

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ ÜZERİNDEKİ TRAFİK
SIKIŞIKLIĞININ HIZ YÖNETİMİ YÖNTEMİYLE
AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Bektaş KOPAL

İSTANBUL, 2011

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI**

**BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ ÜZERİNDEKİ TRAFİK
SIKIŞIKLIĞININ HIZ YÖNETİMİ YÖNTEMİYLE
AZALTILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Bektaş KOPAL

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat ERGUN

İSTANBUL, 2011

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI

Tezin Başlığı :Boğaziçi Köprüsü Üzerindeki Trafik Sıkışıklığının Hız
Yönetimi Yöntemiyle Azaltılması
Öğrencinin Adı Soyadı : Bektaş KOPAL
Tez Savunma Tarihi : 21.04.2011

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

Doç. Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdür Vekili

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

Jüri Üyeleri:

İmzalar

Doç. Dr. Murat ERGUN (Te z Danışmanı)

Öğretim Gör. Dr. Nilgün CAMKESEN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY

İTHAF

Yaşamım boyunca desteğini esirgemeyen canım aileme, özellikle anneme, tez çalışmamın tüm aşamalarında bana destek olan çok değerli hocam Doç. Dr. Murat ERGÜN'e, tez jürimde bulunan Yrd. Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY ve Dr. Nilgün CAMKESEN'e, yüksek lisans öğrenimim süresince yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mustafa ILICALI'ya, tez aşamasında program lisansı vererek VISSIM programını kullanmamı sağlayan PTV şirketine sonsuz teşekkürler...

Bektaş KOPAL

ÖZET

BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜ ÜZERİNDEKİ TRAFİK SIKIŞIKLIĞININ HIZ YÖNETİMİ YÖNTEMİYLE AZALTILMASI

KOPAL, Bektaş

KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ PROGRAMI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat Ergun

Nisan 2011,78 sayfa

Bu çalışmanın ana amacı, Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerin incelemek ve O-1 karayolu üzerinde hız yönetimi uygulayarak Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıkışıklığı iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktır. Bu amaca yönelik olarak çalışmanın ikinci bölümünde trafik akımının ana parametreleri olan hacim, hız ve yoğunluk kavramları anlatıldıktan sonra, trafik akımının özellikleri detaylı açıklanarak, trafik sıkışıklığının nedenleri üzerinde durulmuştur. Çalışmanın üçüncü bölümünde, trafik simülasyon modelleri konusunda detaylı açıklamalar yapılarak, simülasyon modelleri anlatılmıştır. Bu bölümde ayrıca, çalışmada kullanılan VISSIM mikrosimülasyon programının çalışma prensipleri ile kabulleri de belirtilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde, ilk olarak Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerinde trafik sıkışıklığının mikrosimülasyon ile modellenmesi yapılmış, bu model kalibre edildikten sonra, kalibre edilmiş model üzerinde söz konusu kesimlerde hız yönetimi yöntemi uygulanarak, genel olarak çalışma alanındaki yol ağının performansının nasıl değiştiği gözlenmiştir. O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerinde hız yönetimi yöntemi uygulanarak, yol ağındaki performans özelliklerindeki değişimler belirtilmiştir. Ağ genelinde, mevcut duruma göre hız değeri 60 km/sa ulaştığında, taşıt başına gecikmelerde yaklaşık yüzde 60 oranında iyileşme sağlanmıştır.

Mevcut durumda taşıt başına ortalama hız 23.3 Km/sa iken, 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulandığında yaklaşık yüzde 76 oranında hız artışına neden olarak, 41.2 Km/sa te ulaşmıştır. Benzer şekilde, mevcut durum ile 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulaması karşılaştırıldığında, toplam seyahat süresinde yaklaşık olarak yüzde 38 oranında iyileşme sağlandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Trafik Akım Modelleri, Mikrosimülasyon, Hız Kontrolü Uygulaması

ABSTRACT

DECREASING OF TRAFFIC CONGESTION ON BOSPHORUS BRIDGE USING SPEED MANAGMENT

KOPAL, Bektaş

Urban Systems and Transportation Management Program

Thesis Supervisor: Associate Doç. Dr. Murat Ergün

April 2011, 78 pages

The main objective of this research is the investigation of traffic congestion and speed management effects on congestion relief on the Bosphorus Bridge of Istanbul O-1 expressway along the westbound direction at Beylerbeyi, Altunizade, Acibadem and Goztepe on-ramps. For this purpose in the second chapter the fundamental traffic parameters namely volume, speed and density are defined and traffic flow conditions are analyzed to point out the causes of traffic congestion. The location and attributes of bottlenecks along the studied corridor are investigated afterwards. In the third chapter a detailed explanations are given about the simulation models. In addition, the background and assumptions of VISSIM micro simulation software is briefly presented. In the forth chapter firstly the traffic simulation network is modeled for Bosporus Bridge from Asian continent to European continent direction including the merges at Beylerbeyi, Altunizade, Acibade and Goztepe stretches and the traffic volumes for each merge is inserted. The calibration of traffic model is performed in order to have a significant representation of the real world. Furthermore, various speed limits are tested along the stretch to observe the studied network`s performance. The results indicate that by implementing the speed management such as increasing the speed from 30kph to 60kph gradually it is viable to increase the total number of vehicles from all the on ramps. Maximum performance is achieved at the speed of 60kph. For this speed the delay per vehicle is decreased by 60%.

At the no control case the average speed is 23.3 kph whereas with speed control the speed increases up to 41.2 kph corresponding 76% increase in average speed. The number of stops per vehicle decreased 59% and similarly the total travel time along network is decreased 38% when 60kph speed control is implemented in comparison the no control case.

Keywords: signalized intersections, roundabout intersection, intersection design, junction capacity.

İÇİNDEKİLER

TABLolar LİSTESİ.....	vİ
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vİİ
SEMBOLLER.....	X
1. GİRİŞ	1
2. TRAFİK AKIMININ ANA ELEMANLARI.....	4
2.1. HIZ.....	4
2.2. HACİM VE AKIM ORANI.....	5
2.3. YOĞUNLUK	6
2.4. TRAFİĞİN TÜRETİLMİŞ DEĞİŞKENLERİNİN ELDE EDİLMESİ	7
2.4.1. Trafik Akımının Tek Kesitte Yapılan Gözlemle Elde Edilmesi.....	7
2.4.2. İki Kesitte Yapılacak Gözlem İle Elde Edilebilecek Büyüklükler	8
2.4.3. Yoğunluğun Elde Edilmesi	10
2.4.4. Hızın Elde Edilmesi	11
2.5. AKIM-YOĞUNLUK-HIZ BÜYÜKLÜKLERİ ARASINDAKİ İKİLİ İLİŞKİLERİ.....	12
2.5.1. Akım - Yoğunluk İlişkisi.....	12
2.5.2. Hız – Yoğunluk İlişkisi.....	12
2.5.3. Hız – Akım İlişkisi	13
2.6. HİDRODİNAMİK AKIM KURAMI	14
2.7. HİDRODİNAMİK KURAMDA DARBOĞAZ ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	16
2.8. YIĞIŞIMLI TAŞIT SAYISI EĞRİLERİ VE BASİTLEŞTİRİLMİŞ KİNEMATİK DALGA KURAMI	19
2.8.1. Yığışimli Taşıtların Sayısı Eğrilerinin Elde Edilmesi.....	19
2.8.2. Kinematik Dalga Hareketleri	21
3. TRAFİK SİMÜLASYON MODELLERİ	25

3.1. SİMÜLASYON VE MODELLEME	26
3.2. SİMÜLASYONUN KULLANIM AMAÇLARI	27
3.3. SİMÜLASYONUN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	28
3.4. TRAFİK SİMÜLASYON MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	29
3.5. TRAFİK SİMÜLASYONUNUN ANA PRENSİPLERİ	31
3.6. VISSİM İLE TRAFİK SİMÜLASYONU	32
4. BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜNDEKİ TRAFİK SIKIŞIKLIĞININ MİKROSİMÜLASYON İLE MODELLENMESİ.....	37
4.1. VERİ TOPLANMASI.....	37
4.2. SİMÜLASYON MODELLENMESİ VE KALİBRASYONU	56
4.3. HIZ YÖNETİMİNİN UYGULANMASI.....	69
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
KAYNAKÇA	84
ÖZGEÇMİŞ	85

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 : Saatlik hacim ve akım oranı örneği.....	6
Tablo 4.1 : Kesim 1, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri.....	42
Tablo 4.2 : Kesim 1, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri.....	43
Tablo 4.3 : Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri.....	45
Tablo 4.4 : Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri.....	46
Tablo 4.5 : Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 4 no.lu Akım değerleri.....	47
Tablo 4.6 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri.....	49
Tablo 4.7 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri.....	50
Tablo 4.8 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri.....	52
Tablo 4.9 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri	53
Tablo 4.10 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri.....	54
Tablo 4.11 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 4 no.lu Akım değerleri.....	55
Tablo 4.12 : Hata değerlendirmesi.....	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 : Zamana bağlı taşıt trafiği.....	8
Şekil 2.2 : Akım aşağı ve akım yukarı yığışimli taşıt gelişleri.....	8
Şekil 2.3 : Ötelenmiş yığışimli taşıt eğrisi.....	9
Şekil 2.4 : Mesafeye bağlı yığışimli taşıt eğri.....	10
Şekil 2.5 : Film karelerinden yol-zaman eğrilerinin çıkartılması.....	11
Şekil 2.6 : Akım - Yoğunluk ilişkisi.....	12
Şekil 2.7: Hız - Yoğunluk ilişkisi.....	13
Şekil 2.8 : Hız - Hacim ilişkisi.....	13
Şekil 2.9 : Yoğunluk, Hız ve Akım(Hacim) ilişkisi.....	14
Şekil 2.10: İki farklı trafiğin arayüzü.....	16
Şekil 2.11: Hayali bir karayolunda Akım-Yoğunluk ilişkisi.....	18
Şekil 2.12 : Yığışimli sayım eğrisi ve ikikesitteki yığışimli akım.....	20
Şekil 2.13 : Ötelenmiş Yığışimli taşıt sayım eğrileri.....	21
Şekil 2.14 : Akım-Yoğunluk arasındaki ilişkiler.....	23
Şekil 2.15 : Yığışimli taşıt sayım eğrileri ve dalga hareketleri.....	24
Şekil 3.1 : VISSIM simülasyonunun çalışması düzeninin akış şeması.....	34
Şekil 3.2: Wiedmann 'in psiko-fiziksel davranış modeline göre taşıt takip modelinin şematik gösterilimi[12].....	35
Şekil 4.1 : Çalışma kesiminin şematik görünümü.....	38
Şekil 4.2 : Çalışma kesiminin uydu fotoğrafı.....	39
Şekil 4.3: Trafik sayımı yapılan kesimler.....	40
Şekil 4.4: Trafik sayımı yapılan 1 no.lu Kesim.....	41
Şekil 4.5: Trafik sayımı yapılan 2 no.lu Kesim.....	45

Şekil 4.6: Trafik sayımı yapılan 3 no.lu Kesim.....	48
Şekil 4.7: Trafik sayımı yapılan 4 no.lu Kesim.....	51
Şekil 4.8 : Altunize ayırımının VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış hali.	56
Şekil 4.9 : Taşıtların geçiş önceliklerinin Beylerbeyi katılımında gösterimi...	57
Şekil 4.10 : Trafik sayımlarının, taşıt sürüş güzergahlarına göre girilmesi....	58
Şekil 4.11 : Trafik sayımlarının 15 dakikalık zaman dilimine göre simülasyona girilmesi.....	58
Şekil 4.12: Simülasyon ekranın görünümü.....	60
Şekil 4.13: Dedektör konulması işlemi.....	60
Şekil 4.14: Dedektör konulan yol kesimleri.....	61
Şekil 4.15: 1 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	62
Şekil 4.16: 2 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	62
Şekil 4.17: 4 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	63
Şekil 4.18: 5 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	63
Şekil 4.19: 6 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	64
Şekil 4.20: 7 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	64
Şekil 4.21: 8 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	65
Şekil 4.22: 9 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	65
Şekil 4.23: 10 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	66
Şekil 4.24: 11 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	66
Şekil 4.25: 12 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	67
Şekil 4.26: 13 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	67
Şekil 4.27: 14 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması.....	68
Şekil 4.28: Simülasyon ortamında hız sınırlaması uygulaması.....	70
Şekil 4.29: 1. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	71

Şekil 4.30: 2. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	71
Şekil 4.31: 4. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	72
Şekil 4.32: 5. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	72
Şekil 4.33: 6. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	73
Şekil 4.34: 7. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	73
Şekil 4.35: 8. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	74
Şekil 4.36: 9. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	74
Şekil 4.37: 10. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	75
Şekil 4.38: 11. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	75
Şekil 4.39: 12. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	76
Şekil 4.40: 13. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	76
Şekil 4.41: 14. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	77
Şekil 4.42: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki taşıt başına ortalama geçikme.....	78
Şekil 4.43: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki ortalama hız...	78
Şekil 4.44: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki taşıt başına ortalama durma sayısı.....	79
Şekil 4.45: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki toplam gecikme zamanı.....	80
Şekil 4.46: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki toplam seyahat süresi.....	80

SEMBOLLER

Anayol akım yukarı hacmi (ölçümden)	:	A
Ağırlık faktörü	:	A_i
Akım aşağı darboğaz kapasitesi (sabit)	:	B
Yol kapasitesi	:	C
Anayol kapasitesi	:	C_a
Her yol kesimi için gerçek zamanlı kapasite	:	C_h
Katılım talebi	:	D_i
Frenleme katsayısı	:	f_v
Otoyoldan otoyola (eğer varsa) katılan hacim (kontrollü)	:	F
Katılımlar arası kesimler	:	h
Headway (taşıt takip aralığı)	:	h
Otoyol katılımları	:	i
Yoğunluk (taşıt/yol)	:	k
Kontrol yenileme periyodu (sn)	:	k
Kritik yoğunluk	:	k_c
En büyük yoğunluk	:	k_j
En büyük akımdaki yoğunluk	:	k_m
Tıkanıklık yoğunluğu	:	k_t
Ayarlanabilir düzenleme faktörü ($KR > 0$)	:	KR
İzin verilen en büyük kuyruk uzunluğu	:	L_i
Kontrol yapılmış katılımlardan gelen hacim (kontrollü)	:	M
Taşıt sayısı	:	n
Taşıt	:	N
Kuyruk uzunluğu	:	N_i
Önceden belirlenmiş maksimum kapasitede sağlanacak işgal yüzdesi	:	oc
Hacim (taşıt/km)	:	q
Yolun en büyük kapasitesi	:	V
Referans akım	:	q_o
Ayarlanabilir etki faktörü	:	Q_{hi}
Geciken taşıt sayısı	:	$Q_t(t)$
k periyodundaki katılım kontrol oranı	:	$r(k)$
(k-1)'deki katılım kontrol oranı	:	$r(k-1)$

Bölge içersindeki işgal edilmemiş alan (ölçümden)	:	S
Sürücü reaksiyon süresi (sn)	:	T
Zaman	:	T
Hız (yol/zaman)	:	u
En büyük akımdaki hız	:	u_m
Serbest hız	:	u_s
Kontrolün olmadığı katılımlardan gelen hacim (ölçümden)	:	U
Katılımlardan gelen akım	:	U_i
Trafik hızı (km/sa)	:	v
Anayol trafik hacmi	:	V_a
Her kesimde dedektörlerle elde edilen hız	:	V_h
Katılım trafik hacmi	:	V_k
Volume/Capacity	:	V/C
Dalga hızı	:	w
Ayrımlardan çıkan toplam hacim (ölçümden)	:	X
Durma mesafesi (m)	:	X

KISALTMALAR

Advanced Interactive Microscopic Simulator	:	AIMSUN
Remote Traffic Microwave Sensor	:	ARTMS
Değişken Mesaj Panosu	:	DMP
Elektronik Denetleme Sistemi	:	EDS
Generic Environment for Traffic Analysis and Modelling	:	GETRAM
Highway Capacity Manual	:	HCM
Universitat Politecnica de Catalunya	:	UPC
Verkehr in städten simulation	:	VISSIM

1.GİRİŞ

Boğaziçi Köprüsünde oluşan trafik tıkanıklığı ve karayollarında kuyruklanmanın ana kaynağı yol üzerindeki darboğazlar ve katılımlar nedeniyle oluşan akımdaki hız değişimleridir. Artan yolculuk talebini karşılamak için yeni ulaştırma yapıları inşa etmek günümüzde oldukça pahalı olan yöntemlerden biridir. Bu nedenle, mevcut ulaştırma altyapısı olanakları kullanarak, etkin ve verimli trafik işletmecilik teknikleri uygulanarak, ulaştırma altyapılarından en iyi biçimde faydalanılması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmenin yolu, karayolu üzerindeki darboğazların ve katılım kesimlerinin belirlenerek iyileştirilmesi ve hız yönetimi uygulayarak trafik akımının denetiminin sağlanmasından geçmektedir. Özellikle sabah ve akşam zirve saatlerinde trafik tıkanıklığının yaşandığı İstanbul Boğaziçi Köprüsü, O-1 karayolu üzerinde ve O-1 karayolunun bağlantı (katılım) kesim ve yollarında uzun taşıt kuyukları gözlenmekte; kuyruklanmaya neden olan tekrarlı tıkanıklık ve darboğazlar, sabah zirve saatlerinde Anadolu yakasından Avrupa yakasına, öğleden sonra özellikle akşam zirve saatlerde Avrupa yakasından Anadolu yakası yönünde meydana gelmektedir. Bu tezin konusu, Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerin incelemek ve O-1 karayolu üzerinde hız yönetimi uygulayarak Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıkışıklığı iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktır.

Kentiçi anaarteri olan ekspres ve otoyollarda sabah ve akşam zirve saatlerde uzun taşıt kuyukları oluşabilmektedir. İstanbul'daki Boğaziçi ve Fatih Sultan Mehmet Köprüleri ile O-1 ve O-2 karayollarındaki kuyruklanmalar tipik örnekler arasında bulunmaktadır. Bu tür kuyruklanmalar, "tekrarlı" trafik tıkanıklığının bir sonucudur. Bu nedenle, her sabah ve her akşam O-1 ve O-2 karayollarındaki trafik tıkanıklığı hemen hemen aynı kesimlerde ve aynı sürelerde oluşmaktadır. Bunun en belirgin nedeni ise, zirve saatlerdeki trafik talebinin sunulan karayolu tarafından sunulan kapasiteyi aşması, farklı katılım kollarından gelen ve ana yollardan gelen trafik akımlarının hızlarının farklılığıdır. Karayolu tarafından sunulan kapasiteye erişildikten sonra yolu kullanmak isteyen her bir taşıt, kuyrukta beklemek zorunda kalmaktadır. Burada trafik sıkışıklığına

neden olan ana parametre karayolunun kapasitesidir. Diğer bir yaklaşımla, eğer bir karayolu üzerinde trafik tıkanıklığı ve buna bağlı olarak kuyruklanma varsa, sunulan kapasitenin yetersiz olduğu sonucuna varılabilir. Bu tür durumlarda, sunulan kapasitenin düzeyini belirleyen ana etken yol üzerindeki bir darboğaz veya darboğazlardır. Darboğaz (şişe boynu) kesimi bulunan bir karayolundan belirli bir zaman içinde geçebilecek taşıtların sayısını, bu darboğazın kapasitesi belirlemektedir. Bu nedenle, bir karayolunda trafik tıkanıklığı ya da kuyruklanmanın incelenmesi, karayolu üzerindeki darboğazın incelenmesini zorunlu kılmaktadır. Darboğazın incelenmesi, darboğaza ilişkin bazı özelliklerin belirlenmesi anlamına gelmektedir. Bu bilgiler arasında; darboğazın yeri, darboğazın oluşma zamanı, darboğazın kapasitesi ve trafik akımlarının zaman içindeki değişimi bulunmaktadır. Darboğaz geometrik/fiziksel olabileceği gibi, yol daralması, katılımlar ile trafik talebinin ani artışı, zirve saatlerde katılım veya ayrılmalardaki talep artışı gibi, darboğaz oluşmasına ve trafik sıkışıklığına neden olmaktadır. Trafik mühendisliği çalışmaları arasında darboğazlara ve kuyruk oluşumuna ilişkin sorunlar önemli bir yer tutmaktadır [1]. Trafik tıkanıklığının yarattığı ekonomik ve sosyal sorunların ağırlığı ile tıkanıklığın rahatlatılması sonucunda elde edilecek faydalar, araştırmacı ve uygulayıcıları bu tür çalışmalara yönlentmektedir. Bu çalışmanın amacı, karayollarında meydana gelen trafik sıkışıklığına çözüm olarak, özellikle Boğaziçi Köprüsünde trafik sıkışıklığının incelenmesi ve trafik sıkışıklığının iyileştirilmesine yönelik hız yönetimine dayanan çözümlerin sunulmasıdır.

Bu çalışmada, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu üzerindeki trafiğinin temel özellikleri, gün içindeki nasıl değiştiği belirlenmiş ve Değişken Mesaj Panoları yardımıyla, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu üzerinde hız yönetimi uygulayarak, trafik sıkışıklığının nasıl azaltılabileceği hakkında öneriler yapılması hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında teze giriş yapıldıktan sonra, trafik akımının ana parametreleri genel olarak anlatılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde trafik simülasyonu üzerinde detaylı bilgiler verilmiş ve kullanılan değişik yöntemler anlatılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise, uygulama kesimi olarak seçilen Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu ile O-1 Karayolu katılımları üzerindeki trafik akım özellikleri kamera ile yapılan sayımlar sonucunda elde edilen verilerden yararlanılarak hacim ve hız bilgileri kullanılarak detaylı şekilde incelenmiştir. Elde edilen veriler Mikrosimülasyon ortamına

VISSIM programı yardımıyla aktarılır, simüle edilmiştir. Simülasyonda, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu ile O-1 Karayolu katılımları üzerinde değişik bölgelere Değişken Mesaj Panoları konularak, hız yönetimi uygulanması halinde trafik sıkışıklığında meydana gelebilecek iyileşmelerin neler olabileceği araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise, Boğaziçi Köprüsünün mevcut hali ile işletilmesi ile Boğaziçi Köprüsü ve katılım kolları üzerinde hız yönetimi uygulandığında, trafik sıkışıklığı üzerinde ne gibi olumlu etkiler yaratabileceği sırasıyla açıklanmıştır.

2. TRAFİK AKIMININ ANA ELEMANLARI

Trafik akımının üç asal elemanı

- Hız
- Hacim ve Akım oranı
- Yoğunluk ve İşgal

olarak ele alınır. Bu üç asal elemanın arasında aşağıda gösterildiği gibi bir ilişki vardır.

$$q = uk \quad (2.1)$$

Burada;

q : Hacim (taşıt/saat)

u : Hız (km/saat) (taşıt işletme yani mesafe ortalama hızı)

k: Yoğunluk (taşıt/km)

Bu üç asal elemanın sahip olduğu değerler ve birbirleriyle olan ilişkileri karayolu kapasitesi, geometrik tasarım vb. hususlarda önemli gösterelelerdir.

2.1 HIZ

Hız kısaca hareket derecesidir. Birim zamanda alınan yol olarak aşağıda gösterildiği şekilde ifade edilir.

$$V = L/t \quad (2.2)$$

Burada;

V: Hız (km/sa)

L: Mesafe (km)

t: Birim zaman (sa)

Ancak trafik akımı içinde taşıtlar farklı hızlarla hareket ettiğinden dolayı trafik akımının tek bir hızla tanımlanması mümkün değildir. Buna göre hızları,

- Zaman Ortalama Hızı (Time Mean Speed)
- Mesafe Ortalama Hızı (Ortalama İşletme Hızı, Space Mean Speed)

olmak üzere 2 farklı şekilde hesaplanabilir ve iki farklı değer elde edilebilir.

Zaman ortalama hızı, bir zaman diliminde bir noktadan geçen taşıtların hızlarının ortalamasıdır. Mesafe ortalama hızı ise sabit bir zaman diliminde belli bir yol kesiminden geçen taşıtların hızlarının ortalamasıdır. Dolayısıyla zaman ortalama hızı noktasal bir ölçüm iken mesafe ortalama hızı ise, yolun veya şeridin belli bir uzunluğunda yapılan bir ölçümü temsil etmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesinin kullandığı RTMS aletlerinden elde edilen hız bilgisi de mesafe ortalama hızı şeklindedir[2].

2.2 HACİM VE AKIM ORANI

Trafik mühendisliğinde hacim ve akım oranı iki farklı ölçü birimidir. Hacim, belirli bir zaman dilimi içerisinde yolun bir kesiminden geçen taşıt sayısıdır. Bu belirli zaman dilimi genellikle 1 saat olarak seçilir. Akım oranı ise daha kısa zamanlarda trafikte meydana gelen dalgalanmaları ve kapasiteye erişimleri gözlemlemek için kullanılır. Bir saatin belli dilimlerinde (genellikle 15 dak.) yolun bir kesiminden geçen taşıt sayısının bir saatlik zaman dilimine dönüştürülmesiyle elde edilir. Böylece zirve saat kapasiteye ulaşamayan bir kesim için, aynı saat içindeki belirli bir 15 dak.'lık aralık kapasiteye ulaşabilir. Tablo 2.1.'de durum daha iyi açıklanmaktadır.

Tablo 2.1: Saatlik hacim ve akım oranı örneği

Zaman Aralığı	Hacim (taşıt)	Akım Oranı (taşıt/saat)
17:00-17:15	500	500 x 4 =2000
17:15-17:30	700	700 x 4 = 2800
17:30-17:45	800	800 x 4 = 3200
17:45-18:00	750	750 x 4 = 3000
17:00-18:00	2750	

Görüldüğü gibi kısa zamandaki dalgalanmaya bakıldığında akım oranı 3200 taşıt/saat olmuştur ve saatlik hacim miktarı olan 2750 aracı aşmıştır.

2.2 YOĞUNLUK

Belli bir anda belirli bir yol veya şerit uzunluğunu işgal eden taşıt sayısıdır. Genellikle taşıt/km olarak ifade edilir. Yoğunluk, kesintisiz akım için kritik bir parametredir. Çünkü yoğunluk trafik işletiminin kalitesini gösterir. Yoğunluk bir aracın diğerine olan yakınlığını belirtir ve trafik akışı içinde manevra yapma serbestliğini ifade eder. Bu özellikleri ile yoğunluk çok şeritli yollardaki hizmet seviyesini tayin eden belli başlı kriter durumundadır. Sahada ölçülmesi en zor parametredir. Temel kavramlar arasında aşağıda gösterilen bağıntı ile bulunabilir.

$$v = SxD \quad (2.3)$$

Burada,

v : Akım Oranı (taşıt/saat veya taşıt/saat/şerit)

S : Mesafe Ortalama Hız (km/saat)

D : Yoğunluk (taşıt/km veya taşıt/km/şerit)

2.4 TRAFİĞİN TÜRETİLMİŞ DEĞİŞKENLERİNİN ELDE EDİLMESİ

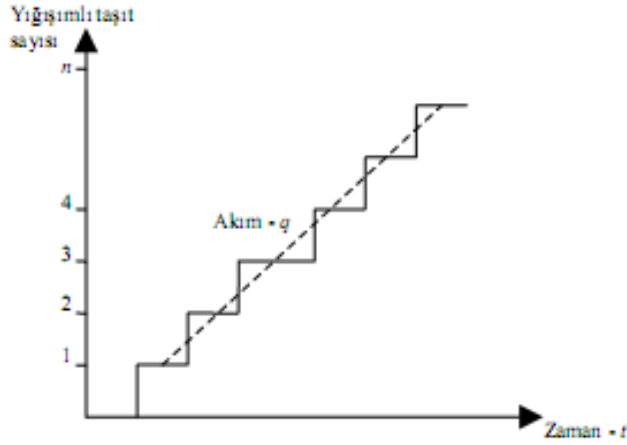
Trafiğin türetilmiş değişkenlerinin elde edilmesi değişik şekillerde olabilmektedir. Bu yöntemler aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

2.4.1 Trafik Akımının Tek Kesitte Yapılan Gözlemle Elde Edilmesi

Belirli bir yol kesimindeki bir gözlem kesitinden her bir taşıt geçişi zamanla birlikte kaydedilir ve bu kayıtların grafiği çizilirse, Şekil 2.1'deki gibi bir adım fonksiyonu elde edilir. Adımların düzenli olması halinde, ortalama akım, basamakların orta noktalarını birleştiren tek bir doğruyla temsil edilebilir ki, bu doğrunun eğimi n/t olup, akım değerini (q) verir. Akım oranı, zaman olarak taşıt takip aralığı (h , headway) kullanılarak da hesaplanabilir. Taşıt sayısının taşıtların arasındaki zaman farklarının toplamına bölünmesiyle, akım oranı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$q = \frac{n}{\sum_{j=1}^n h_j} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n h_j} = \frac{1}{\bar{h}} \quad (2.4)$$

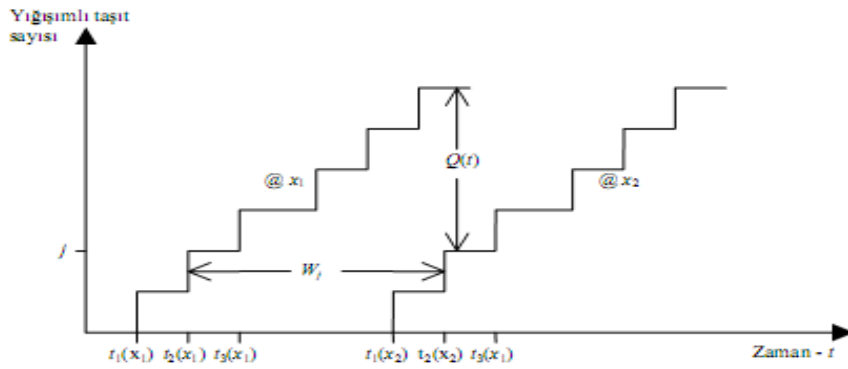
Burada taşıt takip aralığının ortalamasının tersi, akım oranını vermektedir. Sonuç olarak, tek bir kesitten elde edilecek taşıt takip aralığı değerleri, akım oranını verecektir.



Şekil 2.1 : Zamana bağlı taşıt trafiği

2.4.2 İki Kesitte Yapılacak Gözlem ile Elde Edilecek Büyüklükler

Birden fazla kesitte yapılacak gözlemlerle çeşitli büyüklükler elde edilebilir. Şekil 2.2'deki grafikte x_1 ve x_2 noktalarına ait (trafik x_1 'den x_2 'ye doğru akmaktadır) taşıt gelişlerinin yığışımli fonksiyonları (yığışımli taşıt sayısı eğrileri) görülmektedir.



