



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**TRAFİK SIKIŞIKLIĞI NEDENİYLE OLUŞAN
GECİKMELERİN HIZ YÖNETİMİ İLE MODELLENMESİ**

**İnş.Yük.Müh. Ghassan M. SULEİMAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Niyazi Özgür BEZGİN
Haziran, 2013**

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**TRAFİK SIKIŞIKLIĞI NEDENİYLE OLUŞAN
GECİKMELERİN HIZ YÖNETİMİ İLE MODELLENMESİ**

**İnş.Yük.Müh. Ghassan M. SULEİMAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

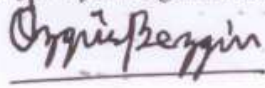
**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Niyazi Özgür BEZGİN
Haziran, 2013**

İSTANBUL

Bu çalışma 03/06/ 2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Danışman
Yrd. Doç. Dr. Niyazi Özgür BEZGİN



ASİL ÜYE
Doç. Dr. Murat ERGÜN



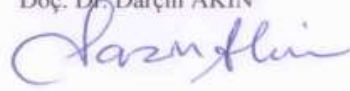
ASİL ÜYE
Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY



ASİL ÜYE
Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN



ASİL ÜYE
Doç. Dr. Darçın AKIN



ÖNSÖZ

Doktora çalışmamın tamamlanmasını sağlayan, çalışma sonuçlarımın değerlendirilmesinde ve tez içeriğimin ortaya çıkarılarak tezimin yazımında bana büyük bir sorumluluk ve özveri ile yardımcı olan ve yol gösteren tez danışmanım ve saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. N. Özgür BEZGİN'e en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın başlangıcından beri maddi, manevi ve bilimsel açıdan pek çok konuda bana daima destek olan ve bana yol gösteren saygıdeğer hocam ve ağabeyim Doç. Dr. Murat ERGÜN'e teşekkürlerimi sunarım. Tezimin her aşamasında bana her zaman destek olan saygıdeğer hocam ve ağabeyim Doç. Dr. Mustafa GÜRSOY'a teşekkürlerimi sunarım. Bölüm Başkanım saygıdeğer Prof. Dr. Feyza Çinicioğlu'na sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Bilimsel ve uygulamalı derin birikimi ve tecrübesi ile çok etkin ve yol gösterici öneriler getirerek düşüncelerimin gelişimine yardımcı olan Ulaştırma Anabilimdalı Başkanım ve saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Doç. Dr. Darçın AKIN'a, çalışmama gösterdiği ilgi ve katkılarından dolayı saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmama kattığı etkin yorumlar ve yaklaşımlar ile bana destek olan sayın Doç. Dr. Cenk ALHAN'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tezimin saha çalışmaları kapsamında bana özveriyle yardım eden arkadaşlarıma ve tezimin başlangıcında yer alan Prof. Dr. Mete SÜMER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca uykusuz kaldığım uzun geceler boyunca benimle birlikte uykusuz kalan, başardığım herşeyi duaları ile gerçekleştirdiğim saygıdeğer ve şefkatli Annemin ellerini öpüyorum, kendisine teşekkürlerimi sunuyorum ve Allah'tan kendisi için sağlıklı ve uzun bir ömür diliyorum. İmkansız diye bir şeyin olmadığını ve sıkıntılı zamanlarda bana sabrı öğreten, saygıdeğer ve sevgili Babam'a Allah'tan uzun bir ömür diliyorum ve teşekkürlerimi sunuyorum. Sevgili kardeşlerime teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatıma sevinci ve mutluluğu getiren, tanıdığım günden beri bana her mücadelede destek veren ve birlikte hayallerimi adım adım gerçekleştirdiğim, tez çalışmalarım boyunca benimle birlikte heyecanımı taşıyan ve uykusuz kalan ve bana çalışmamı gerçekleştirebildiğim bir yuva sunan ve hayatın anlamını birlikte öğrendiğim sevgilim ve canım eşim Merza Hasan'a teşekkür ediyorum.

Çalışmamın ve hayatımdaki herşeyin gerçekleşmesine izin veren Allah'a dua ediyorum ve vatanımdan uzakta bu yeni vatanımızda mutluluklar diliyorum. Türk halkına ve Türkiye'ye geldiğimden bu yana bana destek ve her türlü eğitimi veren insanlara unutulmaz ve sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran, 2013

Ghassan Muhammad SULEİMAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ	V
TABLO LİSTESİ	VIII
SEMBOL LİSTESİ	IX
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. GENEL	1
1.2. TEZİN ÖNEMİ VE AMACI	2
1.3. TEZİN ÇALIŞMA PLANI VE KAPSAMI	3
1.4. TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN GEREÇLER	3
2. İKİNCİ BÖLÜM	4
2.1. TRAFİK GECİKMELERİ HAKKINDA LİTERATÜR ARAŞTIRMASI... 4	
2.2. TRAFİK AKIM PARAMETRELERİ	17
2.2.1. Akım - Yoğunluk İlişkisi.....	17
2.2.2. Hız – Yoğunluk İlişkisi	18
2.2.3. Hız – Akım İlişkisi.....	19
2.3. HIZ YÖNETİMİ	20
2.3.1. Tanım.....	20
2.3.2. Giriş	20
2.3.3. Hızın Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri.....	21

