

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RAYLI SİSTEMLERDE KAPASİTE ANALİZİ
ve
İSTANBUL AKSARAY-HAVALİMANI HATTI İÇİN BİR
UYGULAMA**

Harita Mühendisi Ertan TOPRAKAL

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Ulaştırma Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İsmail ŞAHİN

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTIMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı.....	1
1.2 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi	1
2. RAYLI SİSTEMLERİN KAPASİTE TEMELLERİ	2
2.1 Hat Kapasitesi.....	2
2.1.1 Dizi Kontrolü ve Sinyalizasyon.....	2
2.1.2 İstasyon Duruş Süresi (İstasyonda Yolcu İndirme–Bindirme İçin).....	3
2.1.3 İşletim Payı (Tampon Süre).....	4
2.1.4 Geri Dönüş İşlemi.....	4
2.1.5 Kesişmeler (Raylı Toplu Taşıma Hatlarında Birleşme ve Ayrılmalar).....	5
2.2 Yolcu Kapasitesi.....	6
2.2.1 Yükleme Farklılıkları.....	6
2.2.2 Vagon Sayıları	10
2.2.2.1 Platform Uzunlukları	10
2.2.2.2 Vagonların Satın Alınması	11
2.2.3 Dizilerin Sayısı	11
2.2.4 Hesap Yöntemi	11
3. DİZİ KONTROLÜ VE SİNYALİZASYON.....	12
3.1 Giriş	12
3.2 Sabit Bloklü Sistemler	12
3.3 Kabin Sinyalizasyonu	12
3.4 Hareketli Blok Sistemleri	13
3.5 Otomatik Dizi İşletimi	14
3.6 Dizi Trafiği (Train Throughput)	14
3.6.1 İstasyon Yaklaşma Süresi (Station Close-In Time).....	14
3.6.2 Geri Dönüşler (Turnbacks).....	15
3.6.3 Kesişmeler (Junctions).....	18
4. İSTASYON DURUŞ SÜRELERİ.....	20

4.1	Giriş	20
4.2	İstasyon Duruş Süresi Bileşenleri	20
4.3	Dizi Kapılarındaki Yolcu Akımları	20
4.3.1	Kapı Genişliğinin Yolcu Geçiş Sürelerine Etkisi	21
4.3.2	Kapı Sayısının İstasyon Duruş Süresi Üzerindeki Etkisi	21
4.4	İstasyon Duruş Sürelerinin Hesaplanması	21
5.	YOLCU YÜKLEME SEVİYELERİ	23
5.1	Giriş	23
5.2	Yükleme Standartları	23
5.3	Yolcular Arası Boşluk İhtiyaçları	23
5.3.1	Vagona Özel Hesaplamalar	24
6.	İŞLETİM KONULARI	28
6.1	İşletim Payı (Tampon Süre)	28
6.1.1	İşletim Payı Hesabı	28
6.2	Durak Atlamak ve Ekspres Dizi İşletimi	28
6.3	Diğer İstasyon Kısıtları	29
6.4	Arızalı Diziler	29
6.4.1	Hat Bakım ve Onarımı	30
6.4.2	Özel Günler	31
7.	METRO HATLARININ KAPASİTE HESABINA İLİŞKİN TANIMLAMALAR ³²	
7.1	Adım 1: En büyük Yüklem İstasyonlarının Tanımlanması	32
7.2	Adım 2: Kontrol Sistemlerindeki Diziler Arası En küçük Duruş Uzunluğunun Tanımlanması	32
7.3	Adım 3: İstasyon Duruş Sürelerinin Tanımlanması	36
7.4	Adım 4: İşletim Payının Belirlenmesi	36
7.5	Adım 5: Yolcu Yükleme Seviyesinin Seçilmesi	37
8.	AKSARAY – HAVALİMANI METRO HATTI (M1) ve ABB ARACINA İLİŞKİN TANIMLAMALAR	38
8.1	Hatta Kullanılan ABB Dizileri ve Hattın İşletimine İlişkin Bilgiler	38
9.	AKSARAY - HAVALİMANI METRO HATTINA (M1) İLİŞKİN YOLCULUK VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	41
9.1	2008 Kasım Ayı Verilerinden Elde Edilen Yolculuk Hareketleri	41
9.2	Zirve Saat Etkeninin Hesaplanması	54
9.3	Dizi Yapılandırmaları	55
10.	FARKLI YÖNTEMLERLE KAPASİTE HESAPLARI	57
10.1	Tasarım Kapasitesi ve Kullanılan Kapasitenin Hesabı	57
10.2	Boyutlarına Göre Vagon ve Hat Kapasitesi	58
10.3	En Büyük Yolcu İstemi ve Hat Kapasitesi	59
10.4	Sonuçların Karşılaştırılması	63
10.5	Hattın İki Görünümlü Sabit Blok Sinyalizasyon Sisteminden, Üç Görünümlü Sabit Blok Sinyalizasyon Sistemine Geçirilerek Kapasitesinin Arttırılmasına İlişkin	

Hesaplar	64
11. SONUÇLAR.....	70
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	72
SÖZLÜK	73

SİMGE LİSTESİ

a	Hizmete başlarken gerekli ivme değeri (m/s^2)
a_g	Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
A_g	Vagon brüt taban alanı (m^2)
A_l	Vagon içi makinist alanı, merdiven boşluğu ve techizat alanları (m^2)
$A_{l_{kabin}}$	Kabin alanı (m^2)
$A_{l_{ekipman}}$	Ekipman alanı (m^2)
$A_{l_{basamak}}$	Basamak uzunluğu (m)
b	Diziler arası en küçük güvenli duruş etkeni
C_c	Vagon kapasitesi – zirve 15 dk (kişi/vagon)
C_h	Saatte işletilen dizi sayısı (dizi/sa)
d	Hizmetteki yavaşlama ivmesi (m/s^2)
d_x	Karşılıklı platformlar arası uzaklık (m)
d_{ts}	Hatlar arası uzaklık (m)
d_{eb}	Dizinin istasyon bloğundan çıkış uzunluğu
D_n	Giriş sayısı (kapı sayısı)
D_w	Giriş genişliği (m)
f_{sa}	Makas açısı etkeni
f_{br}	Güvenli duruş etkeni
G_i	İstasyona giriş eğimi
G_o	İstasyondan çıkış eğimi
h	En küçük izleme süresi (s)
h_j	Kesişme durumunda en küçük izleme süresi (s)
h_l	Hat boyunca en küçük izleme süresi (s)
L	Dizi uzunluğu (m)
L_c	Vagon iç uzunluğu (m)
L_a	Hafif raylı sistem vagonu için körük uzunluğu (m)
L_p	Platform uzunluğu (m)
L_v	Hat gerilimi (%)
m	Koltuk adedi
N	Oturma şekli
N_c	Her bir dizideki vagon sayısı (vagon/dizi)
P	Yolcu kapasitesi (yolcu/sa)
ZSE	Zirve saat etkeni
P_h	Zirve saatlerdeki yolcu hacmi (yolcu/sa)
P_{15}	15 dk'lık zirve saatteki yolcu hacmi (yolcu)
P_c	Her vagonun en büyük yükleme kapasitesi (yolcu/vagon)
P_e	Hareketli bloklarda konum hatası (m)
S_a	Tekli koltuk alanı (m^2)
S_b	Tekli kapı emniyet boşluğu (m)
S_{sp}	Ayakta duran yolcu başına alan (m^2)
S_w	Koltuk işgal uzunluğu (m)
S_{mb}	Hareketli bloklarda güvenli duruş uzunluğu
T	Hat kapasitesi (dizi/sa)
t_{cs}	En küçük güvenli dizi duruş süresi
t_{os}	Otomatik sistemlerde aşırı hız denetleyicisinin devreye girme süresi
t_{jl}	Frenleme sırasında oluşacak zaman kaybı
t_l	Terminal bekleme süresi (s)
t_s	Makas açma kapama süresi (s)
t_{br}	Fren sistemlerindeki tepkime süresi
t_{om}	İşletme süresi (s)

V_1	Hat hızı (km/sa)
V_a	İstasyona yaklaşma hızı (m/s)
V_{maks}	En büyük seyir hızı (100 km/sa = 27,8 m/s)
W_s	Basamak genişliği (yalnızca hafif raylı sistemler için) (m)
W_c	Vagon iç genişliği (m)
ε	Vagon dış duvar kalınlığından dolayı kaybolan alan etkeni
ρ	Koltukların işgal ettiği alan (m ²)
σ	Ayaktaki yolcular için ortalama alan (m ²)

KISALTMA LİSTESİ

TCRP	Toplu Taşıma İşbirlikçi Araştırma Programı (Transit Cooperative Research Program)
ABB	Asea Brown Boveri
AGT	Otomatik Kılavuzlu Sistem (Automated Guideway Transit)
LRT	Hafif Raylı Sistem (Light Rail Transit)
CBD	Merkezi İş Bölgesi (Central Business District)
ADA	Amerikan Engelliler Kanunu (American Disabilities Act)
MD	Makinist Kabinli Vagon
M	Makinist Kabinsiz Vagon

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Tipik üç görünüşlü sinyal sisteminin işletimi	3
Şekil 2.2 İstasyon ve ilerisindeki çapraz makaslar	4
Şekil 2.3 Hemzemin kesişmelerde işletimler	5
Şekil 2.4 Zirve saatte, yolcuların dizi vagonları arasındaki ortalama dağılımı	7
Şekil 2.5 Sabah dizilerindeki yolcu sayıları (Toronto Yonge Metrosu).....	10
Şekil 2.6 Sabah dizilerindeki yolcu sayıları (Vancouver, SkyTrain Broadway İstasyonu)	10
Şekil 3.1 Birbirini takip eden iki dizinin zaman - yol grafiği.....	15
Şekil 3.2 Geri dönüş hareketi	15
Şekil 3.3 Ayrı bir boşaltma platformuna sahip bir tek hatlı hafif raylı sistem terminal istasyonu	18
Şekil 3.4 Hemzemin kesişme ölçüleri	19
Şekil 4.1 SkyTrain (Vancouver)'da iniş-biniş sürelerinin karşılaştırılması	20
Şekil 4.2 İzleme süresi bileşenleri	22
Şekil 5.1 LRT vagonlarındaki uzunlukların şematik gösterimi.....	24
Şekil 6.1 Arızalı dizilerin yerleşimi için sistem tasarım özellikleri	30
Şekil 7.1 Dizi uzunluğuna göre diziler arası en küçük duruş uzunluğu	33
Şekil 7.2 Kapasitesinde çalışan hatlar için istasyondaki en küçük izleme süreleri	33
Şekil 7.3 Kurplarda en büyük hız limitleri	34
Şekil 7.4 Hız - Duruş uzunluğu	34
Şekil 7.5 İstasyondaki eğimlerin en küçük izleme süresine etkileri.....	35
Şekil 7.6 Voltaj değişimi ile en küçük izleme süresi arasındaki ilişki	35
Şekil 7.7 İstasyonda en küçük izleme sürelerinin geleneksel sabit blok sistemler ile hareketli blok sistemleri için karşılaştırılması	36
Şekil 9.1 Hafta içi sabah zirvesinde Aksaray-Havalimanı yönünde istasyondaki binişler ve inişler.....	42
Şekil 9.3 Kümülatif binişler ve inişler farkları, kesim yükleri	45
Şekil 9.4 Hafta içi öğle zirvesinde Aksaray-Havalimanı yönünde istasyondaki binişler ve inişler.....	46
Şekil 9.5 Hafta içi öğle zirvesinde Aksaray- Havalimanı yönünde kümülatif binişler ve inişler.....	48
Şekil 9.6 Kümülatif binişler ve inişler farkları, kesim yükleri	49
Şekil 9.7 Hafta içi akşam zirvesinde Aksaray-Havalimanı yönünde istasyondaki binişler ve inişler.....	50
Şekil 9.8 Hafta içi akşam zirvesinde Aksaray- Havalimanı yönünde kümülatif binişler ve	

inişler.....	52
Şekil 9.9 Kümülatif binişler ve inişler farkları, kesim yükleri	53
Şekil 9.10 Koltukları eksiltilmiş metro aracındaki maksimum yolcu sayıları (Ulaşım A.Ş.) ..	56
Şekil 10.1 Üç görünüşlü sinyalizasyon sisteminde izleme.....	65
Şekil 10.2 Komşu iki istasyon arasındaki bir blok sinyali planı görülmektedir.....	66

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Amerika ve Kanada da gözlenen zirve saat etkenleri.....	9
Çizelge 3.1 Metro için tipik değerler.....	17
Çizelge 5.1 Yolcular için gerekli alanlar.....	23
Çizelge 5.2 Vagon kapasitesinin hesabına ilişkin değerler.....	26
Çizelge 10.1 Tasarım kapasitesi ve kullanılan kapasite.....	58
Çizelge 10.2 En büyük hat kapasitesi hesabında kullanılan büyüklükler.....	59
Çizelge 10.3 En büyük kapasite hesabında kullanılan büyüklükler.....	60
Çizelge 10.4 En büyük hat kapasitesi.....	62
Çizelge 10.5 Farklı izleme süreleri ve doluluklar için en büyük kapasite.....	63
Çizelge 10.6 Farklı yöntemlerle elde edilen kapasite değerlerinin karşılaştırılması.....	63
Çizelge 10.7 Dizi sayısı ve en büyük L_b değeri.....	67
Çizelge 10.8 Aksaray - Havalimanı yönü blok sayıları.....	68
Çizelge 10.9 Havalimanı - Aksaray yönü blok sayıları.....	69

ÖNSÖZ

Mezun olduktan sonra iş hayatına karayolu projeleri yaparak ve bu projeleri araziye apliederek başladım. İdealim raylı sistemler üzerine çalışmak ve tezimi bu alan üzerine yapmaktı. Bu konuda ülkemizde yapılan çalışmaların yetersiz oluşu ve türkçe kaynakların az sayıda olması, çalışmaya başlamamda biraz tereddüt yaşamama sebep olsa da, bu alanlarda yetişmiş elemanların azlığı ve konunun yeniliği karar vermeme destekledi. Böylelikle bu alanda kendimi yetiştirmiş olacak ve raylı sistemler alanında bir kaynak daha oluşturacaktım. Harita mühendisi olarak demiryolu konusu benim için aslında uzak kaldığım bir konuydu ve bu alanda kendimi geliştirmek istiyordum. Tezim benim için bir başlangıç oldu ve şu an kent içi raylı sistem projeleri üzerine çalışmaktayım.

Demiryolu konusuna ilgi duymamı sağlayan, derslerini severek dinlediğim, bu alanda yetişmiş olan az sayıda eğitimcilerden biri olan Prof. Dr. Aydın Erel'e teşekkür ederim.

Bu çalışmada bana yol gösteren, beni doğru kaynaklara yönlendiren, verdiği moral ve destekle ortaya iyi bir şeyler çıkarabileceğimizi söyleyerek beni cesaretlendiren, tezimde benimle birlikte yorulan ve bana gerekli sabrı gösteren tez danışmanım Doç. Dr. İsmail Şahin'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca beni destekleyen, sabır gösteren eşime, aileme, dostlarıma, mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

ÖZET

Raylı sistemler, en güvenilir ve sürdürülebilir toplu taşıma sistemleridir. Kentiçi raylı sistemler hız, konfor ve çevre dostu oluşlarıyla büyük şehirlerin vazgeçilmezi olmalarıyla birlikte, sundukları yüksek kapasite ile de ön plana çıkmaktadırlar.

Çalışmada ilk olarak kapasite türleri, kapasite bileşenlerinden bahsedilmiştir. Sonra sırasıyla dizi kontrol teknolojileri ve sinyalizasyon sistemleri, istasyonda duruş süreleri, yolcu yükleme seviyeleri, işletmeye yönelik sorunlar ve zirve saatteki dizi ve yolcu sayıları ile bunların istasyonlar ile ilişkisi, farklı hesaplama teknikleriyle kapasitenin tahmin edilmesi ele alınmıştır. Sayısal uygulamanın yapıldığı İstanbul Aksaray - Havalimanı metrosuna ilişkin işletme bilgileri sunulmuş, hatta kullanılan İsveç firması Asea Brown Boveri (ABB) aracının karakteristik özelliklerinden bahsedilmiş, zirve saat etkeni belirlenerek, yukarıda bahsedilen konu başlıkları altında incelenen hattın kapasite hesabı yapılmıştır. Hat, özellikle zirve saatlerde kapasitesinde çalışmaktadır. Hattın kapasitesinin artırılması için bazı öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Raylı toplu taşıma, kapasite, sinyalizasyon, yükleme seviyesi, zirve saat etkeni

ABSTRACT

Railway systems are the most reliable and sustainable public transport modes. Urban public railway systems are highly utilized in cities due to their advantages in speed, comfort, and environmentally friendliness, and their high capacity. This study covers first the capacity and the capacity components issues. Then train control and signaling system technologies, station dwell times, passenger loading levels, operation-oriented problems and the peak hour passenger and trains numbers and their relationship with stations, and, capacity, estimation techniques have been undertaken. A numerical example was carried out for estimating the capacity of the İstanbul Aksaray – Havalimanı light rail line. Some operational information on this line were provided, some characteristics of the Asea Brown Boveri (ABB) cars were given and some traffic analyses is operated together with determining peak hour factor were conducted. This light rail line operates in capacity, especially during peak hours. Some methods to increase the capacity were provided.

Keywords: Rail Transit, capacity, signalling, loading level, peak hour factor

1. GİRİŞ

1.1 Araştırmanın Amacı

Ülkemizde uzun yıllardır durağan bir hal sergileyen demiryolu toplu taşımacılığı, özellikle büyük şehirlerimizde artan trafik sorunları karşısında son yıllarda ön plana çıkmış ve hızla gelişim göstermiştir. Bu gelişimle birlikte, özellikle kapasiteyle ilgili olarak sistemin işletilmesine ilişkin sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada bazı kapasite analiz yöntemleri sunulmuş, kapasite hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiş ve mevcut bir işletmeye yönelik sayısal bir çalışma yapılmıştır.

1.2 Araştırmanın Kapsamı ve Yöntemi

Kent içi raylı sistemlerin hizmet alanı genişlemekle birlikte, ekonomik sorunlar ve yapım aşamasındaki uzun süreler nedeniyle istemi karşılamakta yetersiz kalabilmektedir. Sistemlerin istemi karşılamadıkları durumlarda, mevcut verilerden yararlanılarak kapasite artırma yöntemleri geliştirilmeye çalışılır. Bu çalışmada kent içi raylı sistemler hakkında genel bilgiler verilerek, hafif raylı sistemlerin yolcu kapasitesine ilişkin çeşitli hesap yöntemleri sunulmuştur. İstanbul Aksaray - Havalimanı (M1) hafif raylı sistemine ilişkin bilgiler sunulurken, mevcut durum ortaya konulmuş, bazı kapasite hesap yöntemleri kullanılarak metroya ilişkin saatlik, günlük ve yıllık kapasiteler tahmin edilmiş ve mevcut yolcu sayılarıyla karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın 2 - 7. bölümlerinde TRB (1996) ve TRB (2003) kaynaklarından yararlanılmıştır. İzleyen bölümlerde sırasıyla, raylı sistemlerin kapasite temelleri, sinyalizasyon sistemleri, istasyon duruş süreleri, yolcu yükleme seviyeleri, çeşitli işletme sorunları, kapasite hesaplama yöntemleri ele alınmış, İstanbul Aksaray-Havalimanı hattı ve kullanılan Asea Brown Boveri (ABB) aracına ilişkin bilgiler sunulmuş ve kapasite analizleri yapılmıştır. Ayrıca, kapasitenin artırılmasına yönelik bazı öneriler sunulmuştur.

2. RAYLI SİSTEMLERİN KAPASİTE TEMELLERİ

Raylı sistem kapasitesi olarak iki farklı kapasiteden bahsedilebilir.

1. Hat Kapasitesi
2. Yolcu Kapasitesi

2.1 Hat Kapasitesi

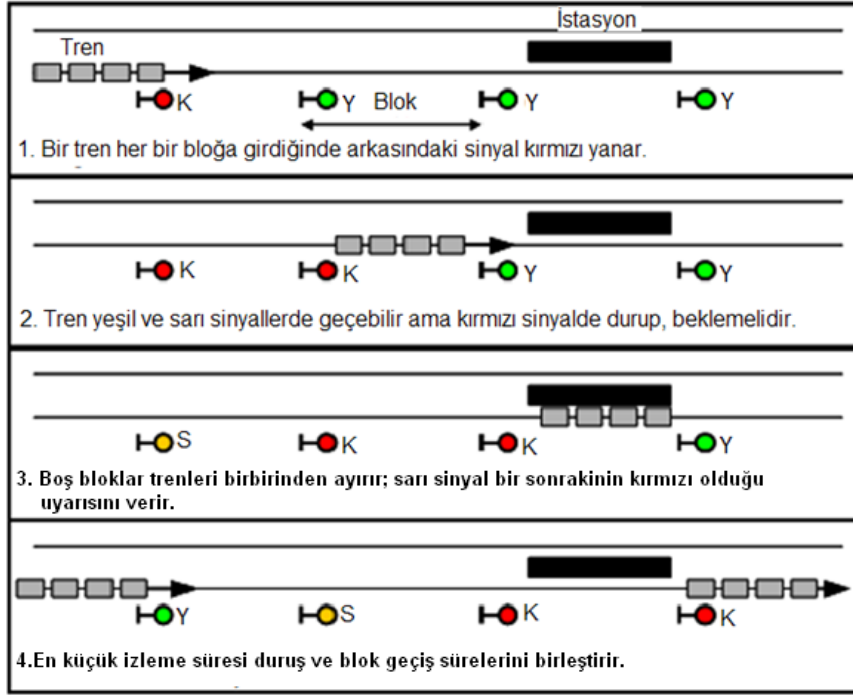
Hat kapasitesi, hattın belirli bir kesiminde, bir saatte işletilebilen en büyük sayıdaki dizi sayısıdır. İdeal olanı, kullanılan dizi sinyalizasyon sistemi ile istasyondaki uzun duruş sürelerini birleştirilerek hat kapasitesinin kontrolünü sağlamaktır. Bununla birlikte, aşağıdaki koşulların da hat kapasitesinin kontrolü üzerinde etkileri vardır.

- Sinyalizasyon sistemleri tasarlanırken, en büyük kapasite yerine, en küçük dizi izleme sürelerinin kullanması,
- En uzun istasyonda duruş süresine sahip istasyona yaklaşırken küçük yarıçaplı kurplar veya rampa iniş kesimleri sebebi ile hız kısıtlamaları,
- Hat kesişmeleri ve birleşmeleri, özellikle de kavşak noktaları,
- Dizinin terminal istasyonuna dönmesi için gerekli süre,
- Taşıma türlerinin özel koşulları, örneğin hafif raylı sistem dizilerinin karma trafikte işletimi veya banliyö dizilerinin hatları farklı diziler ile paylaşması.

Hattın belirli bölümlerinde oluşan darboğaz kesimlerindeki kısıtlamalar en düşük kapasiteyi sunar.

2.1.1 Dizi Kontrolü ve Sinyalizasyon

Çoğu demiryolu sistemi sinyalizasyon sistemlerine sahip olup diziler arasındaki güvenli duruş uzaklığını belirler. Diziler arasındaki en küçük uzaklık, dizi tamamen durana kadar gerekli olan uzaklıktır ve diziler arasında güvenli işletim payı bırakılmalıdır. Tüm kent içi toplu taşıma sistemlerinde, hat, bloklardan oluşan bölümlere ayrılmıştır ve blok sayısı dizilere uygun ve güvenli bir duruş uzaklığı sağlamalıdır. Bir dizi bir blok kesimini ne kadar uzun sürede kat ederse (blok uzunlukları, düşük dizi hızları veya istasyon duruş süreleri sebebiyle), diziler arasındaki en küçük izleme süresi uzar ve hat kapasitesi azalır. Şekil 2.1 tipik üç görünüşlü sinyal sisteminin işletimini göstermektedir.



Şekil 2.1 Tipik üç görünüşlü sinyal sisteminin işletimi

2.1.2 İstasyon Duruş Süresi (İstasyonda Yolcu İndirme–Bindirme İçin)

İstasyon duruş süreleri, en küçük dizi izleme sürelerinin tanımlanmasında baskın bir bileşendir ve bu yüzden hat kapasitesini etkilerler. İstasyon duruş süresi üç temel bileşenden oluşur;

- Kapıların açılma ve kapanma süresi ile kapılar bir kez kapandığında hareket etmek için beklenen süre, (iniş-biniş)
- Yolcu akış süresi
- Yolcu trafiği akışından sonra, kapıların açık kalma süresi

Bu üç etkenden, yolcu iniş-biniş süresi, en büyüğü ve kontrolü en zor olandır. Bu sürenin büyüklüğü, istasyondaki yolcu hacimlerine, vagondaki kapı sayısına, kapı genişliklerine, vagon içindeki ve platformdaki kalabalık düzeyi ile vagon kapısındaki inen ve binen yolcular arasındaki tıkanıklığa bağlıdır. Diğer iki bileşen işletmelerin kontrolü altındadır. Özellikle kapasiteye yakın işletilen hatlarda istasyonda harcanan süreyi azaltmak, güvenilir dizi işletimi sağlamak için önemlidir.

