-Zincirlikuyu (34) + Avcılar Cevizlibağ (34T)

Sabah: $41 + 109 + 0 = 149$ taşıt /saat

Akşam: $41 + 96 + 19 = 155$ taşıt/saat

- Cevizlibağ-Zincirlikuyu Kesiti = Avcılar-Zincirlikuyu (34) + Cevizlibağ-Söğütlüçeşme (34A)

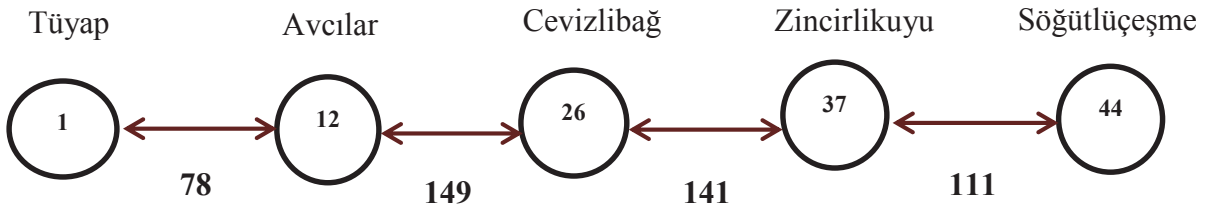
Sabah: $109 + 32 = 141$ taşıt /saat

Akşam: $96 + 32 = 128$ taşıt/saat

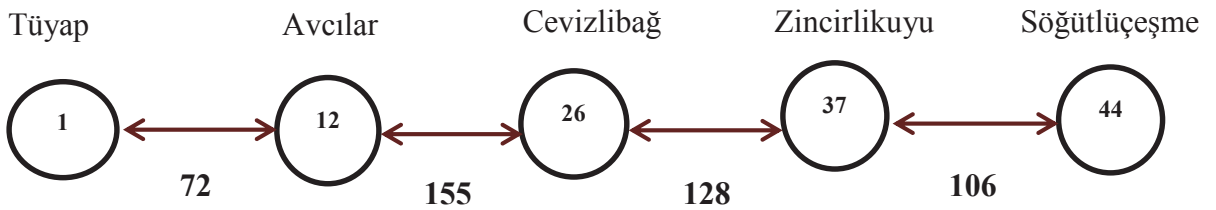
- Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme Kesiti = Cevizlibağ-Söğütlüçeşme (34A) + Zincirlikuyu-Söğütlüçeşme (34Z)

Sabah: $32 + 79 = 111$ taşıt /saat

Akşam: $32 + 74 = 106$ taşıt/saat



Şekil 4.14: Sabah En Yoğun Saatlerde Kesitlerden Geçen Taşıtların Sayıları.



Şekil 4.15: Akşam En Yoğun Saatte Kesitlerden Geçen Taşıtların Sayıları.

4.2.4. İstasyon Taşıtların Kapasitesi (Stopping Bays)

Literatür aşamasında da belirtildiği üzere istasyonlarda aynı anda indirme bindirme yapabilecek taşıtların sayısını ifade eden istasyonların taşıtların kapasitesi, metrobüs sisteminin kapasitesini artıran önemli bir unsurdur. BRT sistemlerinde çift şeritin yanında büyük

ve geniş istasyonlar, 1 saatte tek yönde taşınan yolcu sayısının yüksek olmasını sağlamaktadır.



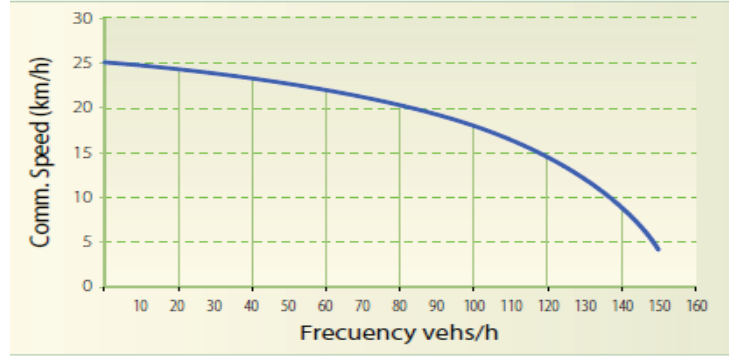
Şekil 4.16: İstanbul Metrobüs İstasyonu.



Şekil 4.17: Bogota BRT İstasyonu.

İstanbul Metrobüs istasyonlarında ise gerek D-100'ün yapısal durumundan gerekse istasyonların hızlı inşa edilmesinden ötürü istasyon taşıt kapasiteleri yeterli değildir. Yolcu sayısının zirve yaptığı zaman dilimlerinde çok fazla taşıt sistemde yolcu taşımaktadır. İstasyonlara olan taleplere göre istasyon alanları büyümediği takdirde Şekil 4.16'da görülen durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu durum da yolcuların araçlara binememesine ve taşıtların tur süresinin artmasına sebep olmaktadır. Ayrıca taşıtların arka arkaya sıra yapması da engelenememektedir. Böylece yoğun saatlerde hızlı olması ve anlık yolculuk taleplerini karşılaması gereken metrobüs sistemi esnekliğini yitirmektedir. Örneğin sabah yoğunluğu 2 saatte toplandığı için bu saatlerde çok yüksek taşıt sayısı ile yolcu yoğunluğunun eritilmesi gerekmektedir. Ancak sistemde talebin yüksek ve istasyonların dar olmasından ötürü darboğaz oluşturan istasyonlar vardır. Dolayısıyla ne kadar çok taşıt çalıştırılırsa çalışsın istasyonların taşıt kapasitesi en büyük sınırlayıcı olacaktır. Başka bir sebep de saatte çalışan taşıt sayısı Şekil 4.18'de verildiği gibi sistemin hızını düşürmektedir. Durağa gelen 3-4 taşıt indirme bindirme yapabilirken arkadaki taşıtlar istasyon gerisinde kaldığı için istasyondaki taşıtları beklemekte ve böylece taşıt kuyrukları (katar) oluşmaktadır. Ayrıca "dwell time" denilen taşıtların kapılarını açma ve kapama arasındaki süre, zaten yoğun olan taşıtlara yeni yolcuların binmek istemesiyle daha da artmaktadır. Saatte tek yönde yolcu kapasitesi yüksek olan BRT sistemlerinde çift şeritle hizmet verilmekte ve istasyon büyüklükleri 8-10 taşıtın yanaşabileceği uzunlukta olmaktadır. Şekil 4.17'de verilen

Bogota istasyonu cep duraklara ayrılmaktadır ve farklı tanımlanan hatlar belirlenen cep duraklarda hizmet vermektedir. Böylece yolcu indirme bindirme süreleri en az olmakta ve sistem hızı en az derecede etkilenmektedir.



Şekil 4.18: Taşıt frekansı ve Sistem Hızı İlişkisi
(BRT Planning Guide, 2007, syf 247).

İstanbul metrobüs istasyon taşıt kapasiteleri ise talebe göre yetersiz kalabilmektedir. Sistemde üst yolcu kapasitesini belirleyen önemli unsurlardan biri olan metrobüsün istasyon taşıt kapasiteleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9: İstasyon Taşıt Kapasiteleri (TÜBİTAK TÜSSİDE Raporu,2014).

İstasyon	Taşıt	İstasyon	Taşıt	İstasyon	İstasyon	Taşıt	
Büyükçekmece	4	Avcılar	5	İncirli	3	SSK	3
Hadımköy	3	Şükrübey	3	Zeytinburnu	3	Çağlayan	3
Cumhuriyet	3	İETT Kampı	3	Merter	3	Mecidiyeköy	5
B.Düzü Belediye	4	Küçükçekmece	3	Cevizlibağ	5	Zincirlikuyu	5
Beylikdüzü	4	Cennet	3	Topkapı	3	Boğaziçi	3
Güzelyurt	3	Florya	3	Maltepe	3	Burhaniye	2
Haramidere	3	Beşyol	3	Edirnekapı	5	Altunizade	3
Haramidere Sanayi	3	Sefaköy	3	Ayvansaray	3	Acıbadem	3
Saadetdere	3	Yenibosna	3	Halıcıoğlu	3	Uzunçayır	3
Ambarlı	4	Şirinevler	3	Okmeydanı	3	Fikirtepe	3
Avcılar Merkez	4	Bahçelievler	3	Perpa	4	Söğütlüçeşme	5

4.2.5. Taşıt Bekleme Süreleri

Yoğun saatlerde taşıt içi doluluklar zirve yaptığı için çoğu istasyonda yolcular taşıtlara binmede zorlanmaktadır. Yoğunluğun fazla olduğu istasyonlarda taşıtların bekleme sürelerinin tespiti adına İETT'den temin edilen video görüntüleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. 4 Aralık 2014 video görüntülerine göre sabah ve akşam yoğun saatlerde

yolcu talebinin yüksek ve binişlerin zor olduğu istasyonlarda yapılan gözlemlere göre, taşıtların kapılarını açma ve kapama arasındaki sürenin diğer istasyonların aksine fazla olduğu görülmüştür. Bekleme sürelerinin fazla olması hem taşıt tur sürelerinin yüksek olmasına, hem de bir saatte tek yönde taşınan yolcu sayısının belli bir kapasitenin üstüne çıkamamasına sebep olmaktadır. Ancak taşıtların istasyonlardaki bekleme süreleri günün saatine, yolcu yoğunluğuna ve yöne göre değişmektedir. Yolcu binişlerinin fazla olduğu istasyonlarda bekleme sürelerinin analizi yapılmıştır. İstasyonlara yanaşan taşıtların yolcu indirme bindirme sürelerinin 25-30 saniye civarında olması gerekirken (BRT Planing Guide, 2007) Tablo 4.10'da verildiği gibi en yoğun saatlerde 50 saniye olması sistem performansını etkilemektedir.

Tablo 4.10: Yoğun İstasyonların Bekleme Zamanları.

Zaman Dilimi	Yön	İstasyon	Bekleme Zamanı (sn)	Zaman Dilimi	Yön	İstasyon	Bekleme Zamanı (sn)
Sabah	T-S	Şirinevler	55,71	Akşam	T-S	Mecidiyeköy	56,4
Sabah	T-S	Sefaköy	41,77	Akşam	T-S	Zeytinburnu	47,22
Sabah	T-S	Yenibosna	40,58	Akşam	T-S	Altunizade	33,32
Sabah	T-S	Mecidiyeköy	36,25	Akşam	T-S	Uzunçayır	33,2
Sabah	T-S	İncirli	35,6	Akşam	T-S	Şirinevler	30,65
Sabah	S-T	Uzunçayır	48,67	Akşam	S-T	Mecidiyeköy	46,25
Sabah	S-T	Altunizade	37,37	Akşam	S-T	İncirli	43,17
Sabah	S-T	Okmeydanı	32,14	Akşam	S-T	Şirinevler	42
Sabah	S-T	Şirinevler	31	Akşam	S-T	Yenibosna	35,35
Sabah	S-T	Zeytinburnu	29,41	Akşam	S-T	Sefaköy	32,58

İETT'den temin edilen metrobüs istasyonlarındaki Aralık ayı kamera kayıtlarından kritik istasyonlardaki sabah ve akşam en yoğun saatte metrobüslerin kapılarını açma ve kapama süresi arasındaki farklar en az 50 örneklem üzerinden incelenmiş ve ortalamaları her iki yön üzerinden verilmiştir. Örneğin Şirinevler istasyonunda yolcuların ortalama metrobüse biniş zamanı 55,71 saniyedir. Ayrıca bu istasyona aynı anda yanaşabilecek taşıt sayısı 3'tür. Dolayısıyla Şirinevler-Bahçelievler kesitinden geçebilecek maksimum taşıt sayısı 194 olmaktadır ($3600 \cdot 3 / 55,71$). En fazla bekleme süresinin Şirinevler istasyonunda olması ve istasyon taşıt kapasitesinin 3 olması sistemin kapasitesini belirlemektedir. Dolayısıyla her 10 saniyede Avcılar istasyonundan taşıt kaldırılrsa bile 1 saatteki 360 taşıtın en fazla 200 tanesi Şirinevler ve sonraki kesitlerden geçebilmektedir. Darboğaz oluşturan bu istasyonlara özel çözümler sunulmadığı takdirde mevcut kapasiteyi artırmak zor gözükmektedir.