2.3.4. Hızın Kaza Oluşumu Üzerindeki Etkileri.....	23
2.3.5. Hızın Atık Gaz ve Salınım Üzerindeki Etkileri	25
2.4. DEĞİŞKEN MESAJ PANOLARI	26
2.4.1. Tanım.....	26
2.4.2. Giriş	26
2.4.3. DMP Tasarımı , Hususları ve Öncelikleri	30
2.5. TRAFİK SİMÜLASYON MODELLERİ	35
2.5.1. Simülasyon ve Modelleme	35
2.5.2. Trafik Simülasyon Modellerinin Sınıflandırılması	36
2.5.3. Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları	37
2.5.4. Trafik Mikrosimülasyonun Ana İlkeleri	38
2.5.5. VISSIM İle Trafik Simülasyonu	39
3. SAHA ÇALIŞMALARI VE GÜZERGAH ÜZERİNDEN VERİLERİN TOPLANMASI.....	41
3.1. SAHA ÇALIŞMA NOKTALARININ TESPİTİ VE SAHA ÇALIŞMALARI İÇİN GEREKEN MALZEMELERİN TEMİNİ	41
3.2. GÜZERGAH ÜZERİNDE YAPILAN HAZIRLIKLAR.....	43
3.3. GÜZERGAH TRAFİĞİNE DAİR HAM VERİLERİN TOPLANMASI	46
3.4. TRAFİK SAYIMI VE HIZ ÖLÇÜMÜ	47
3.5. SİMÜLASYONUN HAZIRLANMASI VE KALİBRASYONU.....	61
4. GECİKME DEĞERLERİNİN AZALTILMASINA YÖNELİK PARAMETRİK İRDELEME	66
4.1. HIZ YÖNETİMİNİN GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	66
4.2. TOPLU TAŞIMA VE HAFİF NAKLİYE TAŞITLARININ GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ:	71
4.3. KATILIM VE AYRIM ARASINDAKİ MESAFENİN GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ:	75
4.4. ŞERİT GENİŞLİĞİNİN GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNDE ETKİSİ..	78
4.5. GEOMETRİK DÜZELTMELERİN GECİKME ÜZERİNDE ETKİLERİ.	80
4.6. OTOMATİK GEÇİŞ SİSTEMİ (OGS) UYGULAMASINDA GİŞELERİN KALDIRILMASININ GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ:	84

4.7. KATILIM KONTROLÜNÜN GECİKMELER ÜZERİNDE ETKİSİ.....	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	96
5.1. SONUÇLAR	97
5.2. ÖNERİLER	101
6. SONUÇLARIN KULLANIM ALANI	103
7. KAYNAKLAR	106
EKLER	112
5.1. EK1 TRAFİK HACİM DEĞERLERİ	112
5.2. EK2 HIZ ÖLÇME ADIMLARI.....	127
ÖZGEÇMİŞ	129

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Şerit sayısının gecikme üzerindeki etkisi	5
Şekil 2.2	: Gecikme ortalamasının h/k oran göre değişimi	5
Şekil 2.3	: Southbound 5, interstate orange county, California	6
Şekil 2.4	: Cardiner otoyolu, Toronto, Kanada	7
Şekil 2.5	: Deterministik kuyruk diyagramı	8
Şekil 2.6	: Gecikme ile olay süresi arasındaki ilişkisi	9
Şekil 2.7	: Gecikme ile olay süresi ilişkisi.....	10
Şekil 2.8	: Çalışma bölgesi (Crossover yön)'de trafik gecikmeler	11
Şekil 2.9	: Çalışma bölgesi (ters yön)'de trafik gecikmeler	11
Şekil 2.10	: Hız değişikliğinin, CO2 azaltma üzerindeki etkisi.....	13
Şekil 2.11	: Gecikme ortalaması	14
Şekil 2.12	: Çalışma sitesi.....	15
Şekil 2.13	: Gece için hız- akım eğrisi.....	16
Şekil 2.14	: Akım, yoğunluk ve hız arasındaki ilişkiler	17
Şekil 2.15	: Akım – yoğunluk ilişkisi	18
Şekil 2.16	: Hız – yoğunluk ilişkisi	18
Şekil 2.17	: Hız – Hacim ilişkisi.....	19
Şekil 2.18	: Akım, yoğunluk ve hız arasındaki ilişkiler	20
Şekil 2.19	: Yakıt tüketimi – hız ilişkisi	23
Şekil 2.20	: Hız değişim ve çarpışmalardaki yüzdelik değişim arasındaki ilişki ...	24
Şekil 2.21	: Bir taşıtın çarptığı yayanın ölümcül zarar görme olasılığı	25
Şekil 2.22	: Hızın egzoz emisyonu ile ilişkisi.....	26
Şekil 2.23	: İstanbul büyükşehir Belediyesi TKM.....	28
Şekil 2.24	: DMP panosu	30
Şekil 2.25	: Mobil Değişken Mesaj İşareti (DMP)	31
Şekil 2.26	: Kalıcı MS4 Değişken Mesaj İşaretleri	32
Şekil 2.27	: Çift renk grafik DMP	33
Şekil 2.28	: AUS kontrol yazılımı ekran görüntü örneği.....	33
Şekil 2.29	: İstanbul Trafik kontrol merkezi.....	34
Şekil 2.30	: Trafik yoğunluk haritası	34
Şekil 3.1	: Çalışma adımları şematik görünümü.....	43
Şekil 3.2	: Kamera yerleşim noktaları ve yönelimleri	44
Şekil 3.3	: Uzunçayır kavşağında kameranın yeri ve trafik akım yönleri	45
Şekil 3.4	: Çamlıca kavşağında kameranın yeri ve trafik akım yönleri.....	45
Şekil 3.5	: Altunizade kavşağında ilk kamera ile gözlenen trafik akım yönleri	46
Şekil 3.6	: Altunizade kavşağında ikinci kamerayla gözlenen akım yönleri	46
Şekil 3.7	: Beylerbeyi kavşağında kamera ile gözlenen akım yönleri	47
Şekil 3.8	: Çalışma kesiminin uydu fotoğrafı	48
Şekil 3.9	: Çalışma kesiminin şematik boykesit görünümü.....	48
Şekil 3.10	: Uzunçayır şematik görünümü	49