Şekil 2.2 : Akım aşağı ve akım yukarı yığışımli taşıt gelişleri

Bu grafikten elde edilen bilgiler şunlardır:

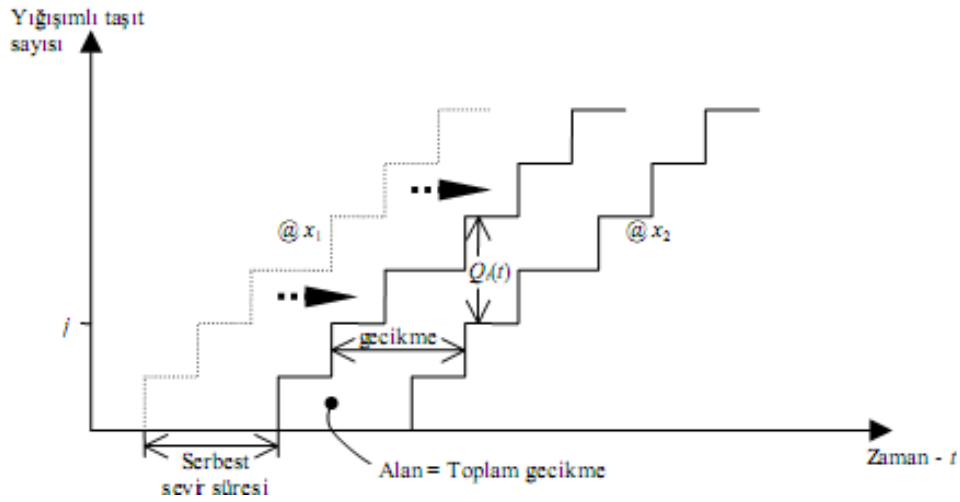
- Herhangi bir t anında iki eğri arasındaki fark $Q(t)$, x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki taşıt sayısıdır.
- W_j , j taşıtı için, x_1 ve x_2 eğrileri arasındaki seyir süresini verir.
- Bütün W_j 'lerin toplamı x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki toplam seyahat süresini verir.

- Ortalama seyahat süresi de, W_j 'lerin toplamının ya da x_1 ve x_2 eğrileri arasındaki alanın değerlendirmeye alınan toplam taşıt sayısına (n) bölünmesiyle elde edilir.

Toplam seyahat süresi şu formülden bulunabilir:

$$\sum_{j=1}^n [t_j(x_2) - t_j(x_1)] = \sum_{j=1}^n t_j(x_2) - \sum_{j=1}^n t_j(x_1) \quad (2.5)$$

Eğer akım yukarı (x_1) eğrisi serbest akım süresi kadar akım aşağı (x_2) eğrisine doğru ötelenirse (böylece, toplam seyir süresinden serbest seyir süresi çıkartılır), elde edilen farklar yatayda gecikme süresini, düşeyde de geciken taşıt sayısını, $Q(t)$ verir. İki eğri arasında kalan alan da toplam gecikmeyi verecektir (Şekil 2.3).



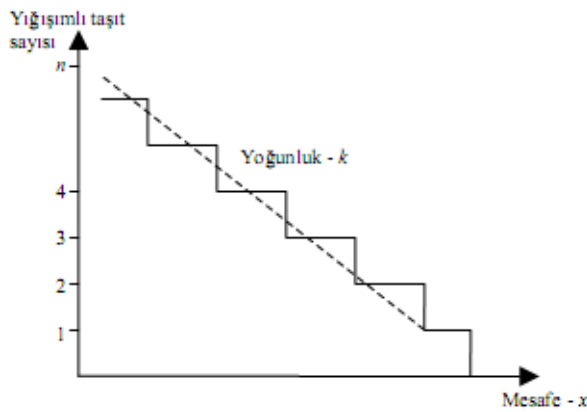
Şekil 2.3 : Ötelenmiş yığılımlı taşıt eğrisi

Ayrıca x_2 kesitinde $Q(t)$ adet taşıt sayılmamış olacaktır. Çünkü seyahat süresi içinde akım aşağı kesitten geçmemiş taşıtlar bulunmaktadır. Dolayısıyla kuyruk uzunluğu, serbest seyir süresi kadar ötelenmiş eğriler arasındaki düşey fark olacaktır.

2.4.3 Yoğunluğun Elde Edilmesi

Yoğunluk iki kesit arasındaki taşıt sayısı olduğuna göre, yoğunluğu ölçmek için her hangi bir t anında x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki yol kesiminin yukardan fotoğrafının çekilmesi gerekir. Bu fotoğraftan elde edilen kesitler arasındaki taşıt sayısı, kesitler arası mesafe ile birlikte yoğunluğu verecektir. Bir başka şekilde, (bir t anında) x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki yol kesiminde bulunan taşıtların sayısının yığımlı eğrisi, x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki fiziksel mesafenin bir fonksiyonu olarak Şekil 2.4’de görüldüğü gibi çizilebilir. Taşıtların numaraları negatif x yönünde sayıldığından, bu fonksiyon, her bir taşıtın t anından geçtiği $x_j(t)$ noktaları itibarıyla, x azaldıkça bir birim yukarıya doğru sıçrar. Bu fonksiyona uygun olarak çizilen doğrunun eğimi yoğunluğu (k) ifade eder. Buna göre, belirli bir uzunluk boyunca ölçülen yoğunluğun büyüklüğü, (negatif) eğimin mutlak değeri olmaktadır.

Yoğunluk ölçümü yapılan uzunluk, bir taşıtın varlığı ile başlayıp bitiyorsa, yoğunluğu tanımlamak için kullanılan bu uzunluk, buna göre, taşıtların tek tek aralarındaki fiziksel mesafelerin toplamı olmaktadır. Taşıtların aynı referans noktalarına göre belirlenen bu tekil mesafeler (ya da takip aralıkları), S_j , Şekil 2.4’deki basamakların genişlikleridir. Böylece, yoğunluk, k , belirli bir t anında belirli bir karayolu kesiminde bulunan taşıt sayısı toplamının, tekil takip mesafelerinin toplamına bölünmesi şeklinde tanımlanır.



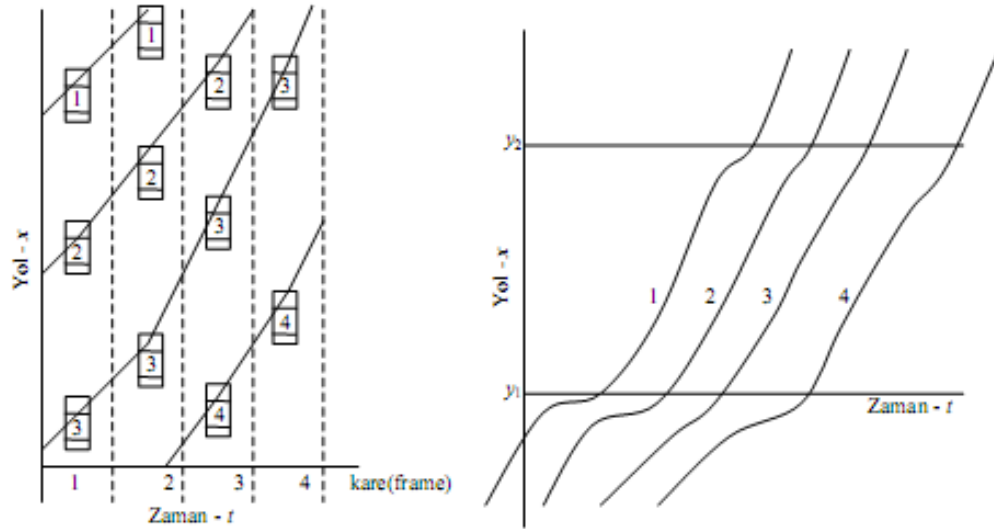
Şekil 2.4 : Mesafeye bağlı yığımlı taşıt eğrisi

$$k = \frac{n}{\sum_{j=1}^n S_j} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j} = \frac{1}{\bar{S}_j} \quad (2.6)$$

Buna göre, yoğunluk, mesafe olarak ortalama taşıt takip aralığının tersine eşittir.

2.4.4 Hızın Elde Edilmesi

Hız, taşıtların zaman içinde yer değiştirme biçimlerini yansıtmak üzere, birim zamandaki kat edilen mesafe birimi olarak ölçülür. Bu yer değiştirmeler, tek şerit üzerinde yukarıdan çekilen bir film ile tespit edildiğinde, film kareleri Şekil 2.5 deki gibi yan yana sıralanır ve değişik karelerdeki aynı taşıtlar birbirleriyle bir çizgi yardımıyla birleştirilirse, taşıtlar için yol-zaman eğrileri elde edilmiş olur. Şekildeki yol-zaman eğrilerinin eğimi de hızı vermektedir.

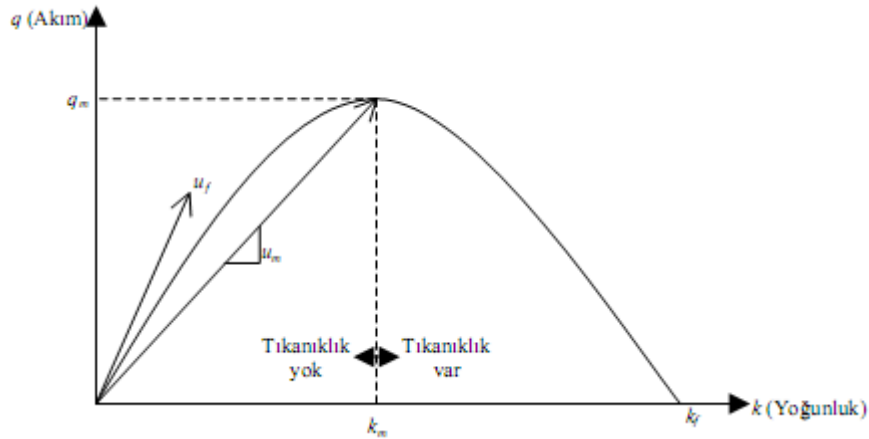


Şekil 2.5 : Film karelerinden yol-zaman eğrilerinin çıkartılması

2.5 AKIM – YOĞUNLUK – HIZ BÜYÜKLÜKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİ

2.5.1 Akım - Yoğunluk İlişkisi

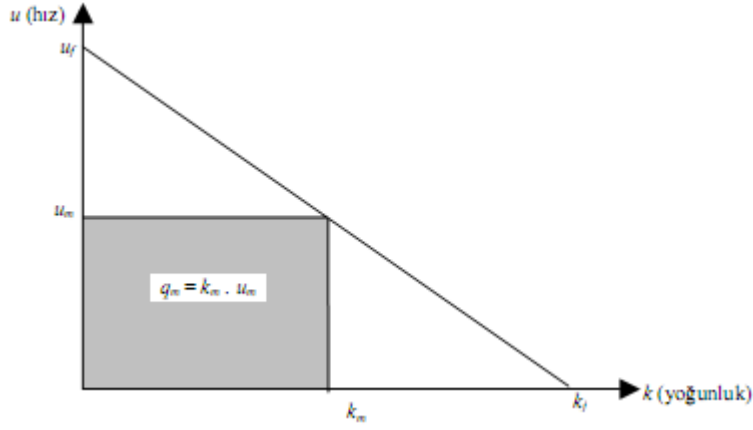
Akım – yoğunluk ilişkisi Şekil 2.6’de görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi, yolun kapasitesine (q_m -yolun en büyük kapasitesi) erişinceye kadar akım arttıkça yoğunluk da artmaktadır. Bu noktadan sonra yoğunluk artmaya devam ederken hacim düşüşe geçer. Bu durum, taşıtlar tampon tampona gelinceye ve tıkanıklık tam anlamıyla oluşuncaya kadar devam eder. Bu noktada yoğunluk en büyük değerini (k_j -tıkanıklık yoğunluğu) alır ve hacim sıfıra düşer. Bu grafikte, herhangi bir noktayı orijine birleştirilen doğrunun eğimi, q/k oranından akım hızını verir (örneğin, u_m). Başlangıç noktasındaki teğetin eğimi (u_f) de “serbest hızı” vermektedir.



Şekil 2.6: Akım - Yoğunluk ilişkisi

2.5.2 Hız Yoğunluk İlişkisi

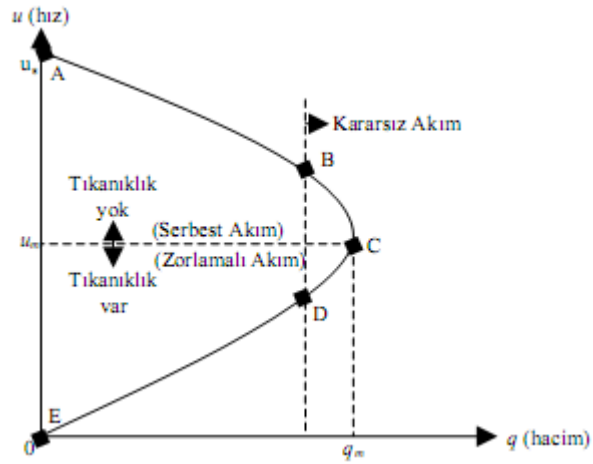
Hız - yoğunluk ilişkisi Şekil 2.7’de gösterilmiştir. Hız ve yoğunluk arasında ters ve doğrusal sayılabilecek bir ilişki vardır. Yoğunluk arttıkça hız azalır. Burada u_f serbest hızı göstermektedir. Bu grafik içersindeki bir köşesi orijin bir köşesi de doğru üzerinde olan bir dikdörtgenin alanı akımı ya da hacmi verir.



Şekil 2.7: Hız - Yoğunluk ilişkisi

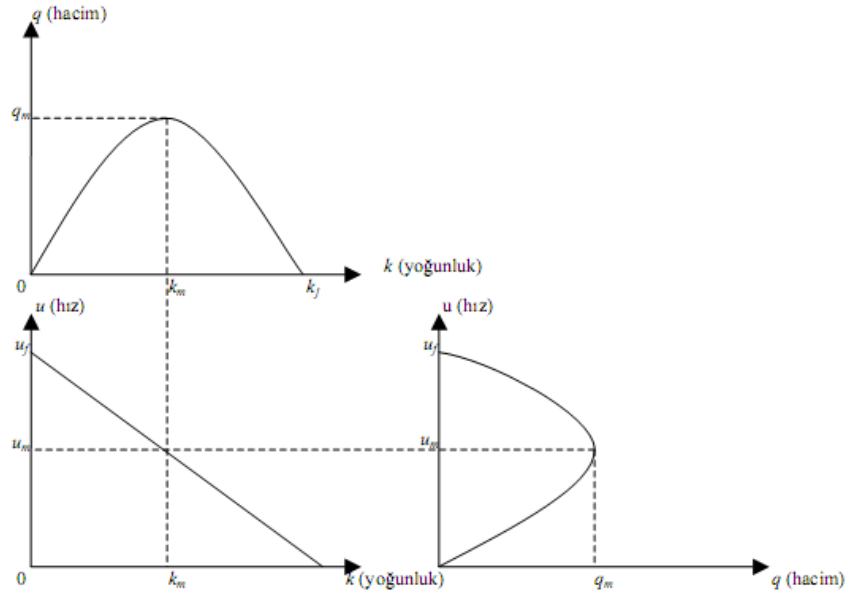
2.5.3 Hız Akım İlişkisi

Hız - akım ilişkisi Şekilde 2.8 de gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi, tıkanıklığın olmadığı “serbest akım” bölgesinde akım arttıkça hız düşmektedir; bu durum kapasiteye (q_m) erişinceye kadar devam eder. Kapasite aşıldıktan sonra hem akım hem de hız beraber düşüşe geçerler. Kapasitenin hemen altında ve üstündeki bölgede (BD-C arasında) trafik akımı “kararsız” bir hal almaktadır; akımın, AB bölgesinde “serbest” ve DE bölgesinde “zorlamalı” olarak aktığı bilinmektedir.



Şekil 2.8: Hız - Hacim ilişkisi

Bu üç grafiğin birbirleriyle ilişkileri Şekil 9 daki gibi gösterilebilir.



Şekil 2.9: Yoğunluk, Hız ve Akım(Hacim) ilişkisi

2.6 HİDRODİNAMİK AKIM KURAMI

Gerlough ve Huber (1975) tarafından geliştirilen hidrodinamik akım kuramından yola çıkılarak trafik akımlarının özellikleri tanımlanmaya çalışılmış ve çeşitli matematiksel ifadeler elde edilmiştir. Teorik olarak akımın korunduğu varsayılarak taşıtların su gibi kesintisiz aktığı ve kesime giren bütün taşıtların kesimden çıktığı kabul edilmektedir[4,5]. Bu durumu bir örnekle şöyle açıklanabilir. Bir yol üzerinde x_1 ve x_2 gibi iki gözlem kesiti (noktası) bulunsun ve bu gözlem kesitleri arasında herhangi bir ayırım ya da katılım bulunmasın. Trafığın yönü de x_1 'den x_2 'ye doğru olsun. N_i değeri (i , gözlem kesitini göstermektedir) Δt süresi içinde kesitten geçen taşıt sayısını ifade etsin. q_i , Δt zaman aralığı için akım oranı, Δx ise iki gözlem kesiti arasındaki mesafe olsun. bu durumda;

1. gözlem noktasında sayılan taşıt sayısı, 2. gözlem noktasında sayılan taşıt sayısından büyük olacaktır. Yani $N_1 > N_2$ olacaktır. Bunun nedeni, x_1 ile x_2 kesitleri arasında birikmiş olan taşıtlardır ki, bu taşıt sayısı N_1 ile N_2 kesitleri arasındaki taşıt sayısı farkını ortaya koyacaktır.

Bu anlatılanlardan yola çıkarak;

$$N_2 - N_1 = \Delta N \text{ (}\Delta N \text{ burada negatiftir)} \quad (2.7)$$

$$N_1 / \Delta t = q_1$$

$$N_2 / \Delta t = q_2$$

$q_2 - q_1 = \Delta q = \Delta N / \Delta t$ olacaktır. Bu formülden de $\Delta N = \Delta q \cdot \Delta t$ olur.

x_1 ve x_2 kesitleri arasındaki yoğunluk şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\Delta k = \frac{-(N_2 - N_1)}{\Delta x} \Rightarrow -\Delta N = \Delta k \cdot \Delta x. \quad (2.8)$$

Elde edilen bu iki ΔN denklemi eşitlenirse

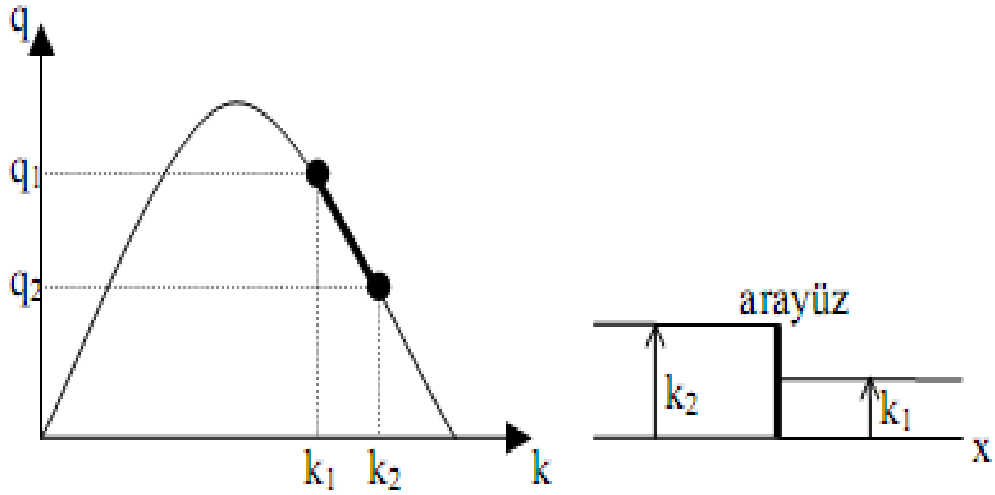
$$-(\Delta q) (\Delta t) = (\Delta k) (\Delta x) \text{ buradan da}$$
$$\frac{\Delta q}{\Delta x} + \frac{\Delta k}{\Delta t} = 0 \text{ ifadesi elde edilir.}$$

Bu ifade, trafik akımlarının temel denklemi olup, akımın korunumu eşitliğidir. Bu denklem, akım ve yoğunluktan elde edilen ΔN 'ler birbirine eşitlenerek bulunmuştur. Temel denklem, akıma, uzunluğa, yoğunluğa ve zamana bağlı bir ifade sunmaktadır. Akan cisim sürekli olduğunda ve sonlu sayıdaki artışların sonsuz küçüklükte olmasına izin verildiğinde, limit durumunda şu ifade elde edilir:

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial k}{\partial t} = 0 \quad (2.9)$$

Buna göre, akım-yoğunluk grafiğinin üzerinde farklı iki trafik durumunu (örneğin, q_1-k_1 ve q_2-k_2) ifade eden noktaları birleştiren doğrunun eğimi, bu iki farklı trafik durumu arasındaki ara yüzün hareket hızını verecektir. Bu ara yüz Şekil 2.10'daki gibi gösterilebilir. Buradan, yukarıdaki ifade;

$$u = \Delta q / \Delta k \text{ şeklinde yazılabilir. Bir diğer ifade ile, } q = uk \text{ olur.}$$



Şekil 2.10: İki farklı trafiğin arayüzü

Buna göre, Şekil 2.10'daki (q_1, k_2) ve (q_2, k_2) durumları arasındaki –ara yüzün- kinematik dalga hızı şu şekilde yazılabilir.

$$u = \frac{q_2 - q_1}{k_2 - k_1} = -\frac{\Delta q}{\Delta k} \quad (2.10)$$

2.7 HİDRODİNAMİK KURAMDA DARBOĞAZ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hidrodinamik trafik kuramı belirli durumlarda uzun karayolu kuyruklarının yoğunluklarının tahmini için uygun bir yöntemdir. Bu kuyrukların arka ucunda en yüksek yoğunluk gözlenirken, ön uca doğru yoğunluk yavaşça azalır ve darboğazın hemen akım yukarısında en düşük değerini alır. Şekil 2.11 bu tanımlamayı göstermektedir. Şeklin üst kısmında, darboğazın akım yukarısında çok sayıda kavşak bulunan hayali bir yol kesimi görülmektedir. Buradaki darboğaz geometrik bir kısıtlama nedeniyle oluşmaktadır, ancak darboğazın başka kaynakları da söz konusu olabilir.

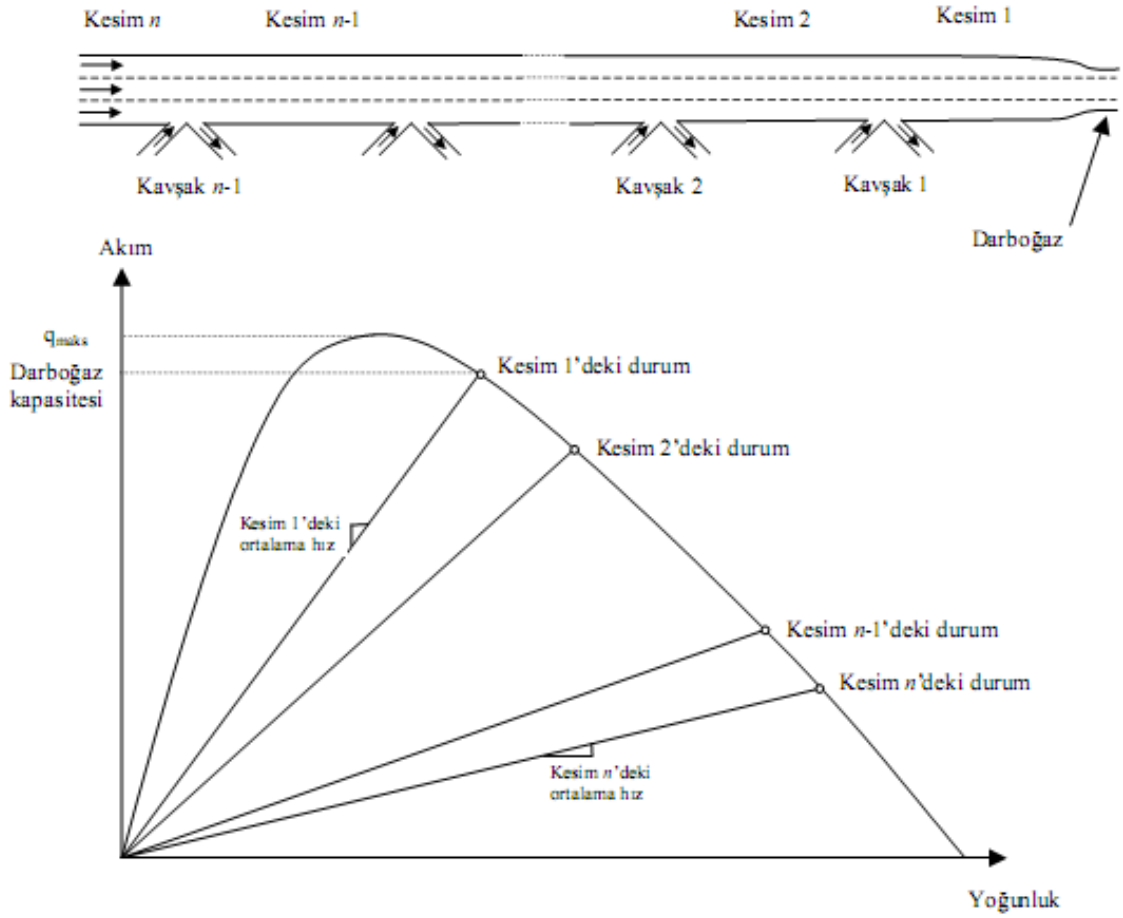
Homojen kesimlerdeki trafiğin (örneğin, kavşaklar arasındaki kesimlerde), Şekil 2.11'in alt kısmında gösterildiği gibi, temel diyagramla tanımlandığı kabul edilmektedir. q_{maks} kapasitesi, akım aşağıdan gelen bir kuyruğun etkisi olmadan, her kesimdeki akımın

sürekliği korunabilen en büyük değeridir. Akım aşağıdaki darboğazda bir kuyruklanma oluşup, geriye doğru bütün otoyol boyunca yayıldığında, tüm kesimlerdeki akımlar darboğaz tarafından sınırlanacak ve q_{maks} 'dan daha küçük bir değer alacaktır.

Bu akımlar, Cassidy tarafından önerilen yöntem kullanılarak kolaylıkla tahmin edilebilir. Bu yöntemde, katılım ve ayırım çiftinden oluşan her kavşak otoyol boyunca birlikte tek bir nokta olarak modellenir. Bir kavşak noktasından kuyruklanmış otoyol kesimine giren taşıtlar, akım yukarı yönden bu kavşağa yaklaşan taşıt akımını sınırlar; diğer bir deyimle, katılım taşıtları mevcut karayolu boşluğunu akım yukarıdan gelen taşıtlara bırakmazlar. Böylece, herbir kavşak noktasının katılımından karayoluna giren taşıt oranı (sayısı) aynı kavşağın ayırımından çıkan taşıt oranını (sayısını) aşarsa, akım yukarı kesimlerdeki akımlar düzenli bir şekilde sırayla azalır; yani, kesim 1'deki kuyruklanmış akım darboğazın kapasitesine eşit olur.

Şekil 2.11'deki temel diyagramda gösterildiği gibi, yol boyunca kuyruklanmış akımdaki her azalma yoğunluktaki artışın eşliğinde gerçekleşir. (Temel diyagram kuyruk içindeki ortalama taşıt hızlarının kesim boyunca değişimini de gösterir.) Kısacası, sürücüler, kuyruğun arka ucundan darboğaza doğru ilerledikçe, trafik şartlarında düzenli bir iyileşmeyle karşılaşır.

Bu eğilimin kesintiye uğradığı yerler, trafiğin homojen kesimlere ait temel diyagramla açıklanmadığı, kavşaklar gibi homojen olmayan yerlerdir. Darboğazın yeteri kadar akım yukarı kesimlerinde ise bazen, trafiğin durma noktasına geldiği durumlarla karşılaşılabilir.



Şekil 2.11: Hayali bir karayolunda Akım-Yoğunluk ilişkisi

Yukarıda açıklanan eğilimi sergileyen otoyol kuyrukları, kuyruklanmış bir otoyol kesimindeki akımın bu kesimdeki taşıt birikimine bağlı olduğunu göstermektedir. Sonuçta, katılım kontrolü (ramp metering) yoluyla erişim kontrolü, geometrik tasarım değişiklikleri ya da güzergah bilgisi sunma gibi herhangi bir stratejinin seçimi, söz konusu karayolu kesiminde biriken taşıtların değerlendirilmesine bağlı olmalıdır.

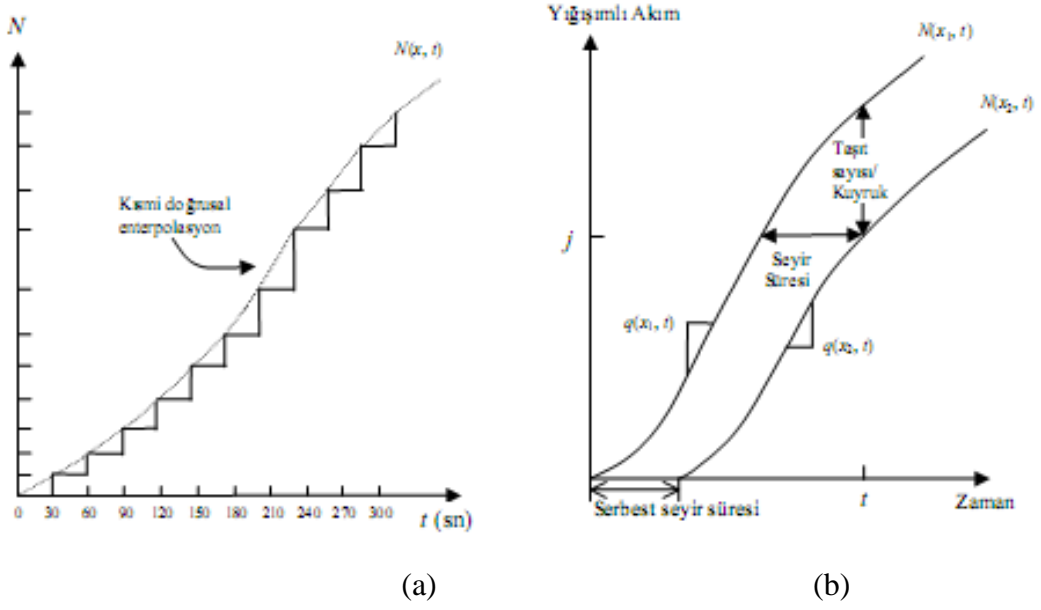
2.8. YIĞIŞIMLI TAŞIT SAYISI EĞRİLERİ VE BASİTLEŞTİRİLMİŞ KİNEMATİK DALGA KURAMI

Karayolu üzerindeki belirli noktalardan geçen taşıtların yığışimli sayılarının incelenmesiyle akım, akım hızı ve yoğunluğun ortalama değerleri elde edilebilmektedir. Bu yöntem ilk olarak Cassidy tarafından açıklanmıştır. Basitleştirilmiş Kinematik Dalga Kuramı adıyla ortaya koyduğu yöntemin uygulama aracı, yığışimli taşıt sayısı eğrileridir. Aşağıda, yığışimli taşıt sayısı eğrilerinden faydalanılarak önerilen yöntemin nasıl kullanılabileceği anlatılmaktadır.