Sabah T-S yönünde en fazla bekleme sürelerinin olduğu istasyonun Şirinevler istasyonu olduğu görülmektedir. Şirinevler istasyonuna kadar birikimli gelen yolcu sayısı saat 07:00-08:00 arasında 24.581'dir (Tablo 4.7). Tüyap yönünden birikimli bir şekilde gelen bu yolcuların 2.158'i inmekte ve yeni 2.375 yolcu bu istasyonda binmektedir. Bir başka deyişle Şirinevler istasyonuna gelen yolcuların yaklaşık %10'u bu istasyonda inmekte, inen yolcuların yerine ise bu yolcular kadar yeni yolcu binmektedir. Taşıt içindeki hareketliliğin çok yüksek olduğu bu istasyonda bu durum taşıtların bekleme zamanına etki etmektedir. Akşam en yoğun saatte ise T-S yönünde taşıtlar 56,4 saniye ile ortalama sürenin üzerinde Mecidiyeköy istasyonunda vakit geçirmektedir.

Literatür araştırmasında ayrıntılı bir şekilde değinildiği üzere istasyonlardaki bekleme süreleri ve istasyonlara aynı anda yanaşabilen taşıt sayısı kapasiteyi etkileyen en önemli unsurlardandır. Örneğin 1 taşıt yanaşacak şekilde kapasitesi olan tek şeritli bir istasyonda yolcuların iniş biniş süresi ortalama olarak 60 saniye ise ilgili istasyondan bir saatte geçebilecek taşıt sayısı en fazla 60'tır ($3600 \cdot 1/60$). Eğer taşıt kapasitesi 2 ise bu sayı en fazla 120 olacaktır ($3600 \cdot 2/60$). Bu yüzden istasyonlara yanaşabilecek taşıt sayıları ve taşıtların istasyonlardaki bekleme süreleri iyileştirilmeden kapasite bir noktadan sonra iyileştirme göstermeyecektir. Mevcut durumda istasyonlardaki taşıt kapasiteleri ve bekleme sürelerinden yola çıkılarak istasyonlardan geçebilecek maksimum taşıt sayıları da hesaplanabilmektedir.

4.2.6. Taşıt Kapasitelerinin Hesaplanması

Sabah ve akşam en yoğun saatlerde kesitlerden geçen yolcu sayısı önceki bölümde hesaplanmıştı. Aynı zamanda İETT metrobüs yönetimi tarafından atanan taşıt sayılarından yola çıkılarak en yoğun saatlerde kesitlerden geçen taşıt sayıları da çıkarılmıştı. Sisteme olan talep ve sistemin kapasitesi bilindiği için taşıt dolulukları ortalama olarak belirlenebilir. Ancak ortalama bir taşıtın yolcu kapasitesi bilinmelidir. Metrobüs sisteminde farklı kapasiteli taşıtlar çalışmaktadır. Bus Rapid Transit Planning Guide kitabında geleneksel taşıtlar için taşıt uzunluklarından yola çıkılarak kapasite hesaplaması yöntemi şöyle hesaplanmıştır.

$$\text{Taşıt Kapasitesi} = (\text{Taşıt Uzunluğu}-3) \times 10 \text{ (BRT Plannin Guide, 2007)} \quad 4.3$$

Sistem tanıtım kısmında verilen ve metrobüs sisteminde kullanılan taşıtların uzunlukları ve yukarıdaki formülden hareketle kapasiteleri Tablo 4.11’de gösterilmiştir.

Tablo 4.11: Taşıtların Kapasite Hesaplaması.

Taşıtların Tipleri	Taşıtların Sayısı	Uzunluk	Taşıtların Kapasitesi
Capacity	250	19,5	165
Phileas	50	26	230
Citaro	100	18	150
Conecto	85	18	150
Karsan	50	18	150

Ortalama taşıtların kapasitesi ise taşıtların kapasite ve sayılarının ortalamasına göre bulunmaktadır.

$$O.T.K = \frac{250 \times 165 + 50 \times 230 + 100 \times 150 + 85 \times 150 + 50 \times 150}{535}$$

$$O.T.K = 164,7$$

Dolayısıyla taşıtların içi dolulukları hesaplanırken ortalama kapasite 165 olarak alınacaktır. İstanbul metrobüs sisteminin incelendiği kısımda taşıtların kapasiteleri yukarıda hesaplanandan daha yüksek bir şekilde verilmişti. Literatürdeki gibi taşıtların uzunluklarından kapasite hesaplaması tercih edilmiştir. Bunun sebebi ise işletmelerin m² başına düşecek yolcu sayısını farklı hesap etmelerinden kaynaklı bir taşıtların gerçekteki maksimum kapasitesi fazla gösterilebilmektedir.

4.2.7. Taşıtların İçi Dolulukları

Metrobüs sisteminde gerçekleşen yolculuğun, metrobüs sisteminin sunduğu kapasiteye bölünmesiyle metrobüs taşıtlarının ortalama yoğunluğu yaklaşık olarak belirlenmiş olacaktır. Kesitlerden geçen yolcu sayıları ve bu kesitlerden geçen taşıtların sayıları ile ortalama taşıtların kapasitelerinin çarpımından elde edilecek sistem kapasiteleri sayesinde taşıtların içi dolulukları hesaplanabilecektir. (Denklem 4.4)

$$y_i^+ = \frac{d_i^+}{c \times n_i^+}$$

y_i^+ = Bir yöndeki taşıtların içi yoğunluğu

d_i^+ = Bir kesitten geçen yolcu sayısı

c = Taşıt kapasitesi

n_i^+ = Bir kesitten geçen taşıt sayısı 4.4

(TÜBİTAK TÜSSİDE Metrobüs Kapasite Artırımı Sistem Analizi Raporu, 2014)

BRT Planning Guide'a göre ise taşıt içi doluluk Denklem 4.5'te olduğu gibi tanımlanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Corridor capacity} &= \text{Vehicle capacity} \times \text{Load factor} \\ \text{(pphpd)} & \text{(passengers/vehicle)} \\ & \times \text{Service frequency} \times \text{Number of} \\ & \text{(vehicles/hr)} \text{ stopping bays} \end{aligned}$$

Şekil 4.19: Kesit Kapasite Hesaplama Yöntemi(BRT Planning Guide, 2007).

Bu formülden hareketle olması gereken taşıt içi doluluk (load factor) şöyle olmaktadır.

$$\text{Taşıt içi doluluk} = \frac{\text{Kesit Kapasitesi (saatte tek yönde)}}{\text{Taşıt Kapasitesi} \times 1 \text{ Saatte Geçen Taşıt Sayısı}} \quad 4.5$$

1 saatte kesitlerden geçen taşıt sayıları hesaplanırken tur sürelerinden yola çıkılarak hesaplama yapılmıştır ((taşıt sayısı*60)/tur süresi). İstasyonlarda taşıt kuyrukları oluşmasından dolayı oluşan bekleme süreleri tur süresinin içine dahil edildiğinden burada istasyonlara yanaşabilen taşıt sayısının (istasyon taşıt kapasitesi) formüle dahil edilmesi tekrar olacaktır. Görüldüğü üzere her iki kaynak da taşıt içi yoğunluk hesaplamasını aynı formülle yapmaktadır. Bu kısımda da aynı formül kullanılarak hesaplamalar yapılacaktır. Bu durumda Aralık ayının hafta içi 07:00-08:00 saatlerinin kesit yoğunlukları Tablo 4.12'de verilmiştir. En yoğun kesit T-S yönünde %103 ile İncirli-Zeytinburnu kesitidir.

Tablo 4.12: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 07:00-08:00 Saatleri Kesit Yoğunlukları.

İstasyonlar	T-S	S-T	Saatlik Taşıt Sayısı	Taşıt Sayısı*Taşıt Kapasite	T-S	S-T
	Birikimli Yolcu	Birikimli Yolcu			Birikimli Yoğunluk	Birikimli Yoğunluk
Beylikdüzü Tüyap	1390	0	78	12924	0,108	0,000
Hadımköy	2826	1161	78	12924	0,219	0,090
Cumhuriyet Mahallesi	3780	2041	78	12924	0,292	0,158
Beylikdüzü Belediye	5138	2276	78	12924	0,398	0,176
Beylikdüzü	6713	2510	78	12924	0,519	0,194
Güzelyurt	7544	3063	78	12924	0,584	0,237
Haramidere	8413	3492	78	12924	0,651	0,270
Haramidere Sanayi	8957	3734	78	12924	0,693	0,289
Saadetdere Mahallesi	9774	4259	78	12924	0,756	0,330
Mustafakemalpaşa	11098	4374	78	12924	0,859	0,338
Avcılar Merkez	11810	4819	78	12924	0,914	0,373
Avcılar	16275	5187	149	24585	0,662	0,401
Şükrübey	18227	6426	149	24585	0,741	0,261
İBB Sosyal Tesisleri	19208	6430	149	24585	0,781	0,262
Küçükçekmece	19754	6427	149	24585	0,803	0,261
Cennet Mahallesi	21035	6468	149	24585	0,856	0,263
Florya	21560	6669	149	24585	0,877	0,271
Beşyol	22031	6904	149	24585	0,896	0,281
Sefaköy	23878	8214	149	24585	0,971	0,334
Yenibosna	24364	8551	149	24585	0,991	0,348
Şirinevler	24581	9312	149	24585	1,000	0,379
Bahçelievler	24536	8947	149	24585	0,998	0,364
İncirli	24663	9264	149	24585	1,003	0,377
Zeytinburnu	23273	9384	149	24585	0,947	0,382
Merter	22951	9339	149	24585	0,934	0,380
Cevizlibağ	19092	9695	141	23249	0,821	0,394
Topkapı	18763	10448	141	23249	0,807	0,449
Maltepe	18649	10584	141	23249	0,802	0,455
Edirnekapı	19295	11134	141	23249	0,830	0,479
Ayvansaray	19098	10444	141	23249	0,821	0,449
Halıcioğlu	19172	10680	141	23249	0,825	0,459
Okmeydanı	19207	10367	141	23249	0,826	0,446
Perpa	18845	10134	141	23249	0,811	0,436
Okmeydanı SSK	18257	10338	141	23249	0,785	0,445
Çağlayan	16782	10613	141	23249	0,722	0,457
Mecidiyeköy	12203	11536	141	23249	0,525	0,496
Zincirlikuyu	6171	12519	111	18381	0,336	0,538
Boğaziçi Köprüsü	5830	14923	111	18381	0,317	0,812
Burhaniye	5830	13631	111	18381	0,317	0,742
Altunizade	4847	13631	111	18381	0,264	0,742
Acıbadem	4477	11948	111	18381	0,244	0,650
Uzunçayır	2171	11028	111	18381	0,118	0,600
Fikirtepe	2058	4502	111	18381	0,112	0,245
Söğütlüçeşme	0	3826	111	18381	0,000	0,208

Aralık ayı hafta içi günleri saat 08:00-09:00 saatlerinin kesit yoğunlukları Tablo 4.13'te verilmiştir. En yoğun kesit S-T yönünde %87 ile Boğaziçi-Zincirlikuyu kesitidir.

Tablo 4.13: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 08:00-09:00 Saatleri Kesit Yoğunlukları.