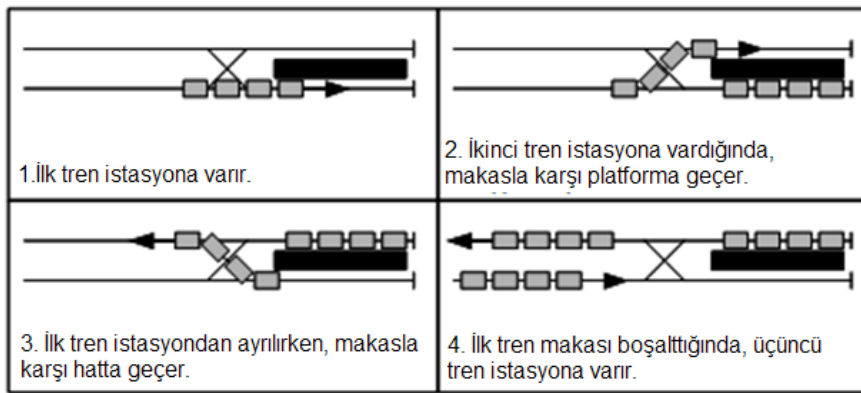
2.1.3 İşletim Payı (Tampon Süre)

Kapasitesine yakın işletilen raylı sistemlerde, küçük düzensizlikler hizmetlerde gecikmelere sebep olabilir. Artçıl (arkadaki) bir dizi, öncül (öndeki) dizi istasyondan ayrılmadan, istasyona yaklaşamaz. Bu düzensizliklerin nedeni, istasyon bekleme sürelerindeki değişkenlikler, dizi performansındaki değişkenlikler ve sürücülü sistemlerde makinistler arasındaki farklılıklardır.

Bu değişkenlikleri ortadan kaldırmak için birçok demiryolu şirketi en küçük izleme sürelerini belirlerken, tampon sürelerini, sinyal sistemlerinin gerektirdiği, en küçük dizi izleme süreleri ile kritik istasyonda bekleme süreleri bileşimine eklerler. Tampon süre (işletim payı) aslında, bir dizinin zaman çizelgesinin gerisinde kalması durumunda, etkileşim (çatışma) olmaksızın dizilerin birbirini izlemesini sağlar. Tampon süre hat kapasitesi için önemli bir bileşendir.

2.1.4 Geri Dönüş İşlemi

Terminal istasyonlarda platform ortadadır ve yolcuların her iki tarafı kullanmasına olanak sağlar. Çok çeşitli tasarımlar yapmak mümkündür, ama yaygın olanı düşük maliyetli olan tasarımlardır ve bu tasarımlarda istasyonun ilerisine çapraz makaslar yerleştirilir. Bu makaslar dizilerin diğer platformlara girişlerini ve çıkışlarını sağlar, böylelikle hattan doğru yolu kullanarak ayrılmış olurlar. Kısa izleme süreleriyle işletilen hatlarda, yolcu iniş-binişleri için gerekli süre, makinistin dizinin bir ucundaki kabinden diğer uçtakine yürümesi, diziyi gözden geçirmesi, diziler arasındaki en küçük izleme süresinden daha uzun olacaktır. Sonuç olarak, ikinci dizi platforma varıp burada bekliyorken, ilk dizi hala kalkış için hazırlık yapıyor olacaktır. Platformu işgal eden ilk dizi, üçüncü dizi platforma varmadan önce çapraz makastan geçip platformdan ayrılamazsa, bu durum bir kapasite kısıtı oluşturacaktır. Şekil 2.2'de bu hareket gösterilmektedir.



Şekil 2.2 İstasyon ve ilerisindeki çapraz makaslar

Yeni demiryolu sistemlerinde geri dönüş tasarımları doğru yapılır ve doğru işletilirse kapasite üzerindeki etkileri ortadan kalkar. Bununla birlikte geri dönüşler, eski sistemlerde özellikle metro hatlarında fiziki bir kısıt oluşturabilirler.

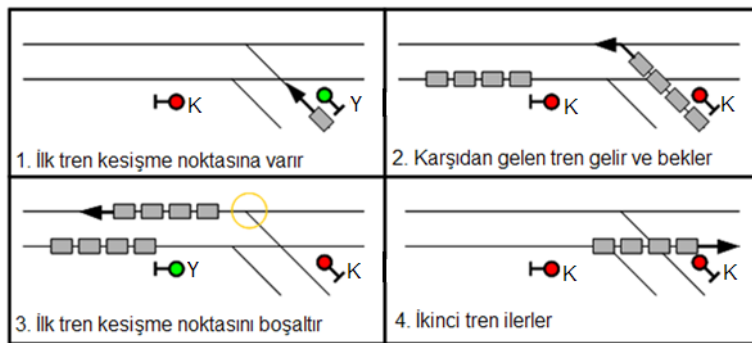
2.1.5 Kesişmeler (Raylı Toplu Taşıma Hatlarında Birleşme ve Ayrılmalar)

Tasarlanan hatlardaki birleşme, ayrılma veya hemzemin kesişmeler kapasite için bir kısıt oluşturabilir veya zaman çizelgesindeki en küçük izleme süreleri 2–2,5 dk'ya düştüğünde, dizilerin çatışma (etkileşim) olasılıkları ortaya çıkabilir. Hatların kesişmesi durumunda iki dizi de aynı anda bu hat kesimini kullanmak isteyebilir, ama bir dizi kullanabilir. Diziler arasındaki en küçük aralık belirlenirken, hemzemin kesişmeleri oluşturan belirli hatların birleşmesi ile ortaya çıkan aşağıdaki etkiler göz önüne alınır:

1. Zıt yönlü dizilerin kavşaktan geçmesi için gerekli süre
2. Makası hareket ettirmek ve kilitlemek için gerekli süre
3. Hız kesmelerden dolayı gecikmelere maruz kalmak ve hızı arttırmak
4. Hattaki sinyalizasyon sisteminin belirlediği en küçük izleme süresi

Kavramsal olarak, en küçük dizi izleme sürelerinin hesap yöntemi ile istasyonda bekleme sürelerinin hesap yöntemi birbirine benzer. Her iki durumdaki izleme süresi, diziler arasındaki en küçük aralığa ve dizinin istasyonda duruş süresine dayanır. Bu durumda, istasyonda duruş süresi yolculara hizmet verme süresinden çok, kesişmedeki diğer bir diziyi beklemek için harcanır.

Bir dizinin, başka bir diziyi beklemesi istenilen bir durum değildir. Kapasitenin yetersiz kaldığı durumlarda katlı kavşaklar kullanılır. Şekil 2.3'te hemzemin kesişimler de işletimler tanımlanmaktadır.



Şekil 2.3 Hemzemin kesişmelerde işletimler

2.2 Yolcu Kapasitesi

Aşırı gecikmeler, tehlike veya kısıtlamalar olmaksızın belirli koşullarda bir saatte, bir yönde, hattın bir kesiminde taşınabilecek yolcu sayısına, yolcu kapasitesi denir.

Tanımlanan yolcu kapasitesi, tanımlanan hat kapasitesinden daha az bir kesinlik arz eder. Çünkü yolcu kapasitesi işletilen dizi sayısına, dizilerin uzunluğuna, yolcu yükleme farklılıkları, dizilerin vagonları arasındaki yolcu istemlerinin çeşitliliğine ve dizideki vagon sayısına bağlıdır.

Yolcu yükleme farklılıkları, hattın teorik kapasitesi ile sürekliliği olan yolcu istemleri arasında önemli farklılıklar yaratır. Teorik kapasiteye göre, vagondaki tüm alanlar yolcular tarafından kullanılır. Uygulamada bu durum tüm koltukları ve ayakta durulan yerleri doldurarak sabit bir yolcu kuyruğu ile sağlanabilir. Ancak, bu işletim tarzı istasyonlarda kalabalık oluşmasına ve yolcuların gecikmesine sebep olduğu için toplu taşıma sistemlerinde istenmeyen bir durumdur. Genelde toplu taşıma sistemlerini kullanan yolcular bir saat boyunca düzenli olarak istasyona gelmezler ve dizinin vagonlarına düzenli olarak dağılmazlar. Yüklemedeki farklılıkların dikkate alınması, yolcuların doluluk nedeniyle diziyeye binememesinin gerçekleşmediği durumlarda bir saat içinde hizmet verilen yolcu sayısını belirlemeye yardımcı olur.

Sınırlı personel ve ekipman kaynakları göz önünde bulundurulmalıdır. Hat kapasitesi, dizileri oluşturan vagon ve dizileri sürececek makinist sayısı ile ilgili herhangi bir kısıtlama bulunmadığı kabulü ile işletilebilecek dizi sayısıdır. Bir hattın yolcu kapasitesini bilmek ve tasarımı bu doğrultuda yapmak, uzun dönemli planlama için önemlidir. Bununla birlikte, mevcut kaynakları kullanarak kısa vadede işletilebilecek dizi sayısını ve bu dizilerdeki yolcu kapasitesini bilmekte en az bu kadar önemlidir.

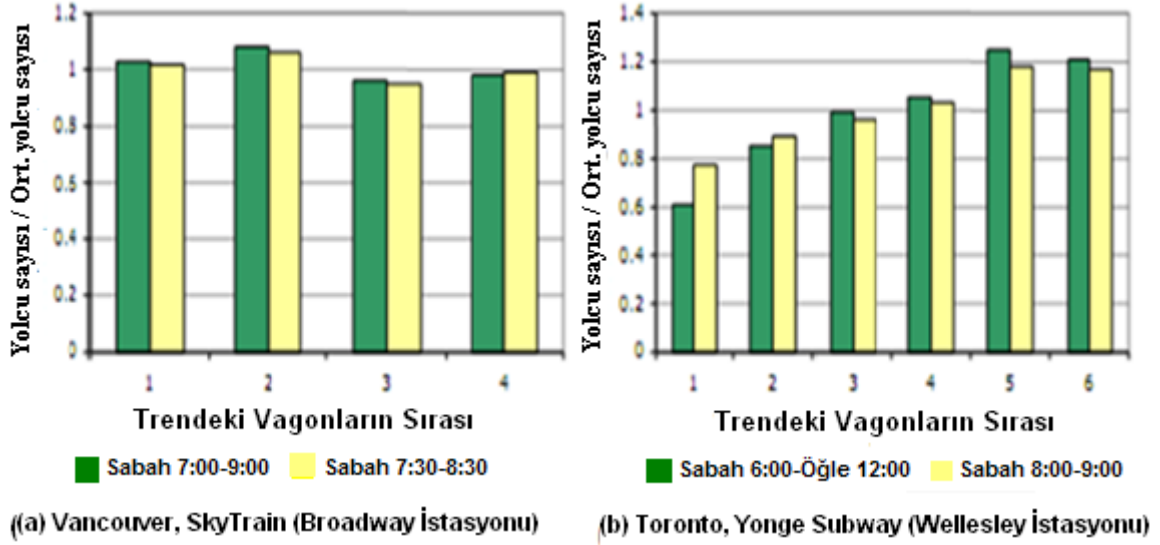
2.2.1 Yükleme Farklılıkları

Zirve saatler dışında yolcular dizilere ve vagonlara eşit olarak dağılmazlar. Yükleme farklılıkları üç farklı türde ortaya çıkmaktadır:

1. Vagon içindeki yükleme farklılığı
2. Bir dizinin vagonları arasındaki yükleme farklılığı
3. Zirve saatlerde yolcu istemlerindeki düzensizlik

İlki, bir vagon içerisindeki yükleme farklılığıdır. Tekil olarak düşünüldüğünde, vagonların uçlarında düşük yoğunluk varken kapı girişlerinin etrafında yüksek yoğunlukta ayakta beklemler görülür. Avrupa'da bazı kent içi raylı sistem vagonlarının uçlarına ilave edilen kapılar ve tek yönlü yolcu akışına izin verilmesi araç uçlarındaki farklılığı azaltmıştır.

İkinci tür yükleme farklılığı, dizinin vagonları arasındaki düzensiz yüklemekten ortaya çıkar. İstasyon giriş ve çıkışlarına yakın duran vagonlar, uzaktakilere göre çok daha dolu olurlar. Bu etkiyi en aza indirmek için platform giriş ve çıkışları, platformların uçları, merkezleri ve üçüncü noktalar arasında değişik yerlere yerleştirilir. Bunun her zaman mümkün veya uygulanabilir olduğu söylenemez. Böyle olsa bile, yolcular, gelecek diziyi kaçırma riskine karşı özellikle zirve saatlerde platform üzerinde dağınık olduklarından, görece dengeli dizi yüklemesi gerçekleştirilmiş olur. Vagonlar aşırı dolu olduğunda, vagonlardaki yolcuları tek tek saymak pek doğru değildir. Bu durumda, vagonları tam dolu kabul etmek yeterli bir doğruluk vermektedir. Şekil 2.4'te, Kanada'nın British Columbia toplu taşıma kuruluşunda, yolcuların doluluk nedeniyle diziyi binemedikleri bir istasyonda ölçülen vagon dolulukları görülmektedir.



Not: 1,0 dizideki tüm vagonların ortalama yüküne eşit tekil vagon yükünü temsil eder.
 Vancouver verileri 27 Eylül 1994'te 50 dizi ve 6.932 yolcu için geliş (merkeze) yönünde toplanmıştır.
 Toronto verileri 11 Ocak 1995'te 99 dizi ve 66.263 yolcu için güney yönünde toplanmıştır.

Şekil 2.4 Zirve saatte, yolcuların dizi vagonları arasındaki ortalama dağılımı

Genelde yolcu yüklemelerinin düzenliliği dört etkene bağlanır:

1. Kısa diziler
2. Geniş platformlar
3. Kısa izleme süreleri
4. İstasyonların giriş-çıkış yerlerinin dağılımı

Toronto'nun Yonge Street tramvayında dizilerdeki ortalama yolcu yükleri çok düzensiz görünmektedir. Sabahları zirve saatte dizilerin arka vagonlarına daha çok yolcu binmektedir. Öyle anlaşılıyor ki platform boyunca meydana gelen yoğunluk yolculara baskı uyguladığı için zirve saat ve sabah zirve saatlerde ortalama araç yükleme çeşitliliği daha azdır. Vagonların yüklemesindeki ortalama farklılık, zirve boyunca, %26 ile -%39 arasında değişmektedir. Dizilerin vagonları arasındaki düzensizlik %156 ile -%89 değerleri arasında değişmektedir.

Üçüncü ve önemli bir farklılık türü de zirve saatler boyunca yolcu istemlerindeki düzensizliktir. Bu farklılık ölçütü zirve saat etkeni olarak ifade edilir.

$$\text{ZSE: } \frac{P_h}{4P_{15}} \quad (2.1)$$

Burada,

ZSE: Zirve saat etkeni

P_h : Zirve saatteki yolcu hacmi (yolcu)

P_{15} : 15 dk'lık zirve süredeki yolcu hacmi (yolcu)

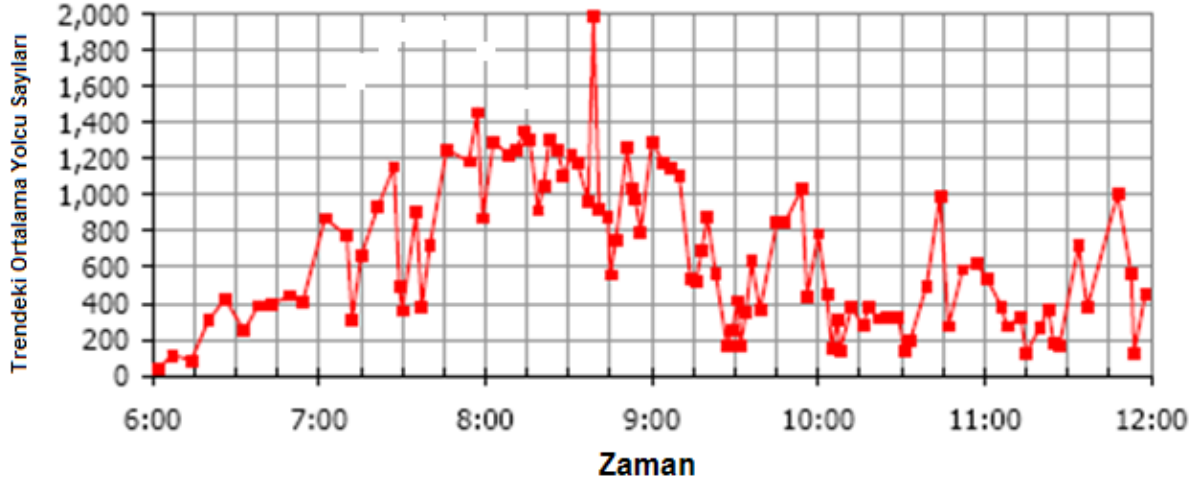
Amerika ve Kanada'nın raylı sistemlerinde gözlenmekte olan zirve saat etkenleri Çizelge 2.1'de sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Amerika ve Kanada da gözlenen zirve saat etkenleri

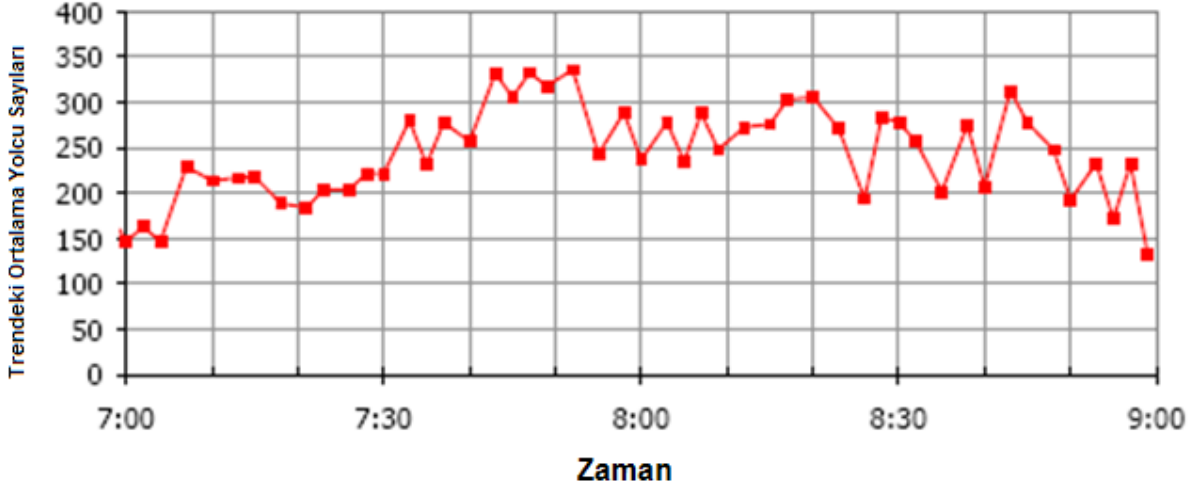
Sistem (şehir)	Zirve Saat Etkeni
Banliyö	
AMT (Montreal)	0,71
CalTrain (San Francisco)*	0,64
GO Transit (Toronto)*	0,49
Long Island Rail Road (New York)	0,56
MARC (Baltimore)*	0,60
MBTA (Boston)*	0,53
Metra (Chicago)	0,63
Metro-North (New York)	0,75
NICTD (Chicago)	0,46
New Jersey Transit*	0,57
SCRRA (Los Angeles)*	0,44
SEPTA (Philadelphia)	0,57
VRE (Washington, D.C.)*	0,35
Hafif Raylı	
CTS (Calgary)	0,62
RTD (Denver)	0,75
SEPTA (Philadelphia)	0,75
TriMet (Portland)	0,80
Metro	
SkyTrain (Vancouver)	0,84
CTA (Chicago)	0,81
MARTA (Atlanta)	0,76
Metrorail (Miami)	0,63
NYCT (New York)	0,81
PATH (New Jersey)	0,79
STM (Montreal)	0,71
TTC (Toronto)	0,79

*Dizel Çekicili

Toronto'nun Yonge Street Metrosunda Şekil 2.5'te görüldüğü gibi 6:00-12:00 arası zirve saatlerde, yolcular, hiçbir demiryolu toplu taşıma sistemine dengeli ve düzenli olarak gelmezler. Bu örnek, günlük gerçekleşen demiryolu toplu taşıma hizmetini göstermektedir. Hizmetteki kısa bir kesintinin ardından, saat 8.35'teki 15 dk'lık zirve süresinde anormal bir durum gözlenmektedir. Şekil 2.6 Vancouver'daki Sky trene ait sabah zirve sürelerini göstermektedir. Saat 7.30'dan sonra Sky treni kısa dönüş yapan trenler ile aynı anda işletildiği için, uzun süreli gecikmeler olmasa bile, trenden trene düzensiz bir yükleme görülmektedir.



Şekil 2.5 Sabah dizilerindeki yolcu sayıları (Toronto Yonge Metro)



Şekil 2.6 Sabah dizilerindeki yolcu sayıları (Vancouver, SkyTrain Broadway İstasyonu)

2.2.2 Vagon Sayıları

Dizilerdeki vagon sayıları yolcu kapasitesini belirler, uzun diziler çok sayıda yolcu taşırlar. Bununla birlikte, diziyeye eklenebilecek vagon sayısı, platform uzunluğu, vagonun özellikleri ve hafif raylı sistemler için şehirdeki blok uzunlukları kapasiteyi etkiler.

2.2.2.1 Platform Uzunlukları

Uzun dizilerin de sistemde işletilebileceği planlanarak, istasyon platformlarının tasarımları yapılır. Platformları zeminin altına veya üzerine inşa ederken plansız bir şekilde uzatmak

zordur. Birkaç örnek verecek olursak, New York'un South Ferry Metro istasyonu ve eski banliyö istasyonlarının platformları, dizilerden daha kısadır. Yolcular dizilerden inerken yalnızca öndeki vagonlara geçerek inebiliyor. Bu tür hizmetler arzu edilmemekle birlikte, yeni sistemlerde uygulanmamaktadır.

2.2.2.2 Vagonların Satın Alınması

Platform tasarımları uzun dizilerin işletilmesine izin verse bile, vagon yokluğu uzun dizi işletilmesini engelleyebilir. Örneğin Washington D.C. Metro su platformlarında dizilere 8 vagon bağlanabilir, ama tipik olarak dizi uzunluğu 4 veya 6 vagon ile kısıtlıdır. Böyle kısıtlar parasal kaynaklara bağlıdır. 2000 - 2001 yıllarında yeni bir demiryolu aracı ortalama 1,2 – 2,5 milyon dolar arasında idi. 2009 yılı itibarı ile yeni bir demiryolu aracının fiyatı 2–2,5 milyon dolar arasında değişmektedir.

2.2.3 Dizilerin Sayısı

Genelde bir saat süresince hatta işletilebilen en büyük dizi sayısı hat kapasitesini belirler. Bununla birlikte, güç kaynakları hattın bir kesiminde işletilen dizi sayıları için bir kısıt oluşturabilir. Örneğin, Portland Oregon'un şehir merkezinde hafif raylı sistemin, hat kapasitesi saatte 30 dizi (en küçük dizi izleme süresi 2 dk.) olup, bu kapasite şehir merkezindeki trafik ışıklarının devre süresine bağlıdır, ama mevcut enerji kaynağı 3 dk.'lık en küçük dizi izleme süresine göre tasarlanmıştır.

2.2.4 Hesap Yöntemi

Yolcu kapasitesi; bir saatteki dizi sayısı, dizideki vagon sayısı, her bir vagon için kuruluşun belirlediği planlanmış tasarım yükü ve zirve saat etkeni ile çarpılarak hesaplanır.

$$P = T \times N_c \times P_c \times ZSE \quad (2.3)$$

P: Yolcu kapasitesi (yolcu/sa)

T: Hat kapasitesi (dizi/sa)

N_c : Her bir dizideki vagon sayısı (vagon/dizi)

P_c : Her vagonun en büyük yükleme istemi (yolcu/vagon)

ZSE: Zirve saat etkeni

3. DİZİ KONTROLÜ VE SİNYALİZASYON

3.1 Giriş

Raylı sistemlerde sinyalizasyonun görevi, hat üzerinde hareket eden dizileri birbirlerinden ayırmak ve makasların olduğu kesimlerde güvenliği sağlamaktır. Bunlara ek olarak, dizilerin otomatik olarak durdurulmasında ve belirli noktalara (makaslar, küçük kurplar ve istasyonlar) yaklaşırken hızlarının gereken düzeye getirilmesinde sinyalizasyon fonksiyonları kullanılmaktadır.

3.2 Sabit Bloklu Sistemler

Dizilerin birbirine yakın olması gereken durumlarda (örneğin istasyona yaklaşırken) bu bloklar kısa; dizilerin birbirinden uzak olması gereken durumlarda ise uzun olarak oluşturulurlar. Bu sinyalizasyon sistemi, dizilerin konumlarını, hangi blokların kullanımda ve aktif olduğunu basit bir yöntemle algılamaktadır. Dizinin blok içerisindeki konumu tam olarak bilinmese de hangi blokta olduğu bilgisi sinyalizasyonun yönetimi için yeterlidir.