Şekil 3.11	: Çamlıca şematik görünümü.....	50
Şekil 3.12	: Altunizade şematik görünümü.....	50
Şekil 3.13	: Beylerbeyi şematik görünümü.....	51
Şekil 3.14	: Altunizade kavşak eskizi	54
Şekil 3.15	: Ölçülen zamanların JPEG formatında olarak kayıtları.....	54
Şekil 3.16	: Ölçülen MS.Excel formatında olarak kayıtları.....	55
Şekil 3.17	: Hız hesaplanmasında kullanılan terimler	56
Şekil 3.18	: Beylerbeyi kavşağında, 1-3 akıma dair ölçülen hız değişimleri	62
Şekil 3.19	: Beylerbeyi kavşağında, 2-3 akıma dair ölçülen hız değişimleri	62
Şekil 3.20	: Altunize ayrımının VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış hali	63
Şekil 3.21	: Taşıtların geçiş önceliklerinin Beylerbeyi katılımında gösterimi	63
Şekil 3.22	: Trafik sayımlarının, taşıt sürüş güzergahlarına göre girilmesi.....	64
Şekil 3.23	: Trafik sayımının 15 dakikalık dilimine göre simülasyona girilmesi....	64
Şekil 3.24	: Simülasyon ekranının görünümü.....	65
Şekil 3.25	: Dedektör yerleşim işlemi.....	66
Şekil 3.26	: Dedektör yerleştirilen yerler ve numaraları.....	66
Şekil 4.1	: Simülasyon ortamında hız sınırlaması uygulaması	69
Şekil 4.2	: Beylerbeyi kavşağın akımları	69
Şekil 4.3	: Beylerbeyi 1. Kesimde hız yönetimi uygulamasının etkisi.....	70
Şekil 4.4	: Beylerbeyi 5 saat boyunca geçen taşıt sayısı.....	70
Şekil 4.5	: Hız - gecikme ilişkisi.....	71
Şekil 4.6	: Hız-ağır vasıta ilişkisi.....	73
Şekil 4.7	: Gecikmeler-ağır vasıta ilişkisi.....	74
Şekil 4.8	: Gecikmeler-ağır vasıta grafiği ayrılması	75
Şekil 4.9	: Aralık mesafe ile gecikmeler ilişkisi	76
Şekil 4.10	: Aralık mesafe ile gecikmeler grafiğinin bölünmesi	77
Şekil 4.11	: Aralık mesafe ile hız ilişkisi	78
Şekil 4.12	: Aralık mesafe ile geçen taşıt sayısı ilişkisi.....	79
Şekil 4.13	: Şerit genişliği ile gecikmeler ilişkisi	80
Şekil 4.14	: Şerit genişliği ile ortalama hız ilişkisi	81
Şekil 4.15	: Şerit genişliği ile geçen taşıt sayısı ilişkisi	81
Şekil 4.16	: Geometrik düzeltmesi ile gecikmeler çizelgesi.....	83
Şekil 4.17	: Geometrik düzeltmesi ile hız çizelgesi.....	83
Şekil 4.18	: Geometrik düzeltmesi ile geçen taşıt sayısı çizelgesi	84
Şekil 4.19	: Şerit ekleme önerisinin, ağ performansı üzerine etkisi	84
Şekil 4.20	: OGS uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumun simülasyon görüntüsü	85
Şekil 4.21	: O OGS uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumda hız denetimi.....	85
Şekil 4.22	: OGSSiz uygulamasının gişeler ile gerçekleştirilmediği durumun simülasyon görüntüsü	85
Şekil 4.23	: OGSli uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumda 3,6 şerit genişliği ait olan ilk saat durumu	86
Şekil 4.24	: OGSSiz uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumda 3,6 şerit genişliği ait olan ilk saat durumu	86
Şekil 4.25	: Gişe uygulaması ile 2.5m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	87

Şekil 4.26	: Gişe uygulaması ile 2.75m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	88
Şekil 4.27	: Gişe uygulaması ile 3m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	88
Şekil 4.28	: Gişe uygulaması ile 3.25m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	88
Şekil 4.29	: Gişe uygulaması ile 3.5m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	89
Şekil 4.30	: Gişe uygulaması ile 3.6m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	89
Şekil 4.31	: Gişe uygulamasının olmadığı durumda şerit genişliğinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	90
Şekil 4.32	: Gişe uygulamasının olmadığı durumda hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	90
Şekil 4.33	: Gişe uygulamasının olduğu ve gişe uygulamasının kaldırıldığı OGS uygulamaları için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri	91
Şekil 4.34	: Gişe uygulamasının olduğu ve gişe uygulamasının kaldırıldığı OGS uygulamaları için şerit genişlik değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.....	92
Şekil 4.35	: Katılım kontrolü-gecikme ilişkisi.....	94
Şekil 4.36	: Katılım kontrolü - ortalama hız ilişkisi	94
Şekil 4.37	: Katılım kontrolünün, yüzde olarak gecikme ve hız üzerinde etkisi	95
Şekil 5.1	: Uygulanan yöntemlerin hız üzerindeki etkisi.....	100
Şekil 5.2	: Uygulanan yöntemlerinde gecikme değerleri üzerindeki etkisi.....	100
Şekil 5.3	: Uygulanan yöntemlerinde gecikme değerleri üzerinde etkisi.....	101

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	: Çalışma güzergahı boyunca yer alan kavşaklar	49
Tablo 3.2	: 10.02 2011 tarihinde 1'inci kavşağa ait olan ana akımın değerleri..	52
Tablo 3.3	: 10.02 2011 tarihinde 1'inci kavşağa ait olan katılımın değerleri.....	52
Tablo 3.4	: Tepe katılımına ait olan ağır vasıta hız ölçüm aralıkları.....	54
Tablo 3.5	: Tepe katılımına hız ölçümü son tablosu.....	55
Tablo 3.6	: Beylerbeyi kavşağına ait ölçülen hız değerleri.....	59
Tablo 3.7	: Altunizade kavşağına ait ölçülen hız değerleri	60
Tablo 3.8	: Uzunçayır kavşağına ait ölçülen hız değerleri	61
Tablo 4.1	: Ağır vasıta yüzdesinin hız ve gecikmeler üzerine etkisi.....	73
Tablo 4.2	: Katılım ve ayırım arasındaki mesafenin ağ performansı üzerinde etkisi	78
Tablo 4.3	: Şerit genişliğinin, ağ performansı üzerinde etkisi.....	79
Tablo 4.4	: Geometrik düzenlemenin ağ performansı üzerinde etkisi.....	82
Tablo 4.5	: OGS'nin ağ performansı üzerine etkisi.....	86
Tablo 4.6	: Katılım kontrolü sonuçları	88