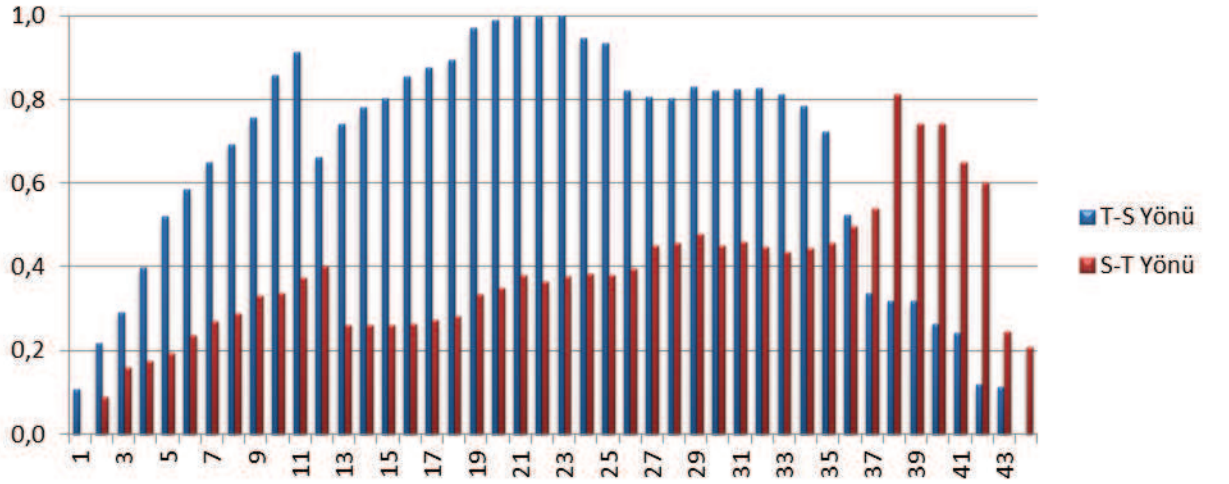
İstasyonlar	T-S Birikimli Yolcu	S-T Birikimli Yolcu	Saatlik Taşıt Sayısı	Taşıt Sayısı*Taşıt Kapasite	T-S Birikimli Yoğunluk	S-T Birikimli Yoğunluk
Beylikdüzü Tüyap	1060	0	78	12924	0,082	0,000
Hadımköy	2142	1522	78	12924	0,166	0,118
Cumhuriyet Mahallesi	2926	2216	78	12924	0,226	0,171
Beylikdüzü Belediye	3931	2440	78	12924	0,304	0,189
Beylikdüzü	5162	2731	78	12924	0,399	0,211
Güzelyurt	5697	3326	78	12924	0,441	0,257
Haramidere	6290	3639	78	12924	0,487	0,282
Haramidere Sanayi	6578	3814	78	12924	0,509	0,295
Saadetdere Mahallesi	7063	4137	78	12924	0,547	0,320
Mustafakemalpaşa	7943	4220	78	12924	0,615	0,327
Avcılar Merkez	8453	4589	78	12924	0,654	0,355
Avcılar	11464	5156	149	24585	0,466	0,399
Şükrübey	12966	6766	149	24585	0,527	0,275
İBB Sosyal Tesisleri	13682	6810	149	24585	0,557	0,277
Küçükçekmece	14091	6891	149	24585	0,573	0,280
Cennet Mahallesi	14967	6886	149	24585	0,609	0,280
Florya	15285	7083	149	24585	0,622	0,288
Beşyol	15650	7543	149	24585	0,637	0,307
Sefaköy	17137	8840	149	24585	0,697	0,360
Yenibosna	17412	9277	149	24585	0,708	0,377
Şirinevler	17529	9849	149	24585	0,713	0,401
Bahçelievler	17666	9311	149	24585	0,719	0,379
İncirli	18076	9593	149	24585	0,735	0,390
Zeytinburnu	17757	9737	149	24585	0,722	0,396
Merter	17942	9424	149	24585	0,730	0,383
Cevizlibağ	15390	9919	141	23249	0,662	0,403
Topkapı	15226	10740	141	23249	0,655	0,462
Maltepe	15516	10846	141	23249	0,667	0,467
Edirnekapı	17164	11402	141	23249	0,738	0,490
Ayvansaray	17171	10270	141	23249	0,739	0,442
Halıcioğlu	17328	10508	141	23249	0,745	0,452
Okmeydanı	17556	10211	141	23249	0,755	0,439
Perpa	17149	9953	141	23249	0,738	0,428
Okmeydanı SSK	16906	10571	141	23249	0,727	0,455
Çağlayan	15859	10782	141	23249	0,682	0,464
Mecidiyeköy	10822	11579	141	23249	0,465	0,498
Zincirlikuyu	6459	12208	111	18381	0,351	0,523
Boğaziçi Köprüsü	6133	15901	111	18381	0,334	0,865
Burhaniye	6133	14690	111	18381	0,334	0,799
Altunizade	5098	14690	111	18381	0,277	0,799
Acıbadem	4821	13487	111	18381	0,262	0,734
Uzunçayır	2943	12365	111	18381	0,160	0,673
Fikirtepe	2767	5603	111	18381	0,151	0,305
Söğütlüçeşme	0	4731	111	18381	0,000	0,257

Aralık ayı hafta içi 18:00-19:00 saatlerinin kesit yoğunlukları Tablo 4.14’te verilmiştir.

En yoğun kesit S-T yönünde %89 ile Ayvansaray-Edirnekapı kesitidir.

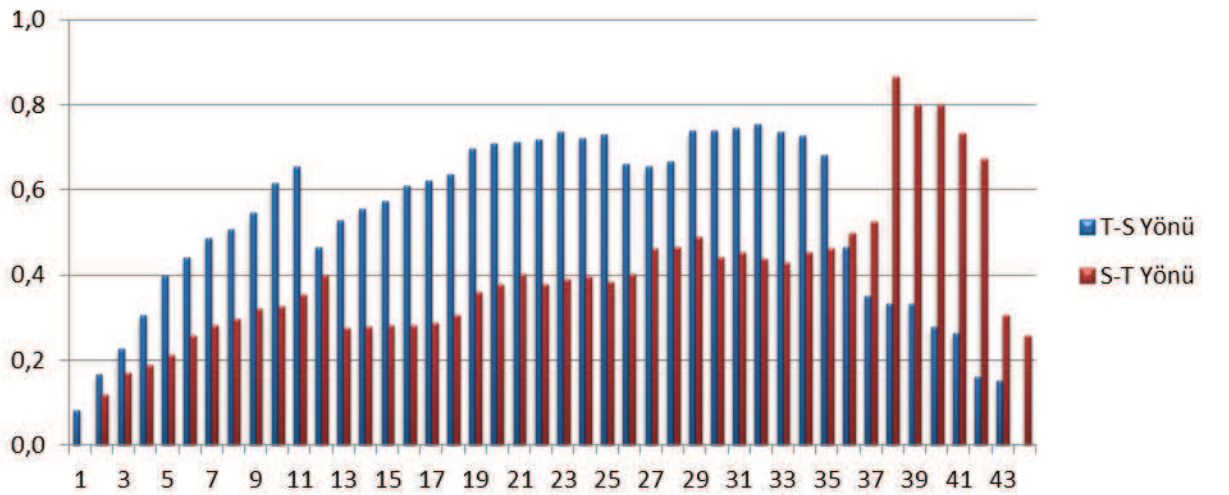
Tablo 4.14: Aralık Ayı Haftaiçi Akşam 18:00-19:00 Saatleri Kesit Yoğunlukları.

İstasyonlar	T-S Birikimli Yolcu	S-T Birikimli Yolcu	Saatlik Taşıt Sayısı	Taşıt Sayısı*Taşıt Kapasite	T-S Birikimli Yoğunluk	S-T Birikimli Yoğunluk
Beylikdüzü Tüyap	552	0	72	11848	0,047	0,000
Hadımköy	1243	1245	72	11848	0,105	0,105
Cumhuriyet Mahallesi	1571	2603	72	11848	0,133	0,220
Beylikdüzü Belediye	1893	3491	72	11848	0,160	0,295
Beylikdüzü	2792	4754	72	11848	0,236	0,401
Güzelyurt	3253	6404	72	11848	0,275	0,541
Haramidere	3522	7095	72	11848	0,297	0,599
Haramidere Sanayi	4146	7820	72	11848	0,350	0,660
Saadetdere Mahallesi	4263	8231	72	11848	0,360	0,695
Mustafakemalpaşa	4577	8794	72	11848	0,386	0,742
Avcılar Merkez	4900	9811	72	11848	0,414	0,828
Avcılar	6019	10481	72	11848	0,235	0,885
Şükrübey	6137	14154	155	25616	0,240	0,553
İBB Sosyal Tesisleri	6199	15632	155	25616	0,242	0,610
Küçükçekmece	6225	16407	155	25616	0,243	0,640
Cennet Mahallesi	6421	16842	155	25616	0,251	0,657
Florya	6766	17904	155	25616	0,264	0,699
Beşyol	7673	18254	155	25616	0,300	0,713
Sefaköy	8223	18866	155	25616	0,321	0,736
Yenibosna	9060	20398	155	25616	0,354	0,796
Şirinevler	8885	20822	155	25616	0,347	0,813
Bahçelievler	8920	20985	155	25616	0,348	0,819
İncirli	9108	21449	155	25616	0,356	0,837
Zeytinburnu	9053	21967	155	25616	0,353	0,858
Merter	9646	21471	155	25616	0,377	0,838
Cevizlibağ	10201	21258	155	25616	0,481	0,830
Topkapı	10322	18050	128	21186	0,487	0,852
Maltepe	10926	17840	128	21186	0,516	0,842
Edirnekapı	10328	17866	128	21186	0,487	0,843
Ayvansaray	10828	18802	128	21186	0,511	0,887
Halıcıoğlu	10584	18589	128	21186	0,500	0,877
Okmeydanı	10402	18673	128	21186	0,491	0,881
Perpa	11235	18751	128	21186	0,530	0,885
Okmeydanı SSK	11334	18101	128	21186	0,535	0,854
Çağlayan	11774	18015	128	21186	0,556	0,850
Mecidiyeköy	11998	17292	128	21186	0,566	0,816
Zincirlikuyu	15263	12597	128	21186	0,869	0,595
Boğaziçi Köprüsü	14067	7189	106	17556	0,801	0,409
Burhaniye	14067	6839	106	17556	0,801	0,390
Altunizade	12764	6839	106	17556	0,727	0,390
Acıbadem	11704	5570	106	17556	0,667	0,317
Uzunçayır	5282	5286	106	17556	0,301	0,301
Fikirtepe	4597	2806	106	17556	0,262	0,160
Söğütlüçeşme	0	2616	106	17556	0,000	0,149



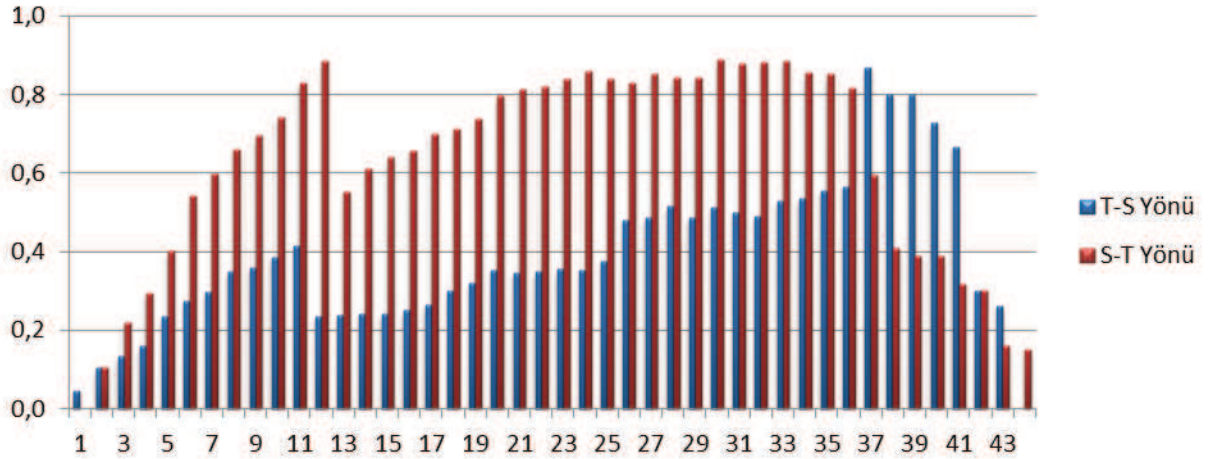
Şekil 4.20: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 07:00-08:00 Saatleri Kesit Yoğunluk Grafiği.