En basit sistem olan, iki görünümlü (kırmızı/yeşil) blok sisteminde, yalnızca dur (kırmızı) ve geç (yeşil) bildirimleri ile dizi hareketleri kontrol edilmektedir (İstanbul Ulaşım A.Ş. bu sistemi kullanmaktadır). Bu sistemlerde diziler arasındaki uzaklık en az 1 blok olmalı ve bu bloklar frenleme uzunluklarına göre güvenli aralıklarda ayarlanarak yeterli uzunluklarda oluşturulmalıdır. Bu sistemin kapasitesi 24 dizi/sa'ya kadar ulaşabilir. Fakat bu sistem, bazı yüksek yoğunlukta işletilen hatlarda yetersiz kalmaktadır. Yüksek kapasiteli bir işletim için önerilen, üç görünümlü sinyalizasyon sistemlerinde (kırmızı/sarı/yeşil), daha kısa bloklar kullanılmakta ve hatta gerektiğinde bloklar kendi içinde bloklara bölünerek kapasite daha da arttırılabilmektedir. Böylelikle geleneksel dizi kontrol sistemlerin kapasitesi, normal değerler (normal dizi uzunluğu, performansı, istasyon duruş süreleri ve işletme payı) baz alındığında, 30 dizi/sa'ya ulaşabilir. İlave bloklu sistemlerde ise bu sayı % 10-15 daha da arttırabilir. Buna karşın Rusya'da geleneksel sinyalizasyon sistemi ile 40 dizi/sa'ya ulaşılmış, yeni bir yöntemde ise hatlar 44-48 dizi/sa'yı geçecek şekilde tasarlanmıştır.

3.3 Kabin Sinyalizasyonu

Kabin sinyalizasyon sistemi her dizide bulunan antenler tarafından algılanan ve her bir hat devresine yerleştirilmiş olan kodları kullanır. Bu kodlar, kullanılmakta olan her bir bloktaki en büyük izin verilen hızı belirler ve hız kontrolünü sağlar. Böylelikle makinist hattın hangi bölümlerinde, en fazla ne kadar hız yapılabileceğini görür ve dizinin hızını buna göre ayarlar.

Otomatik verilen hız, dizi hareket halinde iken değişebilir. Bu durumda makiniste düşen görev diziyi her zaman ideale yakın hız seviyesinde tutmaktır. Böylece, dizinin kurplada, istasyon giriş-çıkışlarında ve hat sonlarına yaklaşırken uygun hızlarda gitmesi sağlanarak sistemin işletme maliyetleri azaltılabilir.

3.4 Hareketli Blok Sistemleri

Bu sistemler aynı zamanda iletim temelli ya da iletişim temelli sinyalizasyon sistemleri olarak ta adlandırılmaktadır. Hareketli blok sistemi, sabit blok sistemine göre çok daha küçük bloklara ve çok daha fazla sayıda sinyale sahip bir sisteme benzetilebilir. Bununla beraber bu sistemin işleyişi ne bloklara ne de sinyallere bağlıdır. Bu sistem sürekli olarak hesaplanan, diziler arası uzaklıklar ve bu uzaklıklara göre ayarlanan uygun hızlar, frenleme uzunlukları ve ivmelenme değerleri temel alınarak oluşturulmaktadır.

Bu sistem sürekli veya sık tekrarlanan ve her diziyi kapsayan bir çift yönlü iletişime gereksinim duymaktadır. Bu sistemde her bir dizinin konumu, hızı, uzunluğu ile hatta ait bilgiler (kurplar, eğimler, makaslar, istasyonlar) bilinir. Bu bilgiler yardımıyla, bilgisayar destekli olarak, her bir dizi için 'hedef nokta' (dizinin bir sonraki durma noktası) belirlenerek, fren, ivmelenme ve serbest sürüş gibi komutlar diziyeye gönderilir ve sistemin en uygun şekilde işletilmesi sağlanır. Hedef nokta her bir dizi için normal bir frenleme uzunluğu ve önceden belirlenmiş bir güvenlik uzunluğu toplanarak belirlenir. Bu güvenlik uzunluğu, bir dizinin frenleme kabiliyetini kaybetmesi durumunda acil durum frenlemesinin devreye girerek diziyi durdurabileceği en büyük uzunluktur.

Hareketli blok sistemlerde blokların kullanımda olup olmadığını gösteren hat devresi olmadan, her bir dizinin ön kısmının konumunu yüksek doğrulukla verebilecek, daha sonra dizi uzunluğundan yola çıkarak arka kısmının pozisyonunu hesaplayacak başka bir sisteme ihtiyaç duyulur. Bunun için ilk zamanlarda raylı sistemin içine yerleştirilmiş kablolar ve bu kablolar ile diziler arası iletişimi sağlayan dizi antenleri kullanılmıştır.

Fakat bu kabloların bakım ve değiştirme problemleri, kullanımlarını zorlaştırmaktadır. Daha sonra radyo dalgaları kullanan sistemler ve bilgisayar destekli kontrol sistemleri ile bu problemler aşılmıştır. Bu sistemde yer alan bilgisayarlar her bir diziyeye konabileceği gibi, merkezi bir kontrol odasına da yerleştirilebilir. Fakat bu sistemin en yaygın kullanımını hem dizilerde hem de merkezi kontrol odasındaki bilgisayarların bir arada kullanımını şeklindedir.

3.5 Otomatik Dizi İşletimi

Otomatik ivmelenme, raylı sistemlerde uzun zamandır kullanılan bir özelliktir. Bu sistemde, dizilerin ivmelenmeleri rölelerle ve son zamanlarda mikroişlemcilerle kontrol edilir, böylece kalkıştan, en büyük hıza kadar yumuşak bir ivmelenme sağlanmaktadır.

Bu sistemlerde makinistin rolü temel olarak kapıları açıp kapamak, dizinin hareket düğmesine basmak, sefer sırasında hattı gözlemlemek ve sistemde çok seyrek oluşabilecek hatalarda, manüel işletmeye geçmek gibi görevlerle sınırlıdır.

Otomatik dizi işletimi, makinistli ya da makinistsiz, dizinin geçişi üzerinde optimum hızda yolculuk etmesine olanak sağlar ve gerekli noktalarda gereken anlarda durmasını sağlar. Bu da istasyonlar arası seyahat sürelerini azaltır. Ayrıca bir dizinin istasyondan ayrılışı ile, bir sonraki dizinin istasyona girişi arasındaki süreyi azaltarak toplam hat kapasitesinde %2 - %4 artış sağlamaktadır.

3.6 Dizi Trafiği (Train Throughput)

Herhangi bir raylı sistem kontrol sisteminde dizi trafiğinin belirlenmesi temel olarak sürekli tekrarlanan işlemlere dayanmaktadır. Normal işletimde, diziler birbirlerini düzenli aralıklarla izlerler, hattın aynı bölümlerinde aynı hızda hareket ederler. En büyük dizi trafiğinin en önemli kısıtlayıcısı istasyonlardır. İyi tasarlanmış ve iyi işletilen modern bir sistemde makas, geri dönüş ve istasyon gibi kesimlerin darboğaz sorunu oluşturmaması gerekir.

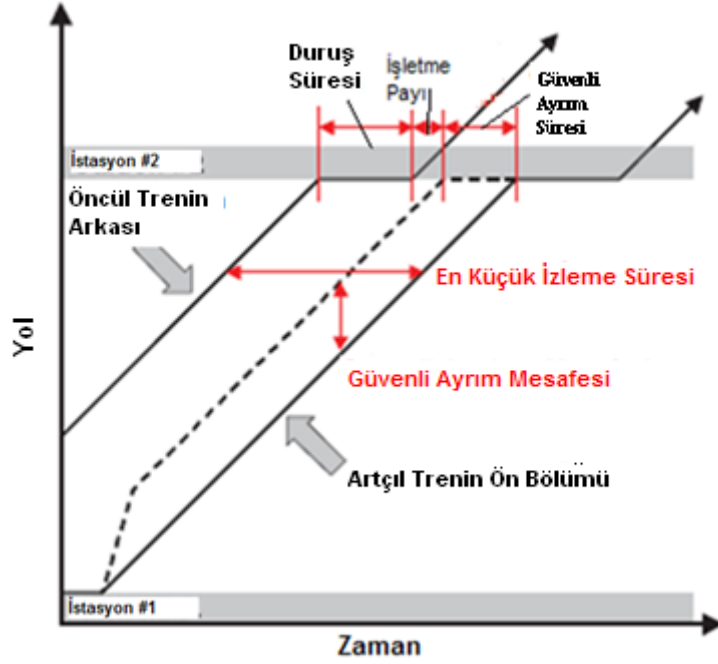
Çift hatlı ve makaslı bir terminal istasyonu, 2 dk'nın altında en küçük izleme süresine sahip olabilir. Buna göre, en küçük izleme süresi kısıtları 3 olası darboğaza göre hesaplanacaktır: istasyon duruşları (station stop), kesişmeler (junctions) ve geri dönüşler (turn back).

3.6.1 İstasyon Yaklaşma Süresi (Station Close-In Time)

Bir dizinin istasyondan hareket etmesi ile onu izleyen bir sonraki dizinin istasyona girmesi arasında geçen süre yaklaşma süresi olarak adlandırılır ve bu süre raylı sistem işletmeleri için en önemli kısıtlayıcı etkidir. Bu süre aynı zamanda "güvenli ayırım süresi" olarak da adlandırılır ve dizinin kontrol sistemi, uzunluğu, yaklaşma hızı ve dizi performansına bağlıdır. Yaklaşma hızı (ve dolayısıyla kapasite) istasyon yaklaşımlarında bulunan küçük kurplar ve çıkış eğimleri nedeniyle azalabilir. Yaklaşma süresine, dizinin istasyonda duruş süresi ve işletme payı da eklendikten sonra, gerçek en küçük izleme süresi hesaplanabilir. Şekil 3.1 istasyonlardaki beklemleri içeren bir yol - zaman grafiğini göstermektedir. En küçük izleme

süresi; istasyonda duruş süresi, işletme payı ve güvenli ayırım süresinin toplamına eşittir. İşletim payı; bir dizinin zaman çizelgesinin gerisinde kalması durumunda, etkileşim (çatışma) olmaksızın dizilerin birbirini takip etmesini sağlar.

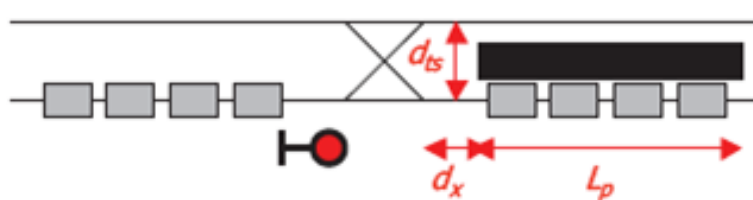
Yaklaşma süresini hesaplamanın en iyi yöntemi, sistemin tüm özelliklerinin göz önüne alınmasının ardından, mevcut bir işletmedeki tecrübelerden faydalanılması veya bilgisayar destekli bir simülasyonun sonuçlarının değerlendirilmesidir.



Şekil 3.1 Birbirini takip eden iki dizinin zaman - yol grafiği

3.6.2 Geri Dönüşler (Turnbacks)

Doğru tasarlanmış ve doğru işletilen geri dönüş noktaları kapasitede azalmaya neden olmaz. Tercih edilen (orta peronlu) tipik bir terminal istasyon düzenlemesine ait değerler Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



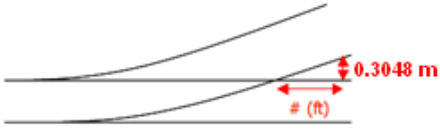
Şekil 3.2 Geri dönüş hareketi

Şekil 3.2'de, varmak üzere olan dizinin (sol alt), diğer dizi kalkarken beklemek zorunda kalması en kötü durumdur. Bu dizi tıkanıklıktan sonra makası geçmeli ve diğer dizi hareket etmeden önce istasyona girmiş olmalıdır. Daha sonra kalkan dizi makası boşaltmalı ve makas başka bir dizinin girişi için ayarlanmalıdır. Planlanmış en küçük izleme süreleri ile tüm bu işlemlerin yapılması için gerekli süreler arasındaki fark, şekildeki iki yönlü istasyonlar için iki katına çıkartılmış olup, terminalde bekleme için kullanılmaya uygundur. Terminalde bekleme süreleri, yolcu iniş binişi, makinistin dizinin bir ucundan diğer ucuna yürümesi, dizinin muayenesi vb. işlemler için yeterli olmalıdır. Her bir dizi için terminalde en büyük bekleme süresinin nasıl hesaplanacağı (3.1) denkleminde verilmiştir. Eşitlikte kullanılan değişkenler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

$$t_l \leq 2 \left(h - t_s - \sqrt{\frac{2(L_p + d_x + f_{sa}d_{ts})}{a + d}} - \sqrt{\frac{(L_p + d_x + f_{sa}d_{ts})}{2a}} \right)$$

(3.1)

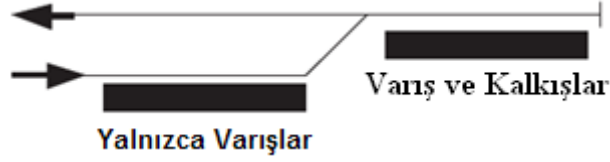
Çizelge 3.1 Metro için tipik değerler

metro hatlarına ait tipik değerler			
sembol	tanım	sayısal değer	birim
t_1	terminalde bekleme süresi	hesaplanacak	s
h	en küçük izleme süresi	120	s
t_s	makas düzenleme ve kilitleme süresi	6	s
L_p	platform uzunluğu	200	m
d_x	makas ile platform arasındaki uzunluk	20	m
d_{ts}	hatlar arası uzaklık	10	m
f_{sa}	makas açma etkeni		
	#6 makas için -1,76 m		
	#8 makas için -1,95 m		
	#10 makas için -2,93m		
			
a	kalkış ivmesi	1,3	m/s^2
d	yavaşlama ivmesi	1,3	m/s^2
t_{om}	işletme payı		s
t_s	makas açma kapama süresi	6	s
V_1	hat hızı	100	km/sa
L_t	dizi uzunluğu	200	m
h_1	hattaki en küçük izleme süresi		s
h_j	kesişme durumunda en küçük izleme süresi	hesaplanacak	s

Terminalde bekleme süresi denklem (3.1) ve çizelge 3.1 kullanılarak hesaplanabilir.

İzin verilen en büyük terminal bekleme süresi; her sisteme özel olarak ve ilgili terminalin değişkenleri göz önüne alınarak hesaplanabilir. Yüksek kapasiteli hatlardaki dizi hareketlerinin sıklığı ve fazla yolcu sayısı sistem işleyiş sürelerinde değişikliklere yol açabilmektedir.

Tek hatlı raylı sistemler ve dizi kapasitelerinin yetersiz kaldığı sistemlerde, bazı terminaller iki dizinin aynı anda yanaşmasına izin verebilmektedir. Bu durumda, bir dizi istasyondan ayrılmadan diğer dizi platforma yanaşabilmekte ve yolcularını boşaltabilmektedir. Bunun için ekstra bir platform oluşturulması gerekebilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Ayrı bir boşaltma platformuna sahip bir tek hatlı hafif raylı sistem terminal istasyonu

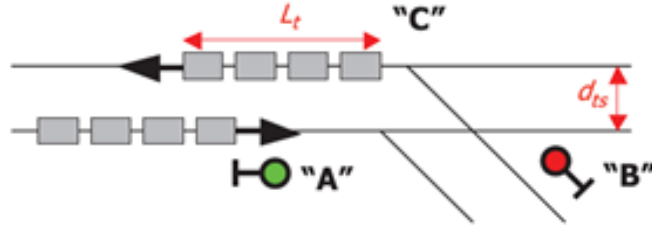
Eğer yolcunun bekleme süresi kısıtlayıcı etken ise; bu süre çift taraflı peronlarla azaltılabilir. Hatta çok fazla yolcu kapasitesine sahip bazı istasyonlarda, çoklu platformlar da tercih edilebilir.

Terminallerde makinistin aracın başından sonuna kadar yürümesi sırasında geçen süreyi azaltmak için uygulanan bir yöntem, terminale daha önceden varmış bir makinistin dizinin sonuna yakın bir yerde bekliyor olması ve dizi varır varmaz kabine binerek kumandayı almasıdır. Gelen dizinin makinisti de arkadan gelen dizi için aynı işlemi tekrarlar ve bu süre kısaltılmış olur. Burada, makinistin yürüme hızı 1 m/s kabul edilirse, 200 m'lik bir dizi için 200 s'lik bir bekleme gerekecektir. Bu süre makinistin son kontrolleri yapması halinde daha da uzayacaktır. Bütün bu etkenler de terminalde 175 s'lik optimum bekleme süresinin gerçekleşmesini engelleyecektir.

Bunların yanı sıra; başka sebeplerden dolayı da gecikmeler meydana gelebilir. Örneğin dizi bir temizlik görevlisinin bir yeri temizlemesi, polisin uygunsuz davranışlar sergileyen bir yolcuyu uzaklaştırması vb. olağandışı durumları beklemek zorunda kalabilir. Terminal düzenlemeleri, bu gecikmeleri en az süre kaybı ile atlatacak şekilde yapılmalıdır.

3.6.3 Kesişmeler (Junctions)

Doğru tasarlanmış kesişmeler kapasite sorunlarına yol açmamalıdır. Özellikle de kısa sefer aralıklarıyla işletilen sistemlerde kesişmeler hemzemin olmamalıdır. Hız sınırları, kurp yarıçapları vb. etkenler dizi hızını azaltsalar da en küçük izleme sürelerini uzatmamalıdır.



Şekil 3.4 Hemzemin kesişme ölçüleri

Şekil 3.4'te sol alttaki gibi bir dizinin A sinyalinde kendisine yeşil yandığı halde, B sinyalinden geçip diğer hatta ulaşan bir başka dizi için beklemesi en kötü durumdur. Buradaki işletimde bazı gecikmelerin olması kaçınılmazdır. Diğer hattaki dizinin geçişini tamamlaması, A sinyalindeki dizinin durma süresi ve tekrar normal hızına ivmelenmesi için geçen süre bu geciktirici etkenlerdendir. Hatta özgü blok konumlarını ve geçiş eğrilerini dikkate almazsak, bu ilişki şu şekilde ifade edilebilir:

$$h_j = h_l + \sqrt{\frac{2(L_t + 2f_{sa}d_{ts})}{a}} + \frac{V_l}{a + d} + t_s + t_{om}$$

(3.2)

Çizelge 3.1'deki değerleri, denklem (3.2)'de kullanarak, kesişme durumundaki en küçük izleme süresi hesaplanabilir.

4. İSTASYON DURUŞ SÜRELERİ

4.1 Giriş

İstasyondaki duruş süreleri izleme sürelerinin önemli bir bileşenidir. Uygun işletim payı ve istasyon duruş sürelerinin birleştirilmesi ile istasyondaki duruş sürelerinin kontrolü sağlanır. Zirve saatlerdeki istasyon duruş süresinin kontrolü en küçük izleme süresi ile kontrol edilir. Büyük ve düzensiz aksamalar dışında, işletmedeki rutin düzensizlikleri hesaplayarak beklmeleri kontrol altına alınabilir.

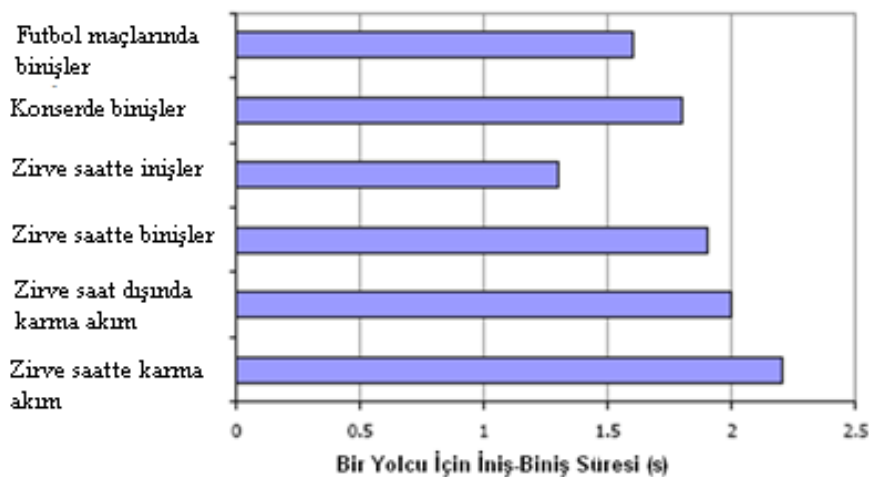
4.2 İstasyon Duruş Süresi Bileşenleri

İstasyon duruş süresi; yolcu akım süresi, kapılar kapanmadan önceki süre ve kapılar kapandıktan sonra, dizi harekete geçene kadarki sürelerden oluşur.

4.3 Dizi Kapılarındaki Yolcu Akımları

Akım süresi, bir yolcunun, kapıdan giriş-çıkışı esnasında geçen süredir. Kapsamlı bir raylı toplu taşıma sisteminde, kapı akım verileri TCRP Project A-8 projesinde, demiryolu toplu taşımasının bir parçası olarak ele alınmıştır.

Basamaklı kapılar da süreler, her üç kategoride de (iniş, biniş, karma) yaklaşık olarak iki katına çıkar. Şekil 4.1'de özetlendiği üzere, Vancouver SkyTrain'deki kapı geçişlerindeki iniş-biniş süreleri günün en yoğun, en sakin ve özel etkinlik günlerindeki tüm zaman aralıklarında karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1 SkyTrain (Vancouver)'da iniş-biniş sürelerinin karşılaştırılması

Bir futbol maçı veya rock konseri öncesinde, yoğun bir banliyö istasyonunda, öğleden sonranın ilk saatlerinde, bazı özel olaylara ilişkin alımlar gözlenmiştir. Özel olaylardaki yoğun kalabalıkların zirve saatlerdekilerden daha hızlı ve zirve dışı saatlerdeki yolcuların ise daha yavaş hareket ettikleri tespit edilmiştir.

4.3.1 Kapı Genişliğinin Yolcu Geçiş Sürelerine Etkisi

Geniş kapı geçişlerinden elde edilen akım verileri, kapı genişliği ile yolcu akım oranları arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermiştir. 1,14-1,37 m genişliğindeki kapılara sahip araçlar gözlemlendiğinde, temelde tüm çift geçişli kapıların eşit akım değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çift geçişli kapılarda ikili yolcu akımı, tek geçişli kapılarda tekli yolcu akımı gerçekleşir. Çift geçişli kapılar sıklıkla tek geçişli kapılara ve çok seyrek de üç geçişli kapılara dönüşmektedirler. Gözlemlenen kapı genişliklerinde, alt aralıkta (1,14 m) olanlarda temelde tek geçiş hareketi gözlenmektedir. Kapı ölçüsünün üst aralıklarında (1,37m) ise yolcu hareketleri üçlü geçişe dönüşmektedir.

4.3.2 Kapı Sayısının İstasyon Duruş Süresi Üzerindeki Etkisi

İstasyondaki gecikme süreleri en yoğun kapıdan tüm yolcuların geçişi için gerekli süreye bağlıdır. Ne kadar çok kapı varsa yolcuların kapıdan geçiş süreleri o kadar kısa olacaktır. Kapı sayısı arttıkça yolcu iniş-binişi daha kolay olmakta ve böylece kapılardaki tıkanıklık da azaltılmış olmaktadır. Olumsuz yönünden bakacak olursak da, ne kadar çok kapı varsa vagona o kadar da az oturma yeri olacaktır. Ayrıca vagon tasarımı (sürücü bölmesi ve tekerlek yerleri) kapı yerleri ve genişlikleri ile ilgili sınırlamalar getirecektir. Her bir vagona, genelde 8 kapı bulunmaktadır.

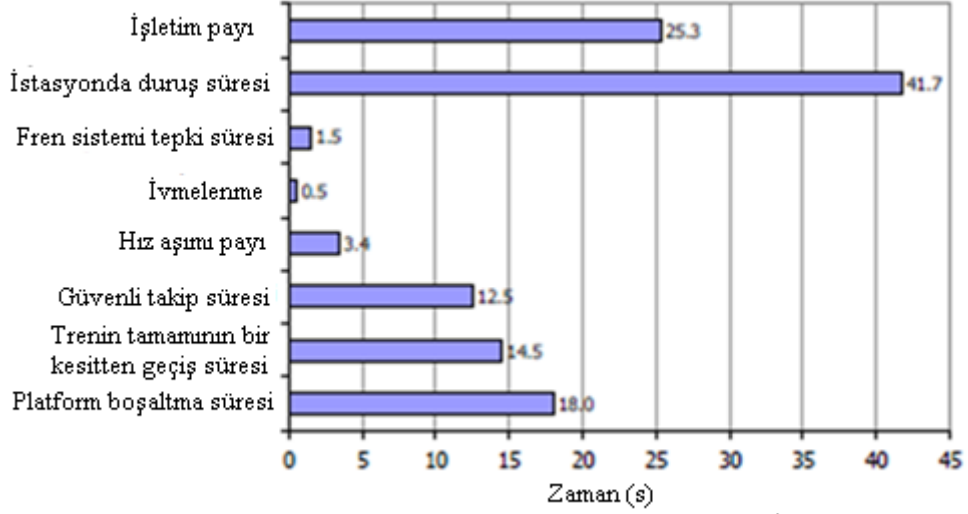
4.4 İstasyon Duruş Sürelerinin Hesaplanması

İstasyon duruş sürelerinin hesaplanmasında 3 yöntem vardır.