2.8.1 Yığışimli Taşıt Sayısı Eğrilerinin Elde Edilmesi

İncelenen karayolu üzerindeki belirli bir “x” gözlem kesitinden/noktasından, “t” gözlem süresi içinde geçen taşıtların yığışimli sayısı $N(x, t)$ olsun (Şekil 2.12a). Buna göre, “x” gözlem kesitinde bulunan bir gözlemci, önünden geçen taşıtlara sırasıyla numara verdiğinde (ilk taşıtların numarası $t=0$ için $N(x,0)=0$ olmak üzere), $N(x,t)$, gözlemcinin önünden “t” anından önce geçen son taşıtların numarasını göstermektedir. Burada taşıtların birbirlerini sollamadıkları kabulü yapılmaktadır.

Karayolunun homojen geometriye sahip bir kesiminde akım aşağı yöndeki “ x_1 ” ve akım yukarı yöndeki “ x_2 ” komşu kesitleri için $N(x_1, t)$ ve $N(x_2, t)$ yığışimli taşıt sayısı eğrileri Şekil 2.12b’deki gibi aynı eksen takımı üzerine çizildiğinde; belirli bir “t” anında eğriler arasındaki düşey fark, kesitler arasındaki taşıt sayısını gösterirken; belirli bir “j” (seviyesindeki) taşıt sayısına karşılık gelen eğriler arasındaki yatay fark da, bu taşıtların kesitler arasındaki seyir süresini göstermektedir. Eğrilerin çok fazla zamansal değişim göstermediği ve yaklaşık olarak birbirlerine paralel olduğu zaman aralığında, eğriler arasındaki ortalama taşıt sayısının kesitler arasındaki mesafeye bölünmesiyle, taşıt yoğunluğu hesaplanabilmektedir. Eğriler arasındaki alan, tüm taşıtların toplam seyir süresini vermektedir.



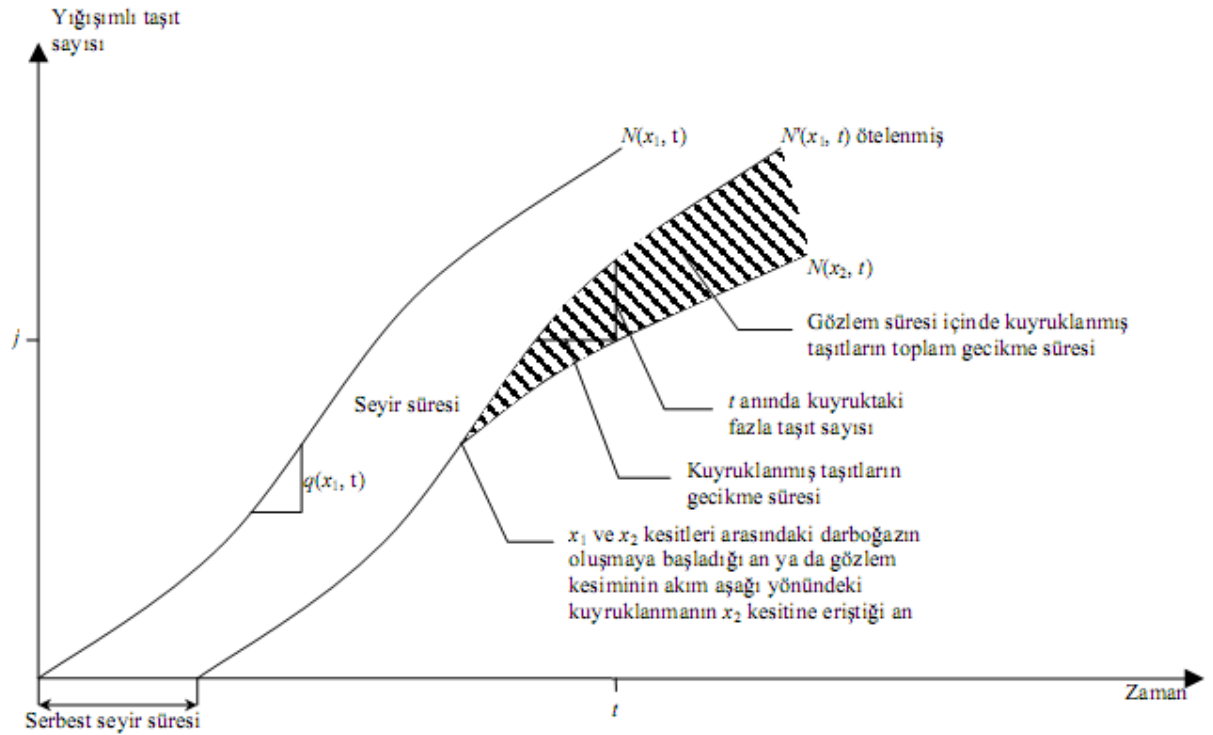
Şekil 2.12 : Yığışımli sayım eğrisi ve ikikesitteki yığışımli akım

Şekil 2.12’de görülen eğri, taşıt sayıları tamsayı olduğundan aslında bir adım fonksiyonudur; diğer bir deyimle, sabit zaman aralıklarında gözlem kesitinden geçen taşıtların yığışımli sayıları da birer adım fonksiyonudur. Belirli bir gözlem kesitinde (örneğin, x_1 ve x_2) herhangi bir andaki (örneğin, t) akım değerini (taşıt/saat) tanımlayabilmek için, adım fonksiyonları eğri biçiminde yumuşatılarak bu eğrilerin birer türevi olan $q(x_1, t)$ ve $q(x_2, t)$ elde edilmelidir. Böyle bir eğri, her basamağın tepe noktasından geçen bir interpolasyon eğrisi biçimindedir.

Uygulanması daha kolay başka bir yaklaşım ise, kısmi doğru parçalarından meydana gelen yumuşatılmış yığışımli eğriler oluşturmaktır. Yumuşatılmış eğriler, örneğin, Şekil 2.12’de görüldüğü gibi kısmî doğrusal interpolasyon yoluyla, basamakların tepe noktalarının arasına doğru parçaları çizilerek elde edilebilir.

Komşu kesitlere ait yığışımli eğrilerin incelenmesiyle başka sonuçlar da elde edilebilir. Gözlem kesitleri x_1 ve x_2 arasında hareket eden taşıtların “serbest” seyir süresi (kuyruk bulunmaması durumunda) bilindiğinde, x_1 kesitine ait yığışımli eğri $N(x_1, t)$, serbest seyir süresi kadar sağa x_2 kesitine ait yığışımli eğriye doğru ötelenir ve $N'(x_1, t)$ eğrisi elde edilir (Şekil 2.13). Yol kesimi boyunca taşıt hareketlerinde kuyruklanma sebebiyle herhangi bir gecikme yoksa, iki komşu kesite ait eğrilerin çakışması gerekir. Eğriler,

gözlem süresi içindeki belirli bir zamanda birbirlerinden ayrıldığında bu durum bir darboğaz oluşumunu ya da akım aşağıdan (down-stream) akım yukarıya doğru uzayan bir kuyruklanma olduğunu göstermektedir. Bu durumda belirli bir “t” anında eğriler arasındaki düşey fark kesitler arasındaki fazla taşıt sayısını, yatay fark ise “j” seviyesindeki taşıtların gecikme süresini, eğriler arasındaki alan ise taşıtların toplam gecikme süresini vermektedir.



Şekil 2.13 : Ötelenmiş Yığılımlı taşıt sayım eğrileri

2.8.2 Kinematik Dalga Hareketleri

Hidrodinamik (kinematik dalga) trafik akım kuramı, trafik akımı ve akışkanlar arasındaki benzerlikten faydalanarak geliştirilmiştir. Bu kuramın temel taşı, trafik akımı (q) ve yoğunluk (k) arasında fonksiyonel bir ilişki bulunduğu varsayımdır. Burada, trafik akımı, yolun belirli bir noktasından birim zamanda geçen taşıt sayısını ve yoğunluk, belirli bir anda yolun birim uzunluğu içinde bulunan taşıt sayısını göstermektedir. Makroskobik düzeyde, trafik akımı, trafik yoğunluğunun ortalama taşıt

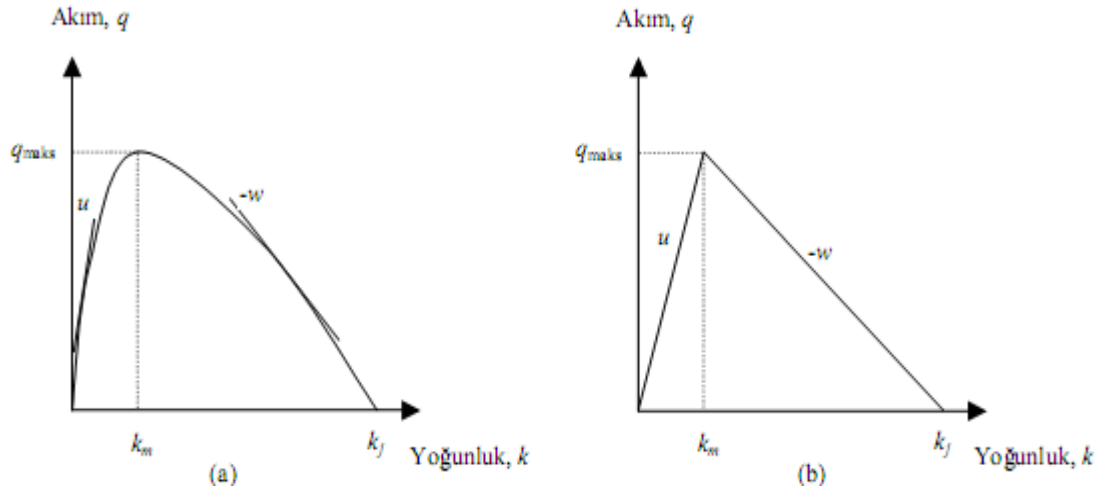
hızı (uzunluk anlamlı hız, u) ile çarpılmasıyla elde edilir; yani, $q = u.k$ olur. Bu ilişki trafik akımının temel yasası olarak adlandırılmaktadır.

Cassidy tarafından basitleştirilmiş kuram, trafik içindeki dalgalar/dalgalanmalar fikrine dayanmaktadır. Bir trafik dalgası (ya da dalga), belirli bir yol-zaman yüzeyinde aynı akım, q ve yoğunluk, k değerlerine sahip noktaları birleştiren bir eğri olarak tanımlanmaktadır. Akım ve yoğunlukta bir değişme meydana geldiğinde, söz konusu dalganın taşıt dizisi aracılığıyla bu değişmeleri taşıdığı varsayılmaktadır.

Karayolunun belirli bir x kesitindeki q akımını taşıyan dalganın hızı, Şekil 2.14'de görülen bu x kesitine ait akım-yoğunluk (q, k) ilişkisindeki teğet(ler)in eğimi olsun. Yoğunluk (k), kritik yoğunluktan (kapasitedeki yoğunluğa karşılık gelmektedir) küçük olduğunda, dalganın hızı pozitif ve yoğunluk (k), kritik yoğunluktan (k_m) büyük olduğunda, dalganın hızı negatif olmaktadır. Pozitif dalga hızı, dalganın, taşıtlarla aynı yönde hareket ettiğini, negatif dalga hızı, dalganın, taşıtların hareket ettiği yönün ters yönünde hareket ettiğini gösterir. Buna göre dalgalar ileri veya geri yönde yayılabilmektedir.

Sıkışık bir karayolunda, akım aşağı yöndeki bir sürücünün fren yapmasıyla tetiklenen bir zincirleme reaksiyonu gözlemek mümkündür; bu reaksiyon, akım yukarı yöndeki sürücülerin de fren yapmasına neden olur ve böylece olay yayılır. Taşıtlar ileriye doğru hareket ederken, trafik içindeki değişmelerin bir göstergesi olan fren lambaları, geriye doğru hareket ederler. Bu örnek, taşıtlar ileri doğru hareket ederken, dalgaların geriye doğru hareket edebileceğini göstermektedir.

Bir otoyoldaki trafik akımı ve yoğunluk arasındaki ilişkinin Şekil 2.14b'de görüldüğü gibi -basitleştirici bir yaklaşımla- üçgen biçimli akım-yoğunluk (q,k) ilişkisiyle ifade edilebileceğini kabul etmektedir. Trafik akımı içindeki tüm (q,k) durumlarının, bu ilişki/fonksiyon kapsamında bulunduğu kabul edilmektedir ki, homojen yol kesimlerinde bu ilişkinin mesafeyle değişmediği bilinmektedir. Belirli bir (q,k) durumu için taşıtların -uzunluk anlamlı- hızları, orijin ile bu (q,k) durumunu birleştiren çizginin eğimidir ($u=q / k$).



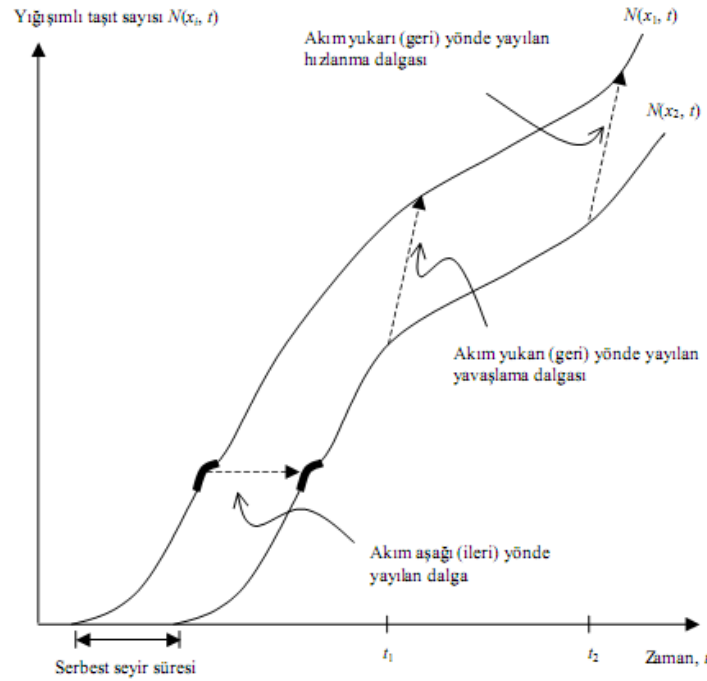
Şekil 2.14 : Akım-Yoğunluk arasındaki ilişkiler

Şekil 2.14b'de görülen üçgen biçimli q - k ilişkisi sadece iki dalga hızını işaret etmektedir. Yoğunluğun, kritik yoğunluktan (k_m) küçük bir değere sahip olduğu serbest akım koşullarında dalga hızının, $u > 0$; ve yoğunluğun, kritik yoğunluk ve tıkanma yoğunluğu (k_j) arasında bir değere sahip olduğu zorlamalı akım koşullarında dalga hızının, $-w$ ($w > 0$) olduğu kabul edilmektedir. Newell'ın modelinde iki dalga hızı bulunması, modelin otoyollarda sadece iki hıza izin verdiği anlamına gelmemektedir. İleriye doğru yayılan dalga hızı, kapasitenin kritik yoğunluğa bölünmesiyle elde edilir ($u = q_{maks} / k_m$). Bu dalga hızı, serbest hızla yol alan taşıtların hızı olmaktadır; çünkü, Şekil 2.14b'deki üçgen biçimli q - k ilişkinin/eğrisinin serbest akım koşullarının geçerli olduğu kesiminin eğimi serbest akım hızına eşittir. Geriye doğru yayılan dalga hızı ise $-w = -q_{maks} / (k_j - k_m)$ değerine eşittir [5].

Üçgen biçimli akım-yoğunluk ilişkisi için [6] şu saptamaları yapmaktadır: Akımın korunumu ilkesi nedeniyle, trafik durumunda bir değişme meydana geldiğinde, örneğin, (q_1, k_1) durumundan (q_2, k_2) durumuna geçildiğinde, bu durumlar arasındaki süreksizlik trafik akımı içinde yayılacaktır. Bu süreksizliğin (arayüzün) hızı aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

(q_1, k_1) ve (q_2, k_2) durumları arasındaki süreksizliğin hızı: $(q_1 - q_2) / (k_1 - k_2)$. Bu hız, akım-yoğunluk ilişkisi üzerindeki iki trafik durumunu birleştiren kirişin eğimidir.

Şekil 2.15’te komşu iki gözlem kesitine (x_1 ve x_2) ait yığışlımlı taşıt sayısı eğrileri, $N(x_i, t)$ arasında, “serbest” ve “zorlamalı” akım koşullarındaki dalga hareketleri gösterilmiştir. Trafik x_2 kesitinden x_1 kesitine doğru hareket etmektedir. Newell’ın modeline göre, homojen bir karayolu kesiminde herhangi iki “serbest” akım durumunu ayıran bir süreksizliğin seyir süresi, daima taşıtların serbest akımdaki -serbest- seyir süresine eşit olacaktır. Bu süreksizlik, akım aşağı (ileri) yönde ilerleyen bir dalga hareketiyle yayılacaktır (Şekil 2.15). Bu tanımlama, akım-yoğunluk ilişkisinin serbest akım kısmının doğrusal olduğunu bildirmektedir; böylece, bu kısmın eğimi, taşıtların serbest seyir hızı (u) olmaktadır (Şekil 2.15). Modelde, ayrıca, “zorlamalı” akım koşullarında tüm akım değişmelerinin (durum değişmelerinin) eşdeğer seyir süreleriyle akım yukarı yönde (geriye doğru) hareket edeceği belirtilmektedir (Şekil 2.15’de t_1 ve t_2 zamanlarındaki değişmeler). Bu saptama da, akım-yoğunluk ilişkisinin zorlamalı akım kısmının doğrusal olduğunu bildirmektedir; bu kısmın eğimi, akım değişim hızının negatifi ($-w$) olmaktadır (Şekil 2.14b).



Şekil 2.15 : Yığışlımlı taşıt sayım eğrileri ve dalga hareketleri

2. TRAFİK SİMÜLASYON MODELLERİ

Simülasyon, teknolojik gelişmelerin başdöndürücü bir hızla devam ettiği günümüzde önemli gittikçe artan bir konudur. Simülasyon, gerçek bir sistemi temsil eden modelin oluşturulması işlemidir. Bilgisayarda simülasyon ise gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Simülasyon çalışması problem çözmede son derece etkilidir. Dolayısıyla, simülasyon, farklı amaçları gerçekleştirmek için değişik alanlarda uygulanabilen ve günümüzde üretim ve hizmet (özellikle eğitim) sektöründe de yaygınlaşan bir yöntem olmuştur. Pek çok konuda olduğu gibi simülasyon kullanmanın da birçok avantajı yanında bazı dezavantajları mevcuttur.

Simülasyonun modelleme sürecinin problemin tanımlanmasından başlayıp çalışma sonuçlarının belgelendirilmesi ve gerçeğe aktarılmasında son bulan değişik aşamaları vardır. Günümüzde sistemler karmaşık, pahalı ve sadece kullanımı bile uzmanlık gerektiren sistemler haline gelmiştir. Bilgisayar ve elektronik teknolojilerindeki baş döndürücü gelişmeler elektronik ve haberleşme sistemlerine uygulandıkça bu dönüşüm daha da hızlanmaktadır. Bilgisayarlar, cep telefonları, akıllı ofis donanımları, ısı kameralar, elektronik, akustik, kimyasal sensörler, insansız hava araçları, akıllı fuzeler, tümleşik gözetleme sistemleri, komuta-kontrol sistemleri gibi sistemler kurulumları yıllar alabilecek ve milyonlarca dolara mal olabilecek sistemlerdir. Ulaşım, elektronik ve haberleşme sistemlerinin bu baş döndürücü gelişiminin önümüzdeki yıllarda da ekonomilerin olduğu kadar savunmanın, eğitimin ve sağlığın da itici gücü olacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Teknolojinin baş döndürücü gelişimi elektronik ortamda bilgi ve haber iletimini dünyanın en ücra köşelerine dek yaymayı başarmıştır. Evler ve arabalar tam donanımlı birer ofise, tek kişilik bir atölye küresel bir işletmeye dönüşebilmiş, firmalar dünyanın değişik bölgelerinde küçük fakat etkin ofisler kullanarak, 24-saat sürekli proje üretecek etkinliğe ulaşabilmiş, uzaktan eğitim (distant learning), elektronik ticaret (e-tsade) gibi kavramlar uygulanmaya başlamıştır. Hatta, teknolojik gelişime bağlı olarak, bir ülkenin hastanesindeki bir uzmanın bir başka ülkenin hastanesindeki bir hastaya, bilgi ve haber kanalları üzerinden akıllı robotlar yardımıyla, ciddi ameliyatlara yapabileceği düzeyine gelinmiştir. Bu denli karmaşık

sistemlerin geliştirilmesi ve kullanıma sokulması beraberinde modelleme ve simülasyon konusunu gündeme getirmiştir. Karmaşık sistemlerinin tasarımı, geliştirilmesi, test edilmesi, eğitimi, vb. artık özel donanım ve yazılımlarla bilgisayar ortamında gerçekleşir olmuştur. Modelleme ve Simülasyon (i) tasarlanacak sistem henüz elde olmadığı, (ii) gerçek test ve ölçülerin tehlikeli ve/veya pahalı olduğu (iii) gerçek test ve denemelerin yapılamadığı durumlarda vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

3.1 SİMÜLASYON VE MODELLEME

Simülasyon, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin davranışını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile, geliştirilen bu model üzerinde denemeler yapmaktır[7]. Bir başka tanıma göre simülasyon, gerçek bir işlem veya sistemin zamana bağlı olarak modelini tanımlayan matematiksel bir modeldir. Simülasyon ister elle, isterse bilgisayar ile yapılsın, bir sistemin yapay kayıtlarının oluşturulması ve gerçek sistemin işletim karakteristikleriyle ilgili sonuçlarının elde edilmesinde bu yapay kaydın incelenmesini kapsamaktadır[8]. Simülasyon, teorik ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait neden-sonuç ilişkilerinin bir bilgisayar modeline yansıtılmasıyla, değişik koşullar altında gerçek sisteme ait davranışların bilgisayar modelinde izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Simülasyon, gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Sanal ortamlar sağlayan yazılımlardır. Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma işlemidir. Simülasyonlar, genel tasarım formları içinde metin, test, canlandırma, seslendirme, alıştırma-uygulama gibi pek çok tasarım seçeneğinin uygulanmasına olanak tanırlar. Yaparak, yaşayarak öğrenmeyi sağlarlar. Eğitim simülasyonu, bir olay veya aktivitenin etkileşim sonucu öğrenilmesini sağlayan modellemedir. Simülasyon; önerilen veya gerçek dinamik bir sistemin modellenmesi ve zaman içindeki davranışın gözlenmesi işlemidir. Bir simülasyon çalışması, herhangi bir sistemin davranışının incelenmesi ve farklı parametrelerin çalışma durumuna etkilerinin araştırılması amacı ile yapılır. Simülasyon çalışmalarında uygulanan iki adım; model tasarımı ve deneylerdir. Model tasarımı sistemin tüm önemli durumlarını temsil eden bir modelin kurulmasıdır. Geçerli bir model kurulduktan sonra deneyler kısmı başlar.

Simülasyon genellikle mevcut olmayan veya pahalı ve zor gerçekleştirilebilecek sistemlerin denenmesine imkan sağlar.

Simülasyon kapsamında incelenen modelleme çalışmalarının bilgisayarda programlanmasında dikkati ceken temel özellikler Law ve Kelton (1991) tarafından belirtilmiştir;

- 0 ile 1 arasında üniform $U(0,1)$ dağılışından şans sayısı turetimi,
- Bilinen bir olasılık dağılışından şans değerlerinin turetimi,
- Simülasyon saatinin çalıştırılması,
- Uygun simülasyon bloklarına geçişte kontrol sisteminin kurulması,
- Simülasyon listesine kayıt ekleme, kayıt çıkarma olanakları,
- Uygun veri analiz yöntemlerinin kullanımı,
- Sonuçların yazdırılması,
- Hataların izlenmesi,

Bunlar ve kısmen ileride belirtilecek özellikler simülasyonda özel amaçlı simülasyon dillerinin kullanımını zorlamaktadır. Bu diller daha sonra simülasyon tekniklerinin kullanım alanının genişlemesine yol açmıştır. Ancak buna rağmen özel amaçlı simülasyon dilleri ile genel amaçlı programlama dillerinin arasında simülasyon senaryolarının bilgisayarda programlanması açısından uzun zamandan beri avantaj ve dezavantaj tartışmaları süregelmektedir.

3.2 SİMÜLASYONUN KULLANIM AMAÇLARI

Özel amaçlı simülasyon dilleri, düşük operasyon maliyetleri için yüksek hesaplama kabiliyetleri ve simülasyon metodolojisindeki gelişmeler, simülasyonu yöneylem araştırmasında ve sistem analizinde en çok kullanılan ve kabul edilen bir metot yapmıştır. Simülasyonun hangi şartlar altında kullanılması gerektiği birçok yazar

tarafından incelenmiştir. Bunları genel olarak sınıflandırırsak, simülasyon aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir[8]:

- Simülasyon, karmaşık bir sistemin iç yapısını veya karmaşık bir sistemdeki alt sistemi incelemek için kullanılabilir,
- Bilgi, organizasyonel ve çevresel değişiklikler simüle edilebilir ve modelin davranışı üzerinde bu değişikliklerin etkileri incelenebilir,
- Bir simülasyon modelinin tasarımından elde edilen bilgiler, incelenen sistemin geliştirilmesine büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır,
- Simülasyon girdilerini değiştirerek ve sonuçları inceleyerek, hangi değişkenlerin daha önemli olduğu ve değişkenlerin birbirlerini nasıl etkiledikleri hakkında bilgi edinilir,
- Simülasyon, analitik çözüm metodolojisini destekleyen bir bilgi verici araç olarak kullanılabilir,
- Simülasyon, uygulamadan önce yeni tasarımlar ve politikalar deneyerek durumun ne olacağını görmek için kullanılabilir,
- Simülasyon, analitik sonuçları test etmek için kullanılabilir.

3.3 SİMÜLASYONUN AVANTAJLARI VE DEZAJLARI

Simülasyon çalışması problem çözmede son derece güçlü bir yardımcı olup, yaygın kullanımının çeşitli nedenleri vardır. Bunlar şu başlıklar altında derlenebilir:

- Karmaşık yapıdaki gerçek sistemleri analitik olarak inceleyerek matematiksel modellerin kurulmasındaki güçlükler.
- Simülasyon; yeni politikalar, parametreler veya çalışma koşullarının denemesine imkan sağlayarak sistem performansının bu yeni koşullar için tahmini sağlar.
- Farklı tasarımlarının birbiri ile karşılaştırılmasını mümkün kılar.
- Gerçek sistemin rahatsız edilmeden, bozulmadan, tehlikeye atılmadan denemesi sağlanır.

- İncelenen sistemin farklı zaman akışlarında ele alınması mümkündür. Örneğin, sıkıştırılmış bir zamanda çalışma hızlandırılarak sistem hakkında genel bilgi elde edilebileceği gibi, geniş bir zaman aralığında sistem hakkında ayrıntılı bilgi edinme mümkün olabilir.

Bu avantajlara rağmen, simülasyon çalışmalarının bazı dezavantajlarının da belirlenmesi gerekir.

- Simülasyon modelleri pahalı ve geliştirilmesi zor modellerdir.
- Simülasyon modellerinin stokastik yapısı, gerçek sistemle ilgili ancak tahminlerde bulunmayı sağlar.
- Simülasyon modelleri probleme en iyi çözümü bulmak yerine alternatif çözümleri karşılaştırır.
- Simülasyon sonuçlarının incelenen sistemi doğru yansıtması için modelin geçerliliği çok önemlidir. Modelin geçerliliği gerçeğin tam olarak yansıtıp yansıtmadığını belirlenmesidir.
- Simülasyonda bilgisayara olan bağımlılık, çalışmanın uzun sürmesine, pahalı olmasına neden olur.

3.4 TRAFİK SİMÜLASYON MODELLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Trafik simülasyon modelleri farklı trafik işletim tekniklerinin uygulanması için (otoyollar, şehiriçi yollar, arterler vb. için) geliştirilmiştir. Simülasyon modelleri, çalışılacak proje ile ilgili olarak sunabileceği detay seviyesine göre sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma genel olarak,

- Mikroskobik (çok detaylı),
- Mezoskobik (orta seviyede detaylı) ve,
- Makroskobik (az detaylı)

şeklinde yapılmaktadır.

Mikroskobik model, bütün sistem elemanlarını ve bunların kendi aralarındaki etkileşimini yüksek detaylı olarak tanımlarlar.

Mezokobik model, daha çok sistemdeki elemanların özelliklerini detaylı olarak ele alır fakat, bunların işlemlerini ve kendi aralarında etkileşimleri kaba şekilde inceler.

Makroskobik model ise sistem elemanlarını ve bunların kendi aralarındaki etkileşimini daha düşük detayla inceler.

Baska bir sınıflandırma, programda kullanılan modeller dikkate alınarak yapılabilmektedir. Bu sınıflandırma ise,

- Deterministik; ve
- Stokastik

biçimde yapılabilmektedir.

Deterministik model rasgele değişkenlere sahip olmayıp, tüm sistem elemanları arasındaki etkileşimleri düzenli ilişkilerle tanımlanırlar (Matematiksel, istatistiksel vb).

Stokastik modellerde ise, tüm sistem elemanları arasındaki olasılık fonksiyonları olarak tanımlar.

Yeni nesil trafik simülasyon programları (New Generation of Traffic Simulation Models) ITS uygulamaları için geliştirilmişlerdir. Örneğin: VISSIM, AIMSUN, CUBE, AUTOS, DYNASMART, DYNAMIT, INTEGRATION, PARAMICS, VE THOREAU bu tür yazılımlar arasındadır[10].

VISSIM (Visual Interactive Microsimulation) Karayolları ve kavşaklarda trafiğin mikrosimülasyonunu yapan stokastik model kullanan programdır. Bu çalışmada VISSIM Mikrosimülasyon programı kullanılacaktır. Bu nedenle bu bölümden sonra simülasyon dendiğinde, Mikrosimülasyon konusunun ele alındığı unutulmamalıdır.