07:00-08:00 saatlerinin hesaplanan birikimli yoğunluk değerlerinin grafikteki gösterimi Şekil 4.20’de verilmiştir. Sefaköy-Merter istasyonları arasındaki kesitlerin tam kapasiteyle hizmet verdiği ve bu istasyonların yeni yolculara hizmet vermesinin zor olduğu görülmektedir. Saat 08:00-09:00 arası ise sistemin biraz daha rahat çalıştığı zaman dilimidir. Ancak bu sefer S-T yönünde Uzunçayır-Zincirlikuyu istasyonları arasındaki kesitler çok yoğun olmaktadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21: Aralık Ayı Haftaiçi Sabah 08:00-09:00 Saatleri Kesit Yoğunluk Grafiği.

Akşam S-T yönünde ise Avcılar-Avcılar kesiti en yoğun kesitken, Perpa-Şirinevler istasyonları arasındaki kesitler de %85 civarlarında kapasite hizmeti vermektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Aralık Ayı Haftaiçi Akşam 18:00-19:00 Saatleri Kesit Yoğunluk Grafiği.

4.3. YENİ İŞLETİM SİSTEMİ

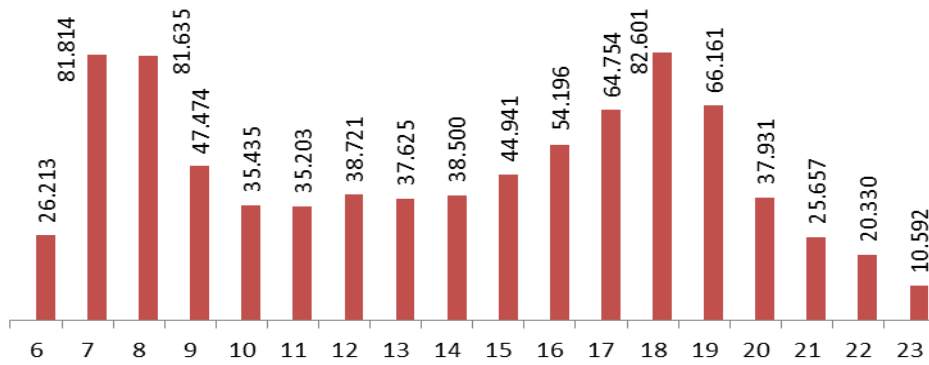
İETT Yönetimi 8 Eylül 2014 tarihinden itibaren metrobüste yeni hatlar tanımlayarak farklı bir işletim sistemine geçmiştir. Bu yeni hatlar Avcılar-Söğütluçeşme, Beylikdüzü-Zincirlikuyu ve Uzunçayır-Söğütluçeşme hatlarıdır. Sistemde ara aktarmaları en aza indirmeyi ve ekstra kapasite sunmayı amaçlayan yeni işletim sistemini incelemek ve eski işletim sistemiyle karşılaştırmak faydalı olacaktır. Ancak Eylül ve Ekim ayları günlük toplam yolculukları incelendiği takdirde yeni sistemin ortalama yolcu sayısı açısından stabil hale gelmediği söylenebilir. Eylül ayının ortasında yeni öğretim döneminin açılması ve Ekim ayında da Kurban Bayramı olması bu durumun ana etkenleri arasındadır. 1 Eylül-15 Ekim tarihleri arası yolculuk sayıları Tablo 4.15'te verilmiştir. Metrobüs sisteminde uzun bir süre hafta içi günlerinde günlük ortalama 780.000-800.000 yolculuk sayıları görülürken yeni işletim sistemiyle yolculuk sayısı 850.000 seviyelerine gelmiştir. Yeni işletim sisteminin kapasite artışı sağladığı görülmektedir. Toplu ulaşım sistemlerinde sunulan her yeni arz, sağlanan her kapasite artışı yeni talepler demek olduğu için sunulan ekstra kapasite dolmuş ve etkisini hemen göstermiştir. Eski işletim sistemi ile yeni işletim sistemini karşılaştırabilmek için Eylül ve Ekim aylarında dalgalı bir seyir izleyen yolculukların tamamını almak yerine yeni sistemin etkilerini yansıtan günleri seçmek, bu günler üzerinden O-D matrisleri çıkarmak ve kesit hesaplamalarına gitmek daha tutarlı olacaktır. Bu nedenle 1 Eylül-15 Ekim tarihleri arasından okulların tam olarak hizmet vermediği günler ve Kurban Bayramı günleri çıkarılırsa hafta içi günlerinden 22 Eylül-26 Eylül, 29 Eylül-2 Ekim ve 13 Ekim-15 Ekim tarihleri ve arasındaki günler kalacaktır. Bu günlerin ortalama yolcu

sayısı 842.837'dir. Metrobüs yolcu sayısı artık günlük olarak bu sayının altına inmeyecek aksine sürekli artış eğiliminde olacaktır. Seçilen tarihler arası tadilat çalışmalarından ötürü 14. İBB Sosyal Tesisleri ve 16. Cennet istasyonları kapalı olduğu için bu istasyonlar analiz dışı kalmıştır.

Tablo 4.15: 1 Eylül-15 Ekim Yolculuk Sayıları.

Tarih	Yolculuk	Tarih	Yolculuk	Tarih	Yolculuk
01.09.2014	700.585	16.09.2014	802.219	01.10.2014	838.856
02.09.2014	706.709	17.09.2014	787.607	02.10.2014	858.476
03.09.2014	663.086	18.09.2014	749.474	03.10.2014	548.878
04.09.2014	707.965	19.09.2014	792.237	04.10.2014	401.601
05.09.2014	710.040	20.09.2014	667.756	05.10.2014	519.069
06.09.2014	601.151	21.09.2014	505.164	06.10.2014	546.845
07.09.2014	477.010	22.09.2014	839.210	07.10.2014	542.650
08.09.2014	702.677	23.09.2014	818.894	08.10.2014	753.865
09.09.2014	723.960	24.09.2014	833.583	09.10.2014	779.036
10.09.2014	723.101	25.09.2014	829.118	10.10.2014	791.775
11.09.2014	739.172	26.09.2014	826.603	11.10.2014	632.943
12.09.2014	764.436	27.09.2014	625.217	12.10.2014	457.371
13.09.2014	658.229	28.09.2014	434.396	13.10.2014	852.988
14.09.2014	494.498	29.09.2014	831.459	14.10.2014	869.466
15.09.2014	465.865	30.09.2014	844.618	15.10.2014	870.780

Seçilen bu günlerin saatlik yoğunluk grafiği Şekil 4.23'te verilmiştir. 2013 Aralık ayında en yoğun saatler 72.000-74.000 yolcu/saat iken yeni işletim sistemi ile bu sayı yaklaşık 82.000 yolcu/saat olmuştur. Bu da tek yön tek saatte taşınan yolcu sayısının en az 41.000 olduğunu göstermektedir (Kesit yolcu sayılarına göre sabah T-S yönünde 48.676 yolcu taşınmaktadır).



Şekil 4.23: Saatlik Yoğunluklar.

4.3.1. Kesit Yolcu Sayıları (Biriken Yolcu Sayıları)

Tekrar olmaması adına seçilen 12 günün O-D matrisi verilmeyecektir. Ancak O-D matrisinden sonra hesaplanan kesit sayıları Tablo 4.16'da verilmiştir.

Tablo 4.16: Seçilen Günlerin İstasyon Kesit Sayıları.

İstasyonlar	07:00		08:00		18:00	
	T-S	S-T	T-S	S-T	T-S	S-T
01. Tüyap	2.022	0	1.527	0	945	0
02. Hadımköy Kavşağı	3.946	1.861	2.838	2.180	1.806	1.858
03. Cumhuriyet	5.169	2.899	3.792	3.034	2.235	3.609
04. Beylikdüzü Belediye	6.833	3.180	4.980	3.333	2.637	4.712
05. Beylikdüzü	8.939	3.397	6.417	3.622	3.631	6.145
06. Güzelyurt	10.241	3.964	7.126	4.212	4.194	8.123
07. Haramidere	11.392	4.450	7.845	4.546	4.556	9.065
08. Haramidere Sanayi	12.202	4.760	8.216	4.716	5.298	10.018
09. Saadetdere	13.258	5.366	8.757	5.066	5.464	10.521
10. Ambarlı	15.131	5.563	9.806	5.232	5.907	11.209
11. Avcılar Merkez	16.084	6.198	10.311	5.918	6.358	12.494
12. Avcılar	20.719	6.609	13.429	6.483	7.628	13.278
13. Şükrübey	23.542	8.306	15.412	8.232	7.782	17.247
15. Küçükçekmece	24.247	8.292	15.925	8.256	7.857	19.280
17. Florya	25.816	8.336	16.870	8.254	8.333	19.848
18. Beşyol	26.234	8.599	17.256	8.805	9.409	21.033
19. Sefaköy	28.163	10.580	18.806	10.392	9.947	21.655
20. Yenibosna	28.182	10.990	18.893	10.920	10.795	23.316
21. Şirinevler	28.360	11.717	18.942	11.698	10.363	23.418
22. Bahçelievler	28.134	11.111	18.979	10.901	10.425	23.558
23. İncirli	28.314	11.489	19.458	11.305	10.540	24.011
24. Zeytinburnu	26.604	11.552	19.161	11.365	10.227	24.686
25. Merter	26.202	11.244	19.234	10.728	10.831	24.178
26. Cevizlibağ	21.413	11.562	16.243	11.184	11.273	24.010
27. Topkapı	20.982	12.339	16.001	12.037	11.344	20.510
28. Maltepe	20.687	12.437	16.112	12.078	11.841	20.217
29. Edirnekapı	21.181	12.911	17.627	12.538	10.966	20.043
30. Ayvansaray	20.923	11.839	17.609	11.027	11.461	20.931
31. Hahıoğlu	20.993	12.109	17.650	11.217	11.224	20.670
32. Okmeydanı	20.965	11.729	17.925	10.957	11.017	20.711
33. Perpa	20.612	11.459	17.559	10.627	11.753	20.799
34. Okmeydanı SSK	20.089	11.571	17.284	11.157	11.923	20.142
35. Çağlayan	18.556	11.839	16.307	11.426	12.477	20.043
36. Mecidiyeköy	13.832	12.668	11.418	12.328	12.862	19.244
37. Zincirlikuyu	7.277	13.390	6.923	13.009	16.541	14.345
38. Boğaz Köprüsü	7.033	15.967	6.799	17.011	15.320	8.504
39. Burhaniye	7.019	14.638	6.789	15.838	15.245	8.271
40. Altunizade	5.884	14.494	5.708	15.692	13.721	8.209
41. Acıbadem	5.440	12.769	5.415	14.297	12.468	6.721
42. Uzunçayır	2.710	11.729	3.310	13.015	5.391	6.344
43. Fikirtepe	2.545	46.69	3.092	5.593	4.629	3.426
44. Söğütlüçeşme	0	3.942	0	4.678	0	3.158

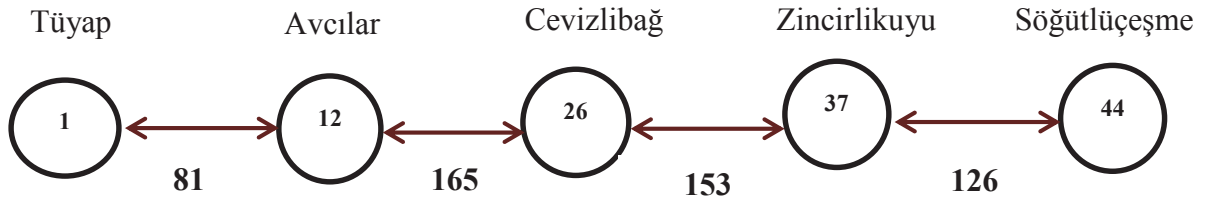
4.3.2. Hatlarda Çalışan Taşıt Sayıları ve Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları

Yeni işletim sisteminde çalışan hatlar ve hatlarda çalışan araç sayıları Tablo 4.17’de verilmiştir. Eskisinden farklı olarak sistemde sabah ve akşam yoğun saatlerde 480 taşıt çalışmaktadır. Daha öncesinde de ara ara uygulanan 34U hattıyla beraber 34BZ ve 34AS hatları tamamen hizmet vermeye başlamıştır.