Birinci yöntem öncelikle istasyon yolcu hacmini, yolcuların kapıdan geçiş sürelerini ve son olarak da istasyon duruş süresini belirler.

İkinci yöntem, geleneksel, ortalama artı iki standart sapma yöntemidir. Asıl amaç, en büyük kapasiteye ulaşmak olduğundan yalnızca üst limitler dikkate alınır.

Üçüncü yöntem ise genelde en pratik olandır. Karşılaştırılabilir mevcut sistemlerden işletme payı ve duruş sürelerinin seçilebildiği bir sistemdir. Şekil 4.2'de görüldüğü gibi istasyon duruş süresi, en küçük izleme süresinin en baskın bileşenidir.



Kabin sinyalizasyon sistemi ile 120 saniyelik minimum izleme süresine sahip Banliyö İşletim sistemi

Şekil 4.2 İzleme süresi bileşenleri

5. YOLCU YÜKLEME SEVİYELERİ

5.1 Giriş

Demiryolu toplu taşıma sistemlerinde yükleme seviyelerini belirlemek, kapasitenin belirlenmesinde son aşamadır. Sinyallerle en küçük izleme süresinin tersi alınarak maksimum dizi sayısı hesaplandıktan sonra, hat kapasitesi, dizi uzunluğu ve yükleme seviyesine bağlı olarak bulunur.

5.2 Yükleme Standartları

Hizmet standartları genellikle zirvenin en yoğun olduğu 15 dk ya da daha kısa sürelerle dayanmaktadır. Zirve saatte, 1 saatlik yolcu akımının, 15 dk'lık yolcu akımının dört katına oranı zirve saat etkeni olarak tanımlanabilir.

Seferlerin en yoğun olduğu zirve saatte diziler için en büyük yükleme koşulları ve standartları, en küçük dizi izleme süresine bağlıdır. Zirve saatler dışında bazı özel durumlarda makinistler istasyon duruş sürelerini uzatabilirler.

5.3 Yolcular Arası Boşluk İhtiyaçları

Batelle Enstitüsü, çeşitli durumlarda yolcular arasında olması gerekli uzaklıkları (boşlukları) hesaplamıştır. Raylı toplu taşıma sistemlerinin kapasitesi belirlenirken kullanılacak değerler, Çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Yolcular için gerekli alanlar

Durum	Gerekli Alan(m ²)
Ayakta	0,15 - 0,20
... çanta ile	0,25 - 0,30
... paket ile	0,30 - 0,35
... valiz ile	0,35 - 0,55
... bebek arabası ile	0,95 - 1,15
... bisiklet ile (yatay)	1,60 - 1,90
Direklere tutunarak	0,25
En az oturacak yer	0,25 - 0,30
Dar çift koltuk	yolcu başına 0,35
Rahat oturma	yolcu başına 0,55
Engelli sandalyesi boşluğu (ADA)	0,93 (0,76 m * 1,22 m)

Zirve saatlerde yükleme koşulları için aşağıdaki standartlar ortaya konulmuştur:

Yeterli: Kişi başı $0,5 \text{ m}^2$

Zorlukla tahammül edilen: Kişi başı $0,35 \text{ m}^2$

Tahammül edilemeyen: Kişi başı $0,20 \text{ m}^2$

Tekerlekli sandalye kullanıcıları için gerekli alan $0,55 \text{ m}^2$ ile $1,2 \text{ m}^2$ arasında değişmektedir. Engelliler yasasına göre (ADA) bu alan $760\text{mm} \times 1220\text{mm}$ boyutlarındadır. Vagonlarda, tekerlekli sandalye, bebek arabası, bavul ve bisiklet hareketleri için gerekli alan sağlanmalıdır. Akülü tekerlekli sandalyeler gibi, oturulduğunda geniş ayak uzantısı olan ve daha az katlanabilen sandalyeler için daha fazla alana ihtiyaç vardır.

5.3.1 Vagona Özel Hesaplamalar

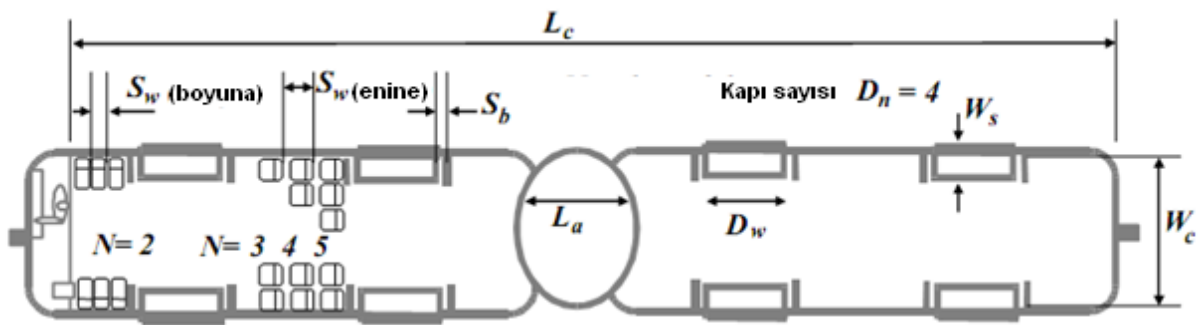
Vagonun iç boyutları elde edildikten sonra ilk adım, kapı girişleri olmaksızın uzunlukların belirlenmesidir. Kapı genişlikleri ile kapı koruma genişliklerinin toplamı, vagon iç uzunluğundan çıkarılır.

Yerleştirilecek koltuk sayısı, bu uzunluğun koltuk işgal uzunluğuna bölünmesiyle bulunur:

Enine koltuklar için $0,69 \text{ m}$

Boyuna koltuklar için $0,43 \text{ m}$

Bir aşağıdaki tam sayıya yuvarlanan bu sonuç, boyuna yerleştirilen koltuklar için 2 ile çarpılmalı veya enlemesine yerleştirilen koltuklar için 3 ($2+1$), 4 ($2+2$), 5 ($2+3$) ile çarpılmalıdır. Bu işlem toplam koltuk sayısını verir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 LRT vagonlarındaki uzunlukların şematik gösterimi

Daha kesin bir yöntemde, kapı koruma boşlukları arasındaki uzunluk kullanılabilir. Körüklü hafif demiryolu vagonlarında, köruk genişliği hesaptan düşülmüş olmalıdır. Eğer istenirse

dörtlü koltuklar körüğe tahsis edilebilir. Geri kalan alanlar ayaktaki yolcular için tahsis edilebilir. Körüklü hafif raylı sistem vagonlarında yolcuların körük kesimlerini kullanmaktan kaçınmaları sebebiyle, körük uzunluğunun yarısı dikkate alınır.

Ayaktaki yolcuların durumu aşağıdaki şekillerde ele alınabilir.

Metrekareye 5 kişinin düştüğü yüklemeler (5 yolcu/m²); Sıklıkla vücut teması, paket ve çantalarla, zahmetli, tahammül edilemeyen, yoğun bir yüklemedir. İniş ve binişlerde kapıya doğru veya kapıdan içeriye doğru hareket etmek çok zordur.

Metrekareye 3,3 kişinin düştüğü yüklemeler (3,3 yolcu/m²); ara sıra vücut temasının söz konusu olduğu uygun hizmet yüklemesidir. Kapıya veya kapıdan hareket biraz çaba gerektirebilir.

Metrekareye 2 kişinin düştüğü yüklemeler (2 yolcu/m²), vücut teması olmayan rahat bir yüklemedir, hareket rahat sağlanır ve oturan yolcularda olduğu gibi, benzer bir alan, yani daha geniş aralıklar, ayaktaki yolcular için de söz konusudur.

Daha doğru sonuçlar için, vagonun iç duvar uzunluğu, kapılar arasındaki uzunluğa ayrılır (gerektiğinde kapı ile her bir körük arasındaki uzunluğa) ve koltuk işgal uzunluğu kullanılarak gerekli düzeltme yapılır. Bu işlem, vagon net iç duvar uzunluğunun (kapı sayısı + 1)'ne bölünerek yapılır. Her bir bölmedeki tamsayı olan koltuk boşluk sayısı belirlenir ve vagondaki toplam oturma yeri sayısını hesaplamak için kullanılır.

Metrekareye ayakta 4 yolcunun düştüğü yüklemeler, orta seviyenin üstünde rahat seviyelerdir. Avrupa'da yaygın kullanılan bir diğer yükleme, metrekareye 5-6 yolcunun düştüğü tıka-basa binişlerden oluşmaktadır. En büyük ve tıka-basa yüklemelerin her ikisi için de, Asya standartlarında metrekare başına düşen yolcu sayısı 7-8 i bulmaktadır. Sonuç olarak, oturan ve ayakta duran yolcuların toplamı, uzun vagonlar için zirve saatte ortalama 15 dk'lık yükleme seviyesi için bir rehber niteliğindedir. Zirve saatte 15 dk'lık yükleme seviyelerine ulaşmak için zirve saat yüklemesi, zirve saat etkenine bölünmelidir. Tekerlekli sandalye, bisiklet, bebek arabası, diğer tekerlekli araçlar ya da kapı girişinden uzaklaştıkça azalan yolcu yoğunluğuna yönelik bir hesap düzeltmesi yapılmamıştır. Ayakta duran yolcular için yoğunluk aralığındaki küçük düzeltmeler çok fazla yarar sağlamamaktadır. Araçlardaki kapı sayısının çokluğu, yüksek yoğunlukta yüklemelere yöneliktir. Araçların uç kısımlarında yer alan boşlukların verimsizliğini önlemek neredeyse olanaksızdır. Ancak Londra Metrosun'da kapılar vagonların uç taraflarına yerleştirildiği için bu boşluklardan verimli şekilde yararlanılmaktadır. Vagon

boyutları ve yükleme düzeyine bağlı olarak bir vagonun yolcu kapasitesi denklem (5.1)'den hesaplanabilir. Çizelge 5.2 ve Şekil 5.1'de, kullanılan büyüklükler açıklanmaktadır.

$$C_c = \left[\frac{(L_c - 0,5L_a)W_c - 0,5D_n W_s D_w}{S_{sp}} \right] + N \left[\left(1 - \frac{S_a}{S_{sp}} \right) \left(\frac{L_c - L_a - D_n(D_w + 2S_b)}{S_w} \right) \right] \quad (5.1)$$

Çizelge 5.2 Vagonun kapasitesinin hesabına ilişkin değerler

sembol	tanım	sayısal değer	birim
C_c	Vagon kapasitesi		kişi/vagon
L_c	Vagon iç uzunluğu		m
L_a	Hafif raylı sistem vagonları için körük boyu		m
W_s	Basamak genişliği (yalnızca hafif raylı sistem vagonları için)		m
W_c	Vagon iç genişliği		m
S_{sp}	Ayakta duran yolcu başına alan	0,2 m ² - yoğun yükleme 0,3 m ² - en büyük yükleme 0,5 m ² - ayakta rahat yükleme	m ²
N	Oturma yeri düzenlemesi	Boyuna koltuklar için 2 2+1 enine koltuklar için 3 2+2 enine koltuklar için 4 2+3 enine koltuklar için 5	
S_a	Tekli koltuk alanı	Enine koltuklar için 0,5 m ² Boyuna koltuklar için 0,4 m ²	m ²
D_n	Giriş sayısı (kapı sayısı)		
D_w	Giriş genişliği		m
S_b	Tekli kapı koruma boşluğu	0,2 m ya da daha az	m
S_w	Koltuk işgal uzunluğu	Enine koltuklar için 0,69 m Boyuna koltuklar için 0,43 m	m

Yolcu alanları, kişi başına ya da birim vagon uzunluğuna gore tasarlanmalıdır. Yeni bir sistem tasarlanırken, daha rahat bir hizmet seviyesi sağlamak için zirve saatten daha yoğun durumlarda dahi, yolcu başına ortalama 0,5 m²'lik bir alan düşmesi gerekmektedir. Bu durumda tavsiye edilen yolcu alanları düzgün bir yüklemede, banliyo vagonları için adım başına 1,8 yolcu (metre başına 6 yolcu) ve daha dar olan hafif demiryolu vagonları için adım başına 1,5 yolcu (metre başına 5 yolcu) olarak kabul edilmektedir.

Bagaj, poşet, bebek arabası ve diğer nesnelere taşıyan yolcular, eşyasız yolculara gore daha fazla yer kaplamaktadır ve belli durumlarda tasarım için hesaba katılmalıdır. Tavsiye edilen en kuuk boşluk 0,3 m²'ye bir yolcu şeklinde olmalıdır. Bu durumda banliyo vagonlarında metre başına 8 yolcu, metro ve tramvay vagonlarında metre başına 7 yolcu düşmektedir.

6. İŞLETİM KONULARI

6.1 İşletim Payı (Tampon Süre)

$$t_{om} = h_{g_{sort}} - t_{l_{ort}} - 2*\sigma_{t_{l_{ort}}} - l_f \quad (6.1)$$

t_{om} = işletim payı

$h_{g_{sort}}$ = ortalama en küçük izleme süresi

$t_{l_{ort}}$ = istasyon duruş süresinin standart sapması

l_f = güvenli duruş süresi

İşletim payı geniş bir aralıkta değer alır. İşletim payının sistemle, teknolojiyle ve de yükleme düzeyiyle çok fazla ilişkisi yoktur.

6.1.1 İşletim Payı Hesabı

Mevcut raylı toplu taşıma sistemlerinin işletim payı ile diğer işletim bileşenleri arasında net bir ilişki bulunmasına karşın, terminalde bekleme süresi ve bu payın önemi göz ardı edilemez. En küçük izleme süresindeki kaçınılmaz düzensizlikler ve işletimdeki esneklik ihtiyacı düzenli bir işletim yapabilmek için olabilecek en büyük işletme payının kullanılmasını gerektirir. Önerilen işletim payını kullanmak tam bir ikilem yaratır. Fazlası kapasiteyi düşürür, azı ise düzensizlik yaratır ve yine kapasiteyi düşürebilir.

İşletim payı için bir aralık belirlenmesi önerilir. Kapasitesine çok yakın koşullarda işletilmeyen sistemlerde 35 s uygun bir süredir. En küçük izleme süresinin, bu düzeyde işletme payını engellediği sistemlerde, en küçük izleme süresiyle çakışma yaşanabileceği öngörülerek bu sürenin en küçük 10 saniye olması uygundur.

6.2 Durak Atlamak ve Ekspres Dizi İşletimi

Durak atlama (skip-stop) yöntemi Japonya, New York, Philadelphia ve yakın zamana kadar da Chicago'da kullanılmaktaydı. Bu sistem birçok yolcu için daha hızlı ulaşım sağlarken daha az dizi ve personel gerektirir. Durak atlama uygulaması kapasiteyi artırmaz çünkü, her dizinin durmak zorunda olduğu en büyük yükleme noktasındaki istasyon duruş süresi kapasiteyi kısıtlayıcı unsur olarak karşımıza çıkar. Belirli istasyonlarda A ve B türündeki dizileri arasında aktarma yapan ekstra yolcular bekleme sürelerini arttırdıkları için kapasite bir miktar azalabilir. Durak atlama uygulaması, yolcuların istasyonda bekleme süresinin, en küçük izleme süresinin iki katından daha kısa olması halinde uygulanabilir.

6.3 Diğer İstasyon Kısıtları

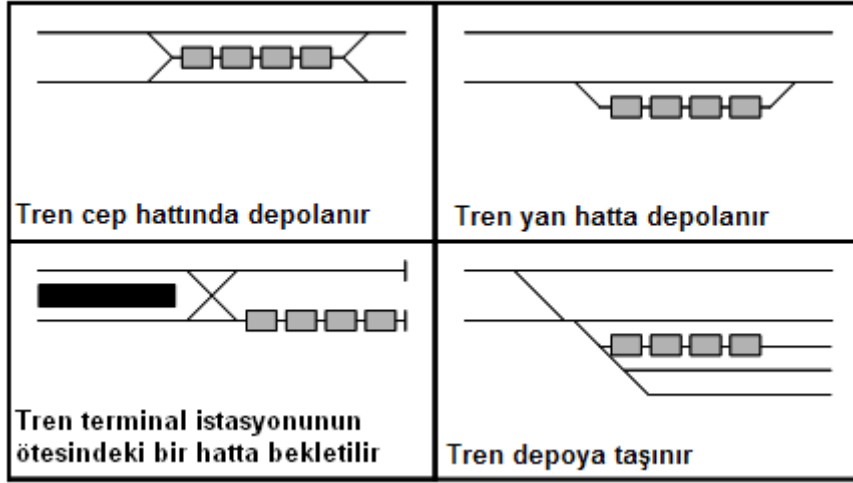
Kötü yer seçimi, diğer ulaşım türlerine aktarmanın rahatlıkla yapılamaması, yetersiz ve uygunsuz yerleştirilmiş park et ve bin sistemleri yolcu talebini olumsuz etkiler. Raylı sistem hatlarının kapasitesini etkileyen diğer bir etken yolcuların platformdan ayrılma hızıdır. Yolcuların istasyona ulaşmasını zorlaştıran yetersizlikler de kapasiteyi etkilemese de talebi azaltıcı etki yapar.

6.4 Arızalı Diziler

Bir dizi hizmet dışı kalırsa, dizinin bir an önce ana hattan çekilmesi gerekir. Arızalanma olayı iki hatlı işletmede olursa dizi, geçici olarak, uygun bir kesime çekilir. Dizi büyük olasılıkla normal hızıyla hareket edemeyeceğinden, onu takip eden diziler ona yetişecek ve gecikmeler ortaya çıkacaktır. Arızalı olan dizi hatta ne kadar uzun süre kalırsa, arkadan gelen dizilerde meydana gelen gecikmeler o kadar artacaktır. Çünkü arızalı dizi ilk olarak onu takip eden dizide gecikmeye sebep olacaktır, sinyal bloklarını uzun süre işgal edecek, en küçük dizi izleme sürelerinde artışlar olacak ve hat kapasitesi azalacaktır. En küçük dizi izleme sürelerinin artması durumunda, seferler arasında platformlarda çok sayıda yolcu toplanacak, yolcu bekleme süreleri artacak ve ciddi bir kargaşa oluşacaktır. Arızalı dizideki yolcular en kısa sürede tahliye edilmelidir. Durakta bekleyen diğer yolcularla arızalı diziden gelen yolcular durakta bir araya geleceğinden, ve platformun bu durumu kaldıracak şekilde tasarlanmış olması gerekmektedir. Sonuç olarak bir sistem kapasitesine yakın koşullarda çalışırken meydana gelen herhangi bir gecikme durumunda, dizinin terminaldeki bekleme süresinden kullanır ve ters yöndeki seferlerde gecikmelere sebep olabilir. Tahmin edileceği gibi bozulan bir dizi hemen gecikmelere yol açıp duraklarda uzun sürede eriyebilecek bir kalabalık yaratabilir.

Şekil 6.1 bozulan dizilerin sakıncalarını ortadan kaldıracak şekilde, dizilerin yerleşimi için sistem tasarımını göstermektedir. Diziler ana hatta doğrudan bağlı bir cebe alınabilir, yalnızca bir yönde erişilebilen ara istasyona çekilebilir yada terminal istasyonunun ilerisindeki bir depolama hattında bekletilebilir. Eğer istasyon dizinin manevra yapmasına uygunsa, dizi hattın tamamen uzaklaştırılabilir. Son olarak bir dizi bu barınma yerinden veya duraklarda gecikmeyi önleme amaçlı olarak bir makastan geriye döndürülebilir. Diziler kısa dönüşler için zaman çizelgesinin sınırları çerçevesinde, zaman çizelgesine uyacak şekilde makasları

kullanabilirler. Ters yönde birbirini izleyen diziler arasındaki boşluk doldurulur, bekleme süreleri azaltılır ve bir sonraki istasyonda yolcuların bekleme sürelerinin uzatılması pahasına, diziler kısa dönüş hareketi yapabilir.



Şekil 6.1 Arızalı dizilerin yerleşimi için sistem tasarım özellikleri

Barınma (depolama) hatlarının ve makasların inşası maliyeti arttırır, ama bir dizi arızalandığında meydana gelebilecek gecikmeleri önlemek için bu tesislere gereksinim vardır. Fiziksel kısıtlamalar, hatlar yükseltildiğinde veya yeraltına alındığında dikkate alınması gereken önemli bir etkidir. Bir dizi arızalandığında, dizi izleme süresi ve hat kapasitesi uzmanlar tarafından hesaplanır. Arızalı dizinin hızı tahmin edilerek, artan izleme süresine bağlı olarak artan istasyon duruş süreleri ve istasyonlardaki yolcu yoğunlukları hesaplanır.

6.4.1 Hat Bakım ve Onarımı

Çoğu demiryolu sistemi düzenli bir bakım onarımdan geçmek zorunda olduğu için 24 saat işletilemez. Fakat bazı bakım faaliyetleri uzun sürebilir ve hat 24 saat çalışmak zorunda kalabilir. Seferden kaldırılan dizilerin yolcuları için alternatif yollar bulunmalıdır.

Eğer yolcu talebi düşük ise ve mevcut sinyalizasyon sistemi izin veriyorsa, bakım nedeniyle hatlardan birinin kapalı olduğu bölgede tek hat işletmeciliği yapılabilir. Fakat her iki yöndeki kapasite bu durumda azalacaktır.

Eğer tek hat işletimi yolcu istemlerini karşılamada yetersiz kalıyorsa, başka bir seçenekte otobüs aktarmalarıdır. Bu durumda diziler her iki hattın geriye dönebilir ve yolcuların dizinin geçişi içinde bir noktaya ulaşmasını sağlamak için otobüslere aktarılması gerekir

6.4.2 Özel Günler

Spor karşılaşmaları, konserler, festivaller kısa bir zaman aralığında büyük bir yolcu talebi oluşmasını neden olmaktadır. Yolcular gecikme veya kalabalık oluşmasını istemezler; raylı sistem yönetimi, yedek dizi bulundurarak biriken kalabalığı kısa sürede festival veya konser yerine yetiştirenk önlemleri almalıdır. Örneğin ABD San Diego'da Qualcomm Stadyumu istasyonunda böyle durumlar için 18 dizi muhafaza edilmekte ve diziler 5, 4 veya 3 diziden oluşmaktadır.

Aşırı yoğun olan durumlarda yönetim biçimi önemli bir konudur. Güvenlik personeli, yolcuları raylardan uzaklaştırıp, kalabalıkta kargaşayı önleyecek şekilde platformu düzenlemelidir. Bilet satışlarını önceden yaparak veya seyyar bilet satışı yaparak bilet makineleri önündeki gecikme nlenebilir. Platformlar zel organizasyonlardaki kalabalığı dikkate alacak şekilde boyutlandırılmalı, alan kısıtlaması olduğu durumlarda ise yolcuların sıraya girebileceği geçici alanlar oluşturulmalıdır.

İstem yönetimi kriterleri, spor karşılaşmalarında kalabalığı önlemek için kullanılabilir. Safeco bölgesinde Seattle Mariners ma bitimlerinde izleyicilerin bir anda stadı boşaltmasını önlemek için küçük yarışmalar, seramoniler düzenlemektedir. Böylece anlık yoğunluk ve kargaşa önlenmektedir.

7. METRO HATLARININ KAPASİTE HESABINA İLİŞKİN TANIMLAMALAR

Kesişmelerin ve geri dönüşlerin kapasite kısıtı oluşturmadığı durumlarda, istasyonda yaklaşma ve istasyonda duruş sürelerinin birleşimi bir kısıt oluşturacaktır. Kesişim ve geri dönüşlerin kısıt oluşturduğu durumlarda dizi trafiği kapasitenin üzerine çıktığı zaman, atılması gereken ilk adım, tasarım ve işletme uygulamalarında değişiklik yaparak, bu kısıtlamaları ortadan kaldırmak olmalıdır. Genelde, en yüksek yolcu yoğunluğuna sahip istasyonda yaklaşma, duruş ve işletim payı süreleri kapasite için belirleyici olacaktır. Kapasite hesaplama yöntemleri belirlenirken, en büyük yükleme istasyonuna dizinin yaklaşma süresi, istasyon duruş süresi, uygun işletim payı, 15 dk'lık zirve sürede yolcu yüklemeleri ve zirve saat etkeni gibi bileşenler kullanılır.