AIMSUN2 (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks) karayollarında trafikin simülasyonunu yapan mikroskobik, stokastik bir modeldir. AIMSUN2, Barcelona’da UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) üniversitesinde geliştirilen GETRAM (Generic Environment for Traffic Analysis and Modelling) paket programının bir parçasıdır. GETRAM, TEDI (Traffic Editor) adlı kullanıcı dostu bir grafik arayüzüne sahiptir[11].

3.5 TRAFİK MİKROSİMÜLASYONUN ANA PRENSİPLERİ

Mikrosimülasyon, mevcut ulaşım sisteminin performansı ve potansiyel gelişmesi üzerinde çok çeşitli bilgilerle analiz yapmayı sağlar. Mikrosimülasyon aynı zamanda, uzun zaman harcamayı ve zengin kaynaklar gerektiren bir faaliyettir. Minimum maliyetle maksimum etkili bir mikrosimülasyon analizi gerçekleştirmek için bazı önemli kurallar vardır.

- Mikrosimülasyona uygun yazılımlar kullanmak gereklidir; uygun değilse mikrosimülasyon analizi yapılamaz.
- Taşıtların sınırları anlaşılmalı ve trafik akımlarının temsil edildiği garanti edilmelidir. Amaca, ihtiyaçlara, çalışma konusuna ve sorulan sorulara verilebilecek cevaplara uygun olduğu doğrulanmalıdır.
- Yeterli zaman ve kaynak yoksa mikrosimülasyon analizi kullanılmaz.
- İyi bir mikrosimülasyon modeli sonucu için, kullanılan veriler çok kritiktir.
- Uygulamacının yerel duruma göre mikrosimülasyon modelini kalibre etmesi çok önemlidir.
- Mikrosimülasyon modelinin çıktılarını Highway Capacity Manual (HCM)’den farklıdır.
- Mikrosimülasyonun mikroskobik bakışına göre “gecikme” ve “kuyruklanma” gibi anahtar terimlerin tanımları HCM’deki makroskobik bakıştan farklıdır.
- Mikrosimülasyon modelinin gelişmesindeki önceliklere, yazılımların mühendislik kararlarını nasıl destekleyeceği göz önüne alınarak karar verilir. Bilinen sınırlamalar

konulur.

Kullanıcılar arasındaki görüş ayrılıklarını minimuma indirmek için, model geliştirme ve kalibrasyon sürecinde öngörülen güncelleme zamanlarında periyodik değerlendirmeler yapılır.

Özel bir trafik analiz problemi için mikrosimülasyon uygulaması ve geliştirilmesi ise, beş ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Çalışmanın amacı, konusu ve yönteminin belirlenmesi;
2. Veri toplanması ve hazırlanması;
3. Ana modelin geliştirilmesi;
4. Model kalibrasyonu;
5. Sonuç raporu ve teknik belgelendirme.

3.6 VISSIM İLE TRAFİK SİMÜLASYONU

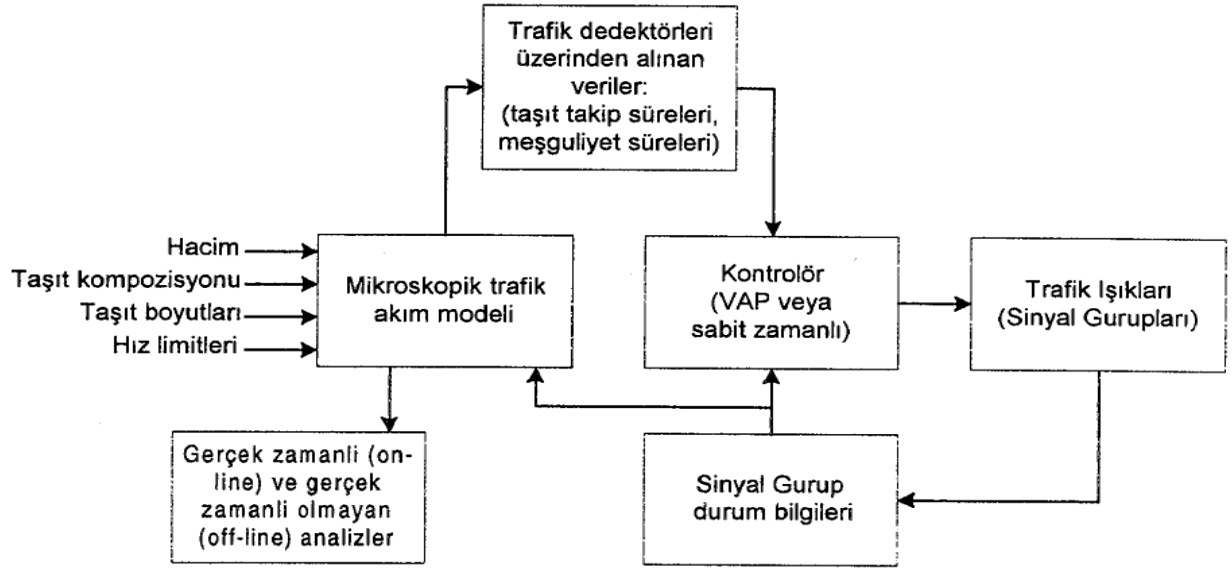
Bu bölümde çalışmada kullanılan VISSIM Mikrosimülasyon programı ve programın temel prensipleri anlatılacaktır.

kent içi ulaşım sistemlerinde trafiğin ve toplu ulaşım sistemi işletmelerinin (otobüs, hafif metro gibi) modellenmesi ve değerlendirilmesi için geliştirilmiş, davranış tabanlı ve ayrık zamanlı bir mikroskopik simülasyon programıdır. Bu yazılım ulaşım danışmanlık kuruluşu olan PTV GmbH tarafından geliştirilmiştir. Bu programın kalibrasyonu ise, Karlsruhe Teknik Üniversitesi(Almanya) tarafından gerçekleştirilmiştir. VISSIM, simülasyon sürecinde trafiğin görünüşü ve kontrol parametrelerine ilişkin verilerin monitörden canlı olarak izlenebilmesi ve gerçek hayatta trafik dedektörleri üzerinden alınabilecek mikroskopik akım parametrelerinin sanal ortamda üretilmesi gibi yenilikleri yanında, aynı amaçla kullanılan diğer simülasyon programlarına göre daha esnek kullanım imkanları sağlamaktadır[12].

Bu program vasıtasıyla, kentiçi karayolu trafiği ve toplu ulaşım sistemi işletmelerinin çeşitli yol konfigürasyonları, trafik ışıkları ve toplu taşıma sistemi durakları gibi kısıtlara bağlı olarak analiz edilebilir. Dolasıyla VISSIM, kent içinde ulaşımın planlanması ve trafiğin kontrolü açısından dikkate alınabilecek alternatif önerilerin hızla değerlendirilmesi ve çeşitli trafik problemlerinin çözülmesinde başvurulabilecek önemli bir araçtır.

VISSIM mikrosimülasyon paketi, iki farklı programdan oluşur. Bunlar trafik simülatörü ve sinyal durumu üretecedir. Trafik simülatörü, Weidmann taşıt takip modeli ile yolda şerit değiştirme mantığının dikkate alındığı bir mikroskopik simülasyon programıdır. Sinyal durum üreteci ise, trafik simülatöründen birer saniyelik zaman adımları bazında alınan verilerin işlendiği ve bir sonraki saniye için sinyal durumlarının ne olacağına ilişkin kararların üretildiği bir kontrol programıdır.

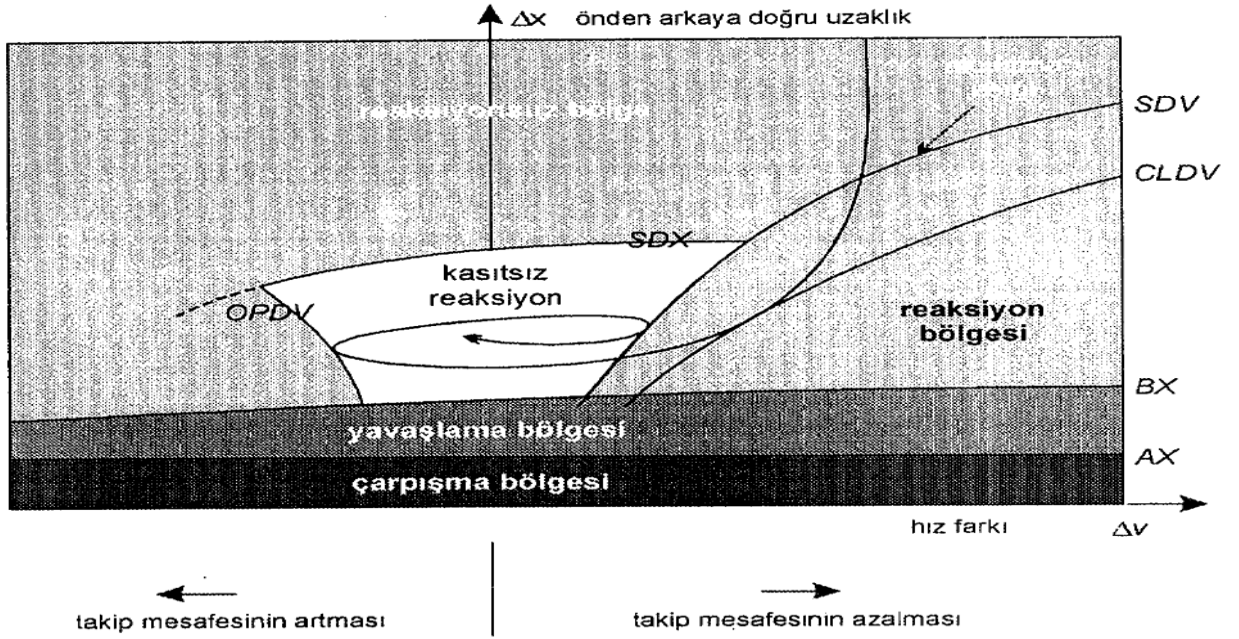
Simülasyon sonuçları, gerçek zamanlı (on-line) olarak trafiğin değişimine ilişkin görüntülerin ekranda canlandırılması veya gerçek zamanlı olmadan da (off-line), toplam ulaşım süresi, taşıtların duruş sayısı ya da gecikmeler gibi istatistiksel verilerin arka plandaki veri dosyalarına aktarılması suretiyle elde edilir. Sinyal durum üreteci, trafik simülatöründen simülasyonun her saniyesinin bitimi anında aldığı verileri değerlendirerek, bir sonraki simülasyon saniyesindeki sinyal durumları için kararlar üretir ve bunları trafik simülatörüne iletir. Trafik simülatörü ile sinyal durum üreteci arasındaki iletişim ve simülatörün çalışma mantığı Şekil 3.1'deki akış şemasında gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : VISSIM simülasyonun çalışması düzeninin akış şeması [11]

Bir trafik simülasyon modelinin hassasiyeti, esas olarak taşıt davranışlarının modellenmesinde elde edilen kaliteye, bu da, taşıtların yol ağları boyunca sergileyecekleri davranışları belirlemek için, modelin takip ettiği yöntemle bağlıdır. VISSIM trafik simülatörü, trafiği taşıt takip teorisine göre üretirken, taşıt hızlarının sabit ve taşıt takip mantığının da deterministik olarak kullanıldığı karmaşık olmayan modellerin aksine, sürücü-taşıtların psikolojik davranışını esas alan bir model kullanmaktadır[12].

Bu modelin ana fikri; birbirini takip eden taşıtlardan daha hızlı olanının, algılama eşiği içinde bir taşıtların olmaması durumunda serbest ulaşım hızını koruması; önündeki daha yavaş seyreden bir taşıtların algılama eşiği içine girdiği andan itibaren de, hızını azaltmaya başlaması şeklinde özetlenebilir. Buna göre taşıtların hızının azalma süreci, önündeki taşıtların hızına yaklaşıncaya kadar devam eder. Öndeki taşıtların algılama mesafesinden çıkması halinde ise, hız tekrar artmaya başlar. Sonuçta taşıtların davranışları hızlanma ve yavaşlamaların bu şekilde birbirini takip ettiği bir iteratif yaklaşımla belirlenir. VISSIM programında kullanılan taşıtların takip modeli ise, Şekil 3.2' deki diyagramda gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Wiedmann 'in psiko-fiziksel davranış modeline göre taşıt takip modelinin şematik gösterilimi[12].

Yol ağlarındaki bütün taşıtlar için hız ve yaklaşım mesafesine ilişkin eşik değerlerin dağılımları, sürücü-taşıt etkileşimi Şekil 3. 2' de belirtilen davranış karakteristiğine göre belirlenir. Modelin kalibrasyonu Karlsruhe Teknik Üniversitesi (Almanya) tarafından yapılan çok sayıdaki saha çalışmasına ve ölçümlere bağlı olarak yapılmıştır. Periyodik saha ölçümleri ve bunların sonuçlarına göre model parametrelerinin güncelleştirilmesi, taşıt teknolojilerindeki gelişmeler de dikkate alınarak yapılmış ve sürücü davranışı için ön görülen davranış karakteristiğinin modellemedeki başarıyı desteklediği gözlenmiştir[12].

VISSIM, çok şeritli bir yol üzerinde seyreden taşıtların davranışını belirlerken, yalnız aynı şeritte bir birini takip eden taşıt davranışlarının karşılıklı etkileşimini dikkate almakla kalmaz; aynı zamanda komşu şeritlerde seyreden taşıt davranışlarının etkilerini de dikkate alır. Böylece, bir sinyalizasyon kavşağına yaklaşan taşıtların, duruş çizgisine 100 metreden daha yakın bir mesafe içerisinde şerit değiştirmesine izin verilerek,

kuyrukların bir şerit boyunca uzaması gibi gerçek hayata uymayan bir durumun oluşması engellenir.

VISSIM, trafik akımlarını bir yol ağı boyunca sürücü-taşıt etkileşimini oluşturmak suretiyle simüle eder. Her sürücü-taşıt biriminin davranışı, sürücünün kendine özel davranış karakteristiği ile taşıtın teknik kapasitesine bağlıdır. Dolayısıyla VISSIM, sürücü-taşıt birimlerinin davranışına ilişkin karakteristikleri belirlemek için, her sürücü-taşıt birimi için üç ayrı grup halinde belirlenen etkenlere bağlı olarak değerlendirmeler yapar[12]:

- **Taşıtın teknik özellikleri:** uzunluk, maksimum hız, hızlanma potansiyeli, aktüel konum, aktüel hız ve ivme,
- **Sürücü-taşıt etkileşimi:** sürücünün psiko-fiziksel hassasiyet eşiği (agresif veya uyumluluğa yatkınlık gibi), sürücü hafızası, sürücünün istediği hız ve yürürlükteki hıza bağlı olan hızlanma,
- **Trafiğin çevresel referansları:** önde giden ve takip eden taşıtların kendi şeritleri ve bitişik şeritlere göre belirlenen bağımsız hareket sınır değerlerine ilişkin referanslar, yürürlükteki yol ve bir sonraki kavşağa göre belirlenen referanslar, bir sonraki trafik ışıklarına göre belirlenen referanslar.

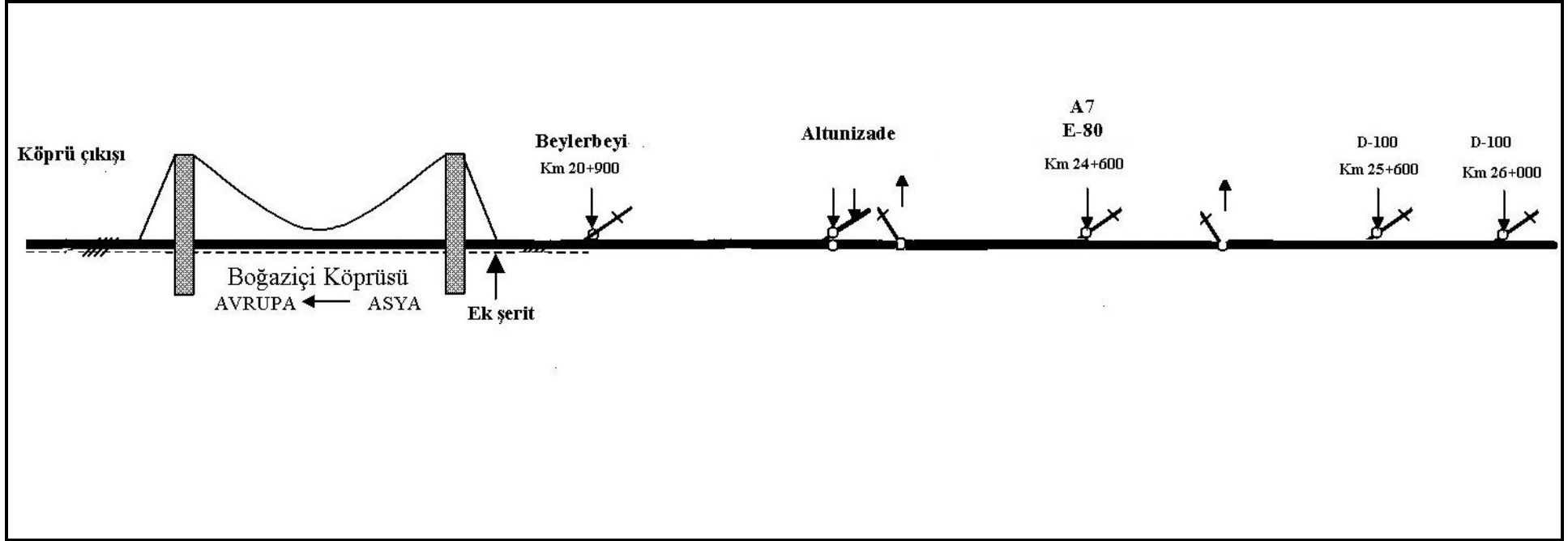
4 BOĞAZIÇI KÖPRÜSÜNÜNDEKİ TRAFİK SIKIŞIKLIĞININ MİKROSİMÜLASYON İLE MODELLEMESİ

Çalışma kesimi olan Boğaziçi Köprüsünde ve O-1 karayolu katılım kollarındaki trafik sıkışıklığının mikrosimülasyon ile modellenmesi için, veri toplanması, mikrosimülasyonun yapılması ve kalibrasyonu ile hız yönetimi uygulaması sonuçlarının karşılaştırılması olmak üzere 3 aşamalı bir program izlenmiştir.

4.1 VERİ TOPLANMASI

Çalışma alanının şematik görünümü Şekil 4.1. de gösterilmiştir. Çalışma alanı yaklaşık 5.100 metre uzunluğunda bir karayolu kesimi olup, bu kesim boyunca yola değişik yollardan katılma ve ayrılmalar olmaktadır. Şekil 4.2 de ise, bu karayolu kesiminin uydu fotoğrafı verilmiştir.

Çalışma kesimi O-1 karayolunun Asya yakasından Avrupa yakasına geçen kısmıdır. Asya yakasından Avrupa yakasına geçerken katılım kolları sırasıyla, D-100 karayolu Harem yönünden katılım, D-100 Bostancı yönünden Katılım, O-1 - O-2 Karayolu Çamlıca Ayrımı, O-2 Çamlıca Katılımı, Altunizade-Kısıklı Ayrımı, Altunizade Bağlarbaşı yönünden Katılım, Altunizade Kısıklıdan Katılım ve Beylerbeyi Katılımıdır. Çalışılan kesitte 2 ayrılma kesimi, 6 katılma kesimi bulunmaktadır. Çalışma kesimindeki trafik akımı değerlerini belirlemek amacıyla trafik sayımları yapılmıştır. Trafik sayımları Asya yakasından Avrupa yakasına doğru trafiğin yoğun olduğu saatler olan sabah zirve saatleri civarı olan 06:30 ile 11:30 saatleri arasında 10.02.2011 ve 11.02.2011 tarihlerinde 4 değişik kesime kamera konularak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kamera kayıtları daha sonra taşıt cinslerine göre ayrıntılı bir gruplama yapılarak sayısal ortama MS.Excel formatında aktarılmıştır. Kamera konulan noktalar Şekil 4.3 te sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Çalışma kesiminin şematik görünümü

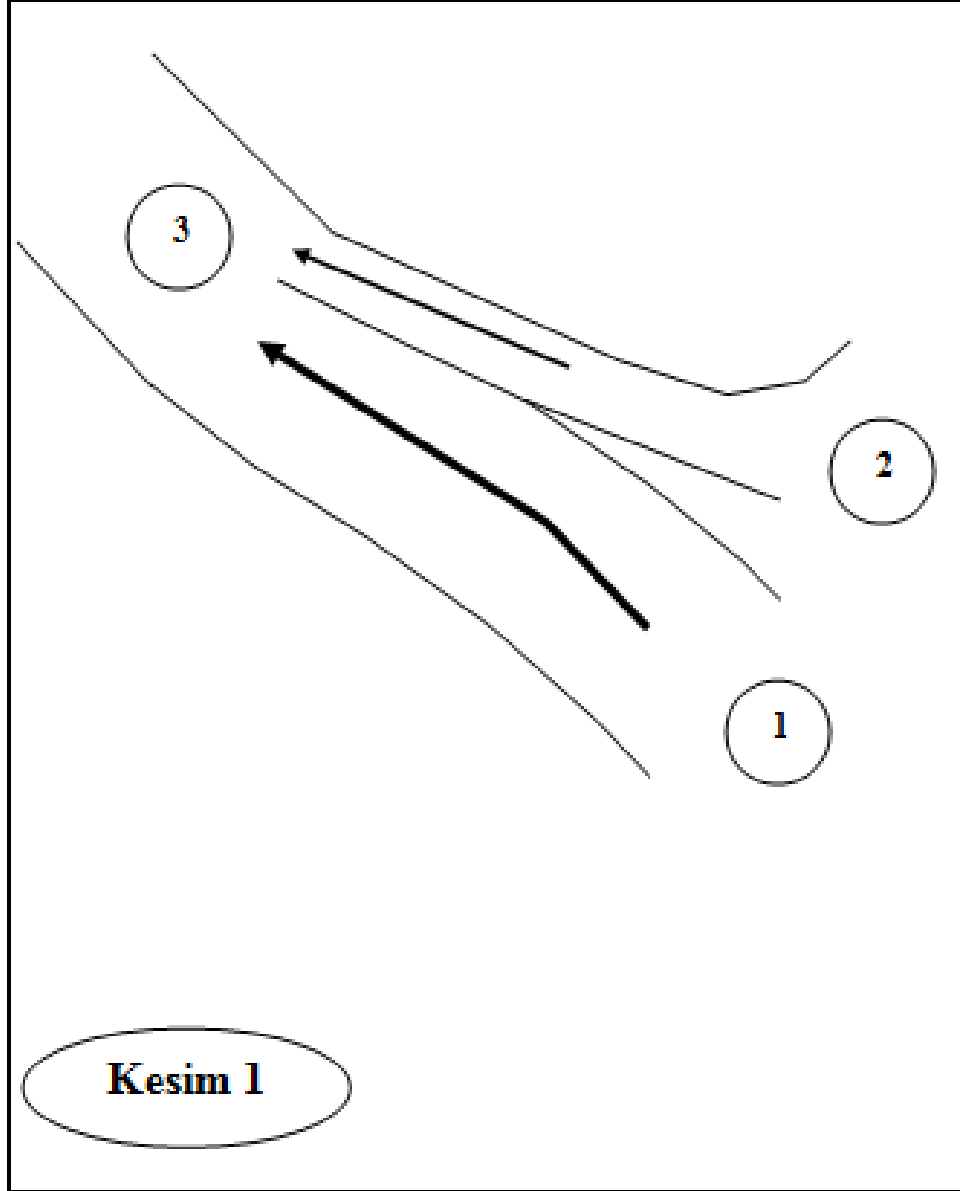


Şekil 4.2 : Çalışma kesiminin uydu fotoğrafı



Şekil 4.3: Trafik sayımı yapılan kesimler

Trafik sayımı yapılan 4 kesimde sayımı yapılan akımlar sırasıyla aşağıda gösterilmiştir. Şekil 4.4 te görüleceği gibi Kesim 1 de 2 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri Tablo 4.1. ve Tablo 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4.4: Trafik sayımı yapılan 1 no.lu Kesim

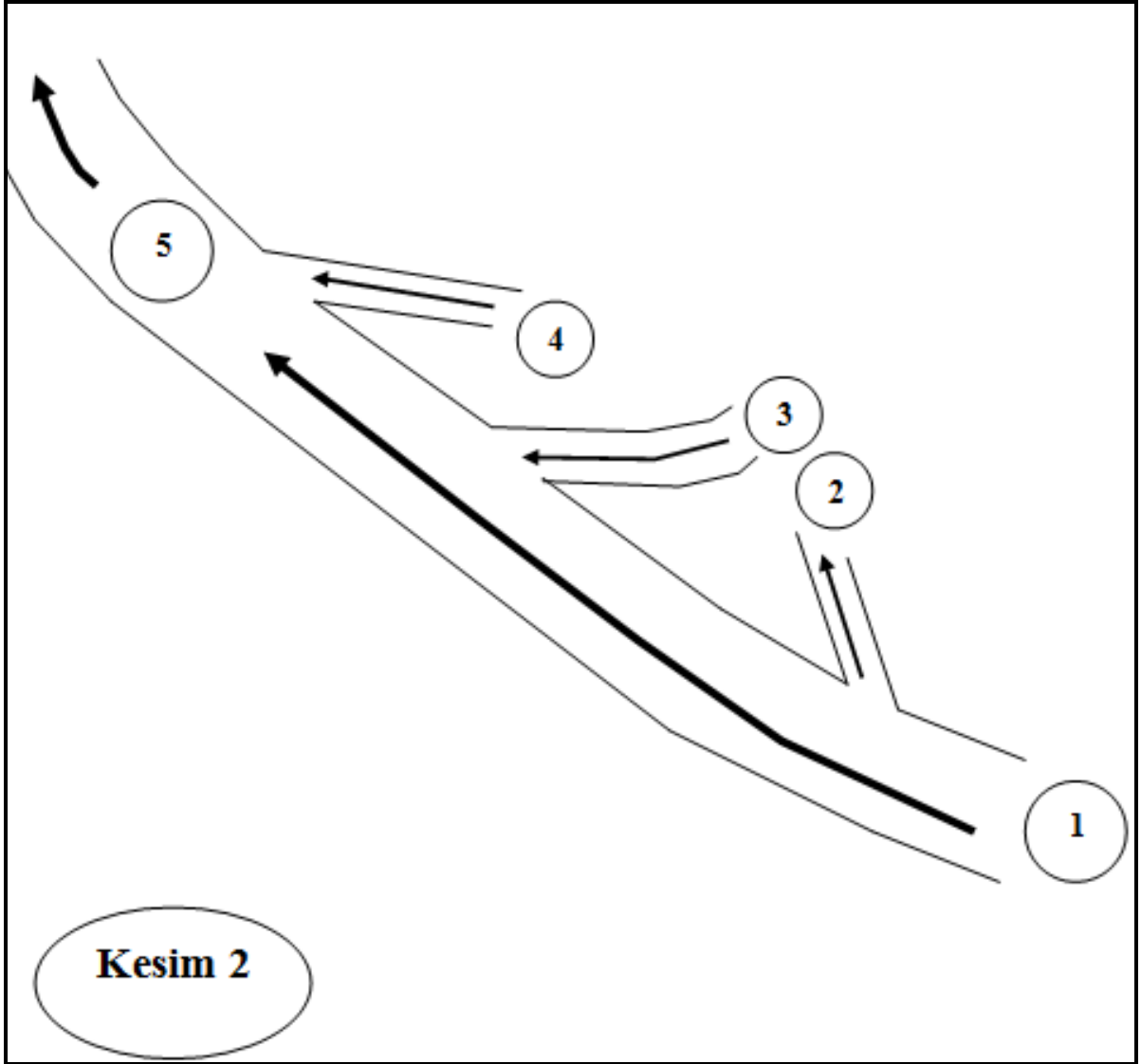
Tablo 4.1 : Kesim 1, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL				TAKSİ				KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MİNİBUS				TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM						
	1-3				1-3				1-3				1-3				1-3				1-3				1-3				1-3				1-3		
SABAH	6:30	6:45	1,340		18		109					7		10		1484		1484																	
	6:45	7:00	1,101		25		250				5		30		1411		1411																		
	7:00	7:15	946		20		349				4		60		1379		1379																		
	7:15	7:30	921		11		337				6		71		1346		1346																		
	7:30	7:45	1,113		21		311				4		50		1499		1499																		
	7:45	8:00	1,059		7		300				9		81		1456		1456																		
	8:00	8:15	1,271		19		235				14		44		1583		1583																		
	8:15	8:30	1,370		18		126				7		12		1533		1533																		
	8:30	8:45	1,495		25		55				7		6		1588		1588																		
	8:45	9:00	1,521		22		38				8		6		1595		1595																		
	9:00	9:15	1,541		47		55				3		7		1653		1653																		
	9:15	9:30	1,595		60		66				10		6		1737		1737																		
	9:30	9:45	1,677		54		29				9		6		1775		1775																		
	9:45	10:00	1,631		53		20				8		9		1721		1721																		
	10:00	10:15	1,587		52		26				8		2		1675		1675																		
	10:15	10:30	1,520		44		21				13		11		1609		1609																		
10:30	10:45	1,479		41		39				6		5		1570		1570																			
10:45	11:00	923		39		26				7		7		1002		1002																			
11:00	11:15	1,362		34		28				7		9		1440		1440																			
11:15	11:30	1,156		46		15				9		5		1231		1231																			
11:30	11:45	1,290		45		30				6		4		1375		1375																			
11:45	12:00	1,313		50		36				9		3		1411		1411																			

Tablo 4.2 : Kesim 1, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MİNİBÜS			TOPLU TAŞIMA MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR			TOPLAM			GENEL TOPLAM
	2-3			2-3			2-3			2-3			2-3			2-3			2-3			2.AKIM
SABAH	6:30	6:45	185				12									197			197			197
	6:45	7:00	239				38							6		283			283			283
	7:00	7:15	280				58							9		347			347			347
	7:15	7:30	339			6	101							10		456			456			456
	7:30	7:45	369			11	71							3		454			454			454
	7:45	8:00	327			8	63							4		402			402			402
	8:00	8:15	340			11	43							6		400			400			400
	8:15	8:30	415			17	36							2		470			470			470
	8:30	8:45	320			11	11									342			342			342
	8:45	9:00	357			20	10							4		391			391			391
	9:00	9:15	445			41	13							1		500			500			500
	9:15	9:30	300			30	5									335			335			335
	9:30	9:45	334			32	5									371			371			371
	9:45	10:00	320			37	5									362			362			362
	10:00	10:15	343			35	7									385			385			385
	10:15	10:30	296			39	3									338			338			338
	10:30	10:45	296			37	4									337			337			337
10:45	11:00	290			41	10									341			341			341	
11:00	11:15	309			32	9									350			350			350	
11:15	11:30	263			26	12									301			301			301	
11:30	11:45	302			32	8									342			342			342	
11:45	12:00	279			31	15									325			325			325	

Şekil 4.5 te görüleceği gibi Kesim 2 de 5 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri Tablo 4.3, Tablo 4.4, ve 4.5 de verilmiştir.