SEMBOL LİSTESİ

h	: Hacim
c	: Kapasite
vph	: araç/saat
DQD	: Deterministik kuyruk diyagramı
HCM	: Yollar kapasitesi Elkitabı
q	: Akım
k	: Yoğunluk
u	: Hız
DHL	: Değişken hız sınırı
DMP	: Değişken mesaj panoları
AUS	: Akıllı ulaşım sistemleri
TKM	: Trafik kontrol merkezi
K1,2	: Kavşak1,2
pcu	: Otomobil birimi

ÖZET

TRAFİK SIKIŞIKLIĞI NEDENİYLE OLUŞAN GECİKMELERİN HIZ YÖNETİMİ İLE MODELLENMESİ

Günümüzde büyük kentlerin çoğunda gözlemlenen trafik tıkanıklıkları, son yıllarda sahip olunan otomobil sayısının ve araç kullanımının sürekli artması ve buna karşılık yol altyapısının bu artan kullanım talebini karşılayacak ölçüde gelişmemesi sonucu büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Trafik sıkışıklığından kaynaklanan olumsuz etkiler: gecikmelerin artışı, trafik akım hızının azalması ve buna bağlı olarak yakıt tüketiminin artışıdır. İstanbul gibi yüksek bir nüfusun yoğun ve hızla artan şehirleşme koşulları altında yaşadığı kentlerin ulaştırma altyapısı içerisinde varolan ana ulaşım hatlarında trafiğe bağlı sorunlar, ulaştırma altyapısına dahil diğer hatlara oranla daha da belirginleşmektedir. Köprü ve tünel gibi ulaştırma sanat yapılarına, farklı kentsel bölgelerden topladığı türlü trafik türlerini ve yoğunluklarını aktaran ana arterin trafik akışının belirli değerler arasında tutulması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, köprü ve tünel gibi, genelde çift yönlü yoğun trafik taşıyan, kentin iki ayrı kısmında yer alan ana arterleri birbirleri ile birleştiren ve bir kentin ulaştırma altyapısı içerisinde tekil olarak ortaya çıkan ve kentiçi ulaşımında önemli görev üstlenen yapılara ulaşan trafiğin hız yönetimi ile trafik sıkışıklığını azaltmak için temelinde hız kontrolü esaslı bir yöntemin önerilmesidir. Başka bir deyişle bu çalışma içerisinde köprü ve tünel gibi bir sanat yapısına ulaşan ara arterin üzerindeki trafik akışı üzerinde 1. Hız yönetiminin, 2. Katılım kontrolünün, 3. Arter üzerindeki şerit sayısı ve şerit genişliği değerlerinin, 4. Katılım noktaları arasında mesafelerin ve 5. Katılım noktaları arasındaki şerit sayılarının değişiminin arter üzerinde oluşan gecikmeler üzerine etkileri araştırılmıştır. Gereken çalışmaları yapmak üzere toplanan saha verileri rakamsal bir model geliştirmek üzere kullanılmış ve elde edilen model ile önceki paragrafta sıralanan türlü parametrik değerlendirmeler yapılmıştır. Altıncı bölümde ise çalışmanın kullanım sahası ve geliştirilmeye açık yönleri aktararak tez sonuçlandırılmıştır.

Çalışmanın amacına ulaşabilmek için yukarıdaki belirtilen değişkenler ile trafik gecikmeleri arasındaki ilişkileri belirtmek amacıyla toplanan alan verileri kullanarak matematiksel modeller geliştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, optimum hız 65 km / saat olduğunu göstermiştir. Hız yönetimi bu hız değeri ile uygulayarak ortalama hız, mevcut duruma göre % 36 artış, gecikmeler ise % 18 azaltmada olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, bazı geometrik düzenlemeleri (şerit ekleme, katılım bölgelerindeki oluşan çift sıranın bir sıra indirilmesi) önerilmiştir. Analiz bu geometrik düzenlemenin ağırlık performansı üzerinde son derece etkili olduğunu gösterilerek, ortalama hız % 49, gecikmeler ise % 32 azaldığı sonuçlandırılmıştır. Ağır taşıt yüzdesinin Trafik gecikmeleri üzerinde etkisi incelenmiştir. Ağır taşıt yüzdesinin toplam gecikme üzerinde olumlu iken, şerit genişliğinin olumsuz etkisi olduğu varılmıştır. Ayrıca yukarıda belirtilen parametreler ziyade, rampa kontrolü ve Otomatik Geçiş Sistemi (APS) test edilmiştir. Rampa kontrolü için optimum döngü süresi hesaplanmıştır. Son olarak, katılım ve ayırım arasındaki mesafenin oluşan gecikmeler üzerinde etkisi VISSIM ile test edilmiştir. Sonuçlar uygulamada 600 metre, ideal 900 metre olduğunu belirtilmiştir. Altıncı bölümde elde edilen sonuçların uygulamanın olası alanları ve gelecekteki çalışmalar için önerilen geliştirmeleri içerir.

Anahtar Kelime : Trafik sıkışıklığı, Gecikme, Hız Yönetimi, Simülasyon

SUMMARY

MODELLAING DELAYS CAUSED BY TRAFFIC CONGESTION WITH SPEED MANAGEMENT

The growth in urban traffic congestion has become a serious problem in all large metropolitan areas. In recent years the result of the increasing car ownership, the continuous increase of the vehicle use corresponding to the non development of road infrastructure to meet the increasing user demand is considered as a major problem. The adverse effects of traffic congestion are: increased delays, reduced traffic flow speed and the increase of fuel consumption. The problems of main transportation lines related to the traffic which arises as a result of rapid increase in population density and urbanization are more prominent than the infrastructural problems. The traffic flow at the main arterials, which transports various traffic types and densities to the engineering structures such as bridges and tunnels, should be kept and controlled under certain values. The purpose of this study is to prpose a model for reducing traffic congestion on structures such as bridges and tunnels, as a part of a major highway network carrying dense traffic within the city's transport infrastructure, by speed management based on speed control. In other words, the objective of this study is to investigate the effect of speed management, percent of heavy vehicles, the distance between on and off-ramps, number of lanes and lane widths, geometric improvement and ramp metering on delays occurring in traffic leading to such major structures as bridges and tunnels.