Tablo 4.17: Yeni İşletim Sistemindeki Hatlar ve Taşıt Sayıları.

Hat Kodu	Hatlar	Tur Süreleri (dk)	Taşıt Sayısı	Taşıt/Saat Sayısı
34	Avcılar-Zincirlikuyu	120	92	46
34A	Cevizlibağ-Söğütlüçeşme	100	30	18
34AS	Avcılar.-Söğütlüçeşme	160	100	38
34BZ	Beylikdüzü-Zincirlikuyu	150	128	51
34C	Beylikdüzü -Cevizlibağ	120	60	30
34U	Zincirlikuyu -Uzunçayır	60	38	38
34Z	Zincirlikuyu -Söğütlüçeşme	60	32	32

2013 Aralık ayı için tur süreleri ve çalışan taşıt sürelerinden hareketle hesaplanan kesitlerden geçen taşıt sayıları aynı yöntemle hesaplandığında en yoğun saatlerde kesitlerden geçen taşıt sayıları Şekil 4.24’te verilmiştir.



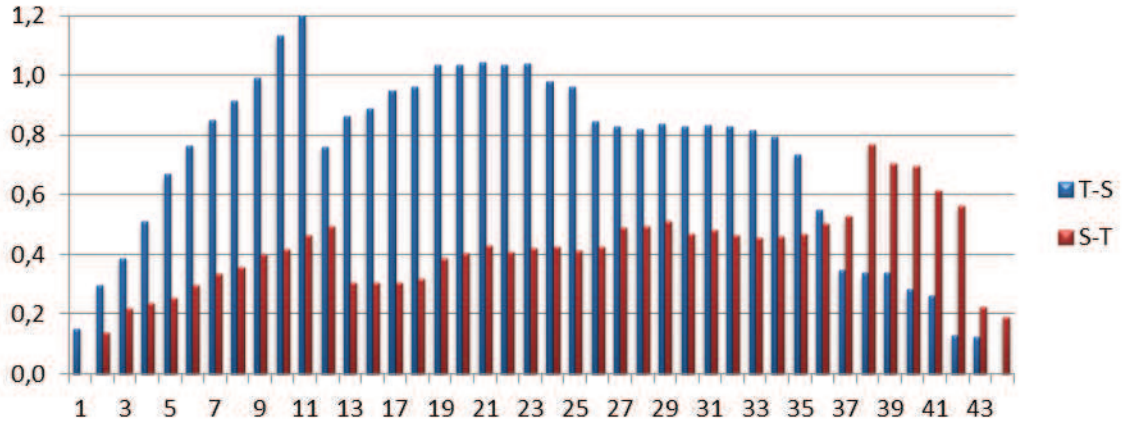
Şekil 4.24: Sabah ve Akşam En Yoğun Saatte Kesitlerden Geçen Taşıt Sayıları.

4.3.3. Taşıt İçi Doluluklar

Ortalama taşıt kapasiteleri 165 olarak alındığında kesitlerden geçen taşıtların doluluk oranları Tablo 4.18’de verilmiştir.

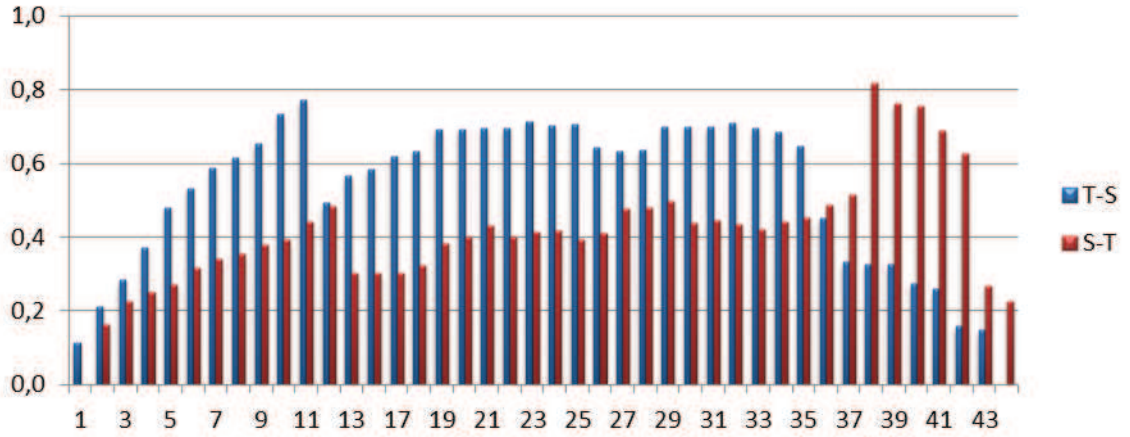
Tablo 4.18: Seçilen Günlerin Taşıt İçi Doluluk Oranları.

İstasyonlar	07:00		08:00		18:00	
	T-S	S-T	T-S	S-T	T-S	S-T
01. Tüyap	0,151	0,000	0,114	0,000	0,071	0,000
02. Hadımköy Kavşağı	0,295	0,139	0,212	0,163	0,135	0,139
03. Cumhuriyet	0,387	0,217	0,284	0,227	0,167	0,270
04. Beylikdüzü Belediye	0,511	0,238	0,373	0,249	0,197	0,353
05. Beylikdüzü	0,669	0,254	0,480	0,271	0,272	0,460
06. Güzelyurt	0,766	0,297	0,533	0,315	0,314	0,608
07. Haramidere	0,852	0,333	0,587	0,340	0,341	0,678
08. Haramidere Sanayi	0,913	0,356	0,615	0,353	0,396	0,750
09. Saadetdere	0,992	0,401	0,655	0,379	0,409	0,787
10. Ambarlı	1,132	0,416	0,734	0,391	0,442	0,839
11. Avclar Merkez	1,203	0,464	0,771	0,443	0,476	0,935
12. Avclar	0,761	0,495	0,493	0,485	0,280	0,993
13. Şükrübey	0,865	0,305	0,566	0,302	0,286	0,633
15. Küçükçekmece	0,891	0,305	0,585	0,303	0,289	0,708
17. Florya	0,948	0,306	0,620	0,303	0,306	0,729
18. Beşyol	0,964	0,316	0,634	0,323	0,346	0,773
19. Sefaköy	1,034	0,389	0,691	0,382	0,365	0,795
20. Yenibosna	1,035	0,404	0,694	0,401	0,396	0,856
21. Şirinevler	1,042	0,430	0,696	0,430	0,381	0,860
22. Bahçelievler	1,033	0,408	0,697	0,400	0,383	0,865
23. İncirli	1,040	0,422	0,715	0,415	0,387	0,882
24. Zeytinburnu	0,977	0,424	0,704	0,417	0,376	0,907
25. Merter	0,962	0,413	0,706	0,394	0,398	0,888
26. Cevizlibağ	0,848	0,425	0,643	0,411	0,447	0,882
27. Topkapı	0,831	0,489	0,634	0,477	0,449	0,812
28. Maltepe	0,819	0,493	0,638	0,478	0,469	0,801
29. Edirnekapı	0,839	0,511	0,698	0,497	0,434	0,794
30. Ayvansaray	0,829	0,469	0,698	0,437	0,454	0,829
31. Halıçoğlu	0,832	0,480	0,699	0,444	0,445	0,819
32. Okmeydanı	0,830	0,465	0,710	0,434	0,436	0,820
33. Perpa	0,816	0,454	0,696	0,421	0,466	0,824
34. Okmeydanı SSK	0,796	0,458	0,685	0,442	0,472	0,798
35. Çağlayan	0,735	0,469	0,646	0,453	0,494	0,794
36. Mecidiyeköy	0,548	0,502	0,452	0,488	0,509	0,762
37. Zincirlikuyu	0,350	0,530	0,333	0,515	0,796	0,568
38. Boğaz Köprüsü	0,338	0,768	0,327	0,818	0,737	0,409
39. Burhaniye	0,338	0,704	0,327	0,762	0,733	0,398
40. Altunizade	0,283	0,697	0,275	0,755	0,660	0,395
41. Acıbadem	0,262	0,614	0,260	0,688	0,600	0,323
42. Uzunçayır	0,130	0,564	0,159	0,626	0,259	0,305
43. Fikirtepe	0,122	0,225	0,149	0,269	0,223	0,165
44. Söğütluçeşme	0,000	0,190	0,000	0,225	0,000	0,152



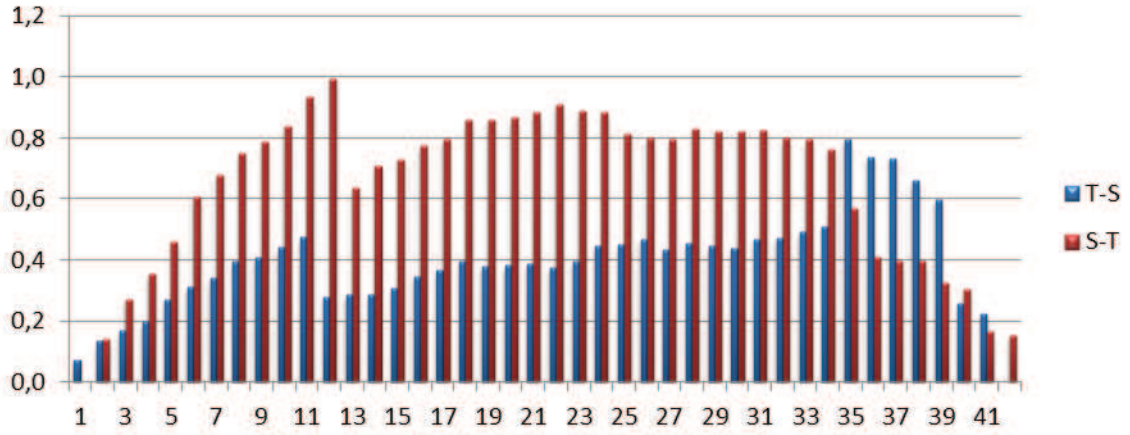
Şekil 4.25: Seçilen Günlerin Haftaiçi Sabah 07:00-08:00 Saatleri Kesit Yoğunluğu.

Yolculukların bir anda yığıldığı ve en yoğun saat olan 07:00-08:00 saatleri arası Şekil 4.25'te görüldüğü gibi taşıt içi dolulukların zirve yaptığı saat dilimidir. Eski işletim sisteminde var olan Tüyap-Avcılar istasyonları arası çalışan 34B hattının yeni işletim sisteminde olmaması sabah yoğun saatte T-S yönünde Avcılar istasyonu öncesi taşıt içi doluluk oranlarının %100'ü geçmesini netice vermiştir. Taşıt içi doluluklarının Avcılar Merkez istasyonunda %120 olması acilen çözülmesi gereken problemlerden biri olmalıdır. Bu problem ilgili yere daha fazla taşıt atanmasıyla geçici olarak çözülebilir. Ayrıca daha önceki işletim sisteminde sabah saatlerinde T-S yönünde Sefaköy-Yenibosna-Şirinevler-Bahçelievler-İncirli-Zeytinburnu ve Merter kesitleri arasındaki doluluk %100 seviyelerinde iken, yeni işletim sisteminde bu kesitlerde taşıt içi doluluk oranı %103'e seviyelerindedir. Bu kesitler arasında eski işletim sisteminde de kritik istasyon olan Şirinevler-Bahçelievler kesiti %104 kapasiteyle yeni işletim sisteminde de çok yoğun hizmet vermektedir. Her ne kadar taşıtların kapasitesi 165 olarak hesaplanırsa da hiçbir zaman bu kadar yolcu taşıtlara girememektedir. Bu durum da dikkate alındığında taşıt içi doluluk oranlarının daha üst seviyelerde olması kaçınılmazdır.