7.1 Adım 1: En büyük Yükleme İstasyonlarının Tanımlanması

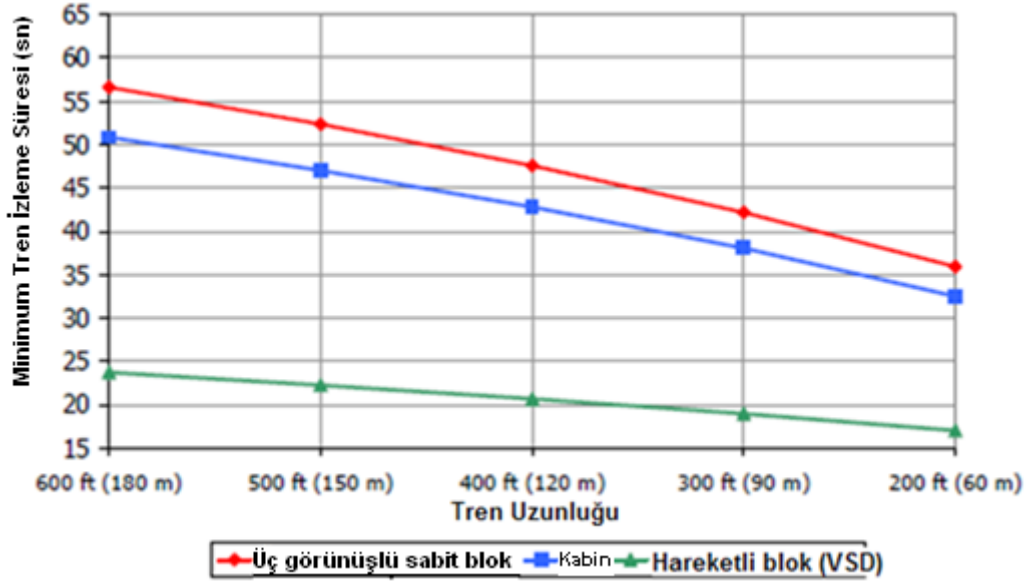
En büyük yükleme istasyonları, başlıca şehir merkezi istasyonları ile iki veya daha fazla demiryolu raylı sistem hattının kesiştiği istasyonlardır.

Bölgesel toplu taşıma modelleri, genellikle yolculukların başlangıç ve bitiş yönlerinde, istasyonlardaki tek bir yöndeki düzenli yolcu sayılarını ortaya koyacaktır. Bu veriler genellikle iki saatlik zirve süre, bir saatlik zirve süre ve seyrekte olsa 15 dk'lık sürelerden oluşmaktadır.

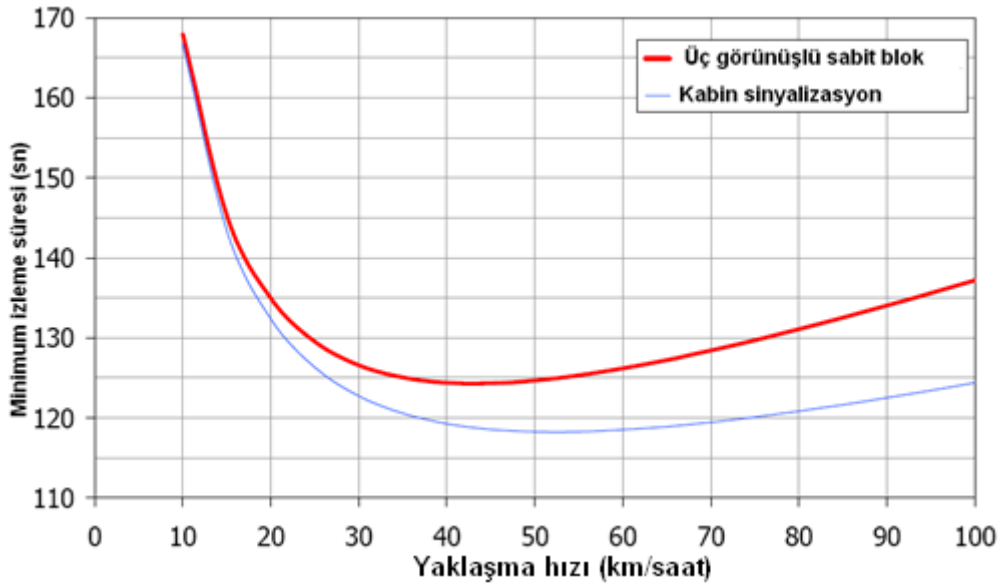
7.2 Adım 2: Kontrol Sistemlerindeki Diziler Arası En küçük Duruş Uzunluğunun Tanımlanması

Bu adımda diziler arası en küçük duruş uzunluğunun, aşağıdaki üç tipte dizi kontrol sistemi için tanımlanır (Şekil 7.1-7.7):

1. Üç görünüşlü sabit blok sinyalizasyon sistemi
2. Çoklu görünüşlü kabin sinyalizasyon sistemi
3. Hareketli blok sinyalizasyon sistemi



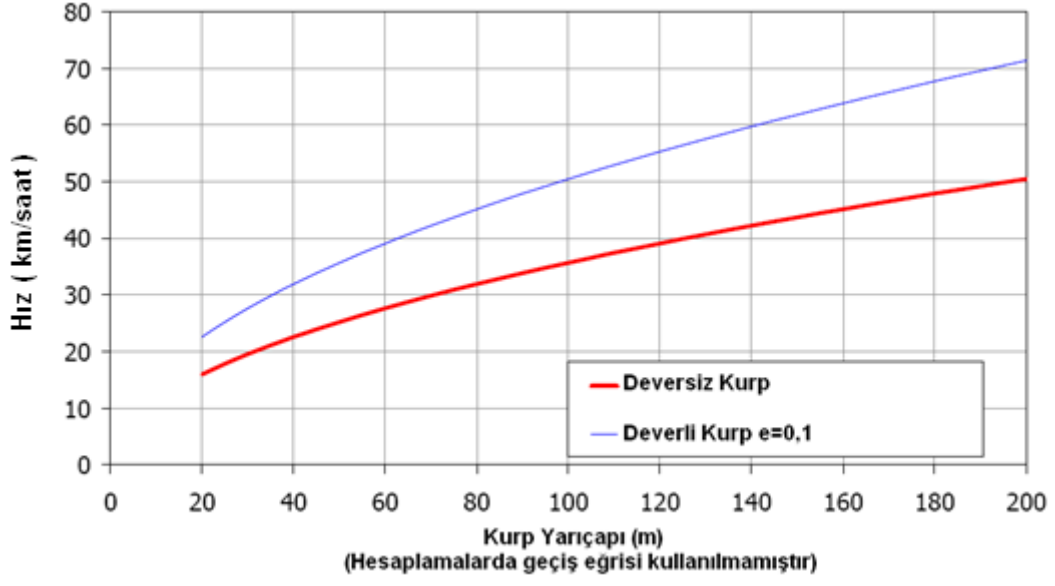
Şekil 7.1 Dizi uzunluğuna göre diziler arası en küçük duruş uzunluğu



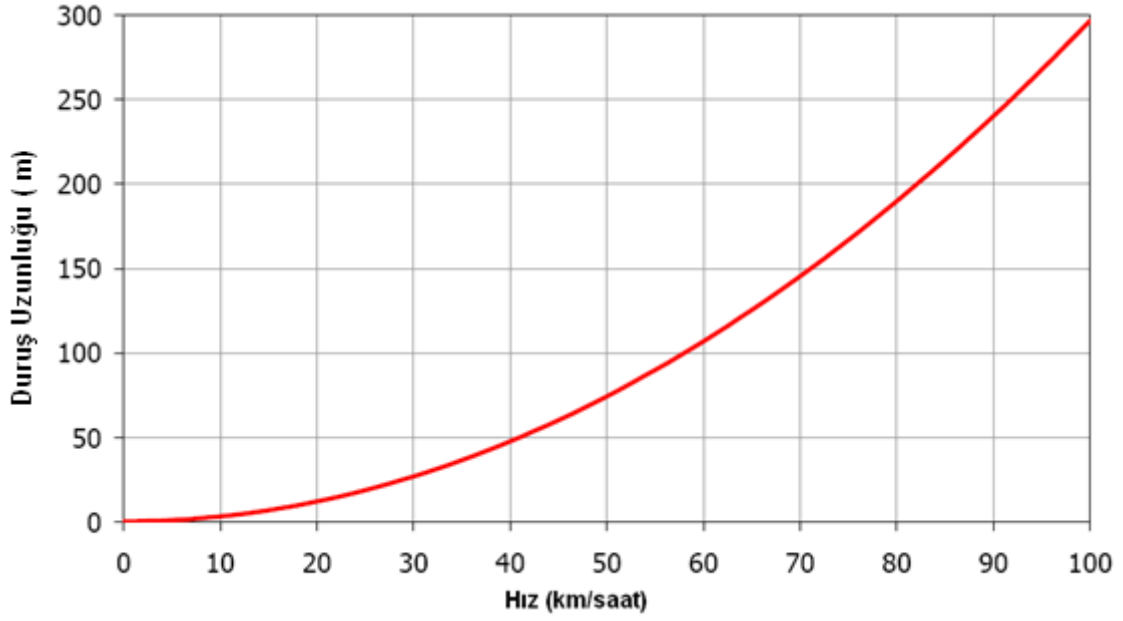
İstasyon duruş süresi = 45 s

İşletim payı = 20 s

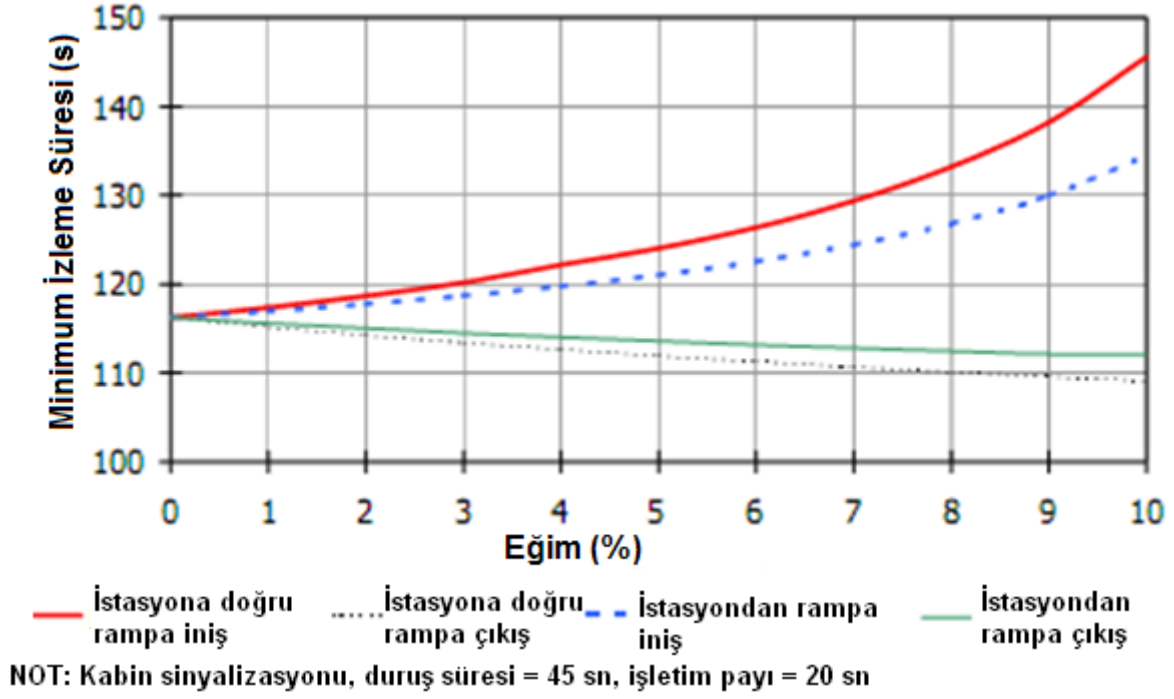
Şekil 7.2 Kapasitesinde çalışan hatlar için istasyondaki en küçük izleme süreleri



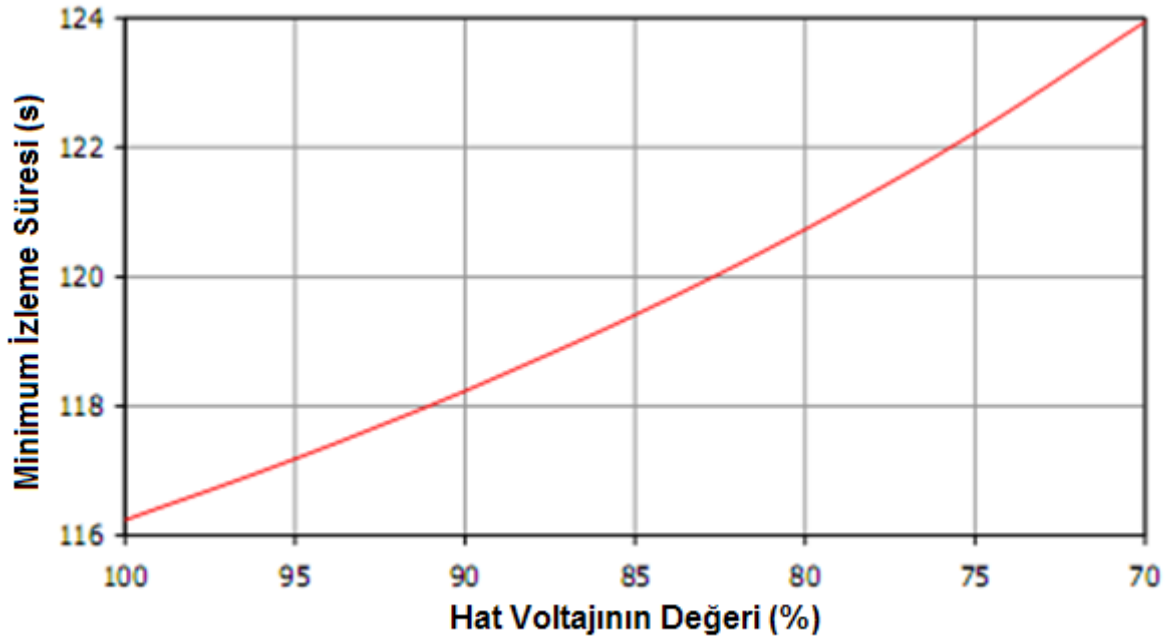
Şekil 7.3 Kurplarda en büyük hız limitleri



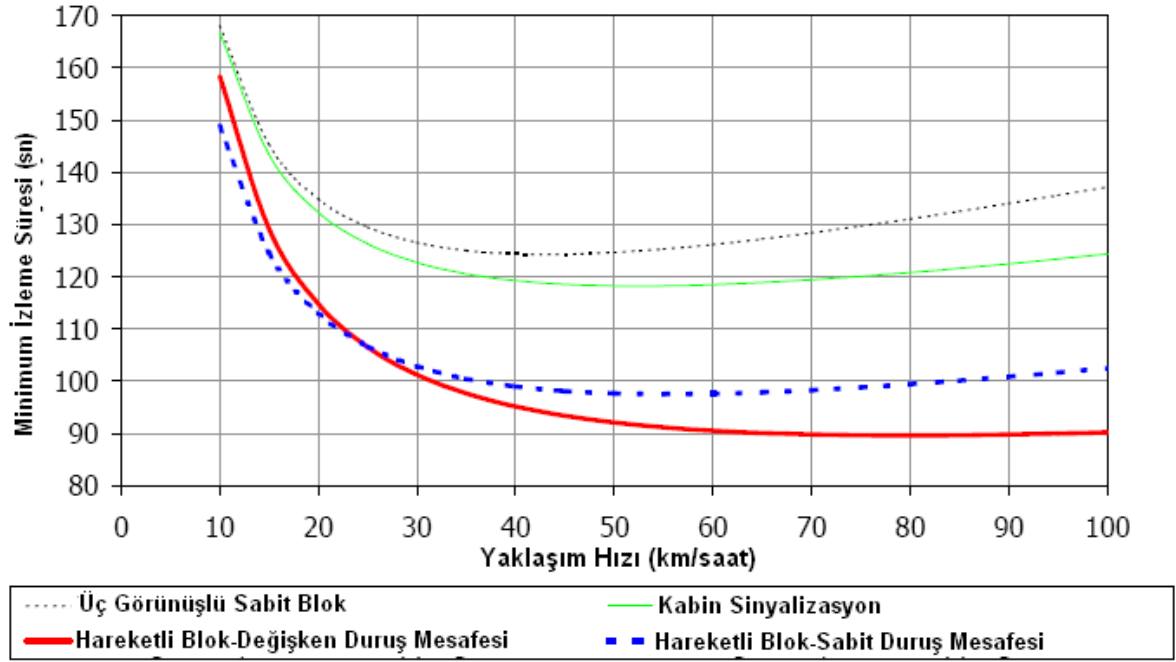
Şekil 7.4 Hız - Duruş uzunluğu



Şekil 7.5 İstasyondaki eğimlerin en küçük izleme süresine etkileri



Şekil 7.6 Voltaj değişimi ile en küçük izleme süresi arasındaki ilişki



Not: İstasyon duruş süresi: 45 s, işletim payı = 20 s

Şekil 7.7 İstasyonda en küçük izleme sürelerinin geleneksel sabit blok sistemler ile hareketli blok sistemleri için karşılaştırılması

7.3 Adım 3: İstasyon Duruş Sürelerinin Tanımlanması

İstasyon duruş süreleri kesin bir değer ile tanımlanamaz. Yapılan simülasyonlarda tipik değerler kullanılarak, küçük istasyonlarda 15-20 s, büyük istasyonlarda 30-45 s'lik duruş süreleri gözlenmiştir. İstasyon duruş süreleri tanımlanırken ana bileşenler aşağıdaki başlıklar altında toplanmıştır:

- Kapılardaki yolcu akışı yoğunluğu
- Kapıların açık kalma süresi
- Kalkış için geçen süre (kapı tamamen kapanacak)

7.4 Adım 4: İşletim Payının Belirlenmesi

İstem bilinmiyorsa ve geleceğe yönelik uzun vadeli belirsizlik durumlarında, bir raylı sistem hattı planlanırken ve en büyük kapasiteye ulaşmak için 25 s'lik işletim payı kullanılır.

7.5 Adım 5: Yolcu Yükleme Seviyesinin Seçilmesi

Birim uzunluk başına düşen yolcu sayısı tavsiye edilen yöntemdir. Yükleme seviyeleri belirlenirken, 15 dk'lık zirve saat verileri kullanılmıştır. Yeni sistemlerde yüksek kalitede hizmet sunulmaya çalışılsa da, tavsiye edilen yaklaşım ortalama konfora sahip bir hizmet sunulmasıdır, bu da yeni raylı toplu taşıma sistemlerinde 2 yolcu/m²'dir. Doğrusal yükleme söz konusu olduğunda ise, metro için 6 yolcu/metre, hafif raylı sistem (LRT) için 5 yolcu/m olarak tavsiye edilir.

8. AKSARAY – HAVALİMANI METRO HATTI (M1) ve ABB ARACINA İLİŞKİN TANIMLAMALAR

8.1 Hatta Kullanılan ABB Dizileri ve Hattın İşletimine İlişkin Bilgiler

Aksaray-Havalimanı: 20 km

Dizi Sayısı: 78 adet (ABB aracı)

Ray Açıklığı: 1435 mm

En Büyük Dever: 140 mm

En Küçük Yarıçap: 100m (Depo yolunda) - Hatta 180m – Depoda 30 m

En Büyük Eğim: ‰ 5,3

İstasyon Sayısı: 18 Adet

İstasyonlar Arası Uzaklık (ort.): 1.000 m

Peron Uzunluğu: 100 m

Raydan Peron Yüksekliği: 0,88 – 0,92 m

Depo Alanı: 75.000 m²

Atölye Alanı: 10.000 m²

Depo Kapasitesi: 140 Dizi

Sefer Sıklılığı: Değişken

Günlük Sefer Sayısı: 416

Sefer Süresi: 32 dk

Kuplaj bağlantı uzunluğu: 23500 mm

Demir kanca uzunluğu: 23200 mm

Boji merkezleri arasındaki uzaklık: 8000 mm

En büyük vagon genişliği: 2650 mm

Vagonun Yüksekliği (yüksüz, yeni tekerlekli)

Raydan çatıya kadar: 3360 mm

Raydan, indirilmiş pantografa kadar: 3730 mm

Raydan, yolcu kabin zeminine kadar: 920 mm

Tavanla, taban arasındaki yükseklik: 2100 mm

Kapı yüksekliği: 2000 mm

Kapı genişliği: 1400 mm

Tekerlek Çapı

Yeni: 680 mm

Aşınmış: 600 mm

Vagonların Performans Bilgileri

En büyük hız: 80 km/sa

En büyük hızlanma ivmesi: 0,7 m/s²

En büyük yavaşlama ivmesi: 1,1 m/s²

En büyük titreşim değeri: 1 m/s³

Elektrik Sistemi Bilgileri

Nominal hat gerilimi: 750V DC

En büyük hat gerilimi: 900V DC

En küçük hat gerilimi: 500V DC

Motor gücü: 4x75 kW

Hatta işletilen toplam vagon sayısı: 78 vagon

Taşıma Kapasitesi: 9.704 yolcu/sa (tek yönde)

Ticari hız: 36 km/sa

İstasyon Yapıları:

6 Adet Tünel:

Aksaray, Emniyet-Fatih, Topkapı-Ulubatlı, Bakırköy-İncirli, Bahçelievler, Havalimanı,

3 Adet Viyadük:

Davutpaşa, Merter, DTM-İstanbul Fuar Merkezi

9 Adet Hemzemin:

Bayrampaşa-Maltepe, Sağmalcılar, Kartaltepe-Kocatepe, Otogar, Esenler, Terazidere,

Zeytinburnu, Ataköy-Şirinevler, Yenibosna

Dizi Tasarım Kavramları

Makinist kabinli vagonlar MD, makinist kabinsiz vagonlar M olarak adlandırılır. MD vagonlar makinist için gerekli olan tüm kontrol sistemini içerirler. Vagonlar aşağıdaki gibi dizilirler.

- MD+MD+MD+MD
- MD+MD+M+MD
- MD+M+M+MD
- MD+MD+MD

- MD+M+MD
- MD+MD

Bir metro aracı, üç boji altı dingilli mafsallı bir ünedir. İlk ve son bojilerin her biri iki adet cer motoru ile işletilir. Orta bojilerde motor bulunmaz. Tüm dingillerde ters yay fren silindirlerinin pnömatik olarak kontrol edildiği disk frenleri vardır. Her bir disk fren, aksların üzerine monte edilmiştir. Tahrik sistemi doğru akım motorları ile sağlanır.

9. AKSARAY - HAVALİMANI METRO HATTINA (M1) İLİŞKİN YOLCULUK VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

9.1 2008 Kasım Ayı Verilerinden Elde Edilen Yolculuk Hareketleri

Bu bölümde Aksaray-Havalimanı yönünde sabah, öğle ve akşam zirve saatlerde istasyondaki yolcu biniş ve iniş sayıları verilmektedir. Bu verilerden hangi istasyonlarda yolcu hareketlerinin yoğun olduğu ve hangi istasyonların en büyük yükleme istasyonu olduğu konularında bilgi edinilebilir.