Şekil 4.5: Trafik sayımı yapılan 2 no.lu Kesim

Tablo 4.3 : Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MİNİBUS			TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR			TOPLAM			GENEL TOPLAM
	1-2	1-5		1-2	1-5		1-2	1-5		1-2	1-5		1-2	1-5		1-2	1-5		1-2	1-5		1.AKIM
6:30	6:45	115	901				26	80						2		8	11		149	994		1143
6:45	7:00	90	490		1		20	120						2		5	16		116	628		744
7:00	7:15	35	500			1	10	87						2		2	17		47	607		654
7:15	7:30	49	589			1	7	69						3		1	9		57	671		728
7:30	7:45	30	600			3	3	65						2		4	9		37	679		716
7:45	8:00	37	501			2	3	61						3		2	13		42	580		622
8:00	8:15	40	523			1	8	37						4		1	12		49	577		626
8:15	8:30	80	641		2	2	10	24						4		2	10		94	681		775
8:30	8:45	185	560		4	2	22	11						5		2	4		213	582		795
8:45	9:00	208	589			7	32	12						3		1	5		241	616		857
9:00	9:15	194	500			9	24	9						2		2	5		220	525		745
9:15	9:30	200	620		2	14	10	8						3		8	2		220	647		867
9:30	9:45	217	530			17	12	6						3		2	3		231	559		790
9:45	10:00	201	550			18	22	7						2		4	2		227	579		806
10:00	10:15	214	567			29	24	8					1	2		6	1		245	607		852
10:15	10:30	204	580			34	20	13						4		8	2		232	633		865
10:30	10:45	221	615			30	17	17					1	3		7	3		246	668		914
10:45	11:00	241	603			27	24	14						2		4	1		269	647		916
11:00	11:15	254	637			24	22	18					1	1		2	3		279	683		962
11:15	11:30	259	654			16	22	24						1		8	1		289	696		985
11:30	11:45	271	581			15	25	17						2		5	1		301	616		917
11:45	12:00	259	557			11	25	18						2		8	1		292	589		881

SABAH

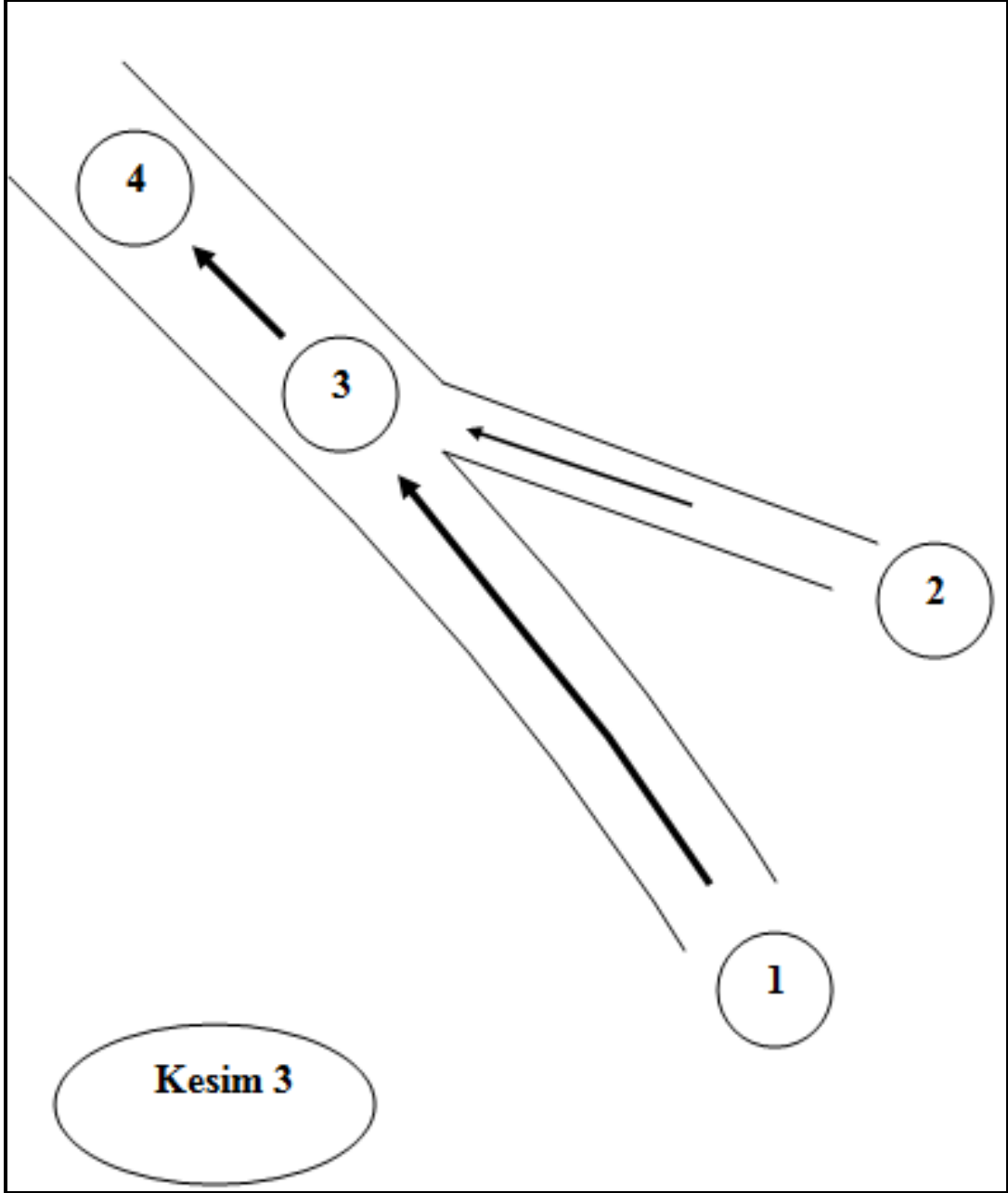
Tablo 4.4 : Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL				TAKSİ				KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MİNİBÜS				TOPLU TAŞIMA MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM						
	3-5				3-5				3-5				3-5				3-5				3-5				3-5				3-5				3-5		
SABAH	6:30	6:45	151		5				36							2				4				198				198							
	6:45	7:00	188		5				53							3				11				260				260							
	7:00	7:15	123		3				60							2				6				194				194							
	7:15	7:30	172		5				66							4				8				255				255							
	7:30	7:45	219						107							2				5				333				333							
	7:45	8:00	218						90							3				6				317				317							
	8:00	8:15	295						72							3				4				374				374							
	8:15	8:30	236						24							4				3				267				267							
	8:30	8:45	283		3				39							1				2				328				328							
	8:45	9:00	170		2				12							1				1				186				186							
	9:00	9:15	159		1				9							2				1				172				172							
	9:15	9:30	116						4							1								121				121							
	9:30	9:45	88		10				3							1								102				102							
	9:45	10:00	81		11				4							2				1				99				99							
	10:00	10:15	102		8				5							2				1				118				118							
	10:15	10:30	174						3							3								180				180							
	10:30	10:45	164													2				1				167				167							
10:45	11:00	181													2				2				185				185								
11:00	11:15	156													2				3				161				161								
11:15	11:30	109		3				2							2								116				116								
11:30	11:45	107		3				4							3								117				117								
11:45	12:00	101		4				3							1				1				110				110								

Tablo 4.5 : Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 4 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MİNİBÜS			TOPLU TAŞIMA MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR			TOPLAM			GENEL TOPLAM
	4-5			4-5			4-5			4-5			4-5			4-5			4-5			4.AKIM
SABAH	6:30	6:45	366				36						5			2			409			409
	6:45	7:00	224				60						5			16			305			305
	7:00	7:15	187			1	94						1			17			300			300
	7:15	7:30	201			2	96						2			14			315			315
	7:30	7:45	217			1	86						3			12			319			319
	7:45	8:00	237			3	74						4			13			331			331
	8:00	8:15	258			2	62						4			3			329			329
	8:15	8:30	297			1	24						3			1			326			326
	8:30	8:45	331			2	17						3			1			354			354
	8:45	9:00	340			3	7						3			1			354			354
	9:00	9:15	256			4	13						2						275			275
	9:15	9:30	366			6	10						3			2			387			387
	9:30	9:45	332			10	9						2			5			358			358
	9:45	10:00	341			21	13						2			4			381			381
	10:00	10:15	357			19	5						2			2			385			385
	10:15	10:30	301			17	8						3			2			331			331
	10:30	10:45	289			13	9						2			2			315			315
10:45	11:00	229			9	3						2			5			248			248	
11:00	11:15	217			13	13						3			1			247			247	
11:15	11:30	258			17	4						3			2			284			284	
11:30	11:45	272			14	7						2			1			296			296	
11:45	12:00	241			14	17						2			1			275			275	

Şekil 4.6 da görüleceği gibi Kesim 3 te 2 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 de verilmiştir.



Şekil 4.6: Trafik sayımı yapılan 3 no.lu Kesim

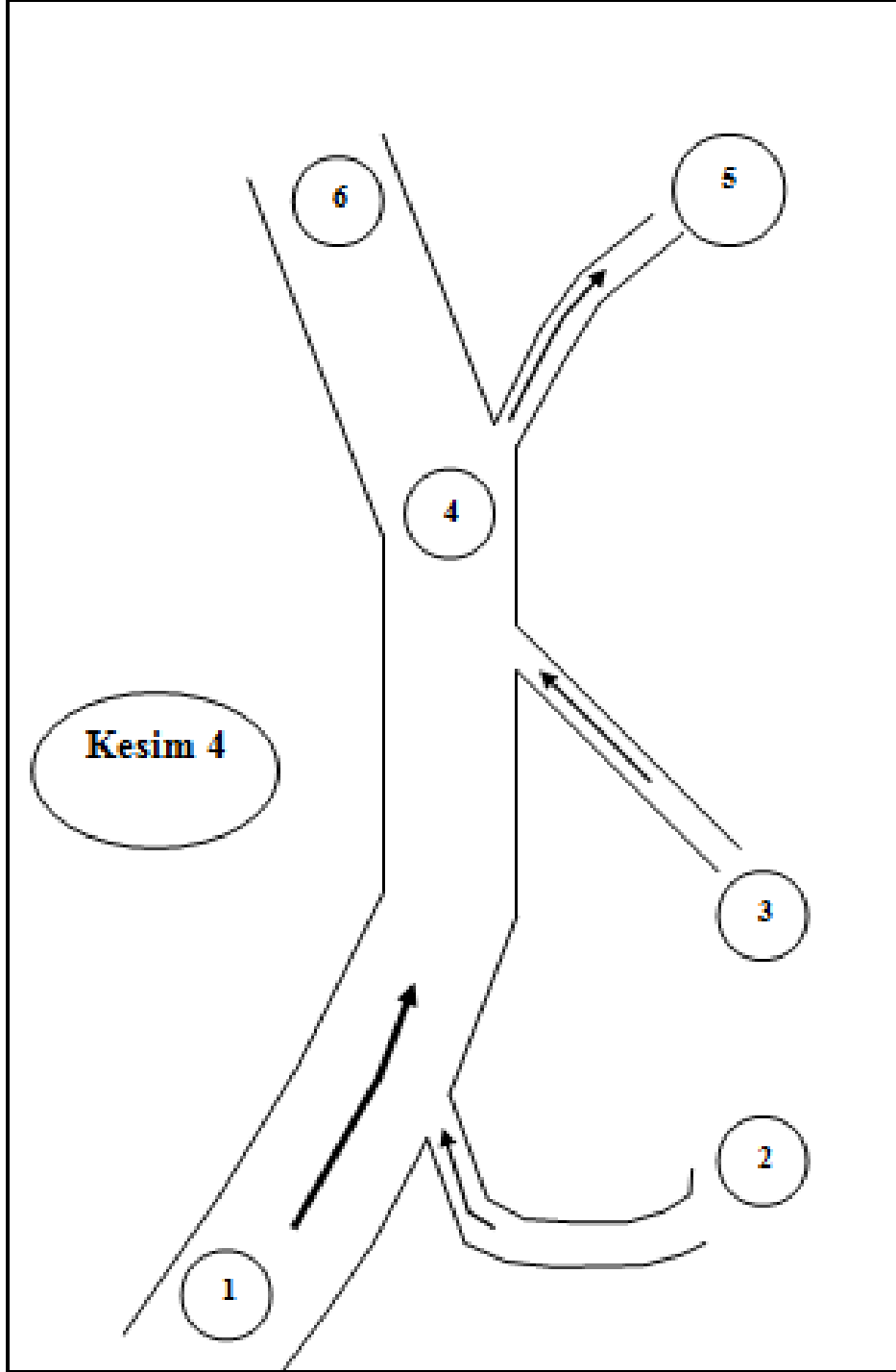
Tablo 4.6 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL				TAKSİ				KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MİNİBUS				TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM			
	3-4				3-4				3-4				3-4				3-4				3-4				3-4				3-4			
6:30	6:45	988			5			164						9				13					1,179	0	0	0	0	1179				
6:45	7:00	703			16			230						5				52					1,006	0	0	0	0	1006				
7:00	7:15	257			9			110						5				27					408	0	0	0	0	408				
7:15	7:30	150			7			71						3				17					248	0	0	0	0	248				
7:30	7:45	189			9			45						7				15					265	0	0	0	0	265				
7:45	8:00	260			11			31						7				12					321	0	0	0	0	321				
8:00	8:15	308			7			21						3				7					346	0	0	0	0	346				
8:15	8:30	389			11			19						5				6					430	0	0	0	0	430				
8:30	8:45	485			13			26						2				5					531	0	0	0	0	531				
8:45	9:00	628			11			25						3				11					678	0	0	0	0	678				
9:00	9:15	771			10			25						4				18					828	0	0	0	0	828				
9:15	9:30	889			8			44						7				7					955	0	0	0	0	955				
9:30	9:45	1,086			16			25						6				15					1,148	0	0	0	0	1148				
9:45	10:00	1,117			34			29						7				13					1,200	0	0	0	0	1200				
10:00	10:15	1,205			50			31						8				11					1,305	0	0	0	0	1305				
10:15	10:30	1,301			37			39						5				20					1,402	0	0	0	0	1402				
10:30	10:45	1,177			23			31						8				17					1,256	0	0	0	0	1256				
10:45	11:00	1,031			29			49						4				13					1,126	0	0	0	0	1126				
11:00	11:15	1,016			31			24						5				11					1,087	0	0	0	0	1087				
11:15	11:30	1,275			39			41						4				17					1,376	0	0	0	0	1376				
11:30	11:45	957			36			33						3				17					1,046	0	0	0	0	1046				
11:45	12:00	1,061			27			35						3				12					1,138	0	0	0	0	1138				

Tablo 4.7 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL				TAKSİ				KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MİNİBÜS				TOPLU TAŞIMA MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM						
	2-3				2-3				2-3				2-3				2-3				2-3				2-3				2-3				2.AKIM		
SABAH	6:30	6:45	185									12																			197				197
	6:45	7:00	239									38								6											283			283	
	7:00	7:15	280									58								9											347			347	
	7:15	7:30	339					6				101								10											456			456	
	7:30	7:45	369					11				71								3											454			454	
	7:45	8:00	327					8				63								4											402			402	
	8:00	8:15	340					11				43								6											400			400	
	8:15	8:30	415					17				36								2											470			470	
	8:30	8:45	320					11				11																			342			342	
	8:45	9:00	357					20				10								4											391			391	
	9:00	9:15	445					41				13								1											500			500	
	9:15	9:30	300					30				5																			335			335	
	9:30	9:45	334					32				5																			371			371	
	9:45	10:00	320					37				5																			362			362	
	10:00	10:15	343					35				7																			385			385	
	10:15	10:30	296					39				3																			338			338	
	10:30	10:45	296					37				4																			337			337	
10:45	11:00	290					41				10																			341			341		
11:00	11:15	309					32				9																			350			350		
11:15	11:30	263					26				12																			301			301		
11:30	11:45	302					32				8																			342			342		
11:45	12:00	279					31				15																			325			325		

Şekil 4.7 de görüleceği gibi Kesim 4 te 4 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri Tablo 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 da verilmiştir.



Şekil 4.7: Trafik sayımı yapılan 4 no.lu Kesim

Tablo 4.8 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL				TAKSİ				PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MİNİBUS				TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM			
	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19	1-4	5-9	10-14	15-19
SABAH	6:30	6:45	354		8			40					1											403						403		
	6:45	7:00	200		9			50					1							12					272					272		
	7:00	7:15	177		6			34												11					228					228		
	7:15	7:30	193		5			31												8					237					237		
	7:30	7:45	203		3			32					1							7					246					246		
	7:45	8:00	235		4			19					1							3					262					262		
	8:00	8:15	210		5			18												2					235					235		
	8:15	8:30	313		3			15					1							7					339					339		
	8:30	8:45	278		6			12												4					300					300		
	8:45	9:00	307		13			12					1							3					336					336		
	9:00	9:15	332		17			8												1					358					358		
	9:15	9:30	442		20			15					1							5					483					483		
	9:30	9:45	466		17			10					1												494					494		
	9:45	10:00	359		18			16					2							5					400					400		
	10:00	10:15	394		20			14					3							10					441					441		
	10:15	10:30	406		31			23					1							11					472					472		
10:30	10:45	400		17			16					1							6					440					440			
10:45	11:00	391		17			14					3							13					438					438			
11:00	11:15	379		27			16					1							17					440					440			
11:15	11:30	378		18			17					1							16					430					430			
11:30	11:45	341		17			16					1							8					383					383			
11:45	12:00	358		10			20					3							10					401					401			

Tablo 4.9 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL			TAKSİ			PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MİNİBUS			TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR			TOPLAM			GENEL TOPLAM
	2-4			2-4			2-4			2-4			2-4			2-4			2-4			2.AKIM
6:30	6:45	66		1			5					5			3			80			80	
6:45	7:00	65		2			15					2			8			92			92	
7:00	7:15	92		3			20					2			12			129			129	
7:15	7:30	122		5			13								10			150			150	
7:30	7:45	142		3			22								15			182			182	
7:45	8:00	163		4			16					1			8			192			192	
8:00	8:15	153		4			16								10			183			183	
8:15	8:30	163		7			7								18			195			195	
8:30	8:45	165		10			11								19			205			205	
8:45	9:00	155		8			12								18			193			193	
9:00	9:15	159		10			11								13			193			193	
9:15	9:30	221		16			14					1			21			273			273	
9:30	9:45	175		14			12					1			16			218			218	
9:45	10:00	171		11			13					1			18			214			214	
10:00	10:15	165		9			23					1			23			221			221	
10:15	10:30	157		11			13								22			203			203	
10:30	10:45	161		3			17					2			25			208			208	
10:45	11:00	189		11			11					1			26			238			238	
11:00	11:15	151		9			20								47			227			227	
11:15	11:30	171		8			25								34			238			238	
11:30	11:45	146		9			27								31			213			213	
11:45	12:00	156		8			30								24			218			218	

Tablo 4.10 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL				TAKSİ				PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MİNİBUS				TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM		
	3-4				3-4				3-4				3-4				3-4				3-4				3-4				3AKIM		
6:30	6:45	469						83												15							567				567
6:45	7:00	242						90						5						33							370				370
7:00	7:15	140						59						3						16							218				218
7:15	7:30	108						13						3						9							133				133
7:30	7:45	92				5		11						2						6							116				116
7:45	8:00	82				8		4						2						5							101				101
8:00	8:15	100				4		6						3						4							117				117
8:15	8:30	98				4		9						4						3							118				118
8:30	8:45	116				2		4						3						2							127				127
8:45	9:00	169				9		7						1						1							187				187
9:00	9:15	166				5		6						2						1							180				180
9:15	9:30	209				4		12						2						3							230				230
9:30	9:45	261				8		11						3						3							286				286
9:45	10:00	251				7		18						2						1							279				279
10:00	10:15	276				15		12						3						6							312				312
10:15	10:30	285				9		19						2						6							321				321
10:30	10:45	299				12		20						4						2							337				337
10:45	11:00	310				18		10						7						3							348				348
11:00	11:15	325				8		12						1						3							349				349
11:15	11:30	340				11		15						2						3							371				371
11:30	11:45	310				8		11						1						5							335				335
11:45	12:00	290				6		8												3							307				307

Tablo 4.11 : Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 4 no.lu Akım değerleri

ÇEKİM SAATİ	OTOMOBİL			TAKSİ			PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MİNİBUS			TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR			TOPLAM			GENEL TOPLAM	
	4-5	4-6		4-5	4-6		4-5	4-6		4-5	4-6		4-5	4-6		4-5	4-6		4-5	4-6		4.AKIM	
6:30	6:45	293	596		5	4		52	76					2	4		12	6		364	686		1050
6:45	7:00	198	309		3	8		65	90					3	5		26	27		295	439		734
7:00	7:15	168	241		3	6		42	71					3	2		24	15		240	335		575
7:15	7:30	169	254		4	6		28	29					1	2		18	9		220	300		520
7:30	7:45	201	236		5	6		33	32					1	2		17	11		257	287		544
7:45	8:00	241	242		8	8		17	22					2	2		10	6		278	280		558
8:00	8:15	255	208		7	6		19	21					1	2		11	5		293	242		535
8:15	8:30	281	293		9	5		20	11					2	3		26	2		338	314		652
8:30	8:45	268	291		12	6		17	10					1	2		22	3		320	312		632
8:45	9:00	397	234		23	7		19	12					0	2		20	2		459	257		716
9:00	9:15	276	381		18	14		13	12					1	1		12	3		320	411		731
9:15	9:30	323	549		18	22		21	20					1	3		24	5		387	599		986
9:30	9:45	298	604		20	19		17	16					1	4		16	3		352	646		998
9:45	10:00	211	570		13	23		23	24					2	3		22	2		271	622		893
10:00	10:15	200	635		9	35		22	27					4	3		34	5		269	705		974
10:15	10:30	204	644		14	37		25	30					1	2		26	13		270	726		996
10:30	10:45	189	671		10	22		29	15					3	4		22	11		253	723		976
10:45	11:00	187	703		8	38		8	27					5	6		29	13		237	787		1024
11:00	11:15	128	727		8	36		17	31					1	1		52	15		206	810		1016
11:15	11:30	124	765		4	33		13	44					0	3		40	13		181	858		1039
11:30	11:45	120	677		5	29		19	35					1	1		30	14		175	756		931
11:45	12:00	121	683		2	22		25	33					0	3		26	11		174	752		926

4.2 SİMÜLASYONUN MODELLENMESİ VE KALİBRASYONU

Arazi gözlemleri ve 1/5000 halihazır haritaları ile uydu fotoğrafları kullanılarak, çalışma kesimindeki yol genişlikleri, katılma ve ayrılma kollarının açılı ile ana yollar ile birleşme şekilleri belirlenerek PTV şirketi tarafından verilen geçici eğitim lisansı kullanılarak çalışma kesiminin mevcut durumu VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmıştır. Şekil 4.8 de, çalışma kesiminin Altunizadeye ayrılma kolunun VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış durumunu göstermektedir. Şekil 4.9 da ise, taşıtların geçiş önceliklerinin Beylerbeyi katılımında mevcut duruma göre nasıl olduğunu gösterilmiştir.

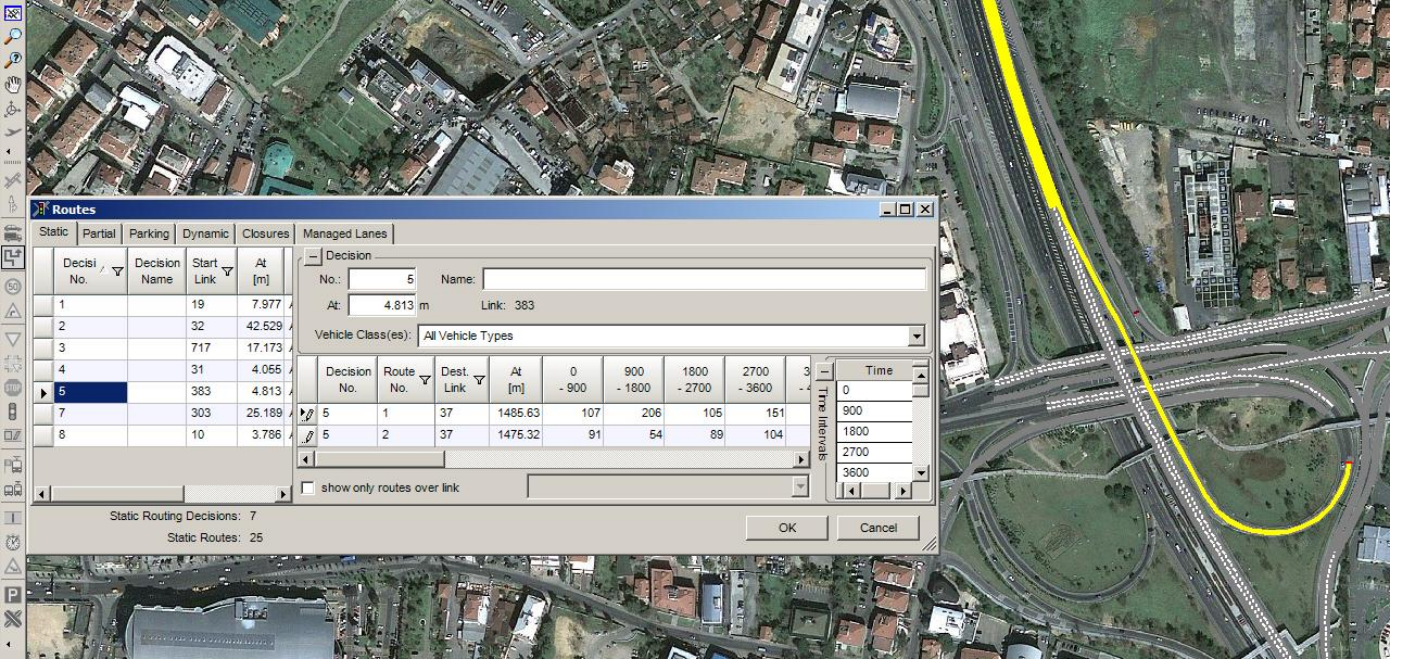


Şekil 4.8 : Altunize ayrımının VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış hali

Yol özellikleri simülasyona göre belirlendikten sonra trafik sayımlarının simülasyona girişleri yapılmıştır. sayımlar 15 dakikalık olduğu için simülasyonda da her dakika değişen taşıt sayıları sisteme girilmiştir. Bunun anlamı ise, verilerin dinamik olarak çalışma kesimi içerisine gireceği kabul edilmesidir. Şekil 4.10 da trafik sayımlarının, taşıt sürüş güzergahlarına göre girilmesi, Şekil 4.11 ise, trafik hacimlerinin dakikalık dilimler halinde simülasyona girilmesi durumunu göstermektedir.



Şekil 4.9 : Taşıtların geçiş önceliklerinin Beylerbeyi katılımlında gösterimi



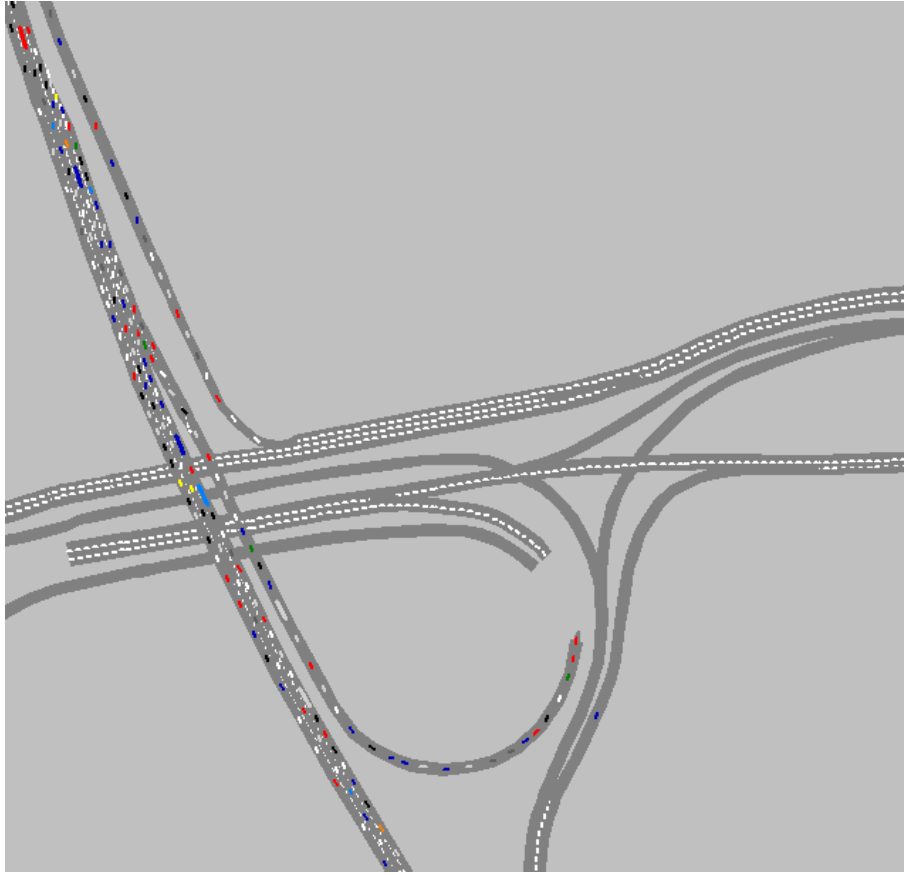
Şekil 4.10 : Trafik sayımlarının, taşıt sürüş güzergahlarına göre girilmesi



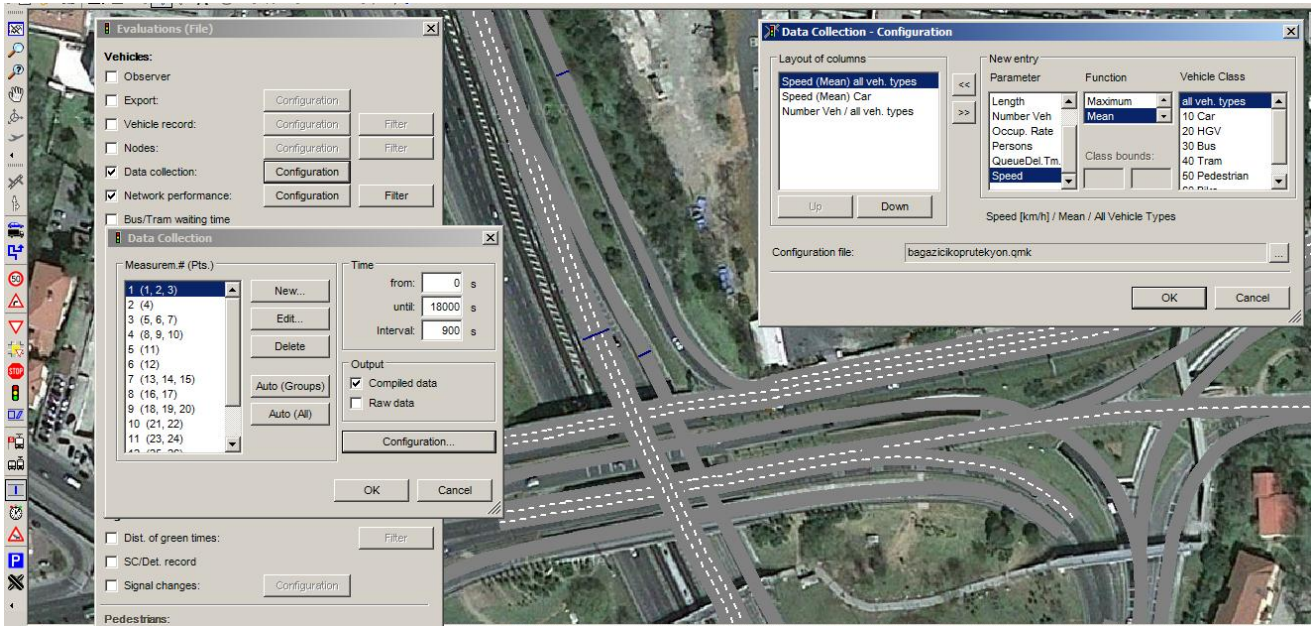
Şekil 4.11 : Trafik sayımlarının 15 dakikalık zaman dilimine göre simülasyona girilmesi

Bu adımlardan sonra, çalışma alanının mevcut durumunu gösteren simülasyon modelinin kurulması aşaması yaklaşık olarak tamamlanmıştır. Kurulan simülasyon modelini gözlemek için ilk olarak çalıştırılması gereklidir. Simülasyonun çalışması sırasında kurulan modeldeki hatalar görülebilir, bu hatalar geriye dönülerek düzeltilebilir. Şekil 4.12 de bu çalışma sırasında çalışmanın ekran görüntüsü gösterilmiştir.