Şekil 4.26: Seçilen Günlerin Haftaiçi Sabah 08:00-09:00 Saatleri Kesit Yoğunluğu.

Gün içinde 08:00-09:00 arası saat, önceki saat dilimine göre daha rahat yolculuğun yapıldığı saat dilimidir. Şekil 4.26’da verilen doluluk grafiğine göre S-T yönünde Uzunçayır’dan itibaren dolarak gelen taşıtlar Boğaziçi’nde zirve yapmakta ve %82 taşıt içi doluluk seviyesine ulaşmaktadır.



Şekil 4.27: Seçilen Günlerin Haftaiçi Akşam 18:00-19:00 Saatleri Kesit Yoğunluğu.

Gün içinde akşam yoğunluğunun biraz daha saatlere yayılmasıyla sabah en yoğun saatteki yoğunluğu yansıtmayan 18:00-19:00 saatleri arasında S-T taşıt içi doluluk oranlarının genel itibariyle %88 civarlarında olduğu söylenebilir. Ancak taşıtlar Avcılar istasyonunda yine tam kapasitede hizmet vermektedir. Yine Cevizlibağ-Şirinevler istasyonları arasındaki kesitlerin çok yoğun bir şekilde hizmet verdiği görülmektedir. Şekil 4.27’de görülen bu durumda ara istasyonlarda taşıtlara binmek çok zor olmaktadır. Aslında geçilmemesi gereken seviye olan %85 doluluk oranı ile taşıtlar zaten tam kapasite çalışmaktadır. Bu saatte S-T yönünde Avcılar istasyonuna kadar belli dolulukta gelen sistem Avcılar’da yeni yolcu almakta zorluk çekmektedir. En yoğun kesit %99,3

ile Avcılar-Avcılar Merkez arasındaki kesit çıkmaktadır. Akşam yoğun saatlerde Avcılar-Tüyap yönüne ekstra taşıt atanması gerekmektedir.

2013 Aralık ayı ve 2104 Eylül Ekim ayları yolculuk binişleri karşılaştırıldığında yeni yerleşim yerlerinin de oluşumuyla Beylikdüzü Tüyap ve Avcılar arasındaki yolcu artışı %35 seviyelerinde olmuştur. Yolcu profillerinin ve tercihlerinin çok hızlı değiştiği metrobüs güzergahında operasyonel olarak hızlı ve esnek yapıya ulaşma zorunluluğu bulunmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatür taramasında da değinildiği üzere BRT sistemlerinde kapasite artışı sağlamanın çeşitli yolları vardır. Çalışmanın bu kısmında metrobüsün mevcut problemlerinden, darboğaz noktalarından, eski ve yeni işletim sistemlerinden yola çıkılarak kapasite artışı sağlanması, yolculukların daha dengeli dağıtılması ve daha konforlu yolculuk yapılması için bir takım önerilerde bulunulacaktır.

5.1. METROBÜS TAŞITLARININ OLMASI GEREKEN YOLCU KAPASİTESİ

Eski ve yeni işletim sistemlerinin en yoğun saatlerde taşıt içi doluluk oranları verilmişti. Mevcut durumda sabah ve akşam yoğun saatlerde taşıt içi doluluk oranları taşıt kapasitelerini aşabilmektedir. Yeni işletim sisteminde en yoğun kesit kapasitesi sabah 28.360 yolcu sayısı ile Şirinevler-Bahçelievler kesitinde olmaktadır. Bu kesitten geçen taşıt kapasitesi ise işletilen hatlarda çalışan taşıt sayılarına göre 165'tir. Taşıt içi kapasiteleri 165 olarak alındığı takdirde bir saatte taşınabilecek yolcu sayısı 27.225 olmaktadır (165 x 165). Bu durumda taşınan yolcu sayısı, maksimum kesit kapasite seviyesini yoğun saatlerde geçmekte, 1,042 seviyesine ulaşmaktadır (28.360/27.225).

Kapasitenin %100'ü aştığı durumlar literatüre "crush capacity – ezilme kapasitesi" diye geçmiştir. Bu durum operasyonel ve yatırım maliyetleri yüksek olan raylı sistemlerde tercih edilebilir olsa da metrobüs gibi yatırım maliyetleri az olan bir sistemde tercih edilmemelidir. Ayrıca bu durum yolcu uzun vadede özel taşıt kullanmaya yönlendirebilmektedir (BRT Planning Guide, 2007).

Bu problemi gidermenin yollarından biri, metrobüs sistemine alınacak yeni taşıtlarda taşıt kapasitelerini dikkate almak olacaktır. Mevcut yolcu yoğunluğuyla, taşıtlardaki yoğunluk yoğun saatlerde taşıt kapasitesinin tamamı dolmayacak şekilde gerçekleştirilmeli ve yolculara daha rahat yolculuk yapmaları sağlanmalıdır.

$$\text{Vehicle capacity (Cb)} \quad (\text{passengers/vehicle}) = \frac{\text{Corridor capacity (Co)} \quad (\text{pphd})}{\left[\text{Load factor (Lf)} \times \text{Service frequency (F)} \quad (\text{vehicles/hr}) \times \text{Number of stopping bays (Nsb)} \right]}$$

$$\mathbf{Cb} = \frac{\mathbf{Co}}{\mathbf{[Lf \times F \times Nsb]}}$$

Şekil 5.1: Taşıt Kapasite Hesaplama Yöntemi (BRT Planning Guide, 2007).

Literatüre de Şekil 5.1'deki formülle geçen taşıt içi kapasite hesaplaması, bir saatte o kesitten geçen taşıt sayısı ile çarpıldıktan sonra çıkan sonucun kesit kapasitesine bölünmesiyle (Load factor) çıkmaktadır. Yoğunluk oranı, yolcu binişleri esnek ve yoğun saatlerde aşılabilme ihtimali olduğu için kaynakta 0,85 olarak alınmaktadır. Mevcut kesit kapasitesi ve saatte geçen taşıt frekansı referans alındığı takdirde eşitlik şöyle formüle edilebilir.

Taşıt içi yoğunluk oranı (Load factor) = Kesit Kapasitesi / (Taşıt kapasitesi * 1 saatte kesitten geçen taşıt sayısı)

$$0,85 = 28.360 / (C * 165)$$

$$C = 28.360 / (0,85 * 165)$$

$$C = 202,2$$

Taşıt içi yoğunluk oranlarının 0,85 seviyesinde olması varsayımıyla taşıt içi kapasitelerinin 202 kişi/taşıt olması gerekmektedir. Hali hazırda sistemdeki bir taşıtın kapasitesi ortalama 165 'tir. Gelecek senelerde metrobüs yolcu sayısındaki artış da düşünülerek yeni taşıt alımlarında daha büyük kapasiteli taşıtlar alınmalıdır.

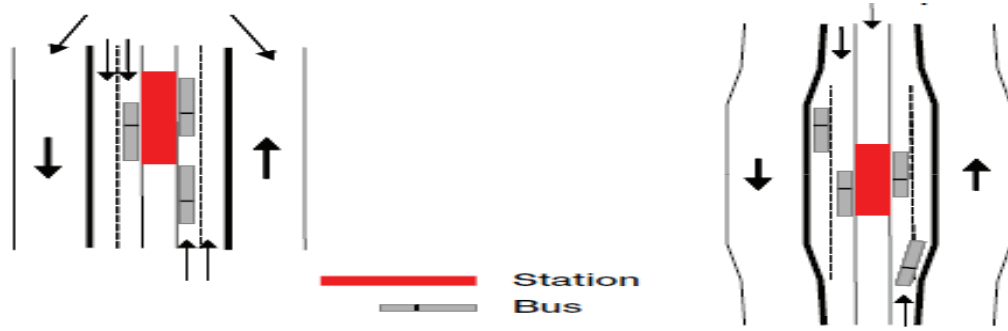
5.2. KONVOY SİSTEMİ

Konvoy sistemi iki veya daha fazla taşıtın yol boyunca çok yakın bir şekilde hareket etmesine denmektedir. Bu açıdan bu sistem raylı sistemlerdeki yapıya benzemektedir. Mevcut işletim sisteminde hali hazırda uygulanan bu sistemin etkinliği artırılmalıdır. Bunun için özellikle yolcu yoğunluğu yüksek olan istasyonlarda taşıt kapasiteleri artırılmalıdır. Yoğun saatlerde yüksek kapasite için ardarda hareket eden taşıtlar istasyon taşıt kapasiteleri kadar duraklara yanaşabilmekte, geri kalan taşıtlar ise bu taşıtları beklemektedir. Hemen hemen her istasyonda benzer durumlar yaşanmaktadır.

Örneğin Uzunçayır istasyonunun sabah saatlerinde S-T yönündeki yolcu yoğunluğu çok yüksektir. Bu yüzden bu istasyondan dolu veya boş taşıtlar yolcu yoğunluğunu eritmek ve istasyonu zamanında boşaltmak için sürekli geçmektedir. Ancak sabah saatlerinde her 2-3 dakikada bir katarlar oluşmaktadır. Yoğun saatlerde her 15-20 saniyede konvoy halinde kaldırılan taşıtlar, istasyonlarda ortalama 45-50 saniye üzerinde bekleme yapıp tekrar hareket edemeyince arka arkaya taşıt tıkanıklığı yaşanmaktadır. Böylece taşıtlar daha istasyonlara yanaşmadan beklemiş olmaktadır. Ayrıca yolcuların istasyonda duran ilk taşıta yüklenmeleri, arkadan gelen taşıtları daha az tercih etmeleri ve istasyonun arka tarafına doğru az ilerlenmesi bu duruma etki etmektedir. Bu durumda metrobüs yönetimi tarafından uygulanan konvoy sistemi daha da etkin hale getirilebilir. Konvoy sisteminde her hattın yeri sabit olursa istasyonlarda hatların nerelerde duracağı belli olacaktır. Böylece yolcu tercihine göre daha dengeli bir dağılım olacaktır ve taşıtların istasyonlarda bekleme zamanı daha da azalacaktır. Örneğin yeni işletim sistemine göre Söğütlüçeşme ile irtibatlı 34AS (100), 34U (38), 34Z (32) ve 34A (30) hattı bulunmaktadır. Kalkış planlarına göre bu sayının yarısı kadar taşıt Söğütlüçeşme istasyonundan hareket ettiği varsayılırsa hat frekanslarından hareketle bir diziliş sırası verilebilir. Yolculara da istasyonlarda gerekli bilgilendirme yapıldığı takdirde daha düzenli yolculuklar sağlanacaktır. Böylece yolcu hangi hattın aracının istasyonun hangi noktasında duracağını bilmiş olacaktır. Bunun için istasyon taşıt kapasitelerinin ise en az 5-6 taşıt olması, farklı cep duraklardan oluşması ve istasyon noktalarında tek yönde çift şeritli olması gerekmektedir.

5.3. SOLLAMA KESİMLERİ OLUŞTURULMASI VE EKSPRES HATLAR

BRT sistemlerinde saatte ve tek yönde taşınan yolcu sayısını etkileyen en önemli unsurlardan biri sollama şeritleridir. Sollama şeritleri sayesinde ekspres çalışan hatlar tanımlanabildiği gibi sadece belli duraklarda yolcu indirip bindirebilen hatlar da tanımlanabilmektedir. İkinci şeritin varlığı arkadan gelen taşıtların istasyonlarda duran taşıtları beklemeden geçmesine izin verir, böylece taşıtların istasyonlarda geçirdiği ölü süre ve tur süreleri azalmış olur. Şekil 5.2’de de görüldüğü gibi sollama şeritleri koridor güzergahı boyunca olabildiği gibi sadece istasyonlarda da olabilir.