To reach the aim of the study, the collected field data were used to develop mathematical models to explain how traffic delay is related to the variables mentioned above. The study shwoed that the optimom speed is 65 km/hours. The aplayying of speed maagement by this speed value would resaulted in 18% decreasing in delays, for average speed was increased by 36% according to the current situation. In addition, some of geometric improvements (like lane addition, decreasing of double queuing at On-Ramps to one before merging) were proposed. The analysis showed that geometric improvements were highly effective on network performance that resulted rising by %32 in average speed and reduction by 49% for delays. The impact of heavy vehicle percent and lane width on traffic delays were also studied. For lane width has negative effect on total delay while the heavy vehicle percent was positive. In addition the parameters that mentioned above, ramp metering and Automatic Pass System (APS) were tested. For ramp metering optimum cycle time were computed. Finally, the distance between on & off-ramps were tested by VISSIM. The results identified that 600 meters in practice, the ideal is the 900 meters. The sixth chapter includes possible areas of the application of the obtained results and the suggested improvements for future studies.

Keywords: Traffic Congestion, Delay, Speed Management, Simulation.

1. GİRİŞ

1.1 GENEL:

Büyük kentlerdeki karayollarında kuyruklanmanın ana kaynağı yol üzerindeki darboğazlar ve trafik akımında katılımlar nedeniyle oluşan hız değişiklikleridir. Artan yolculuk talebini karşılamak için yeni ulaştırma yapıları inşa etmek günümüzde oldukça pahalı olan yöntemlerden biridir. Bu nedenle mevcut ulaştırma altyapısı olanakları kullanılarak, 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 uygulanarak trafik akımının denetiminin sağlanmasından geçmektedir. Metropol şehirlerde trafik tıkanıklığı artışından kaynaklı olumsuz etkiler arasında 1. tıkanıklığın ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri, 2. yolculuk sürelerindeki artışlar, 3. trafik içerisinde yer alan insanlarda trafik nedeniyle oluşabilen rahatsızlıklar ve 5. yakıt tüketiminin artışı yer almaktadır. ABD’de 2005 yılına ait (6) trafik sıkışıklığının 27,6 milyar litre yakıt sarfiyatı yarattığı tahmin edilirken, tıkanma maliyetinin 50 milyar dolardan daha fazla olduğu belirtilmiştir. Trafik tıkanıklığı tarihte sadece kent merkezi için bir sorun oluştururken bugün banliyö alanlarını da kapsayacak bir şekilde etki alanı genişlemiştir. 50 kentsel alanında (Chicago-Naperville-Joliet, Illinois-Indiana-Wisconsin, Dallas-Fort Worth-Arlington, Texas, Detroit-Warren-Livonia, Michigan, Houston-Baytown-Sugar Land, Texas, Los Angeles-Long, Beach-Santa Ana, California, v.s) tıkanıklık yıllık maliyeti 53 milyar \$’ı aşmıştır (7). Yapılan araştırmaya göre büyük ekonomilere sahip kentlerde toplam tıkanıklık maliyetinin yüzde 90’ının yolculuk gecikme maliyeti, diğer yüzde 10’u da yakıt maliyetini oluşturacak şekilde değişebileceği ifade edilmiştir (7).

Kentiçi ann yol olan ekspres yollar ve otoyollarda sabah ve akşam zirve saatlerde uzun taşıt kuyrukları oluşabilmektedir. İstanbul’daki Boğaziçi ve Fatih Sultan Mehmet Köprüleri ile O-1 ve O-2 karayollarındaki kuyruklanmalar önemli örnekler arasında yer

almaktadır. 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 kuyrukları gözlenmekte; kuyruklanmaya neden olan tekrarlı tıkanıklık ve darboğazlar sabah zirve saatlerinde Anadolu yakasından Avrupa yakasına öğleden sonra özellikle akşam zirve saatlerde ise Avrupa yakasından Anadolu yakası yönünde meydana gelmektedir.

Bu tezin kapsamında, özelinde Boğaziçi Köprüsü O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Göztepe, Acıbadem, Altunizade ve Beylerbeyi kesimlerinin incelenmesi ve O-1 karayolu üzerinde hız yönetimi uygulamasına yönelik yapılan bir çalışma ile genelinde, megakentlerde arterler üzerinde yer alan ve kentin farklı bölgelerinde toplanan karma trafiğin aktarıldığı köprü ve tünel gibi yapılara yönlenen trafik hatları üzerinde oluşabilen trafik sıkışıklığını giderebilecek öneriler sunulmuştur. Bu çalışmanın amacı, İstanbul gibi büyük kentlerde, iki arteri birbirine bağlayan köprü ve tünel gibi sanat yapılarına kentin muhtelif bölgelerinden trafik taşıyan diğer arterlerde meydana gelen trafik sıkışıklığını azaltmak için temelinde hız yönetimi yaklaşımını kullanan bir modelin oluşturulmasıdır. Bu modelin oluşturulmasını takiben model üzerinden köprülere yönlendirilen trafiğin ana artere katılım aralıkları, katılım noktaları arasındaki şerit sayıları, katılımların katılım kontrolü uygulaması ile denetlenmelerinin etkileri de incelenmiştir.

1.2 TEZİN ÖNEMİ VE AMACI:

İstanbul'da özellikle iki yakayı birbirine bağlayan köprü geçişlerinde büyük trafik sıkışıklıkları oluşmaktadır. Bu geçişler genellikle şehrin ana arterlerinden biri konumunda olan Boğaziçi Köprüsü bu kesimdeki sıkışıklıklar şehrin tümünü etkileyebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, özel bir çalışma alanı oluşturan Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu üzerindeki trafiğin temel özellikleri ve gün içindeki değişimi belirlenmiş ve Değişken Mesaj Panoları (DMP) yardımıyla Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu üzerinde hız yönetiminin uygulanması ile trafik sıkışıklığının nasıl azaltılabileceği hakkında öneriler getirilmesi hedeflenmiştir. Oluşturulan bir sayısal model aracılığı ile optimum hızın belirlenmesini takiben, 1. Katılım ve ayrım noktaları arasındaki mesafelerin değiştirilmesi, 2. Karayolu geometrik değerlerinin değiştirilmesi,

3. Katılım kontrolü, 4. Şerit genişliğinin değiştirilmesi ve 5. Bu parametrelerinin birarada uygulanmasının, oluşan gecikmeler üzerindeki etkileri tespit edilmiştir.