Kurulan simülasyon modelinin gerçek durumu (mevcut durum) temsil edip, etmediği ise, gerçek ölçümler ile karşılaştırılması ve kalibrasyon işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Genel olarak bu çalışmada, kalibrasyon için kullanılan parametre olarak belirli kesimlerden geçen 15 er dakikalık zaman diliminde geçen taşıt sayıları, yani hacim değeri esas olarak kabul edilmiştir. Simüle edilen çalışma alanındaki belirli kesimlerden geçen 15 er dakikalık zaman diliminde geçen taşıt sayıları değerleri ise, karayolu kesimi üzerine program tarafından konulan dedektörler vasıtası ile alınmıştır. Şekil 4.13 te dedektör konulması işlemi, Şekil 4.14'te ise, dedektör konulan yol kesimleri gösterilmektedir. Böylece, arazide yapılan ölçümler gerçek değer olarak kabul edilmiş, simülasyondan dedektörler tarafından alınan değerler ise, simülasyon modeli değerleri olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.12: Simülasyon ekranının görünümü

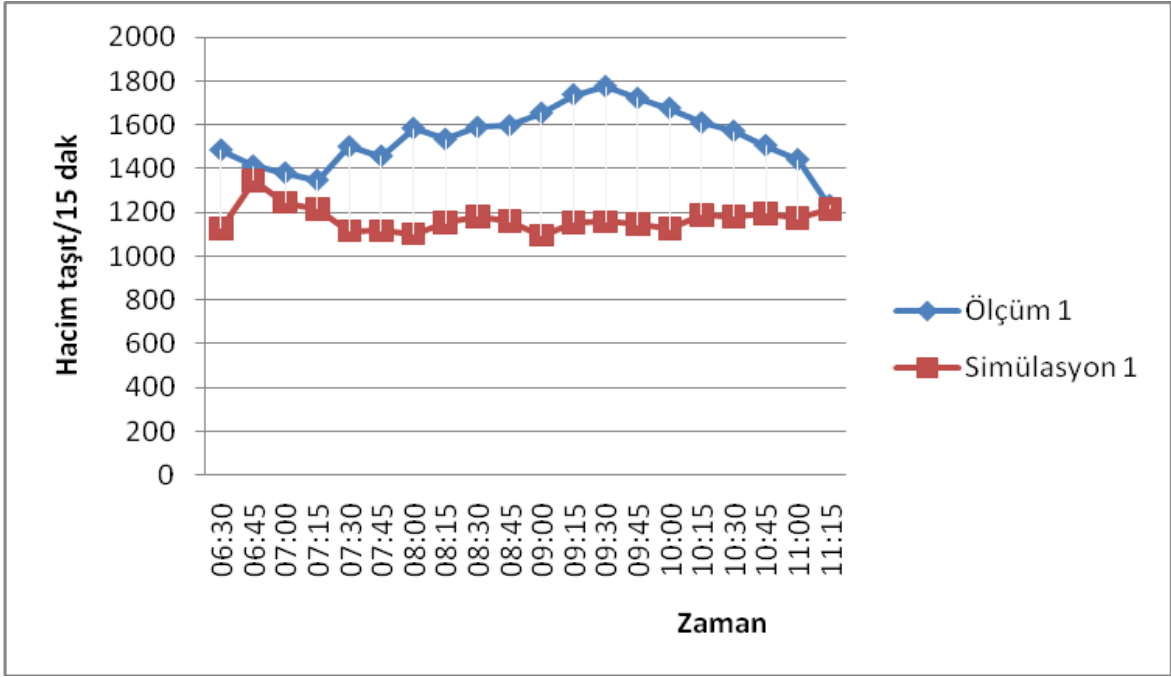


Şekil 4.13: Dedektör konulması işlemi

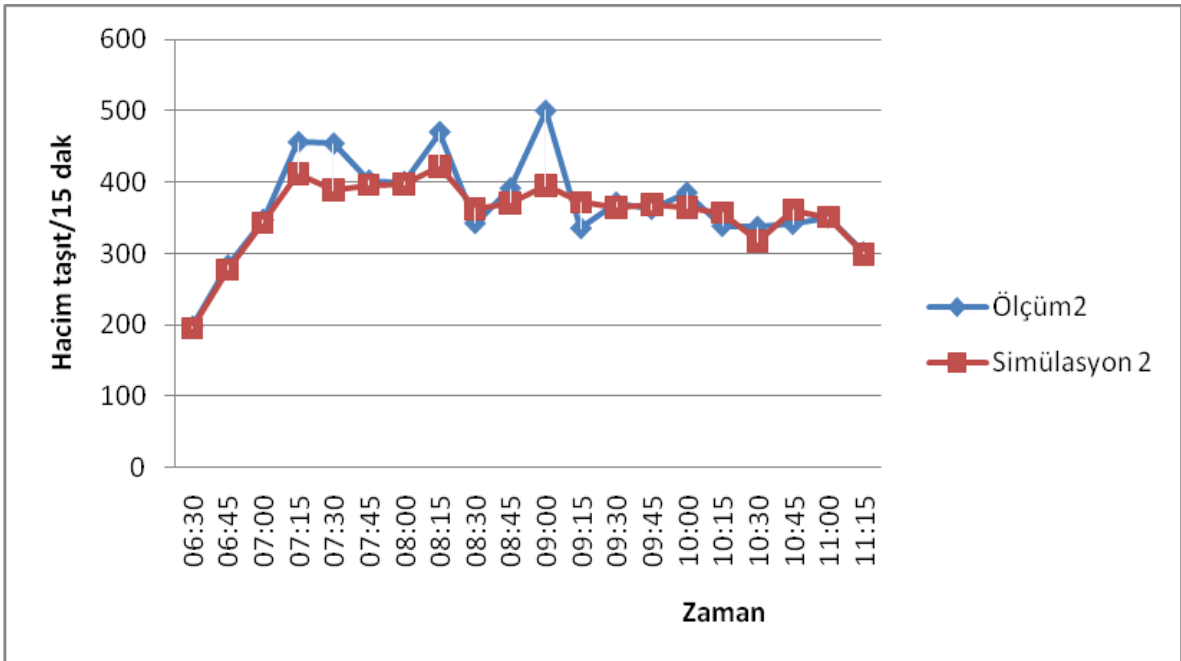


Şekil 4.14: Dedektör konulan yol kesimleri

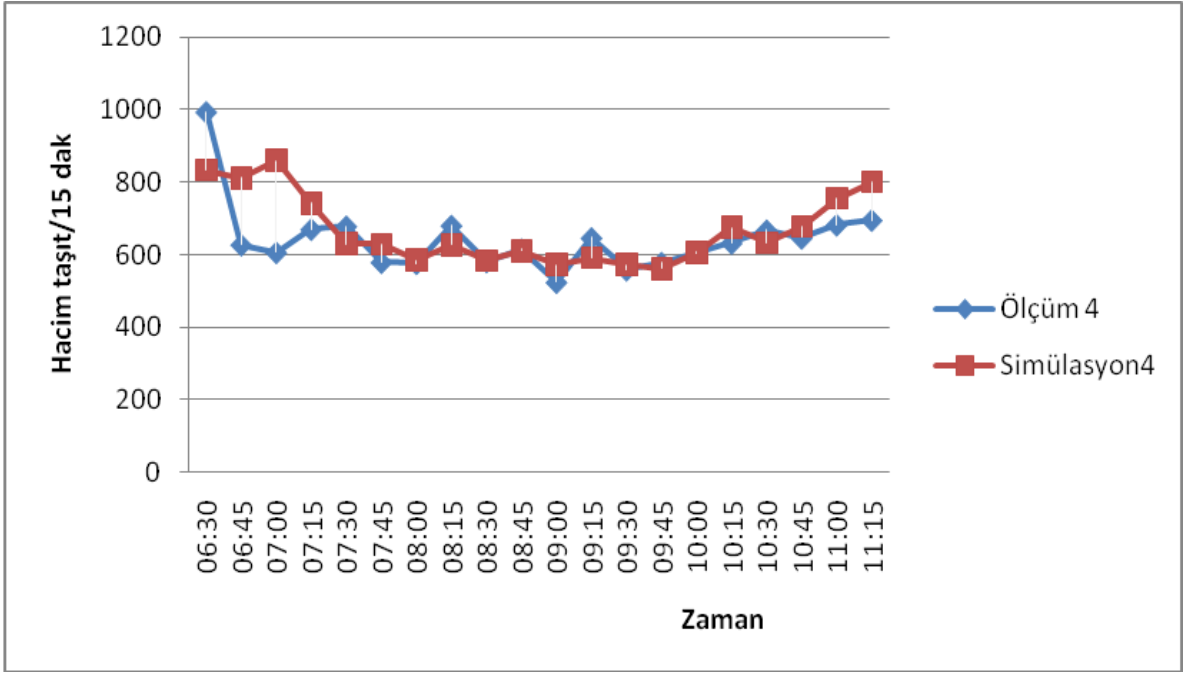
Simülasyon modelindeki dedektörlerden elde edilen veriler ile sayım sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması Şekil 4.15 ile Şekil 4.27 arasında aşağıda sırasıyla gösterilmiştir.



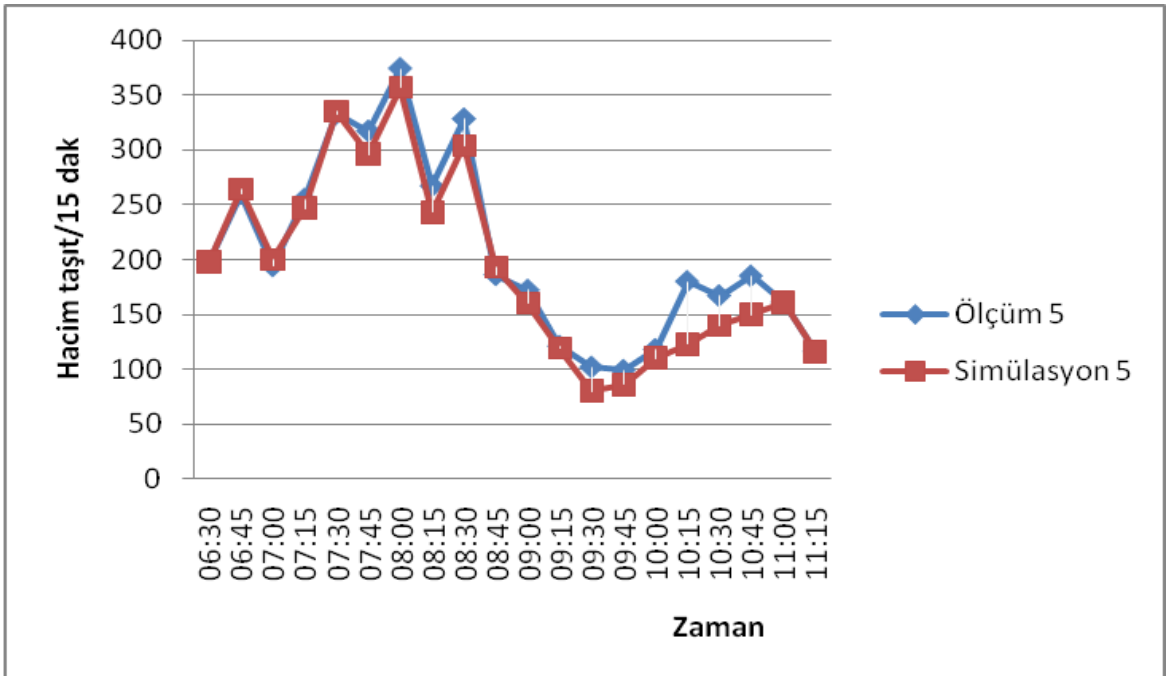
Şekil 4.15: 1 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



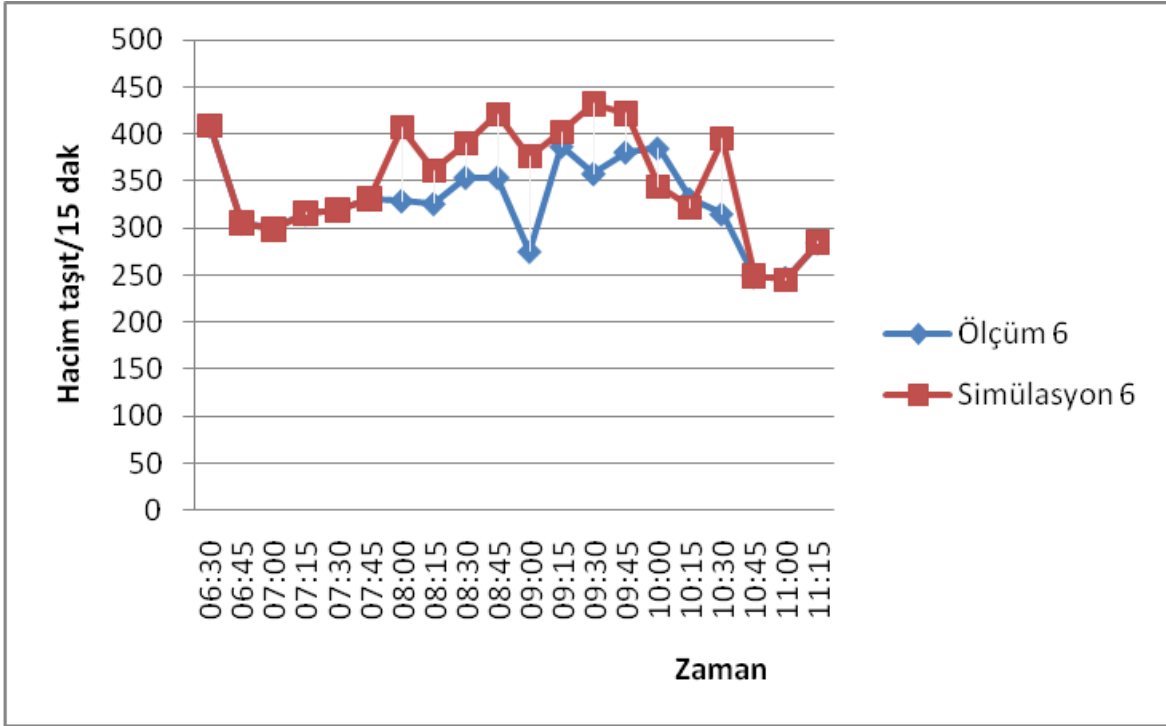
Şekil 4.16: 2 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



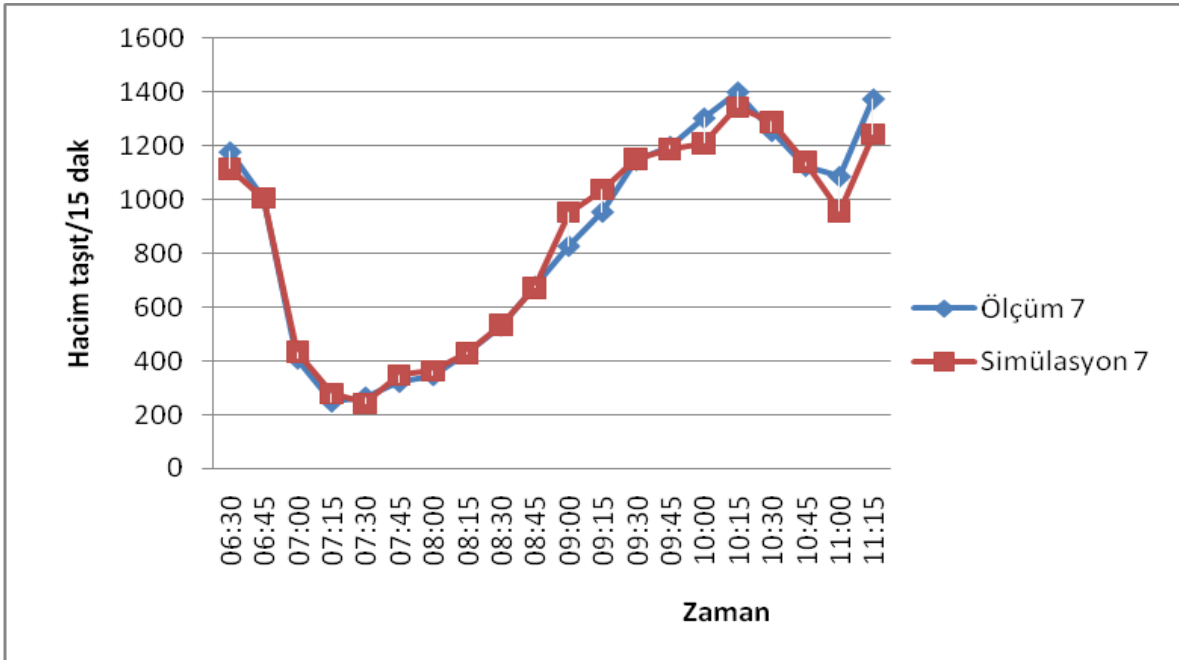
Şekil 4.17: 4 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



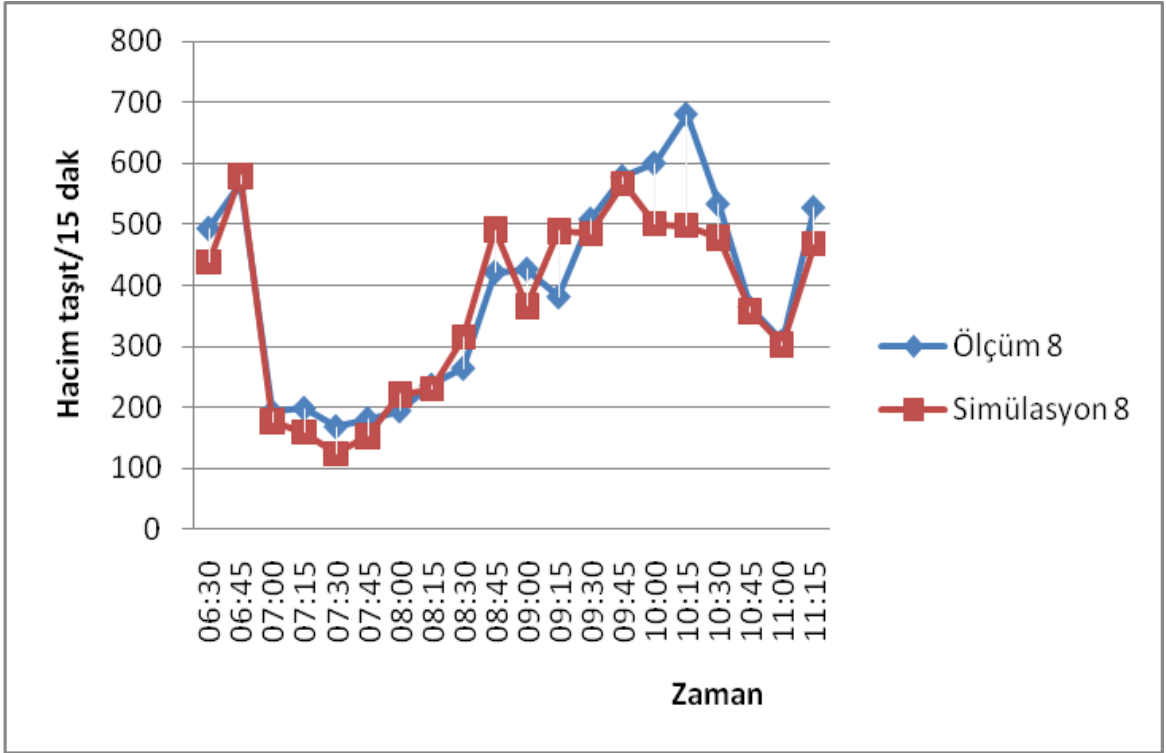
Şekil 4.18: 5 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



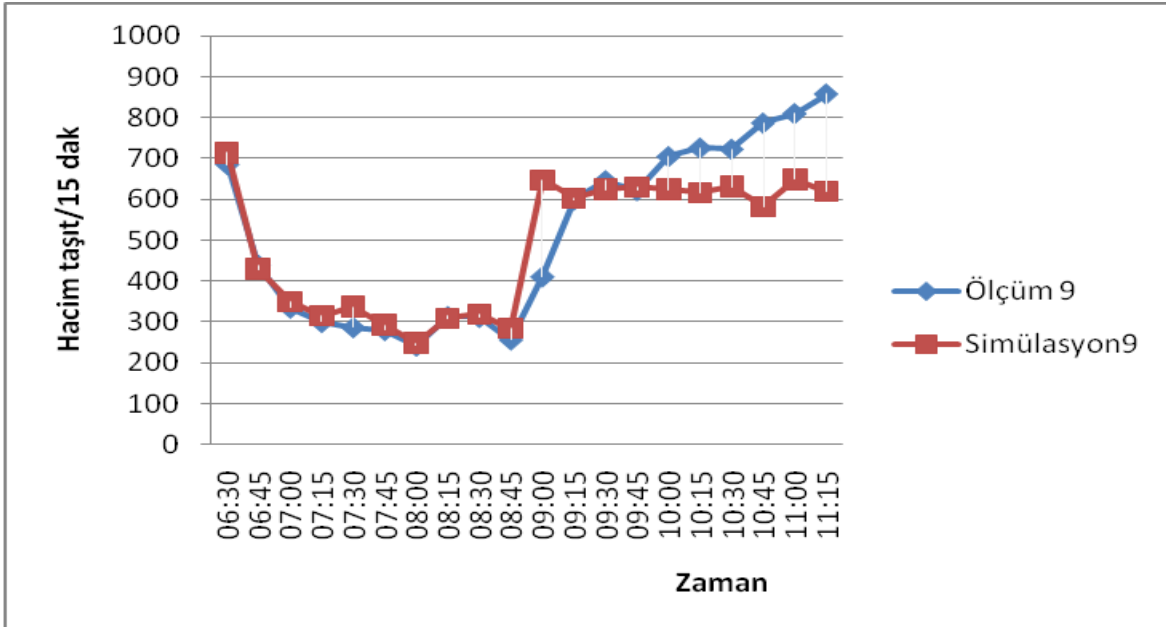
Şekil 4.19: 6 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



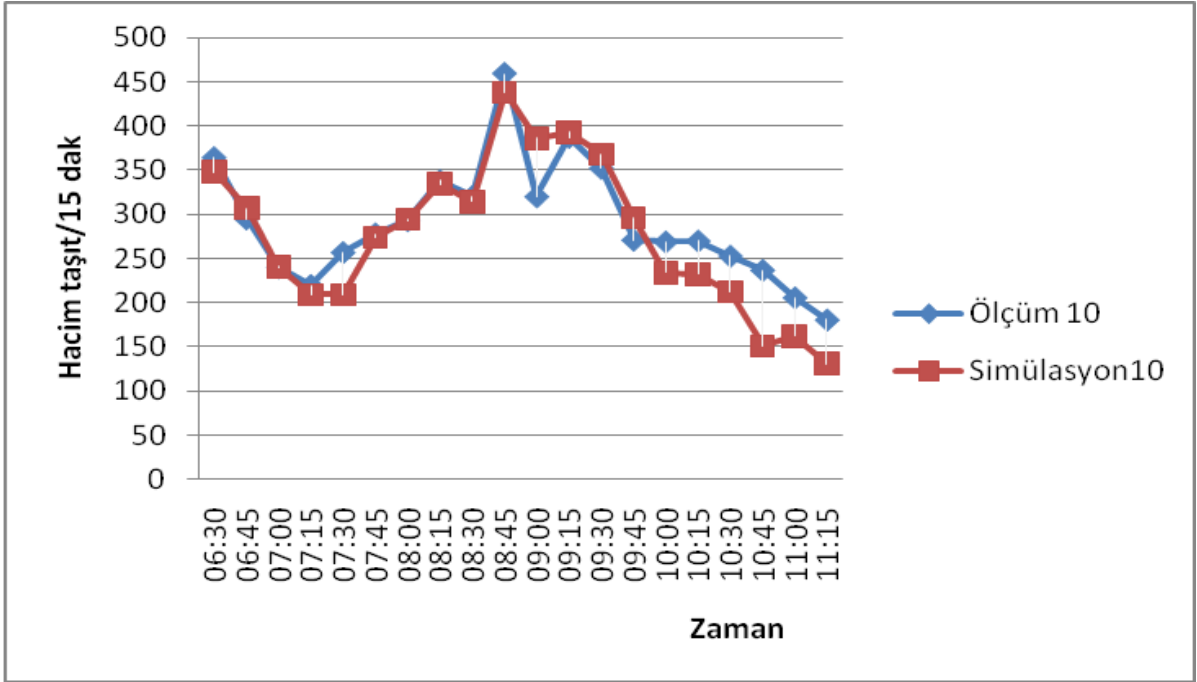
Şekil 4.20: 7 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



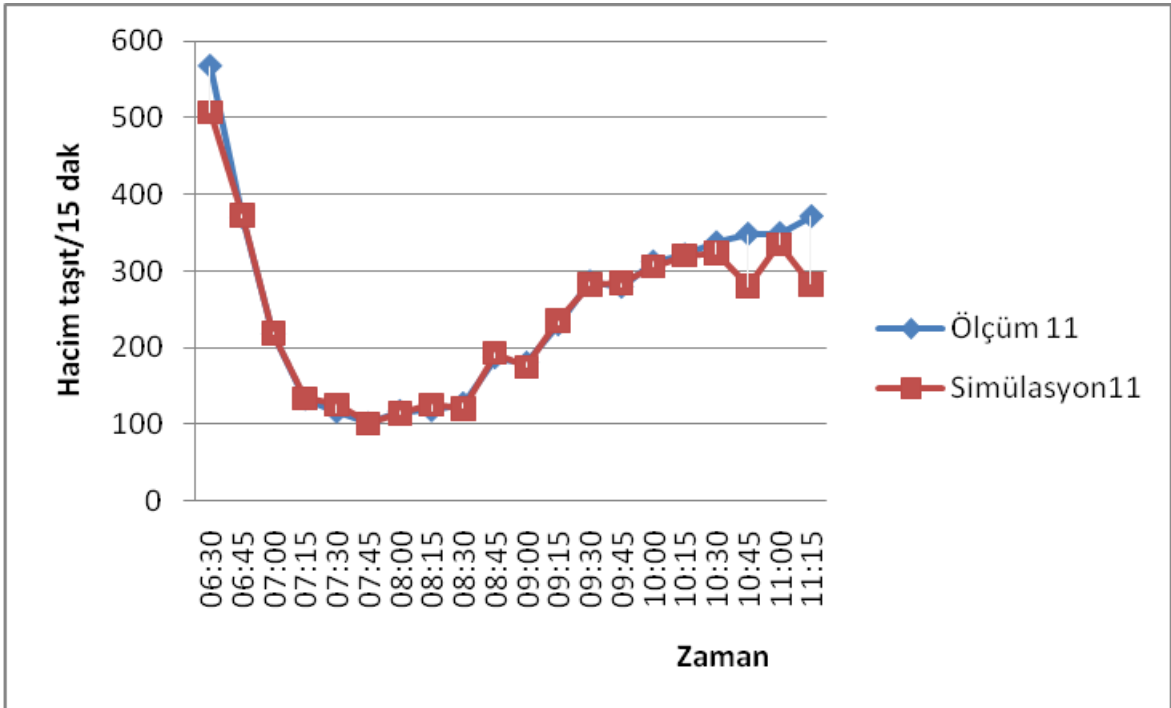
Şekil 4.21: 8 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