Şekil 5.2: Sollama Şerit Seçenekleri (BRT Planning Guide,2007).

İstanbul metrobüs koridorunun yer aldığı D-100 karayolunun trafik yoğunluğu, metrobüs hattının iki yönlü çift şerit olmasına müsaade etmemektedir. Karayollarından alınabilecek muhtemel 1 şeritle metrobüs güzergahı 3 şerite çıkarılabilir. Alınacak ek şeritle yoğun saatlerde yolcu yoğunluğunu eritebilmek için ekspres ve sınırlı duraklarda durabilen hatlar işletilebilir. Bu ek şeritte sabah saatlerinde T-S yönünde akşam saatlerinde S-T yönünde çalışabilecek taşıtlar tanımlanabilir. Sabah veya akşam taşıtlar çok yakın bir şekilde T-S, S-T, T-S yönlerinde çalışacağı için güvenlik açısından işletilebilirliği zordur. Ek şeritte çalışacak taşıtların sınırlı duraklarda indirme bindirme yapmasıyla işletilecek bu sistem yoğun saatlerde bu şeritten 1 saatte geçirilecek 150 kişilik 60 taşıtlarla istasyon ve taşıtların yoğunluklarının düşmesine sebep olacaktır. Ancak metrobüs koridoru boyunca D-100’de düzenlemelere ihtiyaç olacak ve bu durum çok yüksek maliyetlere sebep olacaktır. Koridor boyu ek şerit yerine sadece istasyonlarda çift şerit sistemine geçilebilir. Çok daha az maliyetli olan bu sistem kapasite artışı sağlama açısından, koridor boyunca ek şeritli sistemle farklılık göstermemektedir. Bunun için D-100 karayolunun ve metrobüs istasyonlarının çeşitli düzenlemelere ihtiyacı vardır. D-100’ten ekstra şerit alınmayacak ama istasyon noktalarındaki yollar genişletilip, metrobüs hattı 4 şerite çıkacak ve bu noktalarda trafik akışı etkilenmeden Şekil 5.3’te Dar es Selam’ da düşünülen sistem gibi kaymış olacaktır. Bunun için durak taşıt yanaşma kapasitelerinin büyümesi gerekmektedir. Aksi takdirde ekspres hatlar o istasyonlarda indirme bindirme yapan taşıtların arkasında beklemek durumunda kalacaktır.



Şekil 5.3: İstasyonlarda Ek Şerit (BRT, Planning Guide,2007).

Sadece istasyonlarda veya tüm koridor boyunca ek şeritin sağlayacağı kapasite artışı ise, taşıt kapasiteleri ile ekspres çalışan taşıt sayısının çarpımı kadar olacaktır. Saatte 60 taşıt bazı duraklarda durarak veya ekspres çalışarak yaklaşık 15.000 yolcuu eritecektir. Bu sistem yolcu iniş binişlerinin iyi analiz edilmesini gerektirir. O-D matrislerine göre merkezi istasyonlar çıkarıldıktan sonra taşıtların indirme bindirme yapacağı istasyonlar belirlenmiş olur. Örneğin, O-D matrislerinden hareketle çıkarılan kesit yolcu sayılarına göre bazı istasyonlarda yolcu hareketliliği (renovation factor) yani biniş ve iniş sayıları çok yüksektir. Buna göre bu istasyonlar göz önünde bulundurularak farklı işletim seçenekleri değerlendirilebilir. Şu anki işletim sisteminde her taşıt her istasyonda beklemekte ve süre kaybetmektedir. Yeni işletim sisteminde kesit yolcu sayılarından çıkarılan istasyonlardaki biniş ve iniş sayılarına göre sabah 07:00-07:59'da T-S yönündeki toplam binişlerin sayısı 48.676'dır. Binişlerin %10'u Avcılar, %6'sı Şükrübey ve Sefaköy, %5'i Şirinevler, %4'ü Tüyap, Hadımköy, Beylikdüzü, Ambarlı, Florya ve Yenibosna istasyonlarında gerçekleşmektedir. Geri kalan binişler ise %2'lik ortalama dağılımla diğer istasyonlarda olmaktadır. İnişlerin %15'i Zincirlikuyu %11'i Mecidiyeköy ve Cevizlibağ, %6'sı Zeytinburnu ve Uzunçayır, %5'i Şirinevler ve Söğütlüçeşme, %4'ü Yenibosna ve Çağlayan istasyonlarında olmaktadır. Geri kalan inişler ise %1'lik ortalama dağılımla diğer istasyonlarda olmaktadır. İstasyonlarda ek şeritlere geçilebilirse bazı hatlar belli istasyonlarda duracak şekilde tanımlanabilir. Avcılar istasyonundan Söğütlüçeşmeye gidecek taşıtlar (34AS) sırasıyla sadece Avcılar, Şükrübey, Florya, Sefaköy, Yenibosna, Şirinevler, Zeytinburnu, Cevizlibağ, Çağlayan, Mecidiyeköy, Zincirlikuyu, Uzunçayır ve Söğütlüçeşme istasyonlarında yolcu indirme bindirme işlemi yapmış olur. Böylece Avcılar istasyonundan itibaren 33 istasyonda indirme bindirme yapan hatlar yerine sadece 13 istasyonda indirme bindirme yapan hatlar tanımlanmış olur. Yolcuların 3'te 1'ini taşıyan bu hatlar sayesinde geri kalan hatlar ise yolcu yoğunluğuna bağlı olarak bu istasyonlarda indirme bindirme yapmaz. Böylece tur süresi her istasyonda duran normal 34AS hattına nazaran belli duraklarda duran 34AS hattı için en az 15-20 dakika azalabilmektedir. Taşıtların tur süreleri ve

istasyonlardaki bekleme süreleri azalmış, kesitlerden geçebilecek maksimum taşıt sayısı artmış olur. Aynı şekilde diğer hatlar için de yolcu iniş biniş sayısına bakılarak taşıtların hangi istasyonlarda duracağı belirlenebilir. Yolcu açısından kafa karışıklığına sebep olacak bu durum taşıtların renklendirilmeleriyle çözülebilir. Sistem iyi işletildiği zaman yolcular gitmek isteyeceği istasyondan 1-2 istasyon uzakta inse bile, indiği yerden geri istikamette dönme uğruna ekspres hatları tercih etme aşamasına gelecektir. Ayrıca Sefaköy'den başlamak üzere Yenibosna ve Şirinevler istasyonundaki bu yoğunluğu aşmak için mevcut hatta paralel, metroya yakın bir şekilde başka bir metrobüs hattı düzenlenebilir. Böylece bu istasyonlarda durmayacak ekspres hatlar D-100 karayolundan ilerlerken, bu istasyonlarda duracak hatlar diğer metrobüs yoluna geçecek ve kesit kapasitesi yaklaşık 1 kat artış gösterecektir.

İstasyonlar çift şerit olmasa bile ekspres veya sınırlı istasyonlarda duran hatlar tanımlanabilir. Bu taşıtların, istasyonlar tek şerit olduğu için diğer taşıtları sollayamayacağı ve istasyonlarda diğer taşıtların arkasında bekleyeceği açıktır. Ancak buna rağmen 34 AS hattındaki bu taşıtlar, 33 istasyon yerine yukarıda sayılan 13 istasyonda indirme bindirme yaparsa yine de tur süresini azaltmış olacaktır. Çünkü zirve saatlerde yoğun istasyonlarda taşıt kuyrukları oluşmakta ve taşıtların kapılarını açma kapama süresi normalden 2 kat daha fazla olmaktadır. Yeni işletim sisteminde analiz edilen 2014 Eylül ve Ekim ayı yolculuk verilerine göre sabah 07:00-07:59 saatinde T-S yönünde biniş yapan yolcunun 2.776'sı (%6) Sefaköy, 1.961'i (%4) Yenibosna, 2.639'u (%5) Şirinevler istasyonunda biniş yapmaktadır. Yine Sefaköy'de 846 (%2), Yenibosna'da 1.942 (%4) Şirinevler'de 2.462 (%5) iniş olmaktadır. Özetle Tüyap yönünden gelen taşıtlar Sefaköy'e kadarki kesitlerden 1 saatte 26.234 yolcu taşırken bu yolcuların 5.250'si inmekte ve 7.376 yeni yolcu binmektedir. Yani taşıtlardaki yolcuların %20'si inmekte ve %28'i kadar yeni yolcu da biniş yapmaktadır. Taşıtların hareketliliğinin (renovation factor) çok yüksek olduğu bu istasyonlarda taşıtların bekleme süreleri en yüksek noktalara ulaşmaktadır. Bu istasyonlardaki yolcu hareketliliği sistemin kapasitesini belirlemektedir. Sistem, en yavaş kesiti kadar hızlı hizmet vermektedir. Avcılar'dan T-S yönünde her 10 saniyede taşıt kaldırılırsa bile (1 saatte 360 taşıt) bu kesitlerde yolcu iniş binişlerinden kaynaklı taşıtların kapı açma süreleri arasındaki süre artmakta, darboğazlar oluşmakta ve bu kesitlerden geçebilecek maksimum taşıt sayısı 150 -180 olmaktadır (20 saniyede kalkan konvoy şeklindeki

taşıtlar istasyonlarda ortalama 60 saniye geçirmektedir). 1 saatte 3'lü konvoy şeklinde 165 taşıtın geçtiği düşünülürse ortalama her 60 saniyede bir 3 taşıt gelmektedir. Taşıtların istasyonlarda geçirdikleri süre yaklaşık 1. taşıt için 50 saniye, 2. taşıt için 5 saniye ve 3. taşıt için 5 saniye şeklinde olmaktadır. Bu durum şöyle çözüme kavuşturulabilir. Bazı taşıtlar bu istasyonlarda durmazken bu istasyonlarda duracak boş taşıtlar gönderilebilir. Bu durumda;

- Taşıtların 3'te 1'nin bu durakta duracağı ve geri kalanların bu durakta durmadan geçeceği varsayılırsa;
 - Bu istasyonlara yanaşan ilk 3'lü konvoy 60 saniye bekler.
 - 20 saniye sonra gelecek 3'lü konvoy bu istasyonlarda durmaz.
 - 20 saniye sonra gelecek 3'lü konvoy yine bu istasyonlarda durmaz.
 - Böylece 100 sn'de 9 taşıt geçmiş olur.
 - 1 saate bu istasyonlardan geçen taşıt sayısı 324 olur.
- Taşıtların yarısının bu durakta duracağı ve yarısının bu durakta durmadan geçeceği varsayılırsa;
 - Bu istasyonlara yanaşan ilk 3'lü konvoy 60 saniye bekler.
 - 20 saniye sonra gelecek 3'lü konvoy bu istasyonlarda durmaz.
 - Böylece 80 saniyede 6 taşıt geçmiş olur.
 - 1 saate bu istasyonlardan geçen taşıt sayısı 270 olur.

Sistemin kapasitesini belirleyen istasyonlara yönelik bu tarz çözümler kesitlerden geçen maksimum taşıt sayısını artırmakta ve taşıtların istasyonlarda geçirdiği süreyi azaltmaktadır. Şerit artırımına gidilmeden kapasiteyi artırmanın yolları da mevcuttur. Ekspres hatlar ve sınırlı istasyonlarda duran hatlar bu yollardan bazılarıdır.