1.3 TEZİN ÇALIŞMA PLANI VE KAPSAMI:

Çalışmaya dair genel bir tanıtımın ardından çalışmanın ikinci bölümünde detaylı bir literatür çalışması yapılarak, trafiğin ana parametreleri ile günümüzde trafik sıkışıklığı nedeniyle oluşan kuyruklanma problemini çözmeye yardımcı olan kuyruk modelleri ve “katılım kontrolü” modelleri incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde, Boğaziçi köprüsü ve çevre yolları üzerindeki bölge ve katılımların trafik sayımları ve hız ölçümleri yapılmıştır. Yapılan sayım ve ölçümler, mikrosimulasyon modelinin kurulmasına temel teşkil ederek, mevcut durum rakamsal benzeşim (simulasyon) yolu ile canlandırılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde ayrıca bir hız yönetimi yöntemi uygulanarak trafik sıkışıklığının azaltılması için bir yöntem oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda elde edilen tespitler ile ileriye yönelik çalışmalarda nelerin yapılması gerektiği hakkında önerilerde bulunulmuştur.

1.4 TEZ ÇALIŞMASINDA KULLANILAN GEREÇLER:

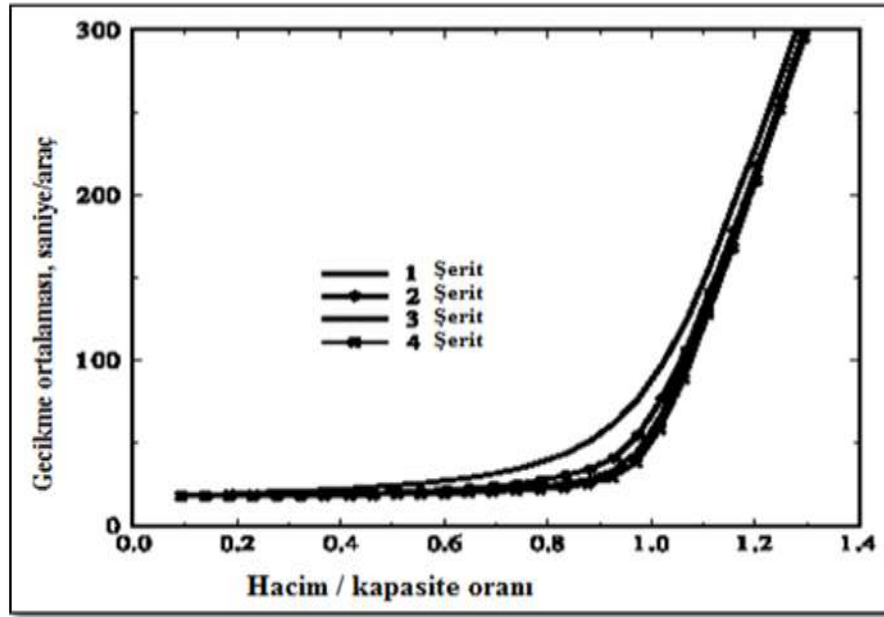
Video kameralar yardımıyla, saha güzergâhı üzerinde seçilen noktalarda (Beylerbeyi, Altunizade, Çamlıca ve Uzunçayır) trafik sayımları ve ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerin değerlendirilmesinin ardından VISSIM mikrosimulasyon programı ile rakamsal tetkik modeli geliştirilmiş ve bu geliştirilen modelin kalibre edilmesinin ardından model ile parametrik çalışmalar yapılmıştır. Veriler ve model kalibrasyon parametreleri üçüncü bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

2. İKİNCİ BÖLÜM

Bu bölümde trafik tıkanıklığı üzerinde mevcut bazı çalışmalar aktarılmıştır. Trafik mühendisliği kapsamında bilimsel araştırmalarda ve uygulamada kullanılan trafik simülasyon yöntemleri, trafik modelleri, modelleme ilkeleri, modellemenin avantajları ve dezavantajları ve son olarak da VISSİM ile simülasyon esasları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu bölümde ayrıca, hızın olumsuz etkileri ve değişken mesaj panoları hakkında bilgi verilmiştir.

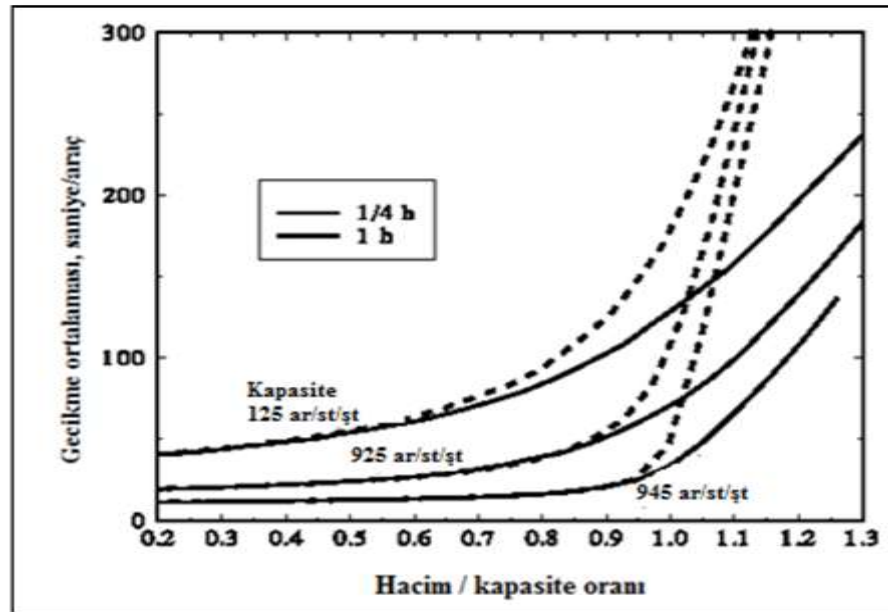
2.1 TRAFİK GECIKMELERİ HAKKINDA LİTERATÜR ARAŞTIRMASI:

Lin, F.B (1) ücretli ana hat plazaları analizi için bir gecikme modeli geliştirmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, bir aracın gecikme değerinin 1. Otoyol şerit kapasitesi, 2. Mevcut şerit sayısı, 3. Plaza geometrik tasarımı, 4. İşletme stratejileri, 5. Taşıt karakteristikleri ve 6. Trafik talep özellikleri gibi parametrelerden etkilendiği gösterilmiştir. Ayrıca, ücretli bir şeridin sabit kapasite halinde, ortalama gecikmenin (h/k) oranı ile arttığı gösterilmiştir. Son olarak, (h/k) oranı yüksek olduğunda, ortalama gecikmenin trafik talep süresi ile etkilenebilirliği ifade edilmiştir. Bu koşullar altında, trafik talebi daha uzun süreler devam ederse, ortalama gecikmenin de artacağı tespit edilmiştir Şekil (2,1) ve (2,2).