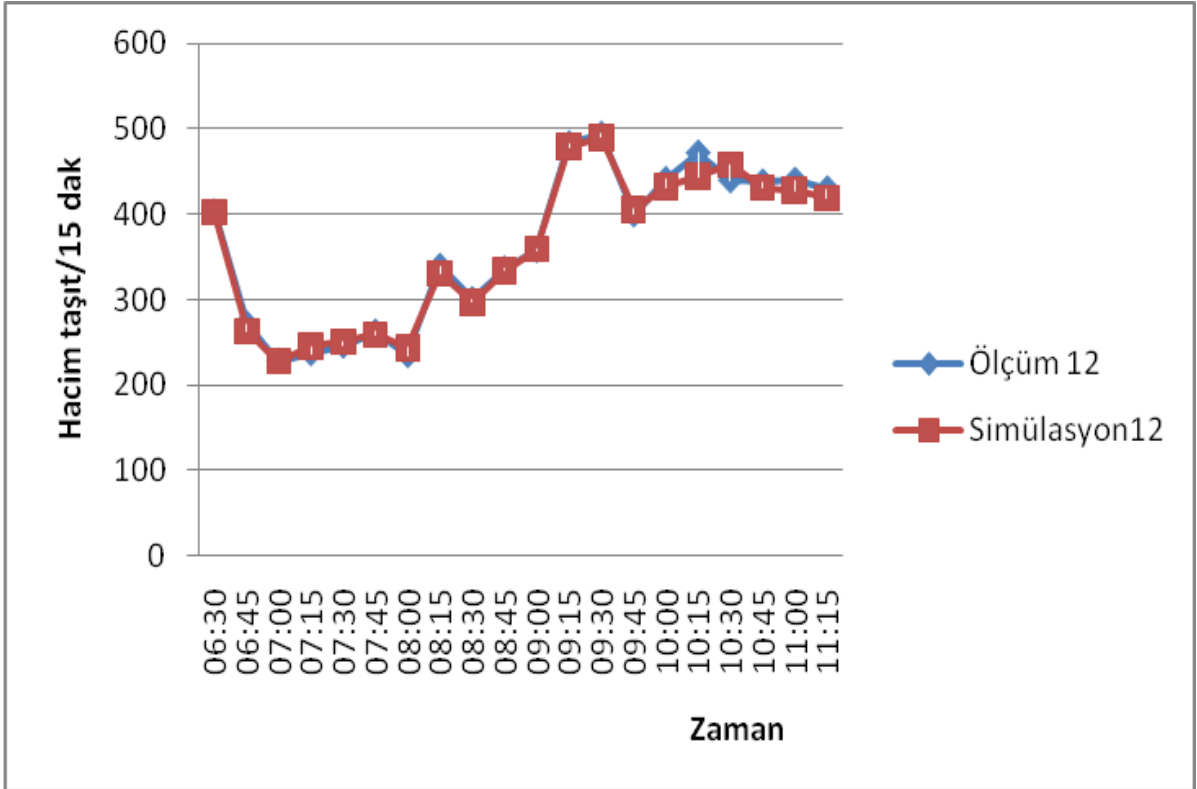
Şekil 4.22: 9 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



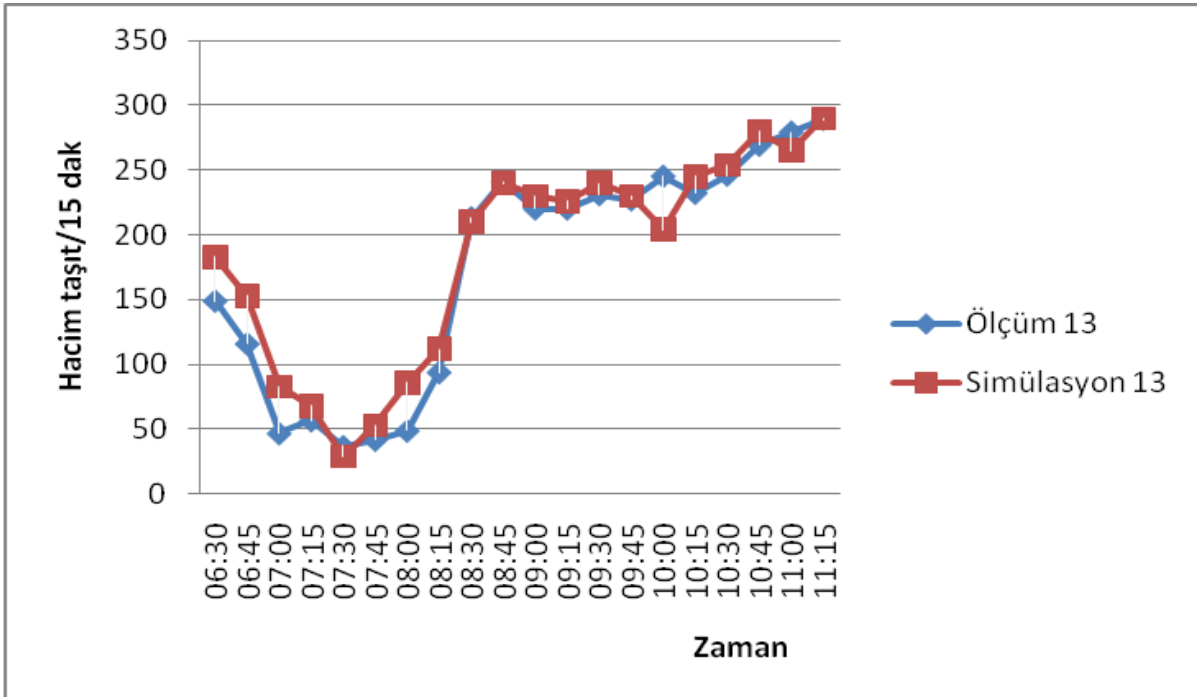
Şekil 4.23: 10 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



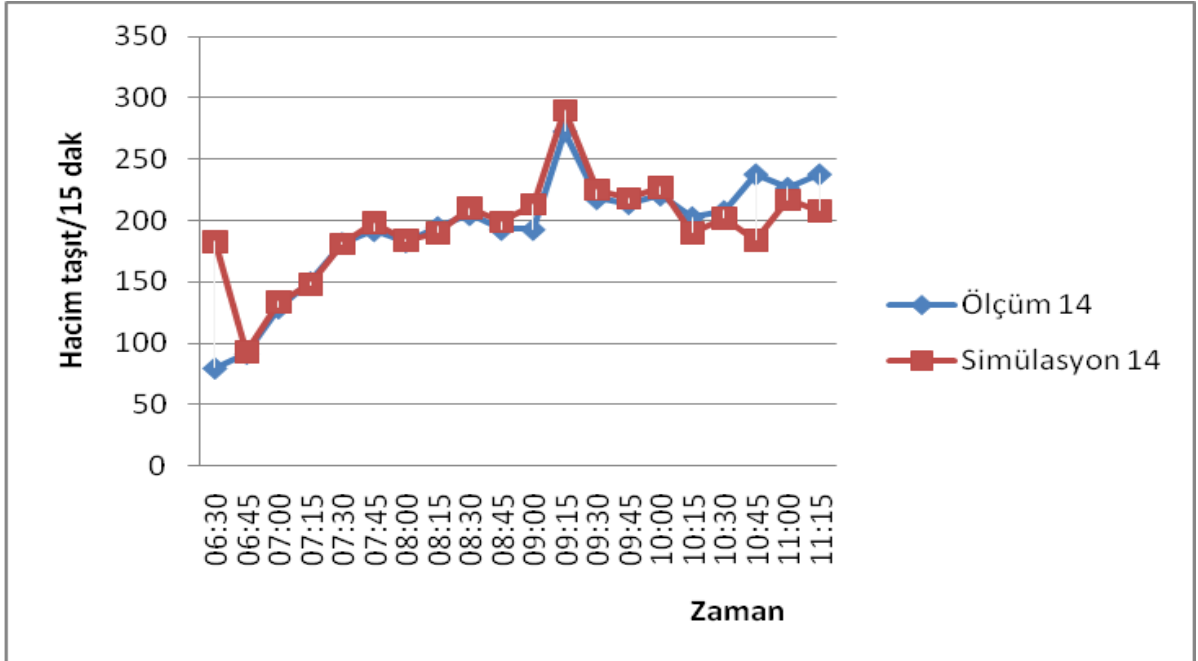
Şekil 4.24: 11 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



Şekil 4.25: 12 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



Şekil 4.26: 13 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması



Şekil 4.27: 14 no.lu Dedektör kesimindeki değerlerin karşılaştırılması

Tüm dedektör kesimlerindeki mevcut durum (ölçüm) ile simülasyon modelinden elde edilen hacim değerlerinin karşılaştırılması ise, Tablo 4.9 da gösterilmiştir.

Tablo 4.12 : Hata değerlendirmesi

Dedektör No	Rölatif Hata
1	0,23
2	0,02
4	-0,05
5	0,07
6	-0,07
7	-0,01
8	0,05
9	0,01
10	0,06
11	0,03
12	0,01
13	-0,13
14	-0,06
Ağırlıklı Ortalama	0,12

Bu aşamada oluşturulan simülasyon modelinin gerçeği yaklaşık olarak yansıttığı kabul edilmiştir. Bu aşamadan sonra, bu simülasyon modelinin hız yönetimi için kullanılmasına yoluna gidilecektir.

4.3 HIZ YÖNETİMİNİN UYGULANMASI

Hız yönetimi genel anlamda belirli bir yol kesimindeki trafik akımının düzenli olarak akmasının sağlanarak, söz konusu kesimden daha fazla trafik hacminin geçmesinin sağlanması demektir.

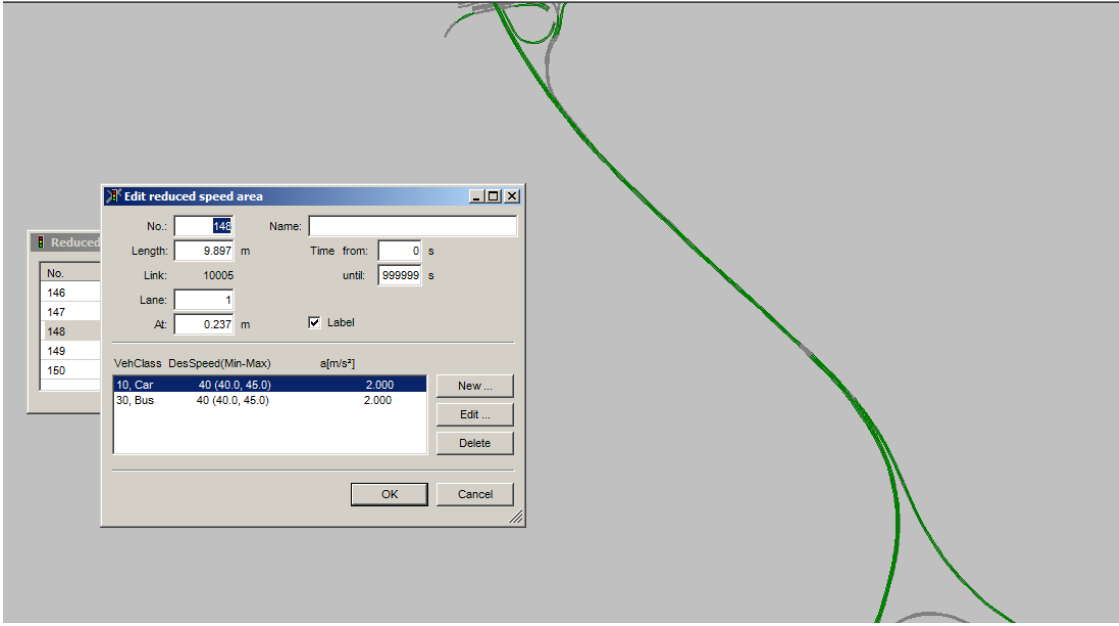
Çalışma alanı Boğaziçi Köprüsü kesimi olduğu için, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yolları ile kesimlerinde meydana gelen trafik sıkışıklığının azaltılması için hız yönetimi uygulanmasının ne gibi faydalar getirebileceği bu çalışmanın ana amacının kapsamı içindedir. Bu nedenle elde edilen simülasyon modelinin gerçeği yaklaşık olarak yansıttığı kabul edilerek çalışmaya devam edilmiştir.

Hız yönetimini uygulaması için, genel olarak belirli yol kesimlerinde sabit hızlarla gidilmesi sağlanması gerekmektedir. Oluşturulan simülasyon modeli yardımı ile, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yolları ile kesimlerinde sabit hız uygulanması olası hale gelmiştir. Gerçek ortamda hız yönetimi uygulaması ise, Değişken Mesaj Panoları(DMP) yardımıyla olabilecektir. Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yolları ile katılma ve ayarılma kesimlerinde DMP konularak, sürücülerin hız kısıtlamalarına uygulanması sağlanabilecektir. Doğal olarak sürücülerin bu duruma alışmaları zaman alabilecek bir süreç olup, bu süreçte EDS Kameraları ile birlikte dijital hız ölçüp, gösteren panoların kullanılmasında uygulanacak sistemin yerleşmesi bakımından önemlidir.

Bu çalışmada, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yolları ile katılma ve ayarılma kesimlerinde (O-2 karayolu Çamlıca katılımı hariç) uygulanabilecek sabit

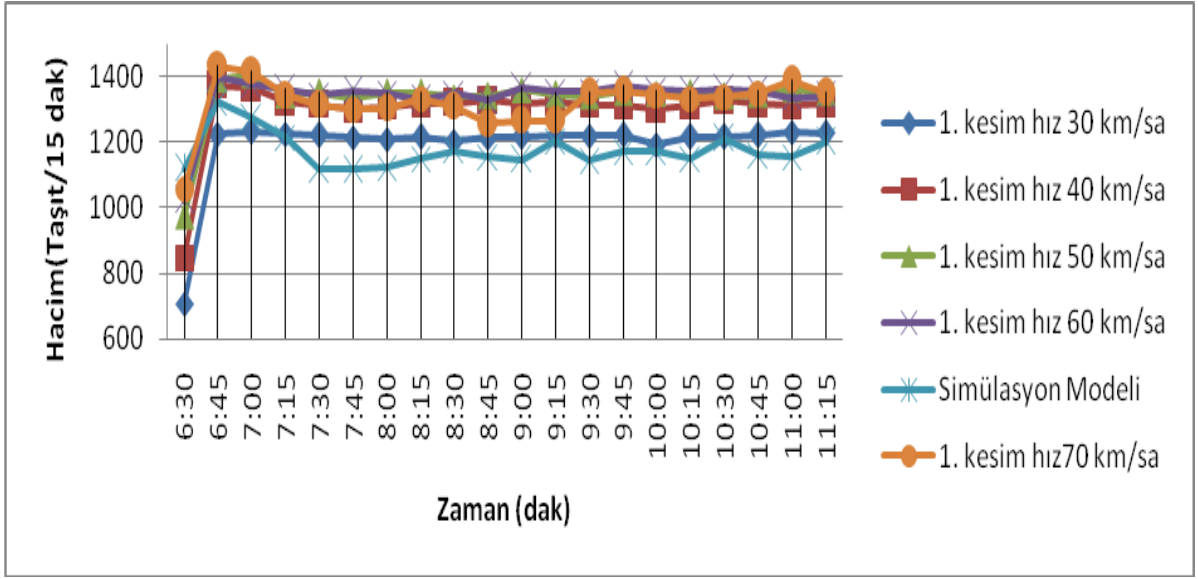
hızlar sırasıyla 30 Km/sa, 40 Km/sa, 50 Km/sa, 60 Km/sa ve 70 Km/sa olarak seçilmiştir. Bu uygulama sırasında çalışma alanı üzerindeki anayolda, katılma ve ayrılma kollarında hiç bir geometrik düzenleme yapılmamıştır.

Bir yol kesiminde sabit hız uygulaması yapılması, simülasyon ortamında o kesimde hız sınırlaması uygulamasına gidilmesi anlamında olup, taşıtların bu kesimde taşıtların hızlarını azaltmaları veya arttırmaları istenebilecektir. Bu gibi durumların denenmesi ve test edilmesi simülasyon ortamında daha kolay olabilecektir. Şekil 4.28 de simülasyonda hız sınırlaması uygulaması gösterilmiştir.

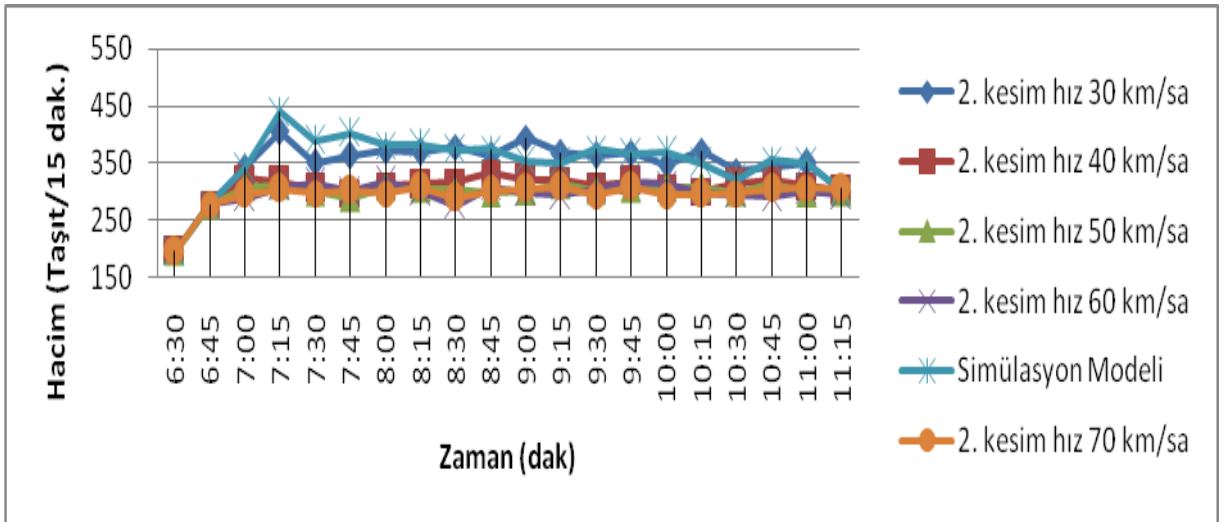


Şekil 4.28: Simülasyon ortamında hız sınırlaması uygulaması

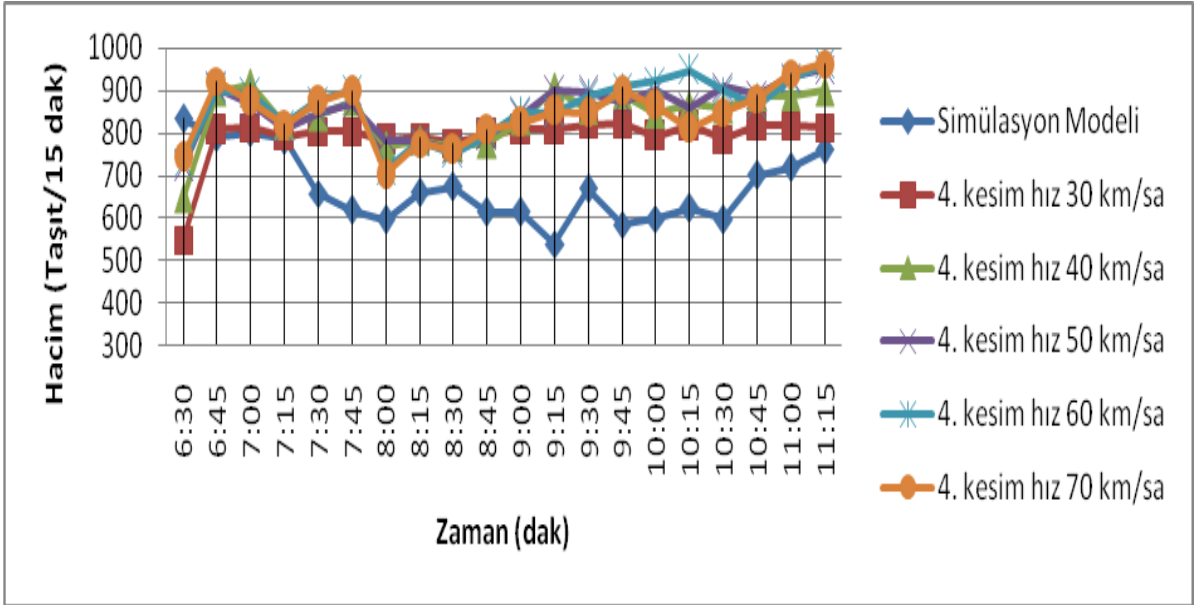
Mecut durumu gösteren Simülasyon Modeli sonuçları ile sırasıyla 30 Km/sa, 40 Km/sa, 50 Km/sa ve 60 Km/sa olarak uygulanan sabit hızların dedektör konulan kesimlerden geçen taşıt sayısı olan hacim değerleri(performans değeri) üzerine etkileri Şekil 4.29 ile Şekil 4.42 gösterilmiştir.



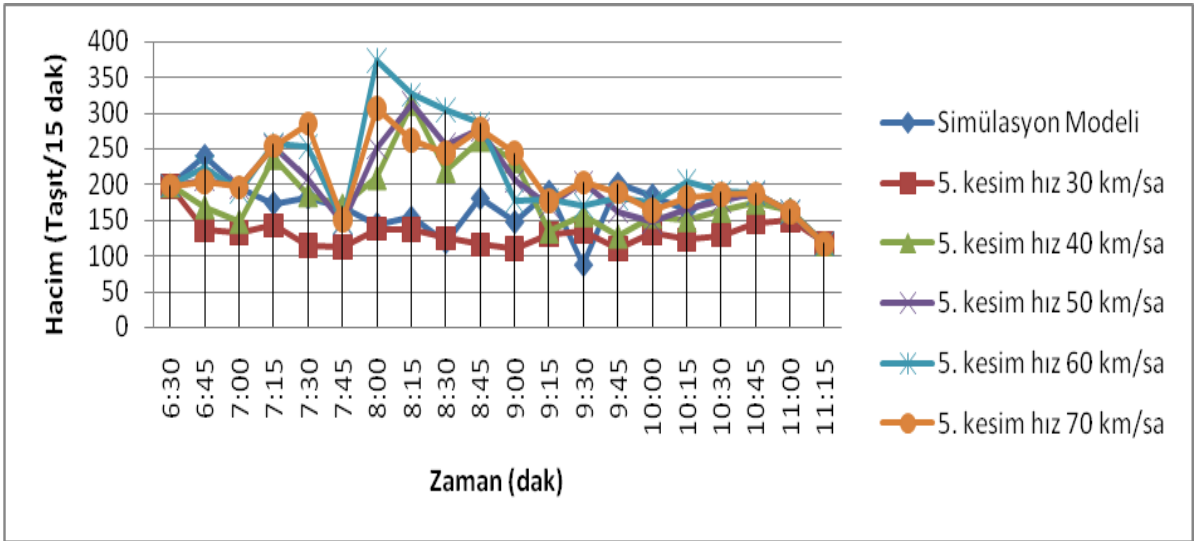
Şekil 4.29: 1. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



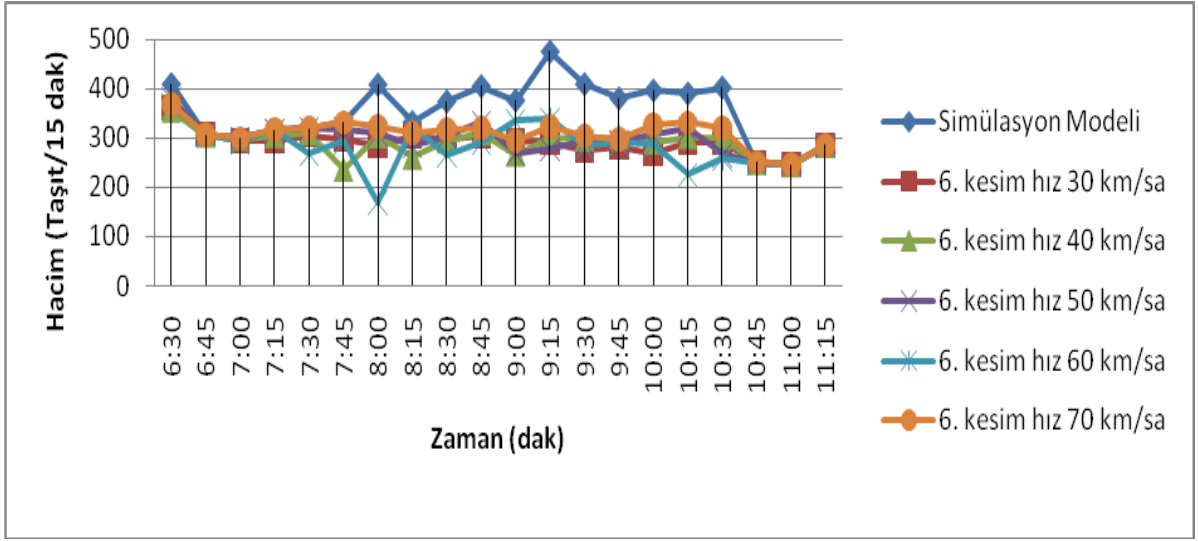
Şekil 4.30: 2. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



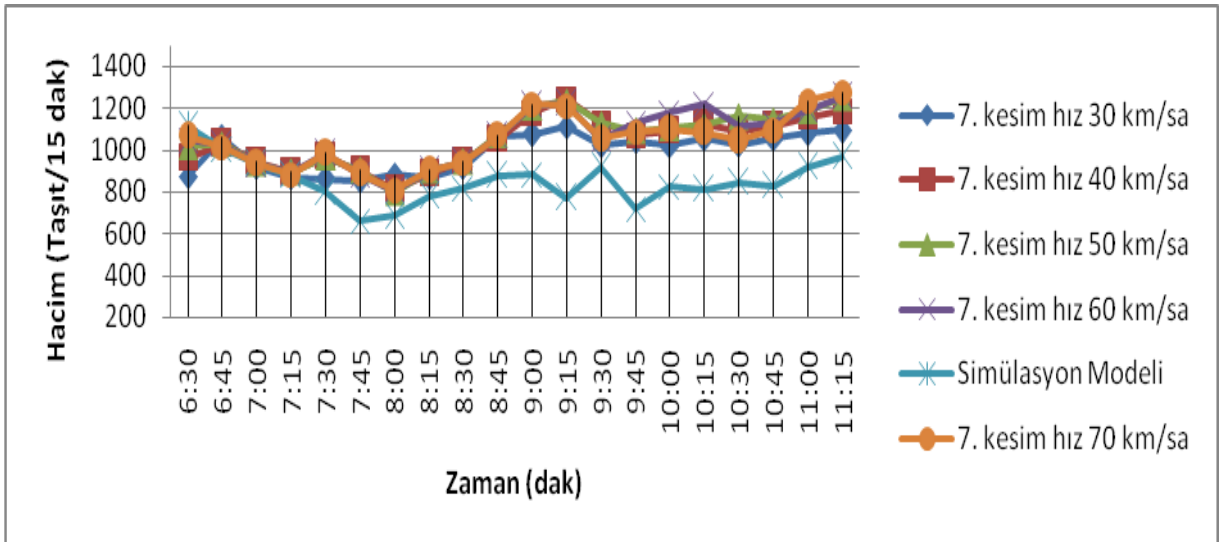
Şekil 4.31: 4. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



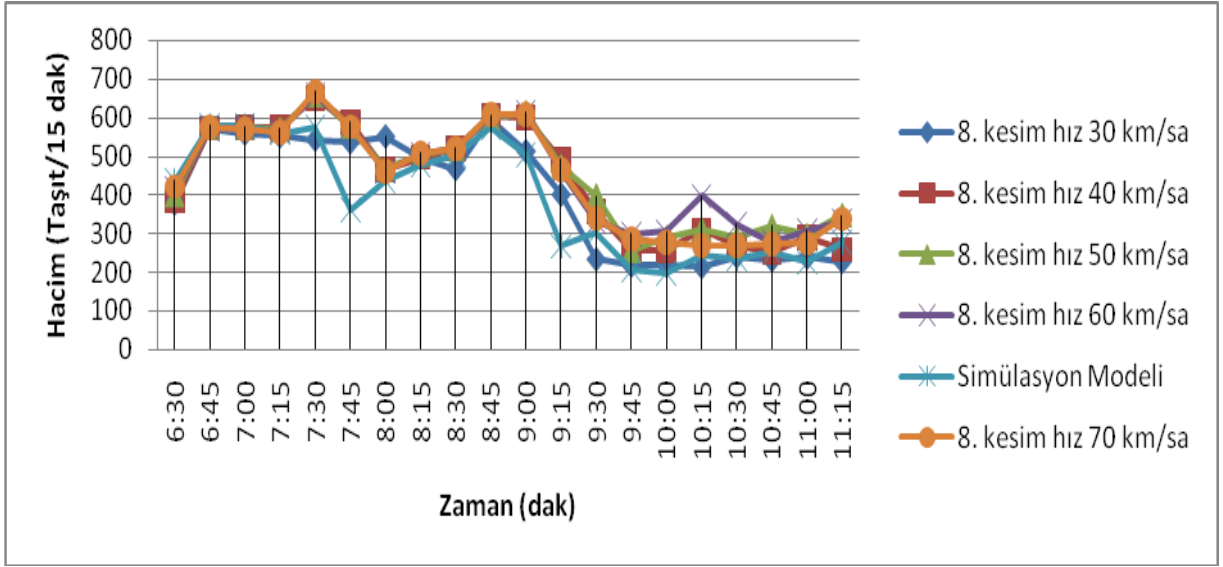
Şekil 4.32: 5. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



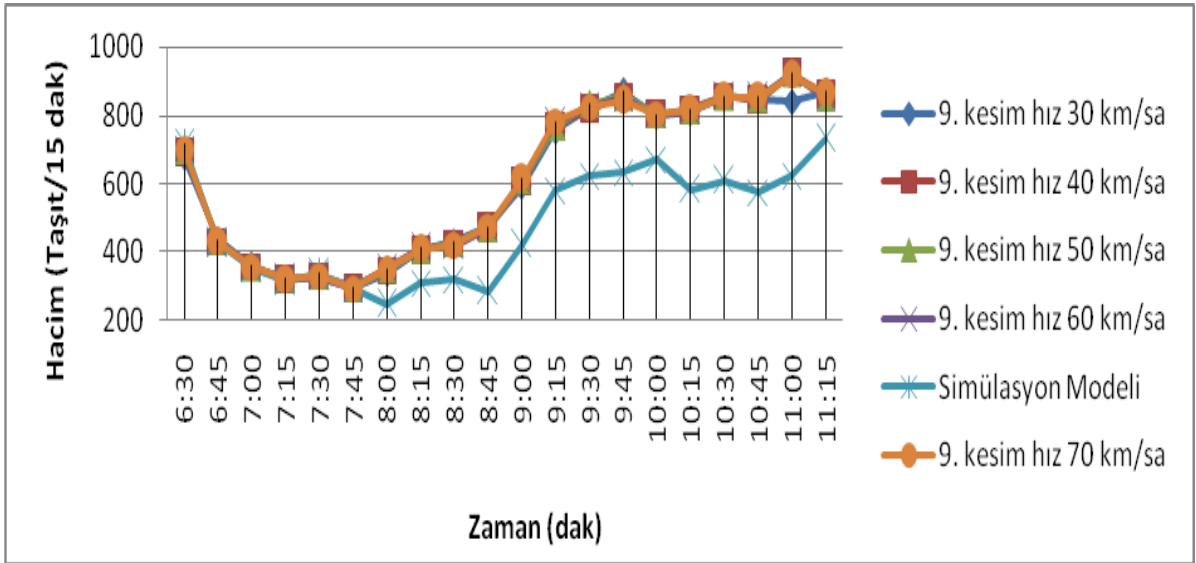
Şekil 4.33: 6. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