5.4. AKILLI SİSTEMLER

Dolaylı olarak kapasiteyi artıran ve yapılması gereken iyileştirmelerden biri de teknolojik altyapıyı geliştirmektir. Örneğin şu an için taşıtlara şoförler atanmakta ve taşıtlar günlük olarak şoförlere zimmetlenmektedir. Hatlara günlük ve anlık atamalar yapılamamakta, 3-4 aylık planlamalarla hareket edilmektedir. Yeni yazılımla taşıt yerine seferlere şoförler atanabilmeli, şoförün taşıt başında veya taşıt dışında olduğu bilgisi anlık çekilebilmeli, hangi taşıtı hangi şoförün çalıştırdığı bilinebilmelidir. Şoför

taşıtı çalıştırdığı anda taşıtla eşleşmelidir. Günün sonunda şoförlerin ne kadar çalıştığı, sistemde ne kadar kaldığı kısacası verimliliği ortaya çıkmalıdır. Mevcut sistemde şoför verimlilikleri istasyonlarda bulunan hat amirlikleri tarafından kontrol edilmekte, zaman planları manuel olarak defterlere yazılmaktadır. Ayrıca şu an kullanılan yazılım bir şoförün birden fazla taşıta atanmasına izin vermemektedir. Bu işin otomatik hale gelmesi sistem verimliliğinin değerlendirilebilmesi açısından önemlidir.

Ayrıca taşıt ve istasyon yoğunluklarını hesap edecek sistemlerle yolculara bilgilendirme yapılabilir. Böylelikle istasyonda bekleyen yolcu gelen taşıtın yoğunluğunu bilecektir. Yolcu yoğunluğunun yüksek olduğu yerlere boş taşıt gönderimi yapılabilecektir. Yolcu boş taşıtın geleceğini bilirse bekleyecek, gelmeyeceğini bilirse boşuna beklemeyecektir.

5.5. GENEL ÖNERİLER

Otobüs taşımacılığında sonra en yüksek taşımacılığa sahip metrobüs sisteminin hafta içi günlük yolcu ortalaması 800.000 civarındadır. Hafta içi sabah ve akşam saatlerinde 480, gün içinde ise 290 taşıtın çalıştığı yeni işletim sisteminde toplam 535 taşıt bulunmaktadır ve hafta içi günlük 808 şoföre ihtiyaç duyulmaktadır. Günlük toplam 3.342 seferin yapıldığı hatta taşıtlar 188.000 km gitmektedir. Taşıt başına günlük 7 sefer yapılmakta, toplam 392 km gidilmektedir. Taşıt başına düşen yolcu sayısı ise 1667 olmaktadır. O-D matrislerine göre bir yolcu ortalama 15,62 km gitmektedir.

Sosyal faydasının yanında iyi gelir sağlayan metrobüs sisteminin iyi planlanması ve işletilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir olmayan metrobüs hizmetinde köklü değişiklikler ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Metrobüsün İstanbul'un ana arterinde yer alması, sosyal merkezlere ve iş merkezlerine yakın olması, çok hızlı ulaşım imkânı sağlaması, mevcut karayolu trafiğinin bunaltıcı hale gelmesi, alternatif ulaşımın olmaması gibi sebepler, metrobüse olan talebi beklenmedik bir şekilde artırmıştır. Bununla birlikte metrobüs sisteminde tek şeritli yol yapısı, kesit, istasyon, taşıt sayısı, taşıt içi kapasite gibi kısıtlar olduğu için daha fazla yolculuğu kaldıramamaktadır. Üstelik mevcut metrobüs yolculukları özellikle sabah ve akşam yoğun saatlerde insani olmayan koşullarda gerçekleşmektedir. Metrobüs güzergahının altına yapılması planlanan metro çalışmaları başlamalı ve en kısa sürede bitirilmelidir. BRT sistemine göre yüksek yatırım maliyeti olan ve yapımı yıllar süren metro inşası, D-100 karayolu

güzergahına olan yüksek talep ve metrobüsteki yolculuk konforunun az olmasından dolayı tercih edilmelidir. Nihayetinde uzun vadede yapılacak yatırımlar yolcular tarafından karşılanmakta ve daha çok yolcu tarafından kullanılmaktadır.

Ayrıca sabah ve akşam yoğun saatlerdeki yolculukları kaydırabilmek adına, günün yoğun olmayan saatlerinde yapılan yolculuklardan daha az ücret alınabilir. Böylece o saatlerde yolculuk yapmak zorunda olmayan yolcuların diğer saatlerde yolculuk yapması sağlanabilir. Bir başka üzerinde durulması gereken nokta şudur; iade verileri etkin kullanıldığında doğru O-D matrisleri çıkarılabilir ve böylelikle varsayıma dayanmayan yolculuk verileriyle daha doğru operasyonlar yapılabilir. Şu anki iade verileri etkin kullanılmamakta, öğrenciler ise iade almamaktadırlar. Ücret politikasında iadeye yönelik yapılacak değişikliklerle yolcuların iade cihazlarını kullanması sağlanabilir. Bu durumda yolcuların iade makinelerinin önünde bekleme yapmaması için yeterli sayıda makine olması ve geri iade edilen tutarın da 5-10 kuruştan fazla olması gerekmektedir. Aksi takdirde yolcular tarafından kullanılmayacak bu sistemle doğruluğu %100 olacak O-D matrisleri çıkarılamayacaktır.

Son olarak, 3. Köprü'nün açılmasıyla kamyon ve tır trafiğinin 3. Köprü güzergâhında gerçekleşmesi planlanmaktadır. 2. Köprü güzergâhını rahatlatarak bu durum TEM otoyolu hattında yeni BRT gündeme getirebilir. Böyle bir durumda bu sistem koridor seçimi, yolları, istasyonları, taşıtları, ek şeritleri, talep tahminleri, sistem kapasitesi, sistem hızı, tasarımı, altyapısı, teknolojisi, işletim sistemi, yolculuk konforları gibi onlarca madde açısından çok iyi düşünülmeli ve ele alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Advani, M. and Tiwari, G., 2006, Review of capacity improvement strategies for bus transit service, *Indian journal of transport management*, October-December 2006, 364-391.
- Alpkökin, P. and Ergün, M., 2012, Istanbul Metrobüs: First intercontinental bus rapid transit, *Journal of transport geography*, No. 24, 58-66.
- Barry, J.J., Newhouser, R., Rahbee, A., Sayeda, S., 2002, Origin and destination estimation in New York City using automated fare system, *Journal of the transportation research board*, Vol. 1817, 183-187.
- BRTdata.org, 2014 (Haziran 2014).
- The BRT Standard, 2013.
- Cervero, R., 2013, Bus rapid transit an efficient and competitive mode of public transport, University of California.
- Delice, Y., 2012, *Otomatik ücretlendirme sistemi verileri kullanılarak İstanbul geneli toplu taşıma başlangıç-son matrisi tahmini için bir yöntem*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Deng, T. and Nelson, J., 2013, Bus rapid transit implementation in Beijing: An evaluation of performance and impacts, *Research in transportation economics* (39), 108-113.
- Diaz, R.B., 2004, *Characteristics of BRT for decision makers*, Publication Federal Transit Administration FTA-VA-26-7222-2004.1, US Department of Transportation.
- Güven, G., 2008, *Metrobüs sistemlerinin planlama, tasarım ve işletim özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Hensher, D.A. and Golob, D.B., 2008, Bus rapid transit systems : A Comparative Assessment, *Transportation* 35 (4), 501-518.
- Hidalgo, D., Lleras, G. and Hernandez, E., 2013, Methodology for calculating passenger capacity in bus rapid transit systems : Application to the Transmilenio system in Bogota, Colombia, *Research in transportation economics* 39,139-142.
- Işık, S., 2010, *Metrobüs sisteminin Boğaziçi Köprüsü trafiğine etkilerinin simülasyon modeli ile incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

İstanbul metropoliten alanı kentsel ulaşım ana planı, 2011.

İett.gov, 2014 (Haziran 2014).

Joseph, A.C., 2004, *Characteristics of bus rapid transit for decision-making*, Office of research.

Kalaga, R.R. and Haripersad, V., 1999, Transfer optimization of a urban bus transit network, *Sixth international conference on computers in urban planning and management*.

Kang, H., 2009, Transit signal priority research tools, U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration, 98-99.

Kılıoğlu, E., 2010, *İstanbul metrobüs sisteminin kapasitesinin artırılması için alınması gereken önlemler*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi.

Leiva, C., Munoz, J.C., Giesen, R. and Larrain, H., 2010, Design of limited stop services for an urban bus corridor with capacity constraints, *Transportation research part B*, 1186-1201.

Levinson, H.S., Zimmerman, S., Clinger, J. and Rutherford C.S., 2002, Bus rapid transit: An overview, *Journal of public transportation* 5.2: 1-30.

Li, B., 2009, Markov models for Bayesian analysis about transit route origin-destination matrices, *Transportation research part B* 43, 301-310.

Munizaga, M. A., Palma, C., 2012, Estimation of a disaggregate multimodal public transport origin-destination matrix from passive smartcard data from Santiago, *Transport research part C* 24, 9-18.

Ma, X., Wang, Y., Chen, F., Liu, J., 2012, Transit smart card data mining for passenger origin information extraction, *Journal of Zhejiang University*, 13(10):750-760.

Orhan, D., 2010, *Avçılar Söğütluçeşme koridorunda metrobüs sisteminin işletim özelliklerinin simülasyon modeli ile incelenmesi*, Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Planning and Design for Sustainable Urban Mobility, 2013 , *Global report on human settlements*, United Nations Human Settlements Programme, Chapter 3, Metro Light Rail and BRT, 39-56.

Suzuki, H., Cervero, R. and Iuchi, K., 2013, Transforming cities with transit, *Transit and land-use integration for sustainable urban development*, 74630.

TCRP, Transit cooperative research program, 2003, *Transit capacity and quality* S.M.19:2, Part-4, 110s.

The BRT Standard, 2013.

The journal of public transport, 2009, No 2, Volume 12.

Tirachini, A., Hensher D. and JaraDiaz, S., 2010, Comparing operator and users costs of light rail, heavy rail and bus rapid transit over a radial public transit network, *Research in transportation economics* 29, 231-242.

Trepainer, M., Tranchant, N., Chapleau, R., 2007, Individual trip destination estimation in a transit smart card automated fare collection system, *Journal of intelligent transportation systems: technology, planning and operations*, 11:1, 1-14.

TÜBİTAK TÜSSİDE, *Esnek ulaşım raporu*, 2014.

Wright, L., 2004, *BRT planning guide*, GTZ, Germany.

Wright, L. and Hook, W., 2007, *Bus rapid transit planning guide* New York, Institute for Transport and Development Policy, ITDP and GTZ.

Wu, Y., Ma, X., Wang, Y., Chen, F., Liu, J., 2013, Mining smart card data for transit riders travel patterns, *Transportation research part C* 36, 1-12.

Yazıcı, A., Levinson, H., Ilıcalı, M., Camkesen, N. and Kamga, C., 2013, A bus rapid transit line case study : Istanbul metrobus system, *Journal of public transportation*, Vol 16, No 1.

Yılmaz, Ş., 2012, *Metrobüs sisteminin incelenmesi ve sosyal, çevresel, ekonomik etkileri*, yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 18-62.

Yurdağul, E., 2012, *İstanbul Avcılar-Söğütlüçeşme metrobüs sisteminin bileşenlerinin değerlendirilmesi ve dünyadaki metrobüs sistemleri ile karşılaştırılması*, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Yüce, E.C., 2013, *An assessment of the planning and operational performance of the bus rapid transit in Istanbul*, Yüksek Lisans tezi , Orta Doğu Teknik Üniversitesi.

Zheng, L. and Jiaqing, W., 2007, Summary of the application effect of bus rapid transit at Beijing south centre Corridor of China, *Journal of transportation systems engineering and information technology*, Volume 7, Issue 4.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Aydın Deli
Uyruğu	T.C.
Doğum Yılı, Yeri	1985, Aralık
E-mail	aydindeli.ad@gmail.com

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi	2015
Üniversite	Yıldız Teknik Üniversitesi	2009
Lise	Bahçelievler Anadolu Lisesi	2004

Bildiriler

Deli, A., 2014, Mobility in İstanbul, Transist 2014