Şekil 2,1: Şerit sayısının gecikme üzerindeki etkisi.

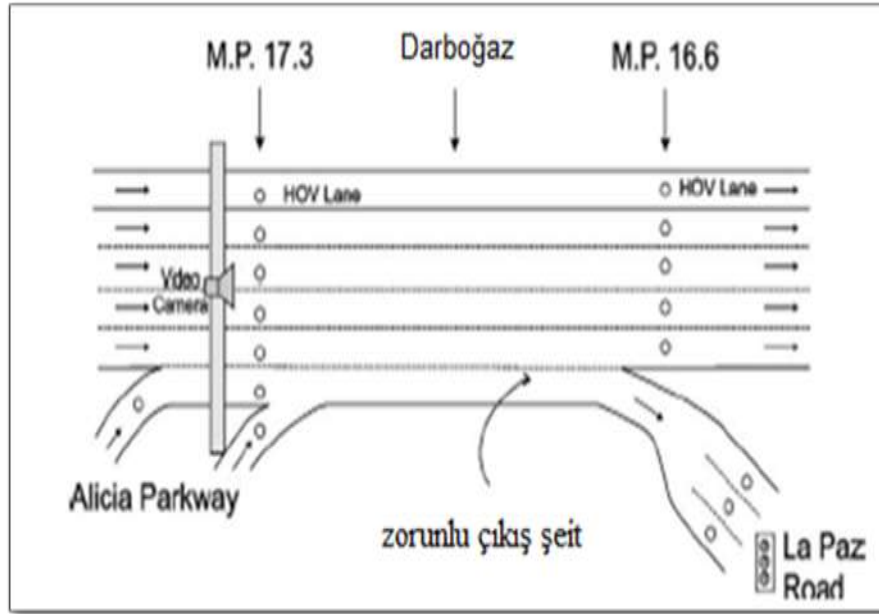
Gecikme ortalaması, Şekil 2,2 de görüldüğü gibi hem (h/k) oranı hem de şerit kapasitesi düşük olduğunda zamana bağımlı hale gelir. Örneğin, saat başına sadece 125 araç (araç/sa) kapasitesine sahip bir otoyol şeridinin kamyonlar tarafından kullanıldığı zaman, gecikme ortalaması yaklaşık olarak 0,6 h/k oranlarında zamana bağımlı hale gelebilir. Aksi takdirde, bir otoyol şeridinin 900'den (araç/sa) fazla kapasitesi varsa, ortalama gecikme (h/k) oranı yaklaşık 0,95'e ulaşıncaya kadar zamana bağımlı halde olmayabilir.



Şekil 2.2: Gecikme ortalamasının h/k oranına göre değişimi.

Bertini ve diğ. (2) ayrılım nedeni ile oluşan bir darboğazın akım yukarı ve akım aşağı yönünde trafik özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, birikimli sayısının eğik eğrileri zamana karşı kullanılmıştır. Aşırı araç birikiminin ve ölçüm yerleri arasında ortaya çıkan aşırı gecikme değerleri incelenerek çeşitli darboğazlar belirlenmiştir. Darboğazın çok yoğun bir ‘katılım’ akım aşağı yönde defalarca kaynaklandığı belirtilmiştir.

Cassidy, MJ Anani, SB ve Haigwood, JM (3) otobanın bir ayrımın (off-ramp) yakınlarında trafik özelliklerini araştırmışlardır. Şekil 2,3’te California’da Orange County bir çalışma sitesi kroki olarak gösterilmektedir. Loop dedektörleri, 30-s aralıkları boyunca araç sayılarını ve işgal değerlerini ölçmüştür.



Şekil 2.3: Southbound 5, interstate orange county, California.

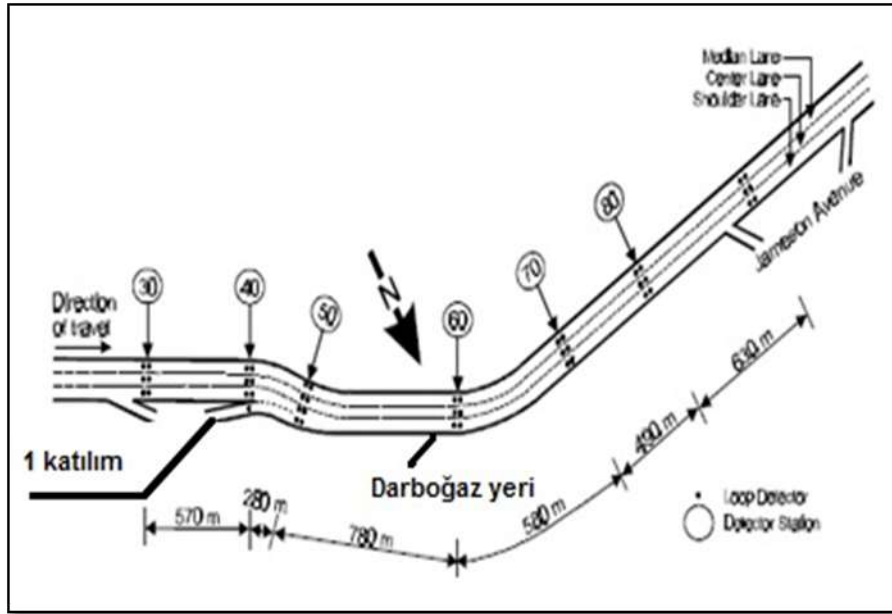
Burada çalışma alanı içerisinde bulunan zorunlu çıkış şeridinin (mandatory exit lane) bir dur-kalk şeridi (stop-and-go queue) tarafından işgal edildiği zaman aktif bir darboğaza dönüştüğü ifade edilmiştir. Çıkış şeridinde kuyruğun başlamasıyla darboğazın ortaya çıktığı, kuyruğun dağılmasıyla da darboğazın çekildiği saptanmıştır. Ayrıca, ayrımın doymuş akım altında kaldığı günlerde darboğazın asla aktif olmadığı gösterilmiştir.