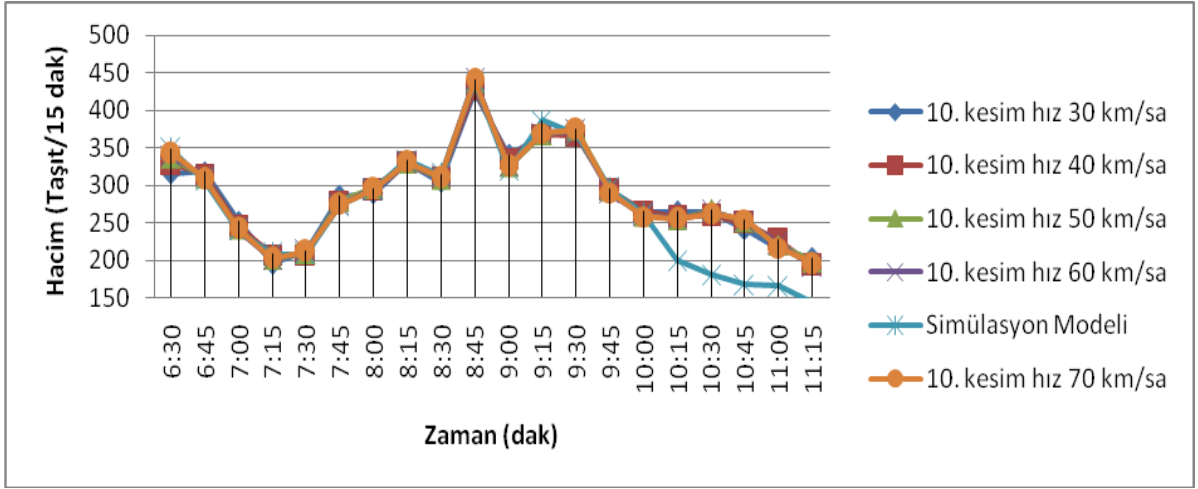
Şekil 4.34: 7. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



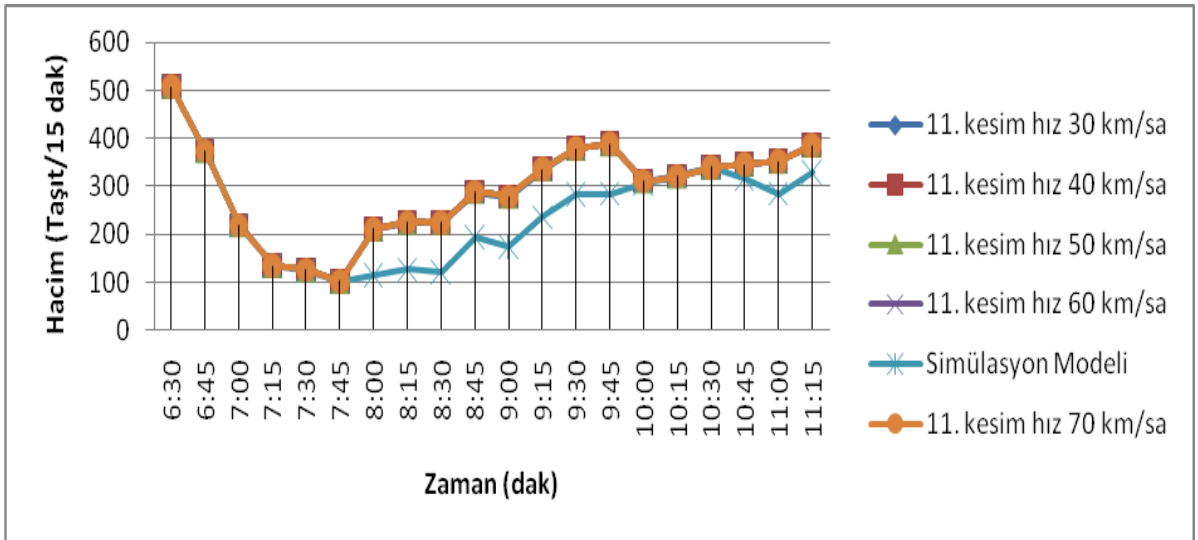
Şekil 4.35: 8. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



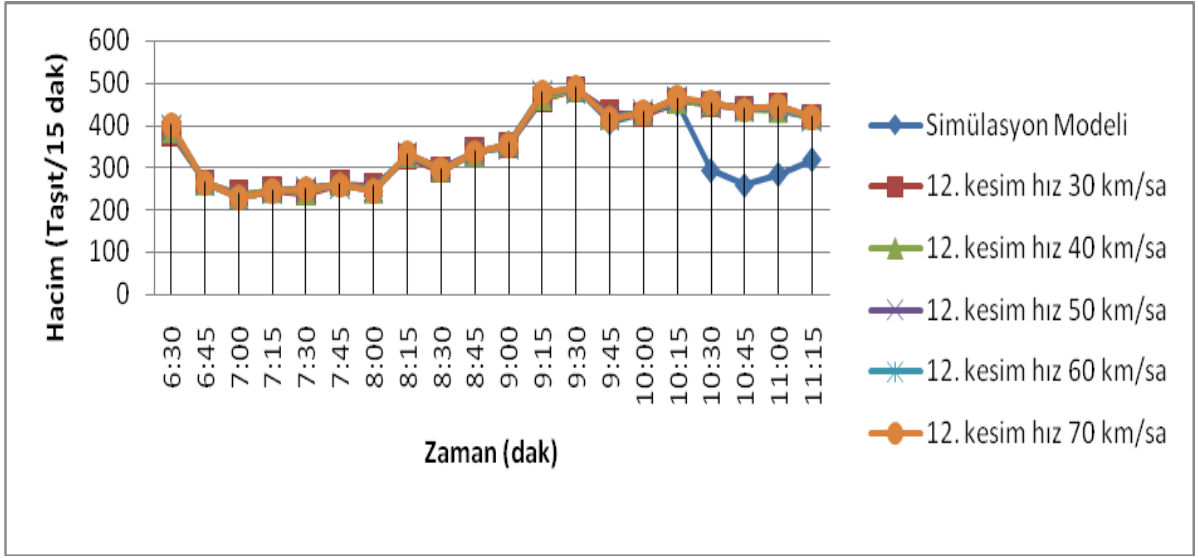
Şekil 4.36: 9. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



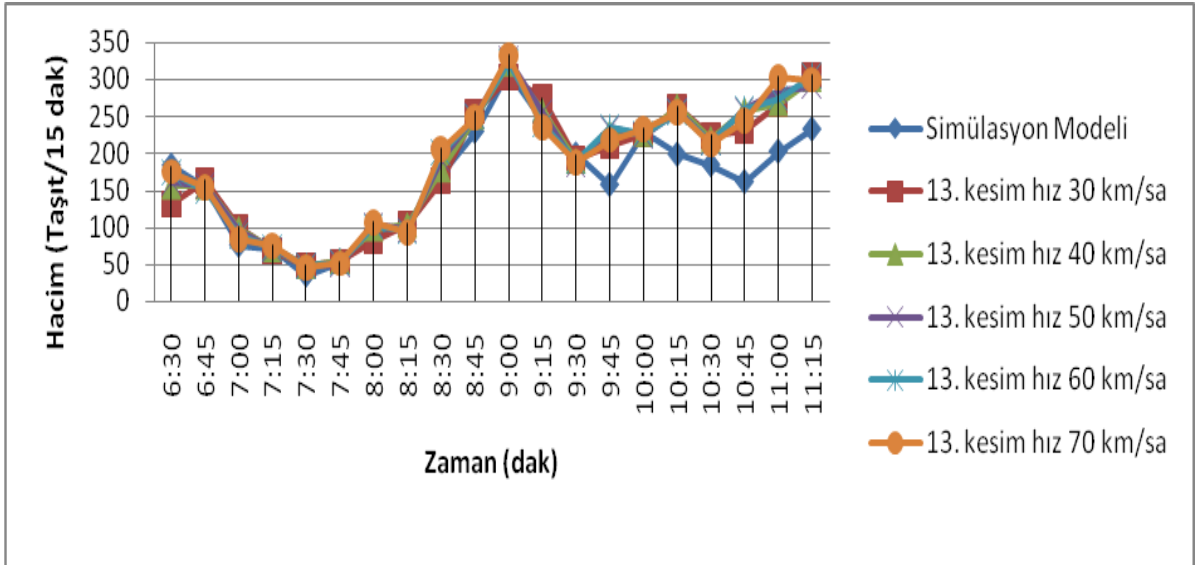
Şekil 4.37: 10. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



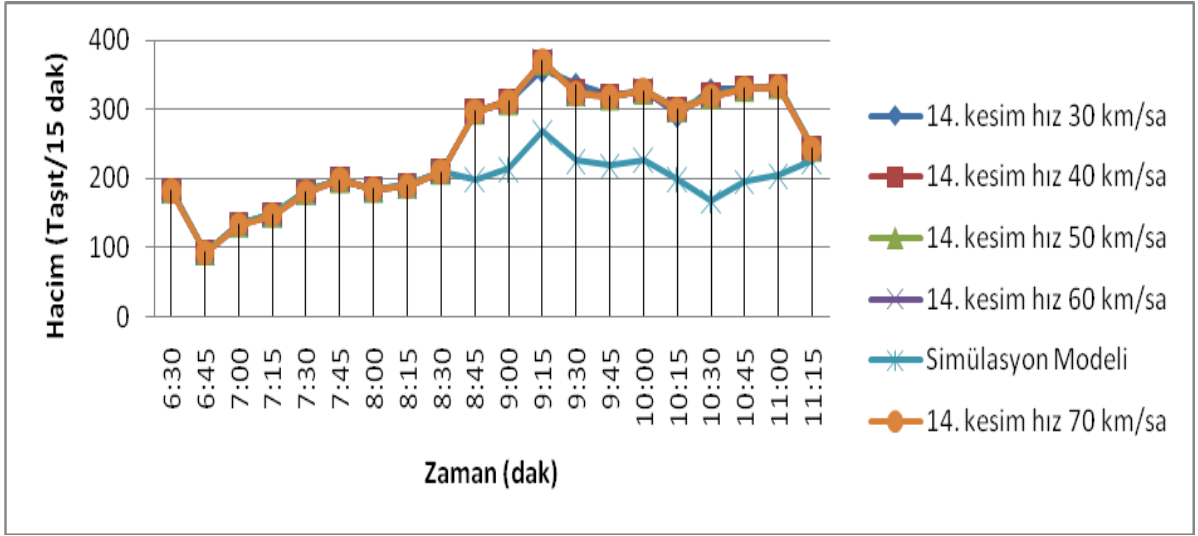
Şekil 4.38: 11. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



Şekil 4.39: 12. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi



Şekil 4.40: 13. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi

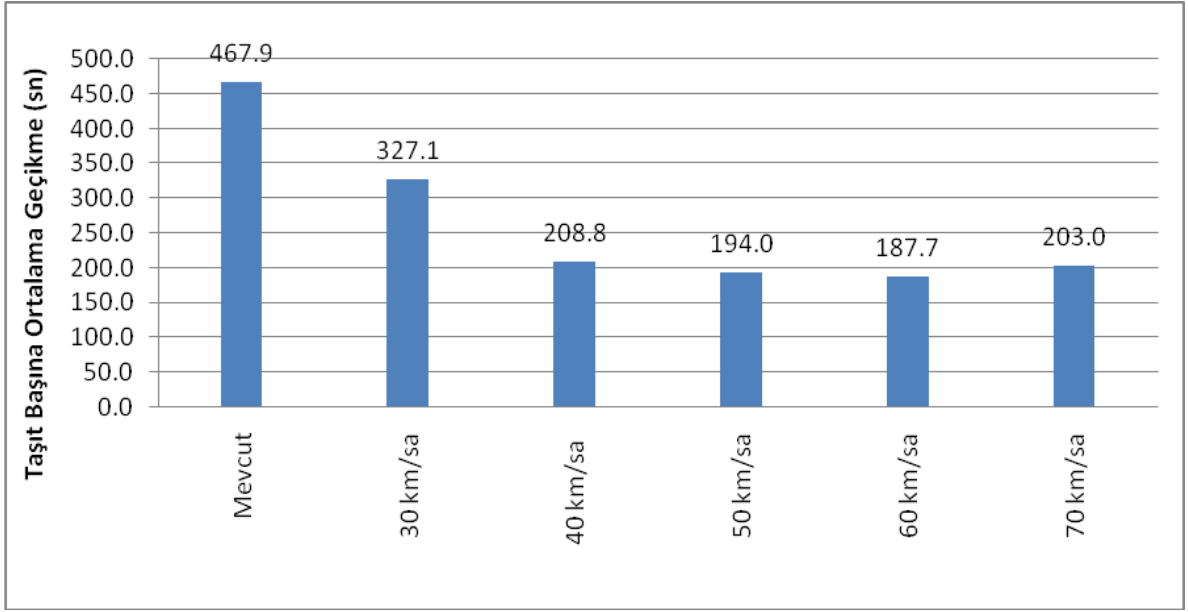


Şekil 4.41: 14. Kesimde Hız yönetimi uygulamasının etkisi

Her bir kesimde hız yönetimi uygulanması sonucu genel olarak değerlendirildiğinde, 60 Km/sa hız değerinin eşik değeri olduğu görülmektedir. 60 Km/sa hız değerinden sonra belirtilen kesimlerden geçen hacim sayısının azaldığı görülmüştür.

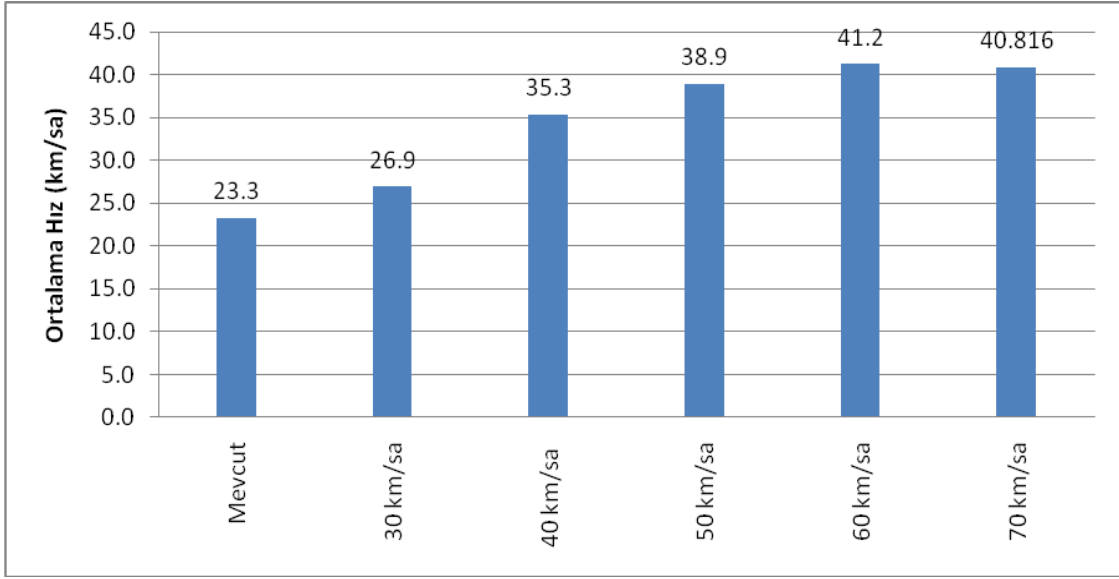
Genel olarak hız yönetiminin çalışma alanının tümünde performansını değerlendirmek için ağ performansına bakılması gerekmektedir. Bu amaçla uygulanacak her bir hız değeri için ağ performansına bakılmıştır. Ağ performans parametreleri ise, taşıt başına ortalama gecikme (sn), ortalama hız (Km/sa), taşıt başına ortalama durma sayısı, toplam gecikme zamanı (sa) ve toplam seyahat süresi (sa) olarak alınmıştır.

Hız yönetimi uygulamasının ağ genelinde taşıt başına gecikme üzerine etkisi Şekil 4.42 de gösterilmiştir. Mevcut durumda taşıt başına gecikme 476.9 sn iken, 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulandığında yaklaşık yüzde 60 oranında iyileşerek 187.7 sn değerine düşmüştür.



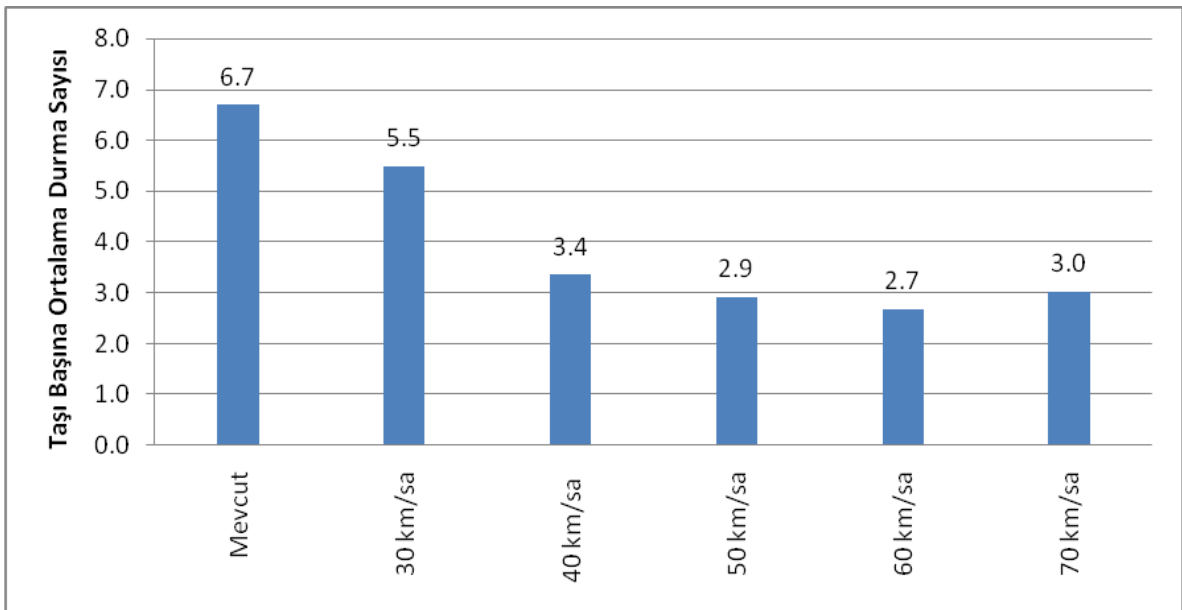
Şekil 4.42: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki taşıt başına ortalama geçikme

Benzer şekilde, hız yönetimi uygulamasının ağ genelinde taşıt başına ortalama hız üzerine etkisi ise, Şekil 4.43 te gösterilmiştir. Buna göre, mevcut durumda taşıt başına ortalama hız 23.3 Km/sa iken, 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulandığında yaklaşık yüzde 76 oranında hız artışına neden olarak, taşıt başına ortalama hız 41.2 Km/sa te ulaşmaktadır.



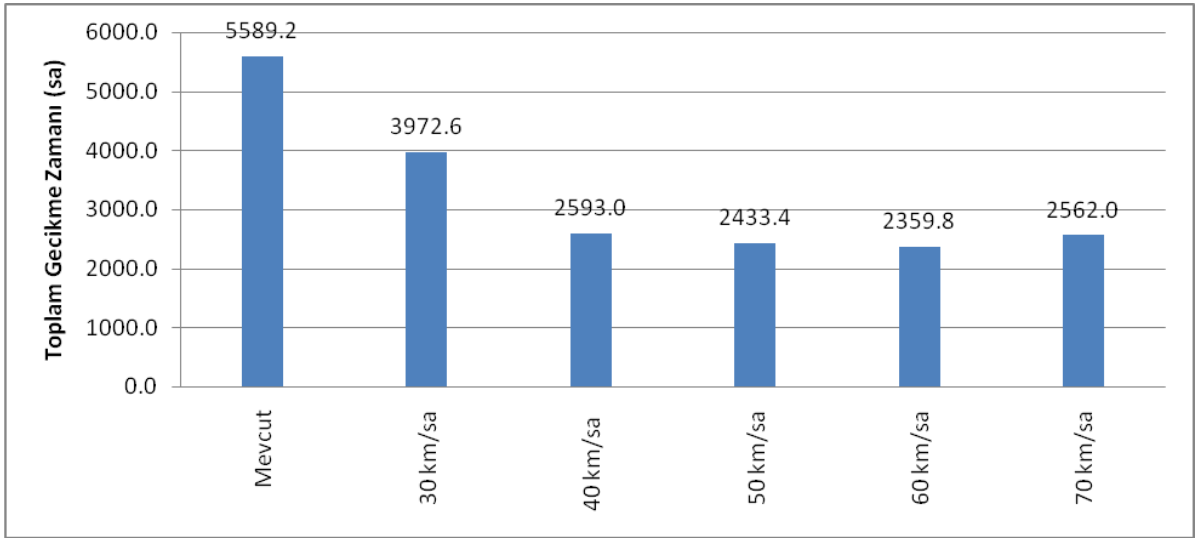
Şekil 4.43: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki ortalama hız

Hız yönetimi uygulamasının ağ genelinde taşıt başına ortalama durma sayısı üzerine etkisine bakıldığında (Şekil 4.44), mevcut durumda taşıt başına ortalama durma sayısı 6.7 iken, 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulandığında bu değer yaklaşık yüzde 59 oranında azalarak 2.7 değerine düşmektedir.



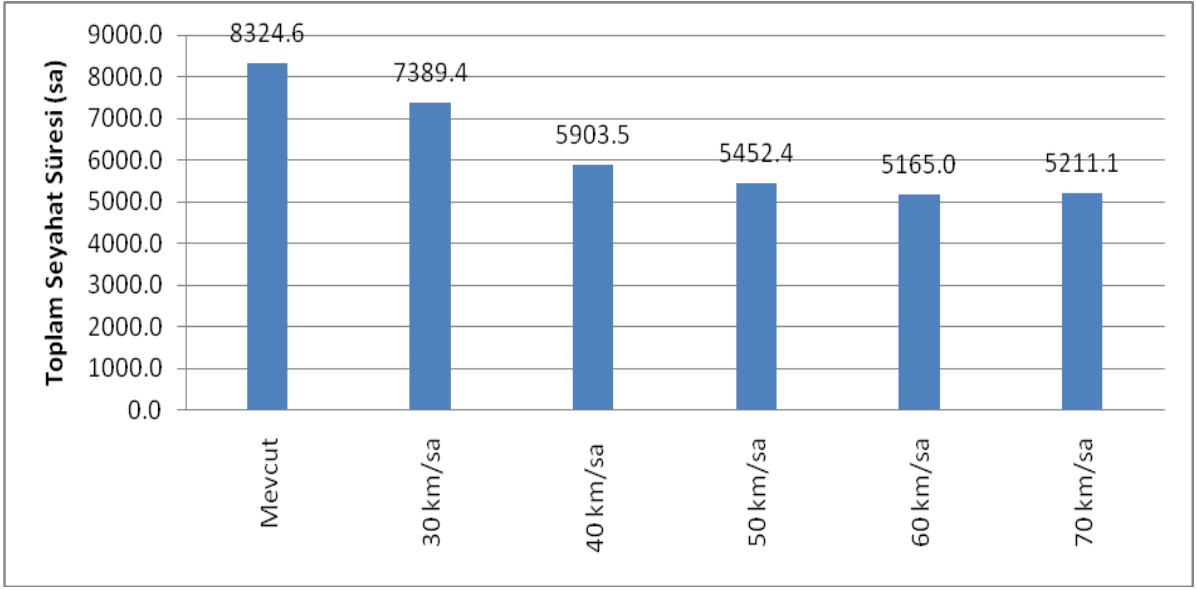
Şekil 4.44: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki taşıt başına ortalama durma Sayısı

Hız yönetimi uygulamasının bir başka parametresi olan ağ genelinde toplam gecikme süresi üzerine etkisine Şekil 4.45'te gösterildiği gibi bakıldığında ise, mevcut durumda ağ genelinde toplam gecikme süresi yaklaşık 5590 saat iken, 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulandığında bu değer yaklaşık yüzde 57 oranında azalarak yaklaşık 2360 saate düşmektedir.



Şekil 4.45: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki toplam gecikme zamanı

Hız yönetimi uygulamasının ağ genelinde toplam seyahat süresi üzerine etkisinin değerlendirilmesi Şekil 4.46 'da gösterilmiştir. Buna göre, mevcut durumda toplam seyahat süresi yaklaşık 8325 saat iken, 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulandığında bu değer yaklaşık yüzde 38 oranında azalarak 5165 saate düşmektedir.



Şekil 4.46: Hız yönetimine bağlı olarak çalışma alanındaki toplam seyahat süresi

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın ana amacı, daha önceden vurgulandığı gibi Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerin incelemek ve O-1 karayolu üzerinde hız yönetimi uygulayarak Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıkışıklığı iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktır.

Bu amaca yönelik olarak çalışmanın ikinci bölümünde trafik akımının ana parametreleri olan hacim, hız ve yoğunluk kavramları anlatıldıktan sonra, trafik akımının özellikleri detaylı açıklanarak, trafik sıkışıklığının nedenleri üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, trafik simülasyon modelleri konusunda detaylı açıklamalar yapılarak, simülasyon modelleri anlatılmıştır. Bu bölümde ayrıca, çalışmada kullanılan VISSIM mikrosimülasyon programının çalışma prensipleri ile kabülleri de belirtilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, ilk olarak Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerinde trafik sıkışıklığının mikrosimülasyon ile modellenmesi yapılmış, bu model kalibre edildikten sonra, kalibre edilmiş model üzerinde söz konusu kesimlerde hız yönetimi yöntemi uygulanarak, genel olarak çalışma alanındaki yol ağının performansının nasıl değiştiği gözlenmiştir. O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerinde hız yönetimi yöntemi uygulanarak, yol ağındaki performans özelliklerindeki değişimler aşağıda sırasıyla belirtilmiştir.

- Hız yönetimi uygulayarak, yani hızı 30 km/sa'ten 60 km/sa'te kademeli olarak arttırarak O-1 karayolunun üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru

katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerinden geçen taşıt sayısının arttırılması olanaklıdır.

- Hız değeri 60 km/sa ulaştığında, ağ genelinde karayolunun performansı en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.
- Ağ genelinde, mevcut duruma göre hız değeri 60 km/sa'a ulaştığında, taşıt başına gecikmelerde yaklaşık yüzde 60 oranında iyileşme sağlanmıştır.
- Mevcut durumda taşıt başına ortalama hız 23.3 Km/sa iken, 60 Km/sa'lık hız yönetimi uygulandığında yaklaşık yüzde 76 oranında hız artışına neden olarak, 41.2 Km/sa'te ulaşmıştır.
- Mevcut durumla 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulaması karşılaştırıldığında taşıt başına durma sayısında yaklaşık yüzde 59 oranında azalma sağlanmıştır.
- Ağ genelinde mevcut durum ile 60 Km/sa lik hız yönetimi uygulaması karşılaştırıldığında, toplam gecikme süresinde yaklaşık yüzde 57 azalarak, büyük bir iyileşme sağlanmıştır.
- Benzer şekilde, mevcut durum ile 60 Km/sa'lık hız yönetimi uygulaması karşılaştırıldığında, toplam seyahat yaklaşık olarak yüzde 38 oranında iyileşme sağlandığı görülmüştür.

Genel olarak bakıldığında, hız yönetimi uygulaması ile Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerin incelemek ve O-1 karayolu üzerinde trafik sıkışıklığının azaltılabileceği kanaatine varılmıştır.

Bu çalışma sırasında, çalışma alanı üzerindeki anayolda, katılma ve ayrılma kollarında hiç bir geometrik düzenleme yapılmamıştır. Buna ek olarak, katılım kollarında katılım ile ilgili olarak, katılım kontrolü (ramp metering) uygulaması da yapılmamıştır. Bu nedenle, bundan sonraki çalışmalarda yapılması gerekenler aşağıda önerilmiştir

- Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe

kesimlerinde geometrik düzenleme yapılması ile birlikte hız yönetimi uygulaması halinde trafik sıkışıklığının ne kadar azaltılabileceği araştırılmalıdır.

- Boğaziçi Köprüsü üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerinde katılım kontrolü yapılması halinde, Boğaziçi Köprüsündeki trafik sıkışıklığının ne oranda azaltılabileceği araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Roess,R.P., Prassas, E.S., & McShane, W.R. (2004).** Traffic Engineering (3rd ed.). New Jersey:Pearson Prentice Hall.
- [2] **İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Trafik Müdürlüğü (2009)** “RTMS cihazı verileri”
- [3] Gerlough, D., L. And Huber, M., J., (1975), Traffic Flow Theory, A. Monograpy, Special Resort 165, Transportation Research Board, Washington, USA
- [4] **Cassidy, M.J. (1995)** Highway Traffic Operations,The Civil Engineering Handbook,W.F.Chen (Ed.),CRC Pres. Inc. 2320-2342.
- [5] **Cassidy, M.J. (1999)** Traffic Flow and Capacity, Handbook of Transportation Science, R.W. Hall, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-8587-X, USA
- [6] **Son, B. (1996)** A study of G.F. Newell’s Simplifiend Theory of Kinematic Waves in Highway Traffic. Ph.D. Dissertations, University of Toronto.
- [7] **Windover, J.R. (1998)** Empirical Studies of the Dynamic Features of Freeway Traffic, Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley.
- [8] **Halaç, O. (1982)** İşletmelerde Benzetim Tekniği, İstanbul Matbaası, İstanbul.
- [9] **Banks ve Carson (1984)** Discrete-Event System Simulation. Prentice-Hall, New Jersey.
- [10] **Law ve Kelton (1991)** Simulation Modelling and Analysis, McGraw-Hill, Inc., New York.
- [11] **Al-Deek H. (2005)** Application Of A Micro-Simulation Model To Estimate The Effectiveness of Toll Pricing Alternatives On Diversion Of Traffic To Toll Facilities, The Florida Department of Transportation Research Center, University Of Central Florida Account No: 16-20-7026.
- [12] **Hughes J.T. (2002)** AIMSUN2 Simulation Of A Congested Auckland Freeway, 141-161, Transportation Planning, Kluwer Academic Publishers. Printed in Netherlands.
- [13] **VISSIM User Manuel (2000)** PTV System Software and Consulting GmbH, StumpfstraBe 1 D-76131Karlsruhe, Germany.

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Bektaş KOPAL
- Sürekli Adresi** : Hürriyet Mah. Eğitim Sok. No: 51 D: 1 Kağıthane /İstanbul
- Doğum Yeri/Yılı** : İzmit / 1980
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İlk Öğretim** : Gültepe İlkokulu (1986-1991)
İnkilap Orta Okulu (1991-1994)
- Orta Öğretim** : İzmit Süper Lisesi (1995-1999)
- Lisans** : ULudağ Üniversitesi – Mimarlık Mühendislik Fak. – Tekstil
Müh. (1999-2005)
- Yüksek Lisans** : Bahçeşehir Üniversitesi (2008-...)
- Enstitü Adı** : Fen Bilimleri Enstitüsü
- Program Adı** : Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi
- Çalışma Hayatı** : Palye İnş. (2007-...)