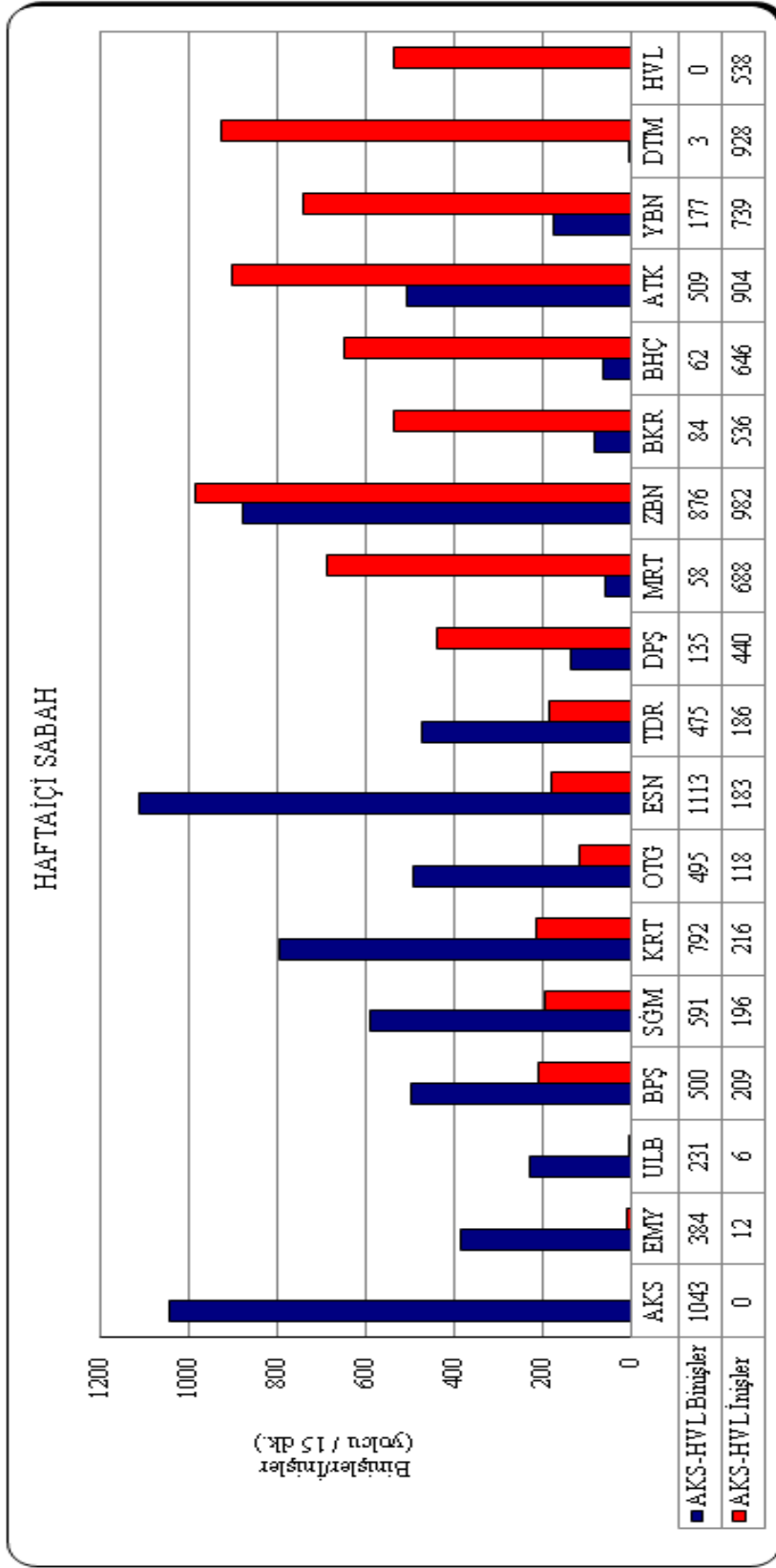
Yolcu biniş ve iniş sayılarından kümülatif yolcu sayıları belirlenerek, istasyon kesimlerindeki net yolcu yükleri hesaplanır.

Şekil 9.1, 9.4 ve 9.7'de yönlerine göre istasyonlardaki yolcu hareketleri ve en büyük yükleme istasyonları görülmektedir. Şekil 9.2, 9.5 ve 9.8'de kümülatif biniş ve iniş hareketleri görülmektedir. Şekil 9.3, 9.6 ve 9.9'da kümülatif yolcu hareketlerinden elde edilen, kesimlerdeki net yolcu sayıları verilmektedir.

Yolculuk verilerinin elde edildiği kaynaklar:

1. Anketler,
2. Kamera sayımları,
3. Akbil kayıtları,

Akbil verileri değerlendirilerek günde 2 defa aynı hattı kullanan yolcuların hareket yönleri %27 - %33 doğrulukla belirlenmiş ve genele uygulanmıştır. (Bilgiler İstanbul Ulaşım A.Ş. işletme biriminden alınmıştır).



Şekil 9.1 Hafta içi sabah zirvesinde Aksaray-Havalimanı yönünde istasyondaki binışler ve inişler

Şekil 9.1'de Aksaray, Esenler, Zeytinburnu istasyonlarında binişlerin, Zeytinburnu, Ataköy ve Dtm istasyonlarında da inişlerin yoğun olduğu görülmektedir. Zeytinburnu istasyonu iniş ve binişlerin en yoğun olduğu istasyondur. Şekil 9.2'de Aksaray-Havalimanı yönünde kümülatif binişlerden, kümülatif inişler çıkarılarak net yolcu yükü bulunur. Şekil 9.1'de,

AKS: Aksaray

EMY: Emniyet

ULB: Ulubatlı

BPŞ: Bayrampaşa

SĞM: Sağmalcılar

KRT: Kartaltepe

OTG: Otagar

ESN: Esenler

TDR: Terazidere

DPŞ: Davutpaşa

MRT: Merter

ZBN: Zeytinburnu

BKR: Bakırköy

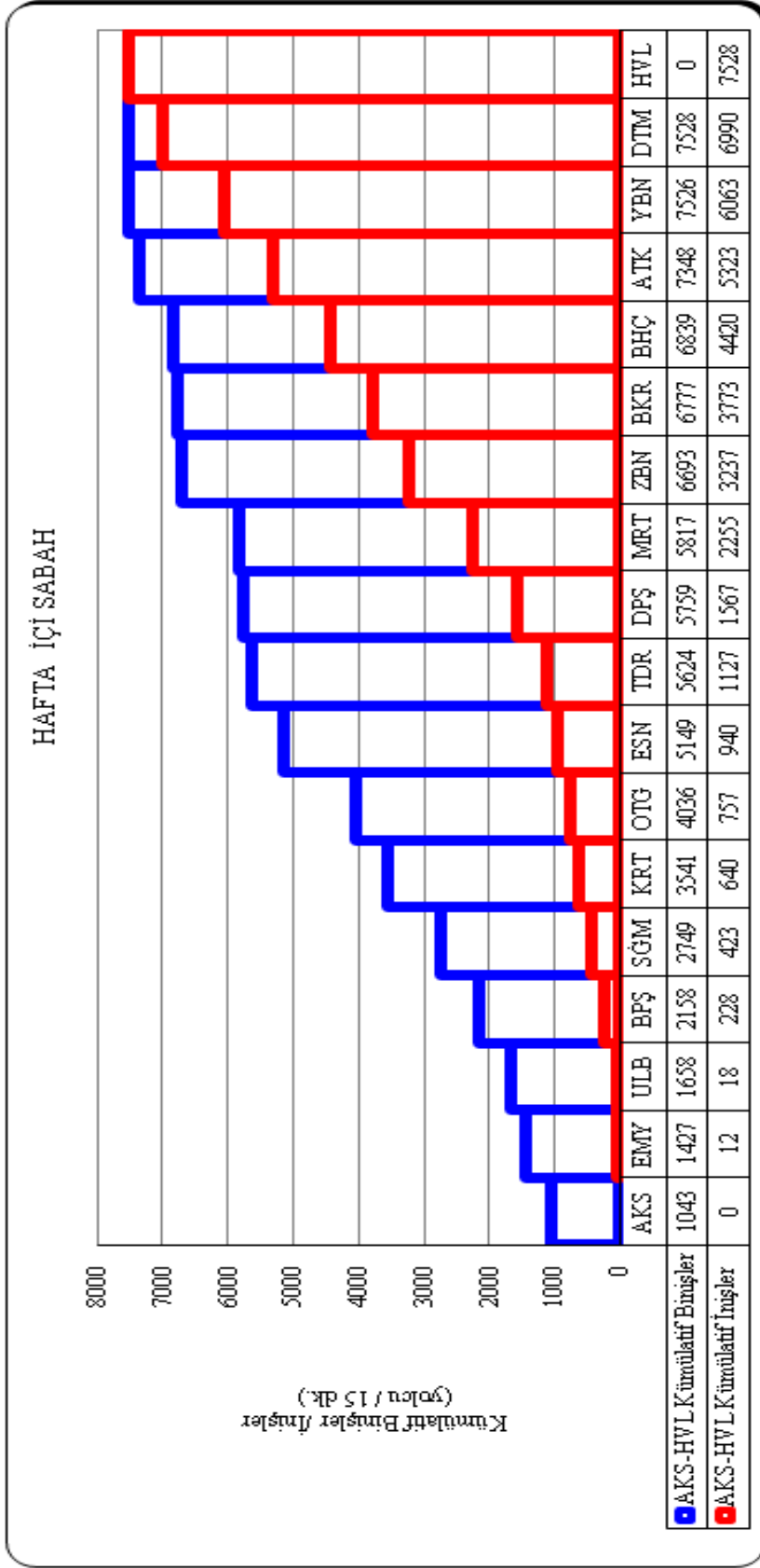
BHÇ: Bahçelievler

ATK: Ataköy

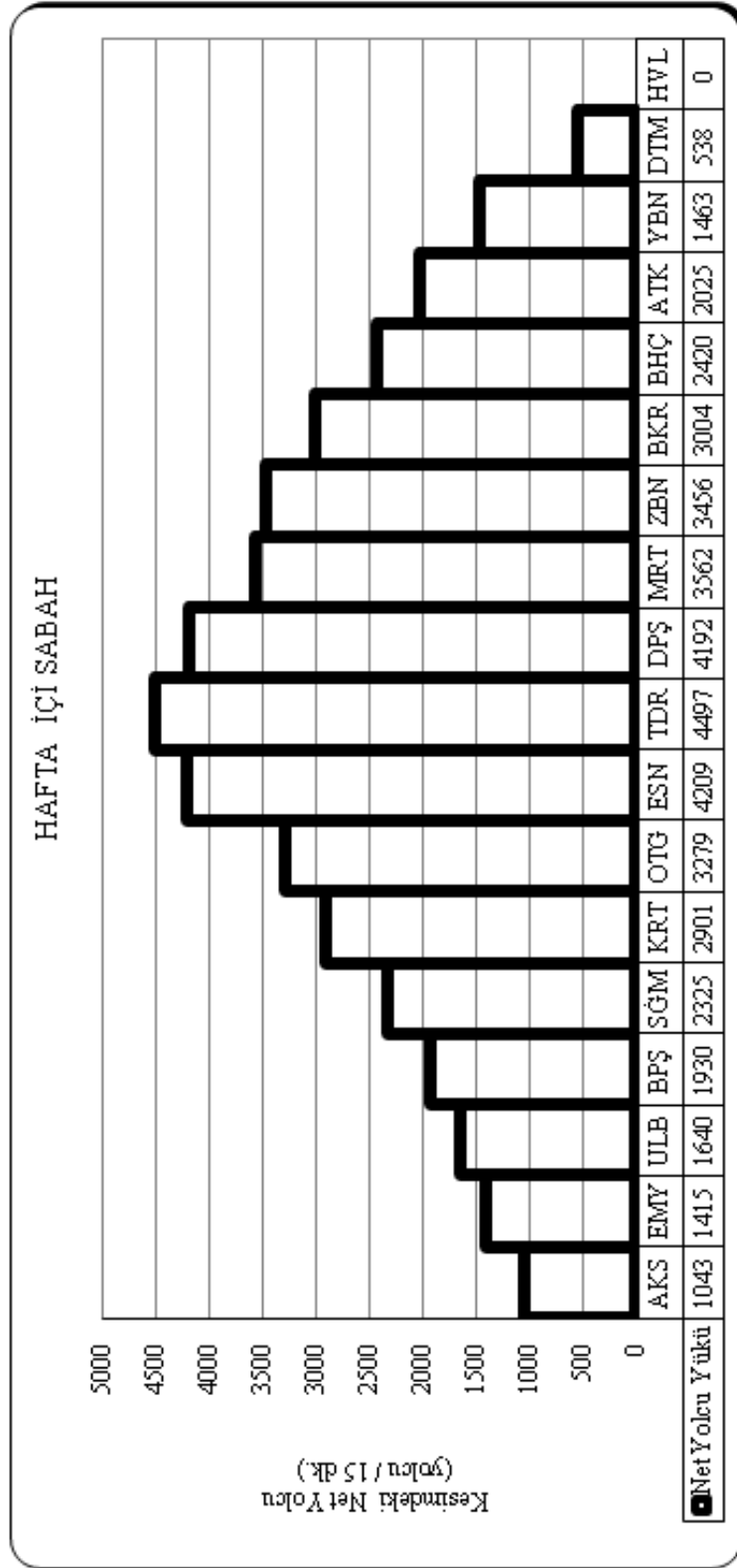
YBN: Yenibosna

DTM: Dünya Ticaret Merkezi

HVL: Havalimanı

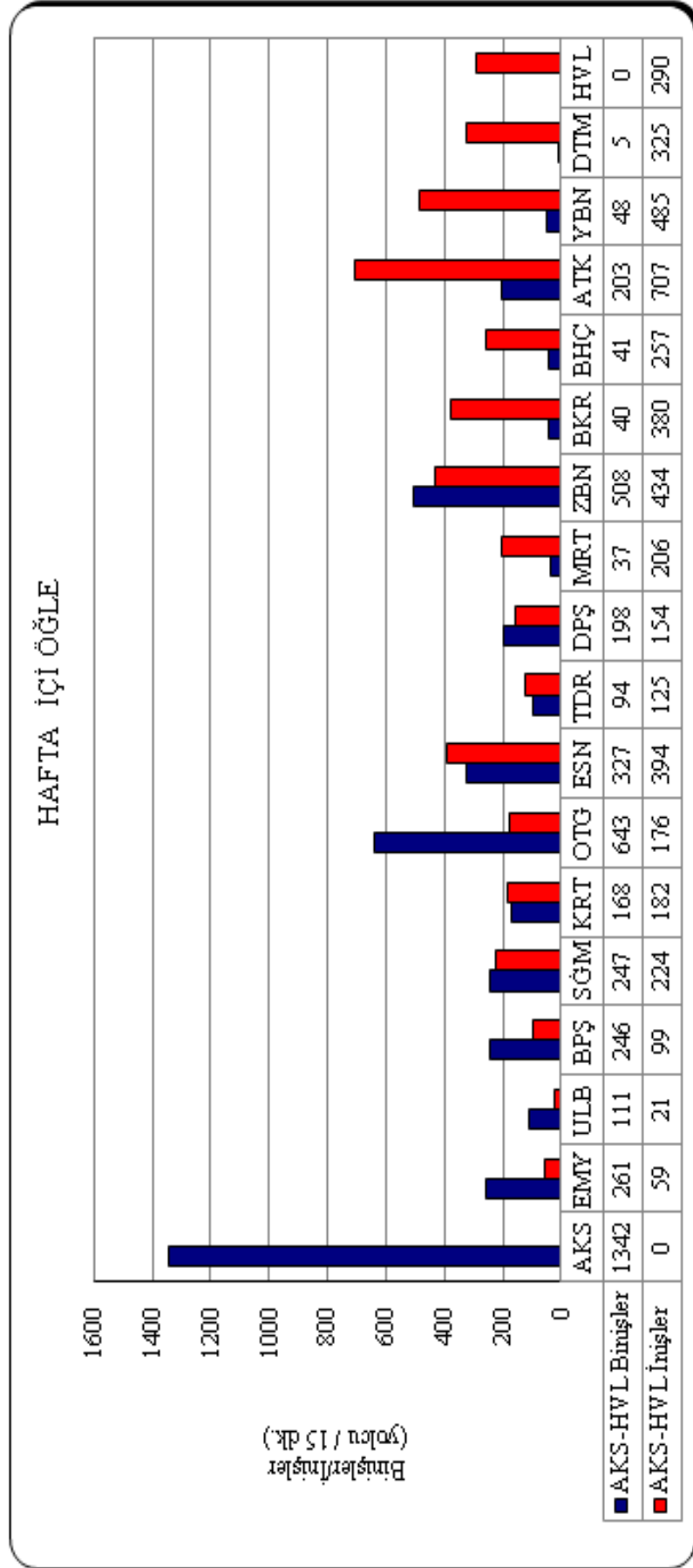


Şekil 9.2 Hafta içi sabah zirvesinde Aksaray- Havalimanı yönünde kümülatif binışler ve inışler



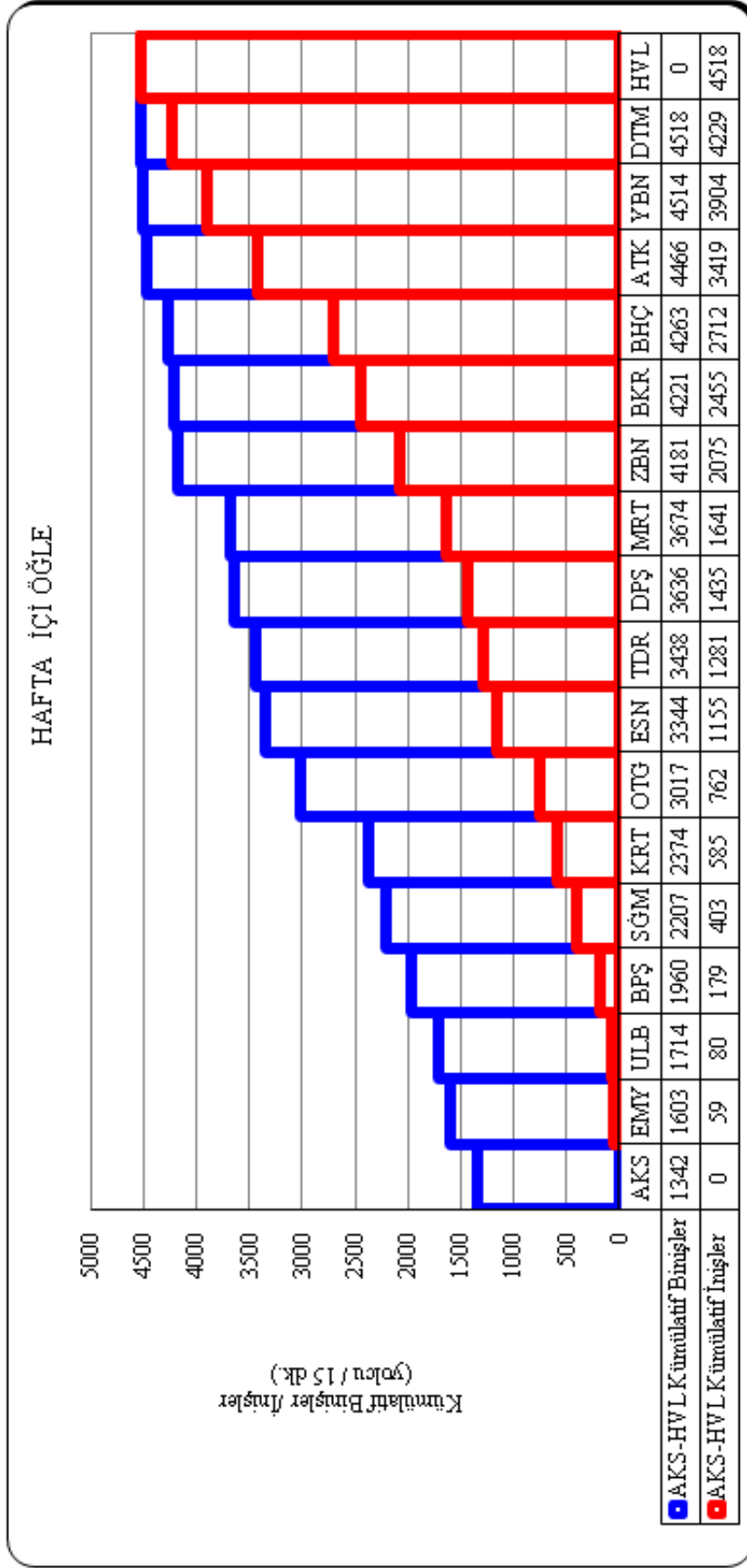
Şekil 9.3 Kümülatif binişler ve inişler farkları, kesim yükleri

Şekil 9.3'te TDR-DPŞ durakları arasındaki kesimin, en büyük yolcu yükü bulunan kesim olduğu görülmektedir.

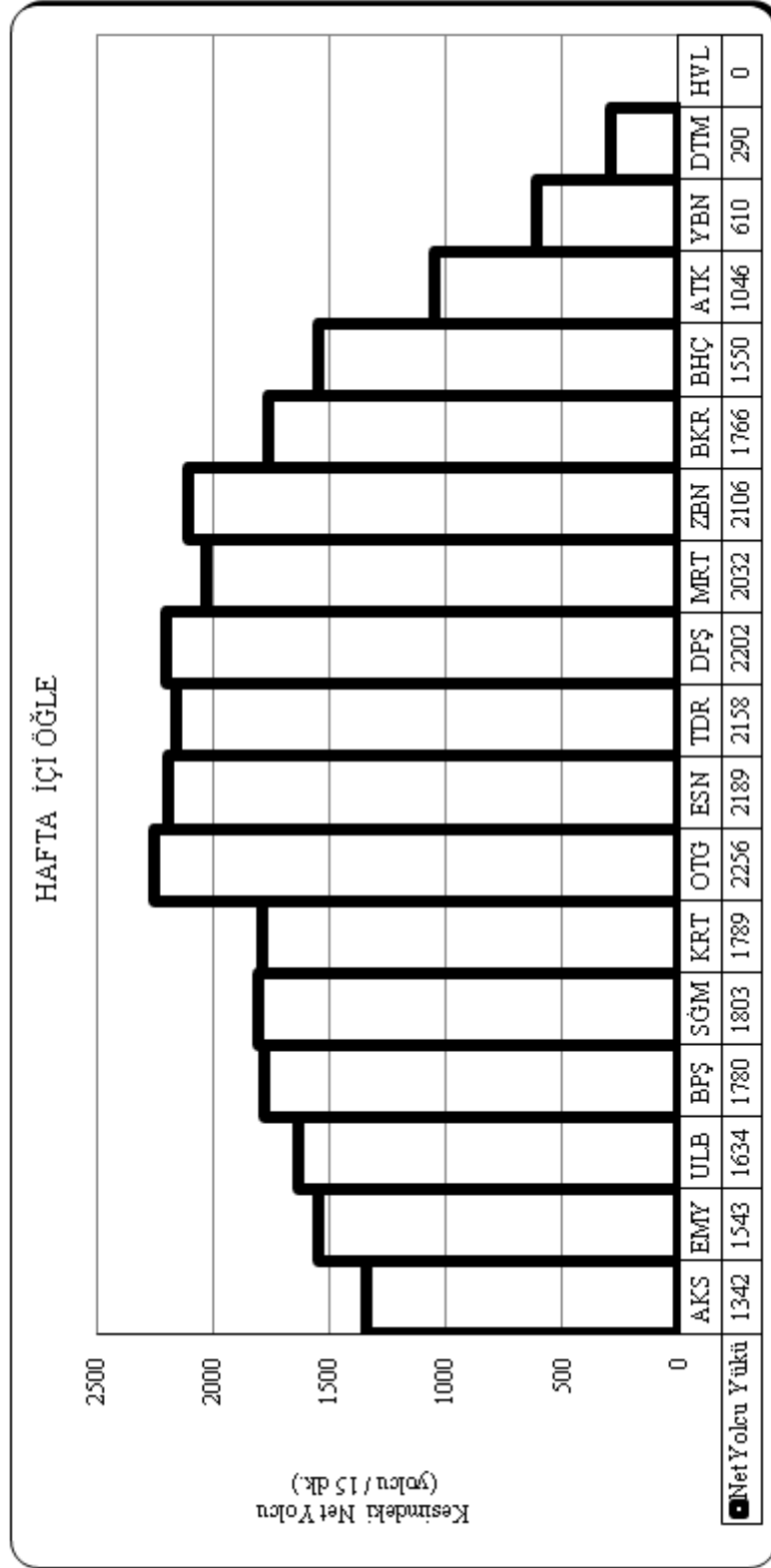


Şekil 9.4 Hafta içi öğle zirvesinde Aksaray-Havalimanı yönünde istasyondaki binişler ve inişler

Şekil 9.4'teki öğle yolcu hareketlerinden yola çıkarak Aksaray istasyonunda binişlerin, Ataköy istasyonunda da inişlerin yoğun olduğu görünmektedir. Şekil 9.5'te Aksaray-Havalimanı yönünde kümülatif binişlerden, kümülatif inişler çıkarılarak net yolcu yükü bulunur.

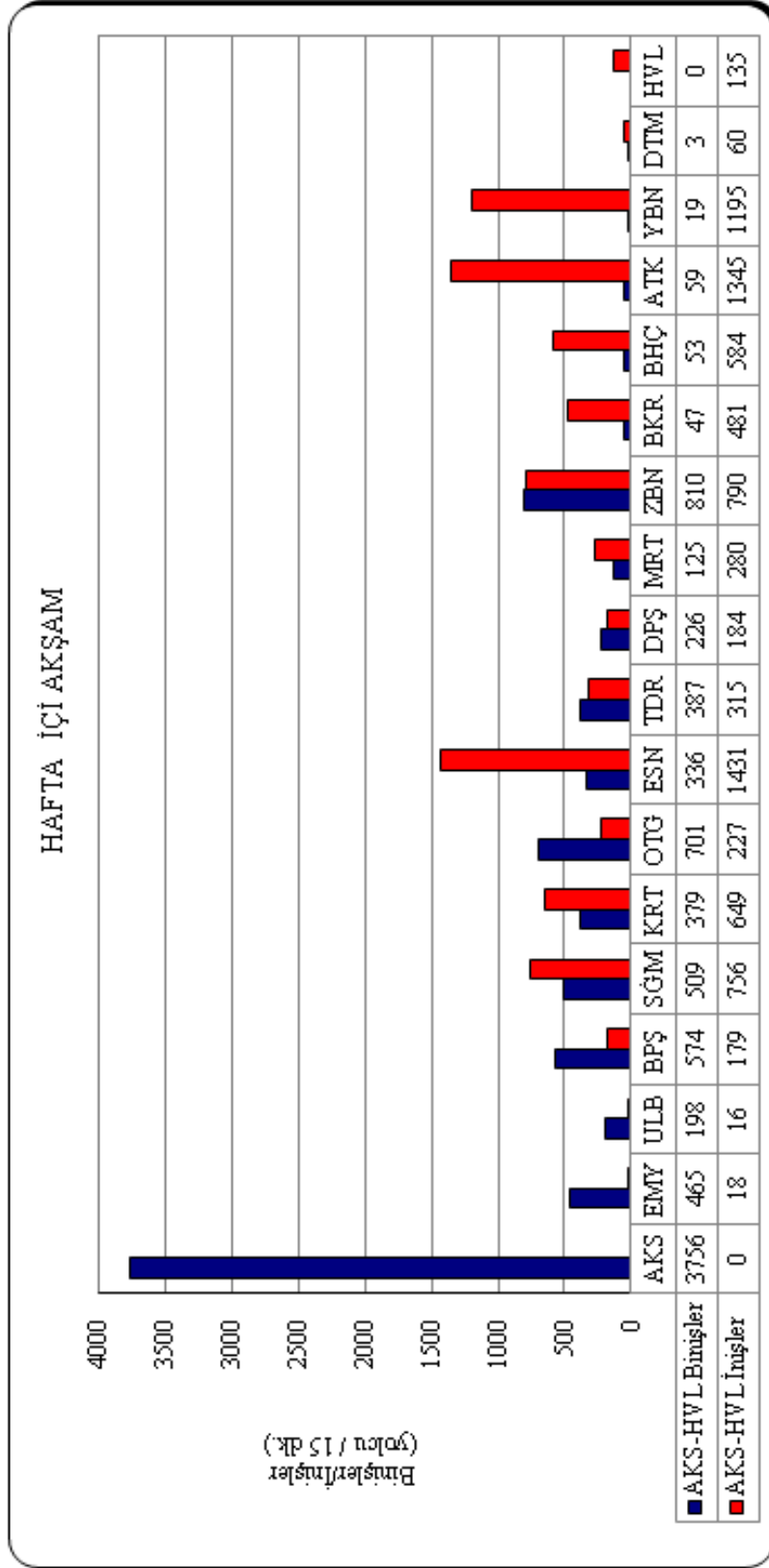


Şekil 9.5 Hafta içi öğle zirvesinde Aksaray- Havalimanı yönünde kümülatif binışler ve inişler



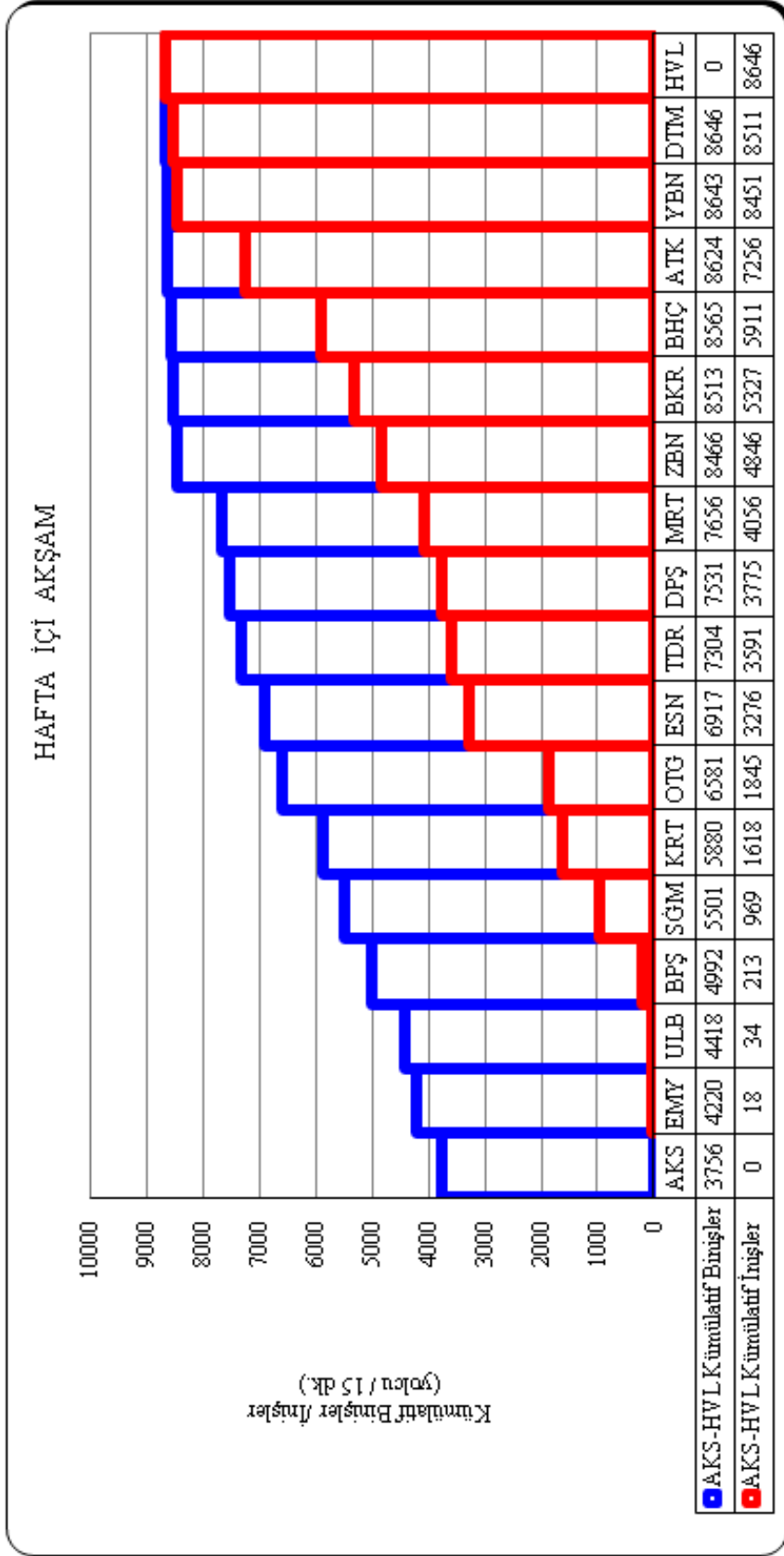
Şekil 9.6 Kümülatif binişler ve inişler farkları, kesim yükleri

Şekil 9.6'da OTG- ESN durakları arasındaki kesimin, en büyük yolcu yükü bulunan kesim olduğu görülmektedir.

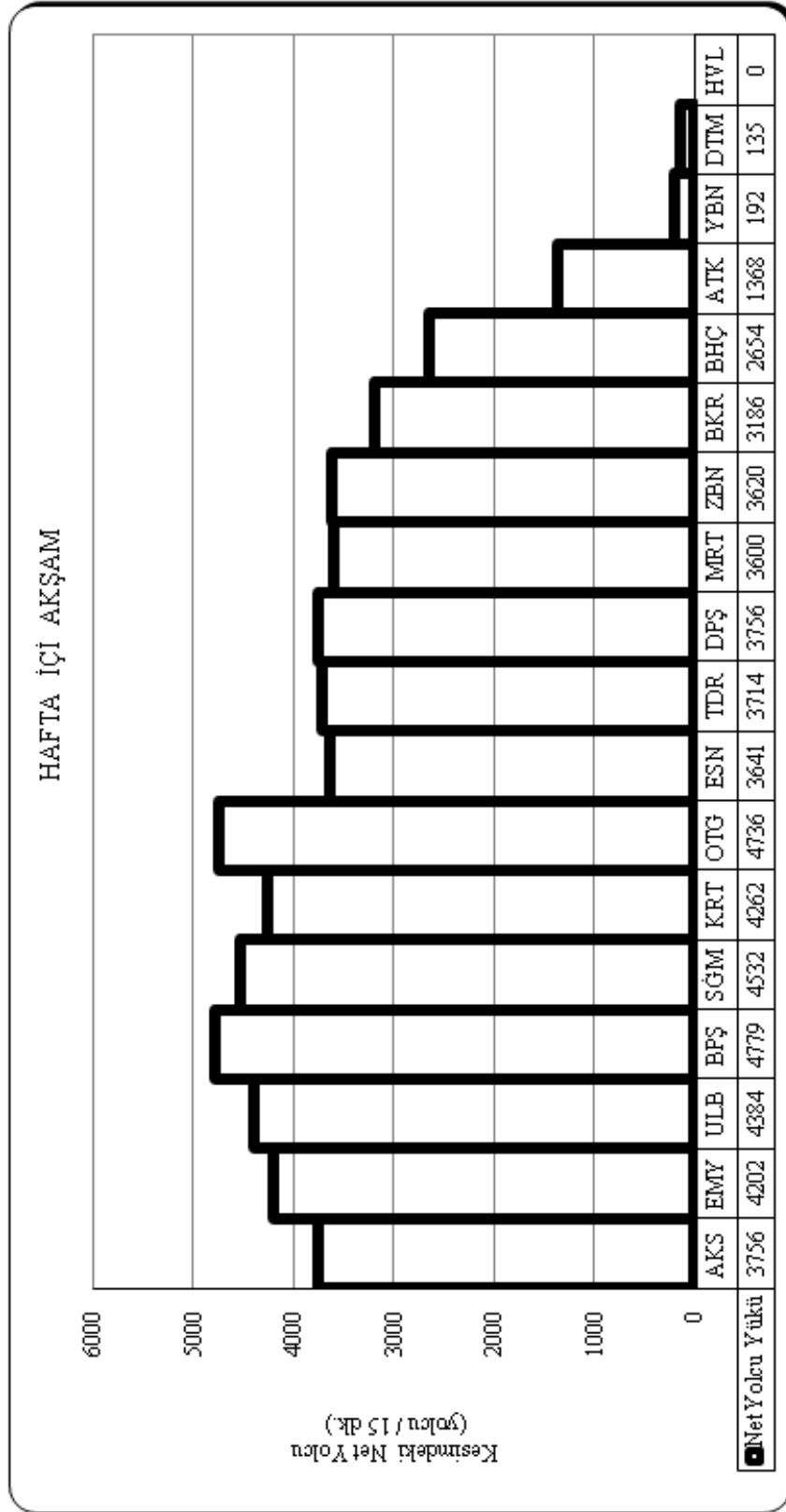


Şekil 9.7 Hafta içi akşam zirvesinde Aksaray-Havalimanı yönünde istasyondaki binişler ve inişler

Şekil 9.7 verilerinden yola çıkarak Aksaray istasyonundaki binişlerin yoğun, Esenler, Ataköy, Yenibosna istasyonlarında inişlerin yoğun olduğu görünmektedir. Şekil 9.8 'de Aksaray-Havalimanı yönünde kümülatif binişlerden, kümülatif inişler çıkarılarak net yolcu yükü bulunur.



Şekil 9.8 Hafta içi akşam zirvesinde Aksaray- Havalimanı yönünde kümülatif binışler ve inişler



Şekil 9.9 Kümülatif binişler ve inişler farkları, kesim yükleri

Şekil 9.9 BŞ- SĞM durakları arasındaki kesimin, en büyük yolcu yükü bulunan kesim olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki yolculuk verilerinden yola çıkarak Aksaray, Zeytinburnu ve Ataköy istasyonlarının terminal istasyonlar (coach station) olduğunu görmekteyiz. Şekil 9.1 verilerine bakarak sabah yolcu hareketlerindeki yoğunluğun büyük olduğunu (ev-iş yolculukları), Şekil 9.4 ve Şekil 9.7’de öğle ve akşam yolculuk hareketlerindeki yoğunluğun, zaman içinde yayılmasından dolayı daha az olduğunu görmekteyiz.

9.2 Zirve Saat Etkeninin Hesaplanması

Zirve saatler de, bir saatlik yolcu sayısının, en büyük hacme sahip 15 dk’lık yolcu sayısının dört katına oranı zirve saat etkeni olarak tanımlanır.

$$ZSE : \frac{P_h}{4P_{15}} \quad (9.1)$$

ZSE: Zirve saat etkeni

P_h : Zirve saatteki yolcu hacmi

P_{15} : 15 dk’lık zirve saatteki en büyük yolcu hacmi

Kasım 2008 yolcu verilerine göre zirve saat etkeni:

Kasım ayı içerisindeki 20 (hafta içi) gün boyunca 15 dk’lık yolcu verileri toplanmış ve 20’ye bölünerek 15 dk’lık ortalama yolcu hacimleri elde edilmiştir.

Sabah zirve saati

Öğle zirve saati

Akşam zirve saati

yolcu sayıları

yolcu sayıları

yolcu sayıları

07:30	5.336	ZSE=0,92
07:45		
07:45	5.805	
08:00		
08:00	5.431	
08:15		
08:15	4.711	
08:30		

12:15		ZSE=0,94
12:30	2.582	
12:30		
12:45	2.392	
12:45		
13:00	2.373	
13:00		
13:15	2.357	

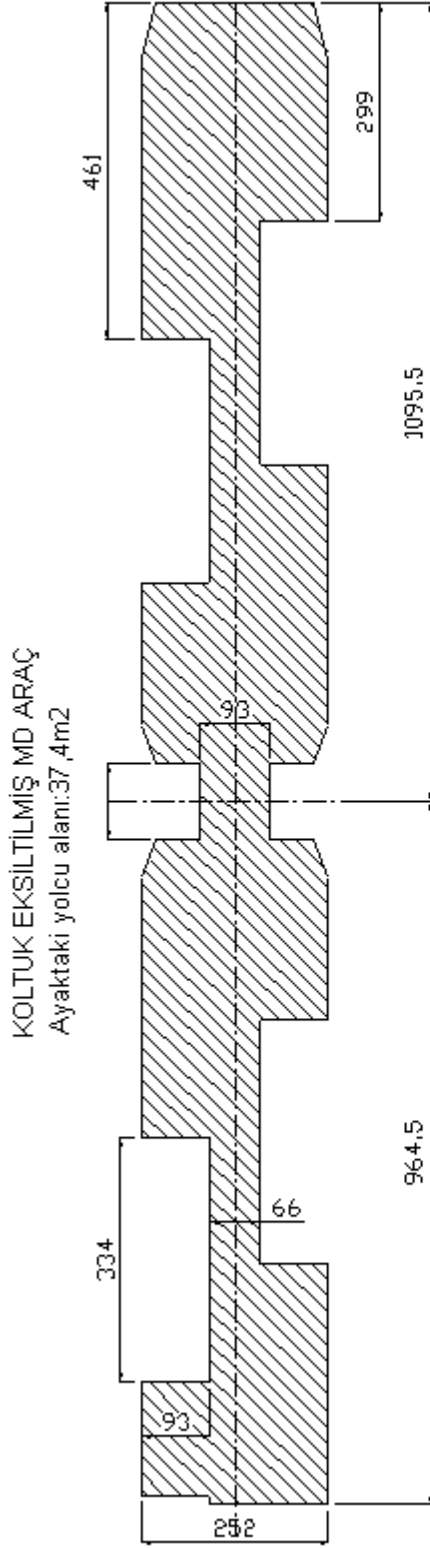
18:15	3.976	ZSE=0,95
18:30		
18:30	3.769	
18:45		
18:45	4.198	
19:00		
19:00	3.997	
19:15		

Yukarıdaki değerler formülde yerine koyularak ortalama ZSE = 0,94 olarak bulunur

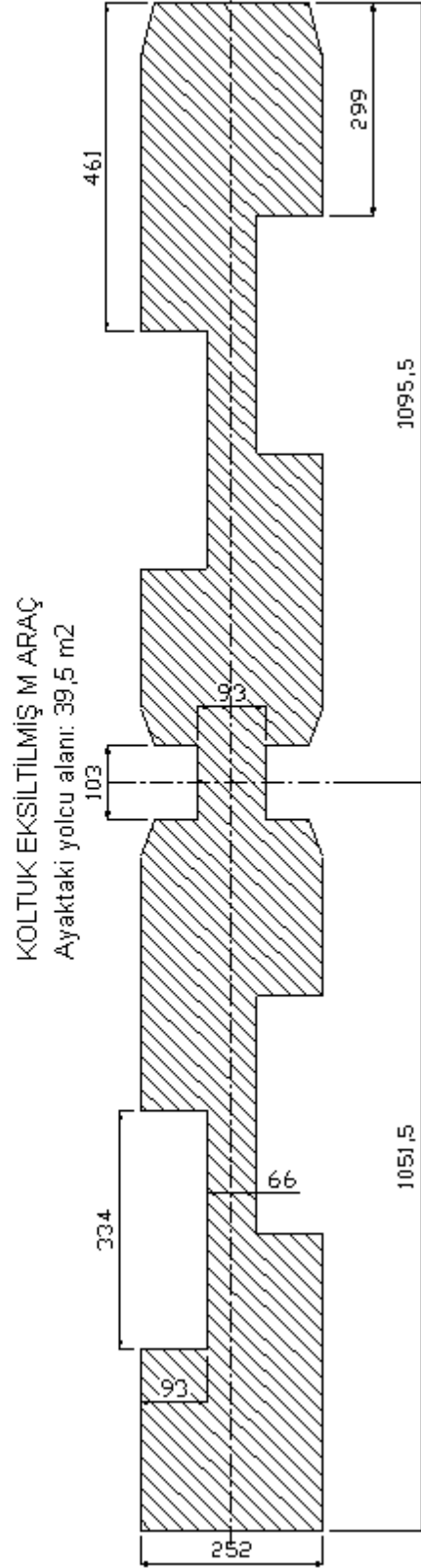
9.3 Dizi Yapılandırılmaları

Sistemde işletilen dört vagonlu diziler, MD+MD+MD+MD, MD+MD+M+MD, MD+M+M+MD düzeninde yapılandırılmış olup, bu diziler için kapasite hesabı yapılacaktır.

Dizi kapasitenin artırılması için vagonlardaki koltuk sayılarında İstanbul Ulaşım AŞ. tarafından düzenleme yapılmıştır. Düzenleme sonrası MD vagonlar için toplam yolcu sayısı 257 ve M vagonlar için toplam yolcu sayısı 269 olarak hesaplanmıştır. Yolcu sayıları hesaplanırken 6 yolcu/m² alınmıştır.



Ayakta yolcu sayısı = 225 (37,4 m² x 6 kişi/m²)
Okuyan yolcu sayısı = 32
Toplam yolcu sayısı = 257



Ayakta yolcu sayısı = 237 (39,5 m² x 6 kişi/m²)
Okuyan yolcu sayısı = 32
Toplam yolcu sayısı = 269

Şekil 9.10 Koltukları eksiltilmiş metro araçındaki maksimum yolcu sayıları (Ulaşım A.Ş.)

10. FARKLI YÖNTEMLERLE KAPASİTE HESAPLARI

10.1 Tasarım Kapasitesi ve Kullanılan Kapasitenin Hesabı

Tasarım Kapasitesi:

Tek bir yönde, bir saat içinde, bir kesitten geçebilecek maksimum yolcu sayısıdır (TRB, 1996). Tasarım kapasitesi sayısal değerleri bilinen büyüklüklere bağlıdır.

$$Tasarım\ Kapasitesi = \left(\frac{3600}{t_s + d} \right) * taşı\ t\ kapasitesi * taşı\ t\ sayısı \quad (10.1)$$

Burada,

d= istasyon duruş süresi = 20 s

t_s= en küçük izleme süresi = 120 s (2 dk)

MD vagonunun yolcu kapasitesi: 181 yolcu (4 yolcu / m² Ulaşım A.Ş. kabulü)

M vagonunun yolcu kapasitesi: 190 yolcu (4 yolcu / m² Ulaşım A.Ş. kabulü)

Kullanılan Kapasite:

Kullanılan kapasite daha çok yolculara bağlıdır.

Kullanılan Kapasite = Tasarım Kapasitesi * Zirve Saat Etkeni

Hesaplama 2 dk'lık ve 5 dk'lık en küçük izleme sürelerine göre yapılmıştır.

Çizelge 10.1 Tasarım kapasitesi ve kullanılan kapasite

		MD+MD+MD+MD	MD+MD+M+MD	MD+M+M+MD	
TASARIM KAPASİTESİ	2 dk (yolcu/sa-yön)	18.617	18.848	19.080	
	5 dk (yolcu/sa-yön)	8.145	8.246	8.348	
KULLANILAN KAPASİTE	2 dk (yolcu/sa-yön)	Sabah	17.128	17.340	17.554
		Öğle	17.500	17.717	17.935
		Akşam	17.686	17.906	18.126
	5 dk (yolcu/sa-yön)	Sabah	7.493	7.586	7.680
		Öğle	7.656	7.751	7.847
		Akşam	7.738	7.834	7.931

10.2 Boyutlarına Göre Vagon ve Hat Kapasitesi

$L_c = 21,47$ m M araç için, $L_c = 20,60$ m MD araç için, $L_a = 1,03$ m, $W_s = 0,5$ m, $W_c = 2,52$ m olarak alınmıştır.

Çizelge 5.1'deki değerleri, eşitlik 5.1'de yerine koyarak, Çizelge 10.2'deki M ve MD tipi vagonların kapasitesini, sonra da MD+M+M+MD şeklinde dizilimi olan bir dizinin kapasitesinden yola çıkarak, hattın yolcu kapasitesini hesaplarız.

Çizelge 10.2 En büyük hat kapasitesi hesabında kullanılan büyüklükler

Birim Doluluk (yolcu/m ²)	Vagon Kapasitesi C _c , M araç için (yolcu)	Vagon Kapasitesi C _c , MD araç için (yolcu)	Hat Kapasitesi 2 dk. aralık, 4'lü dizi (yolcu/sa)	Hat Kapasitesi 5 dk. aralık, 4'lü dizi (yolcu/sa)
8	314	292	36.360	14.544
6	243	223	27.960	11.184
5	207	194	24.060	9.624
4	171	161	19.920	7.968
3,3	147	139	17.160	6.864
2,5	117	112	13.740	5.496
2	100	96	11.760	4.704

10.3 En Büyük Yolcu İstemi ve Hat Kapasitesi

Bu yöntem ile Çizelge 10.3'teki sayısal değerler kullanılarak en büyük kapasite teorik olarak hesaplanır. İstanbul M1 (Aksaray - Havalimanı) metrosu iki görünüşlü sabit blok sinyalizasyon sistemi ile işletilmektedir.

Çizelge 10.3 En büyük hat kapasitesi hesabında kullanılan büyüklükler

sembol	tanım	sayısal değer	birim
t_{cs}	diziler arası en küçük güvenli duruş süresi	hesaplanacak	s
L	dizi uzunluğu	84,14 (4'lü dizi)	m
d_{eb}	dizinin istasyon bloğundan çıkış uzunluğu	10 (MD+M+M+MD)	m
V_a	istasyona yaklaşma hızı	10(2,77)	km/sa(m/s)
V_{maks}	en büyük hat hızı	80(22,22)	km/sa(m/s)
f_{br}	güvenli duruş etkeni	75	%
b	diziler arası en küçük güvenli duruş etkeni	1,0 sabit blok 1,0 hareketli blok 1,2 lokomotif 2,4üç oranlı	
t_{os}	otomatik sistemlerde aşırı hız denetleyicisinin devreye girmesi için gerekli süre (fren mekanizmasının devreye girme süresi)	3,0	s
t_{jl}	frenleme sırasında oluşacak zaman kaybı	0,5	s
t_{br}	fren sistemlerindeki tepkime süresi	1,5	s
a	hızlanma ivmesi	1,3	m/s ²
d	yavaşlama ivmesi	1,3	m/s ²
G_j	istasyona giriş eğimi	0	%
G_o	istasyondan çıkış eğimi	0	%
l_v	yüzde olarak hat gerilimi	90	%

(10.3) eşitliğinde sabit blok sistemlerde, diziler arası en küçük güvenli duruş süresinin hesabı yapılır.

$$t_{cs} = \sqrt{\frac{2(L_t + d_{eb})}{a(1 - 0,1G_o)}} + \frac{L_t}{V_a} + \left(\frac{100}{f_{br}} + b\right) \left(\frac{V_a}{2d}\right) + \frac{a(1 - 0,1G_j)l_v^2 t_{os}^2}{20.000V_a} \left(1 - \frac{V_a}{V_{maks}}\right) + t_{os} + t_{jl} + t_{br} \quad (10.3)$$

Çizelge 10.3'teki değerleri, eşitlik (10.3)'te yerine koyarsak;

$$t_{cs} = \sqrt{\frac{2(84,14 + 10)}{1,3(1 - 0,1 * 0)} + \frac{84,14}{2,77} + \left(\frac{100}{75} + 1\right) \left(\frac{2,77}{2 * 1,3}\right)} + \frac{1,3(1 - 0,1 * 0) * 90^2 * 3^2}{20.000 * 2,77} \left(1 - \frac{2,77}{22,22}\right) + 3 + 0,5 + 1,5$$

$t_{cs} = 51,39$ s (diziler arası en küçük güvenli duruş süresi)

Diziler arası en küçük izleme süresi eşitlik (10.4) ile hesaplanır.

$$h_{gs} = t_{cs} + t_d + t_{om} = 51,39 + 20 + 25 = 96,39 \text{ s} \quad (10.4)$$

Burada,

h_{gs} = en küçük izleme süresi;

$t_d = 20$ s (kritik istasyonlarda gecikme süreleri kabul edildi)

$t_{om} = 25$ s (işletim payı kabul edildi)

Buna göre, hat kapasitesi

$$T = \frac{3600}{h_{gs}} = \frac{3600}{t_{cs} + t_d + t_{om}} \quad (10.5)$$

T = Hat kapasitesi (dizi/sa)

Böylece, erişilebilir (en büyük) yolcu kapasitesi

$$P = T \times L \times P_m \times ZSE \quad (10.6)$$

Burada,

P: Yolcu kapasitesi (yolcu/sa)

L: Dizi uzunluğu (m)

P_m : Doğrusal yolcu yükleme seviyeleri (yolcu/m)

ZSE: Zirve saat etkeni

$$P_m = 314 / 21,47 = 14,63 \text{ (yolcu/m)}$$

$$P = ((2*(3600*21.47*14.63*0.94))/(96,39)) + ((2*(3600*20,60*15,24*0,94))/(96,39))=43,210 \text{ (yolcu/sa)}$$

P ve P_m değerleri yukarıdaki gibi hesaplanarak izelge 10.4 oluşturulur.

Çizelge 10.4 En büyük hat kapasitesi

Birim Doluluk (yolcu/m ²)	P _m (yolcu/m)		P(yolcu/sa)
	M	MD	
8	14,63	15,24	44.098
6	11,32	11,80	34.133
5	9,64	10,05	29.069
4	7,96	8,30	24.005
3.3	6,85	7,14	20.654
2.5	5,45	5,68	16.431
2	4,66	4,85	14.040

1,61; 2; 2,5; 3; 5 dk'lık h_{gs} değerleri kullanılarak en büyük kapasite değerleri izelge 10.5'te hesaplanmıştır

Çizelge 10.5 Farklı izleme süreleri ve doluluklar için en büyük kapasite (yolcu/sa-yön)

h_{gs} (s)	yolcu/m ²						
	8	6	5	4	3,3	2,5	2
98,37	44.098	34.133	29.069	24.005	20.654	16.431	14.040
120	35.422	27.417	23.350	19.282	16.590	13.199	11.278
150	28.338	21.934	18.680	15.426	13.272	10.559	9.022
180	23.615	18.278	15.566	12.855	11.060	8.799	7.519
300	14.169	10.967	9.340	7.713	6.636	5.279	4.511

10.4 Sonuçların Karşılaştırılması

MD+M+M+MD şeklinde dörtlü diziler kullanılarak, 2 ve 5 dk dizi aralıklarının da 4 yolcu/m² yüklemesine göre bir saatte, bir yönde taşınabilen yolcu hacimleri Çizelge 10.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 10.6 Farklı yöntemlerle elde edilen kapasite değerlerinin karşılaştırılması

	$h_{gs}= 2$ dk	$h_{gs}= 5$ dk
Kullanılan Yolcu Kapasitesi (yolcu/sa-yön)	17.872	7.819
Vagon Boyutlarına Göre Yolcu Kapasitesi (yolcu/sa-yön)	19.920	7.968
En Büyük Yolcu Kapasitesi (yolcu/sa-yön)	19.282	7.713

Kullanılan yolcu kapasitesi hesaplanırken araçtaki boş alanlar ve m²'ye düşen yolcu sayısı ve zirve saat etkeni kullanılır.

Vagon boyutlarına göre kapasite hesabında, vagon boyutlarına göre öncelikle bir vagonun kapasitesi, sonra 4'lü diziden oluşan dizinin kapasitesi ve sonrada hattın kapasitesi hesaplanır.

En büyük kapasite hesabında ise işletme değerleri kullanılır. Çizelge 10.6'de ise bu üç yöntemin farkları görünmektedir.

10.5 Hattın İki Görünürlü Sabit Blok Sinyalizasyon Sisteminden, Üç Görünürlü Sabit Blok Sinyalizasyon Sistemine Geçirilerek Kapasitesinin Arttırılmasına İlişkin Hesaplar

M1 hattında iki görünürlü sabit blok sinyal sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde, kırmızı sinyal "dur" ve yeşil sinyal "ilerle" anlamına gelmekte, dizi hareketleri blok başlarında bulunan sinyallerin görünüşlerine göre düzenlenmektedir. Blok sinyal sisteminin üç görünürlü hale getirilmesiyle, blok uzunlukları kısaltılabilmekte, böylece dizi izleme süreleri kısaltılmaktadır. Bu sistemde, kırmızı ve yeşil sinyaller öncekiyle aynı anlama gelmekte, sarı sinyal ise "yavaşla" anlamına gelmektedir. İki görünürlü sabit blok sinyal sisteminde diziler birbirlerini 1 blok aralıkla izlerken, üç görünürlü sistemde 2 blok aralığıyla izlerler.

Üç görünürlü sabit blok sinyal sisteminde blok uzunluğu hesabı

Zirve saatte bir yönde 20 dizi işletilmesi halinde

trafiğin gerektirdiği izleme süresi

$$t_{cs} = \frac{3600}{N_{dizi}} = \frac{3600}{20} = 180 \text{ s/dizi} = 3 \text{ dk/dizi} \quad (10.7)$$

Trafiğin gerektirdiği izleme uzunluğu

$$L_{t_{CS}-t_r} = t_{cs} * V_t \text{ (m/dizi)} \quad (10.8)$$

Ticari hız

$$V_t = \frac{L_{AKS-HVL}}{t_{AKS-HVL}} \text{ (m/s)} = \frac{19600}{1920} = 10,208 \text{ m/s} \quad (10.9)$$

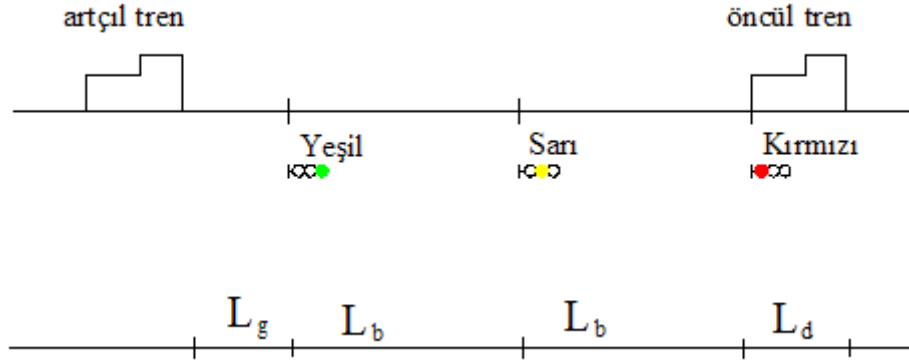
Burada,

$L_{AKS-HVL}$ = hat uzunluğu (m)

$t_{AKS-HVL}$ = Aksaray – Havalimanı arası dizilerin seyir süresi (duruşlar dahil) (s)

Not: iki uç terminal Aksaray (AKS) ve Havalimanı (HVL) arasındaki dizi seyirlerinden büyük olan yolculuk süresi dikkate alınır.

Sinyalizasyon sisteminin gerektirdiği izleme süresi



Şekil 10.1 Üç görünüşlü sinyalizasyon sisteminde izleme

$$L_{t_{CS-bl}} = L_g + 2L_b + L_d \text{ (metre/dizi)} \quad (10.10)$$

Burada,

L_g = görüş uzunluğu (200 m)

L_b = blok uzunluğu (m)

L_d = dizi uzunluğu (85,88 m)

Trafiğin gerektirdiği en büyük blok uzunluğu,

Denklem (10.8)'de trafiğin gerektirdiği en küçük izleme süresi hesaplanmıştı. Denklem (10.10)'da ise üç görünüşlü otomatik blok sinyal sisteminde en küçük tren izleme mesafesi verilmişti.

Bu iki denklemin eşitliğinden trafiğin gerektirdiği en büyük blok uzunluğu elde edilir. Bundan daha uzun bloklar kullanılması diziler arasındaki izleme süresini/uzunluğunu arttıracığı için, hat kapasitesi azalır, böylece trafiğin gerektirdiği dizi sayısından daha az dizi işletilebilir.

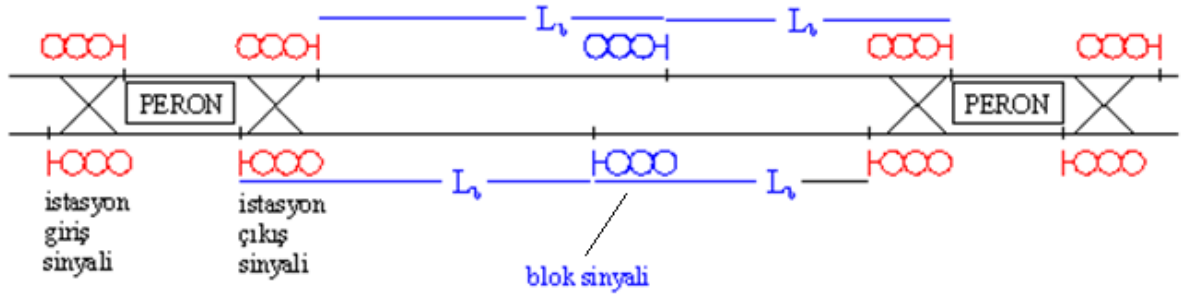
$$L_{t_{CS-tr}} = L_{t_{CS-bl}} \text{ eşitliğinden,}$$

$$t_{cs} * V_t = L_g + 2L_b + L_d$$

$$\text{Maks. } L_b \leq \frac{(t_{cs} * V_t) - L_g - L_d}{2} \text{ (metre)} \quad (10.11)$$

N_{dizi} adet dizinin 1 saat içinde işletilebilmesi için en büyük blok uzunluğu Maks. L_b olmalıdır.

Blok sinyalleri bu blok uzunluğu dikkate alınarak hat planına (istasyonların konumuna) göre yerleştirilmelidir. Blok sinyalleri yerleştirilirken istasyon giriş ve çıkış sinyallerinin konumları korunmalıdır. Bu sinyaller de birer blok sinyali gibi çalışır. Diğer (hat) blok sinyalleri istasyonların arasına yerleştirilmelidir (Şekil 10.1).



Şekil 10.2 Komşu iki istasyon arasındaki bir blok sinyali planı görülmektedir.

Belirli bir yönde, bir istasyonun A çıkış sinyali ile bir sonrakinin B giriş sinyali arasındaki uzunluk L_{AB} , hesaplanan Maks. L_b 'den büyük ise, bu sinyaller arasındaki hat, uzunluğu en büyük Maks. L_b olan bloklara bölünür, böylece sinyaller arasına bir veya daha çok sayıda blok yerleştirilebilir. Bu sinyaller arasındaki uzunluğa bağlı olarak yerleştirilebilecek blok sayısı:

$$n_{bl} = \frac{L_{AB}}{MaksL_b} \quad (10.11)$$

Bu oranın kesirli çıkması halinde n_{bl} bir üstteki tam sayıya yuvarlanır ve "uygulanacak" blok uzunluğu hesaplanır:

$$L_b = \frac{L_{AB}}{n_{bl}} \text{ (metre)} \quad (10.12)$$

Buna göre, yeni $L_b < Maks L_b$ olmaktadır. Kısaltılan "uygulanacak" blok uzunluğu, dizilerin en olumsuz koşullardaki frenleme uzunluğunun (l_{fren}) %20 fazlasından daha kısa olmamalıdır.

Bu uzunluğa Min L_b dersek;

$$l_{fren} = \frac{V_{maks}^2}{2b} \quad (10.13)$$

Burada,

$$V_{\text{maks}} = \text{Hat hızı} = 22 \text{ m/s}$$

$$b = \text{frenleme ivmesi} = 1,0 \text{ m/s}^2$$

$$l_{\text{fren}} = \frac{22^2}{2 \cdot 1} = 242$$

$$\text{Min.}L_b = 1,2 \cdot l_{\text{fren}} = 290 \text{ m olmaktadır.}$$

Buna göre,

Maks $L_b \geq L_b \geq \text{Min } L_b$ olmalıdır.

Çizelge 10.7'de çeşitli saatlik dizi sayıları ($N_{\text{dizi}} = 20$ ve 30 dizi/sa-yön) için üç görünüşlü sabit blok sinyal sisteminde trafiğin gerektirdiği en büyük blok uzunlukları hesaplanmıştır. Çizelge 10.8 ve Çizelge 10.9'da istasyonlar arasında oluşturulabilecek blok sayıları gösterilmektedir. Yolcu talebine yanıt verecek dizi sayıları belirlendikten sonra, en küçük izleme süresi belirlenir, blok sayıları bulunarak, blok uzunlukları hesaplanır.

Çizelge 10.7 Dizi sayısı ve maks. L_b değeri

N_{dizi} (dizi/sa)	En küçük izleme süresi (s)	Trafiğin gerektirdiği izleme uzunluğu (m/dizi)	Maks. L_b (m)	Min. L_b (m)
20	180	1837,44	775,78	290
30	120	1224,96	469,54	290

Çizelge 10.8 Aksaray - Havalimanı yönü blok sayıları

		Sinyal km'leri	Ara uzunluklar	Ndizi=20 Maks.L=775	Ndizi=30 Maks.L=470
Aksaray	Çıkış	0+058		Blok sayısı	
Emniyet	Giriş	0+895	837	2	2
	Çıkış	1+005	110		
Ulubatlı	Giriş	1+764	759	1	2
	Çıkış	2+050	286		
Bayrampaşa	Giriş	3+391	1341	2	3
	Çıkış	3+501	110		
Sağmalcılar	Giriş	4+600	1099	2	3
	Çıkış	4+930	330		
Kartraltepe	Giriş	6+382	1452	2	4
	Çıkış	6+492	110		
Otogar	Giriş	7+180	688	1	2
	Çıkış	7+587	407		
Terazidere	Giriş	1+045	1045	2	3
	Çıkış	1+155	110		
Davutpaşa	Giriş	1+937	782	2	2
	Çıkış	2+258	321		
Merter	Giriş	3+678	1420	2	4
	Çıkış	3+790	112		
Zeytinburnu	Giriş	4+603	813	2	2
	Çıkış	4+713	110		
Bakırköy	Giriş	5+960	1247	2	3
	Çıkış	6+072	112		
Bahçelievler	Giriş	7+014	942	2	3
	Çıkış	7+128	114		
Ataköy	Giriş	8+583	1455	2	4
	Çıkış	8+693	110		
Yenibosna	Giriş	9+237	544	1	1
	Çıkış	9+482	245		
DTM	Giriş	10+130	648	1	2
	Çıkış	10+245	115		
Havaalanı	Giriş	11+108	863	2	2

Çizelge 10.9 Havalimanı - Aksaray yönü blok sayıları

		Sinyal km'leri	Ara uzunluklar	Ndizi=20 Maks.L=775	Ndizi=30 Maks.L=470
Havalimanı	Çıkış	11+300		Blok sayısı	
DTM	Giriş	10+241	1059	2	3
	Çıkış	10+125	116		
Yenibosna	Giriş	9+482	643	1	2
	Çıkış	9+372	110		
Ataköy	Giriş	8+693	679	1	2
	Çıkış	8+583	110		
Bahçelievler	Giriş	7+183	1400	2	4
	Çıkış	7+014	169		
Bakırköy	Giriş	6+070	944	2	2
	Çıkış	5+960	110		
Zeytinburnu	Giriş	4+789	1171	2	3
	Çıkış	4+603	186		
Merter	Giriş	3+790	813	2	2
	Çıkış	3+678	112		
Davutpaşa	Giriş	2+258	1420	2	4
	Çıkış	2+147	111		
Terazidere	Giriş	1+155	992	2	3
	Çıkış	1+045	110		
Otogar	Giriş	7+728	904	2	2
	Çıkış	7+452	276		
Kartaltepe	Giriş	6+492	960	2	3
	Çıkış	6+382	110		
Sağmalcılar	Giriş	4+938	1444	2	4
	Çıkış	4+820	118		
Bayrampaşa	Giriş	3+501	1319	2	3
	Çıkış	3+391	110		
Ulubatlı	Giriş	2+050	1341	2	3
	Çıkış	1+940	110		
Emniyet	Giriş	1+005	935	2	2
	Çıkış	0+895	110		
Aksaray	Giriş	0+261	634	1	2

11. SONUÇLAR

Bu çalışmada, vagon kapasitesi, dizi kapasitesi, hat kapasitesi, sinyalizasyon sistemleri ve bazı işletim sorunlarına ilişkin tanımlamalar yapılmış, kapasite bileşenleri olan, zirve saat etkeni, en küçük izleme süresi, istasyon duruş süresi, işletim payı ve yolcu yükleme seviyeleri için formüller sunulmuş ve hesaplamaları yapılmıştır. Farklı yöntemlerle dizi ve hat kapasiteleri hesaplanarak aralarındaki farklar bir tabloda gösterilmiştir.

M1 hattında, zirve saatlerde yolcu isteminin yüksek olması sebebiyle, özellikle yoğun istasyonlarda kapasite yetersiz kalmaktadır. Zirve saatte kesimdeki en büyük net yolcu yükü 19.200 yolcu/sa'dır. Zirve saatte kesitten geçen dizi sayısı 18'dir. Zorlukla tahammül edilen 6 yolcu/m² hesabında bir dizinin 1050 yolcu taşıdığı düşünülürse, zirve saatte taşınabilecek yolcun sayısı 18.900 yolcu/sa olarak hesaplanabilir. Bu da kapasitenin yetersiz olduğunu göstermektedir. M1 hattı iki görünüşlü sabit blok sinyalizasyon sistemi ile işletilmekte, kırmızı ve yeşil ışık komutları ile uzun bloklar kullanılmaktadır. M1 hattının kapasitesine ilişkin bazı değerlendirmeler ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

a. İki görünüşlü sabit blok sinyalizasyon sisteminden, üç görünüşlü sabit blok sinyalizasyon sistemine geçilirse, sinyal görünüşleri kırmızı/sarı/yeşil olarak düzenlenecektir. Üç görünüşlü sabit blok sinyalizasyon sistemleri daha kısa bloklar oluşturmamızı ve en küçük izleme sürelerini küçültmemizi sağladığı için yoğun istem oluşan istasyonlardaki talebi karşılamamızı sağlayacak ve kapasite sorununu kısmen de olsa çözebilecektir. İlgili bölümde çeşitli zirve saat kapasiteleri için gerekli olan en büyük blok uzunlukları hesaplanmıştır. Hatta işletilebilecek en fazla dizi sayısı ve oluşturulabilecek blok sayıları Çizelge 10.7 ve Çizelge 10.8'de gösterilmiştir.

b. Vagonlardaki boyuna koltuklar enine yerleştirilerek ayaktaki yolcu alanları artırılarak % 8-% 12 oranında artış sağlanabilir.

c. Peron uzunlukları artırılarak dizideki vagon sayıları artırılabilir, ancak bu düzenleme oldukça maliyetli olup işletmeyi durduracağı için uygulanması zordur.

KAYNAKLAR

Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Edition (Transportation Research Board Executive Committee 2003) Washington, D.C.

Transportation Research Board (1996) Rail Transit Capacity. Washington, D.C.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	28.04.1981	
Doğum yeri	Tekirdağ	
Lise	1995-1998	Tekirdağ Tuğlacılar Lisesi
Lisans	1999-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005-2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ulaştırma Anabilim Dalı, Ulaştırma Programı

Çalıştığı kurumlar

2004 - 2005	ÖNER İnş. A.Ş.
2005 - 2008	ENKA İnş. A.Ş.
2008 - 2009	İMAR Planlama
2009 -	ULAŞIM A.Ş.

SÖZLÜK

A

accessibility	erişilebilirlik
aerial tramway	teleferik, havaray
Americans with disabilities act (ADA)	engelliler yasası
Automated guideway transit	otomatik klavuzlu raylı sistem
automatic train control system (ATC system)	otomatik dizi kontrol sistemi
automatic train operation (ATO)	otomatik dizi işletimi
automatic train protection (ATP)	otomatik dizi koruma
automatic train stop system (ATS)	otomatik dizi durdurma sistemi
automatic train supervision (ATS)	otomatik dizi denetleyici
automatic vehicle location system (AVL)	otomatik dizi yeri belirleme sistemi
average daily traffic	ortalama günlük trafik
average fare	ortalama ücret
average speed	ortalama hız
average trip length	ortalama yolculuk uzunluğu

B

base fare	en küçük ücret
base headway	en küçük izleme süresi
block signal	blok sinyali
bottleneck	darboğaz

C

cab	kabin, makinist odası
cab signal	kabin sinyalizasyonu
achievable capacity	erişilebilir kapasite
capacity	kapasite
crush load	en büyük yolcu yükü (sayısı)

capacity, person

capacity, train

car

catenary system

commuter rail

D

design capacity

dwell time

doorway flow time

E

line extension

F

fare

fare collection system

fixed-block control system

fixed allowance

G

grade

grade separated rail

H

headway

heavy rail

high platform

high voltage

I

infrastructure

interlocking

yolcu kapasitesi

dizi kapasitesi (sayısı)

demiryolu aracı

katener sistem

banliyö

tasarım kapasitesi

duruş süresi (istasyonda)

kapıdan giriş-çıkış süresi

hat uzatma

ücret

ücret toplama sistemi

sabit blok kontrol sistemi

sabit süre

eğim

kesişmesi bulunmayan raylı sistem (metro)

en küçük izleme süresi

anahat demiryolu

yüksek platform

yüksek voltaj

ulaştırma altyapısı

anlaşman, sinyalle makasın uyumlu çalışması

intersection

iki veya daha fazla hattın kesişimi

J

junction

kesişim

L

layover time terminal

(bekleme) süresi

level of service (LOS)

hizmet seviyesi

light rail

hafif raylı

light rail car

hafif raylı aracı

light rail rapid transit

hafif raylı hızlı toplu taşıma

light rail transit

hafif raylı toplu taşıma

line capacity

hat kapasitesi

load factor

yükleme etkeni

low platform

alçak platform

low voltage

düşük voltaj

M

main line

anahat

manual train control

elle dizi kontrol sistemi

maximum load point (MLP)

en yoğun yükleme noktası

maximum load section (MLS)

en yoğun yükleme kesimi

metropolitan railway

anahat demiryolu

mode

taşımacılık türü

moving block control system

hareketli blok kontrol sistemi

O

operating costs

işletim maliyetleri

operating employees (operating personnel)

işletim personeli

operating expenses

işletim giderleri

operating margin

işletim payı

operating revenue

işletme geliri

operating speed

işletim hızı

operating time

işletim süresi

P

passenger

yolcu

passenger flow (passenger traffic)

yolcu akımı

passenger load

yolcu yükü (sayısı)

passenger loading levels

yolcu yükü seviyeleri

passenger platform

yolcu platformu

passenger traffic

yolcu trafiği

passenger volume (line volume)

yolcu hacmi

pass-up

yolcu almadan duraktan geçip gitmek

peak hour factor (peak-hour conversion factor)

zirve saat etkeni

peak period

zirve süresi

peak point

en büyük sayıda seyahat (zirve noktası)

person capacity

yolcu kapasitesi

proof-of-payment

ödeme belgesi, bilet

Q

quality control

kaliteli kontrol

quality of service

hizmet kalitesi

R

rail rapid transit car

hızlı demiryolu toplu taşıma aracı

rail transit system

demiryolu toplu taşıma sistemi

railway

demiryolu

rapid rail transit

hızlı demiryolu toplu taşımacılığı

rapid transit

hızlı toplu taşıma

recovery time

telafi süresi

ridership

yolculuk

rolling stock

demiryolu aracı

rolling stock capacity

vagon kapasitesi

S

safety distance

güvenli uzaklık

seatback

kapı koruma boşluğu

seat pitch

koltuk işgal uzunluğu

sharp curves

keskin kurplar

standing capacity

oturma kapasitesi

station

istasyon

steep downgrades

rampa inişler

stopped time

durma süresi

subway

metro

subway car

metro aracı

system effectiveness

sistem etkinliği

system management

sistemin yönetimi

system performance

sistem performansı

system planning

sistem planı

system safety

sistem güvenliği

T

the weakest link

ez zayıf kesim, darboğaz kesimi.
Hat üzerinde en az sayıda dizi
işletilebilecek kesim.
Dizi tarafından en uzun süre işgal
edilen kesit.
örn:dik bir kesim veya istasyon

theoretical line capacity

teorik hat kapasitesi

third rail

üçüncü ray

timetable

zaman çizelgesi

total operating revenue

toplam işletme geliri

total travel distance

toplam seyahat uzunluğu

total travel time

toplam seyahat süresi

total vehicle capacity

toplam dizi kapasitesi

track

hat (yol)

track crossing

hat kesişimleri

track separation

hatlar arası uzunluk

train operator

dizi operatörü (makinist)

train separation

diziler arası uzaklık

transfer center

aktarma merkezi

transit modes

toplu taşıma türleri

turn back

geri dönüş

turnout

makas

V

volume

hacim (yolcu veya vagon)

volume, design hourly

tasarım da kullanılan saatlik yolcu hacmi