Tıkanıklık bileşenleri Kwon, J ve diğ. (4) tarafından sınıflandırılmıştır. Bu araştırmada tıkanıklık bileşenleri: 1. Olaylardan kaynaklanan gecikme, 2. Özel etkinlikler, 3. Şerit kapanışları, 4. Olumsuz hava koşulları, 5. Rampa geçiş kontrolü yapılırken

darboğazlardan kaynaklı gecikmelerin azalabilmesinden ve 6. Talep artışı nedeniyle oluşan gecikme dâhil olmak üzere altı bileşene ayrılmıştır. Analiz yöntemi iki aşamadan oluşmuştur. İlk olarak, tekrarlı olmayan tıkanıklık bileşenleri istatistiksel regresyon ile tahmin edilmiştir. İkincisi, darboğazları bulunan bu yöntem ile ideal rampa kontrolü ile sağlanabilen gecikme potansiyel azalması da tahmin edilebilmiştir. Bu yöntemin sonuçlarına göre, olaylar, özel etkinlikler, yağmur, ideal bir rampa kontrolü tarafından potansiyel azalma ve aşırı talep için sırasıyla %13,3, % 4,5, % 1,6% 33,2 ve % 47,4 toplam günlük gecikmelerin oluştuğu ifade edilmiştir.

Rampa kontrolü'nün otoyol darboğazları kapasitesine üzerinde etkisi Zhang ve diğ. (5) tarafından incelenmiştir. Katılım düzenlenmesi ve katılım manevralarının birbirinden uzaklaştırılması bu darboğazların kapasitelerinin artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca otoyol darboğazları katılım kontrolü olmadan daha fazla trafik taşıyabilmektedir. Böylece katılım kontrolü yerel yollarda daha fazla tıkanıklık yaratabilmektedir.

Cassidy, M.J ve Bertini R.L (8) Toronto'da, iki otoyol üzerindeki darboğazlarda trafiği incelemiştir. Gardiner otoyolu şekil 3'te gösterilmiştir. Çalışma sonucuna göre darboğazın, yoğun bir katılımın gerçekleştiği noktadan akım aşağı yönünde bir kilometre daha uzun bir mesafe boyunca yer aldığı ifade edilmiştir.

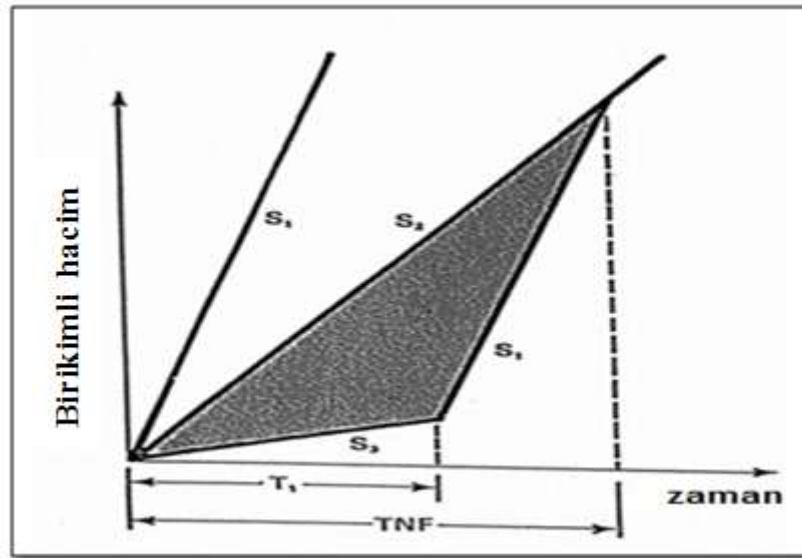


Şekil 2.4: Gardiner otoyolu krokisi, Toronto, Kanada.

Hız sınırlarının, seyahat süresi, trafik güvenliği ve emisyon üzerindeki etkisi Archer, J. ve diğ. (9) tarafından incelenmiştir. Araştırmada, hız sınırlamasının, ortalama seyahat

hızı üzerinde azalma meydana getirerek kaza sayısı ve şiddeti üzerinde olumlu etkisinin olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, elde edilen diğer olumlu sonuçlar: 1. Yakıt tüketimi, 2. Taşıt işletme maliyetleri, 3. Araç emisyonları ve 4. Taşıt kaynaklı gürültülerde önemli azalmalardır. Öte yandan ortalama hızlar, 1. Karayolu tasarımı, 2. Kavşaklarda trafik düzenleme biçimleri, 3. Sürücü tutum ve tercihleri, 4. Tıkanıklık düzeyleri, 5. Hava durumu gibi etkenler tarafından etkilenmektedir.

Şekil 2,5'te gösterilen deterministik kuyruk diyagramı (DQD) bir olaydan kaynaklanan gecikmeyi tahmin etmek için Todd Olmstead (10) tarafından türetilmiştir. Çalışma, toplam gecikmenin; 1. Olay süresi varyansı'nın; 2. Olay türü şiddeti'nin ve 3. Olay sayısı'nın bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Şekil 2,5'de talep hacmi (S_2), otoyol kapasitesi (S_1) ve darboğaz kapasitesi (S_3) için gecikme ve olay süresi (T_1) arasındaki genel ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2,5: Deterministik kuyruk diyagramı.

S_1 : Otoyol, kapasitesi araç/saat,

S_2 : Talep akım oranı araç/saat,

S_3 : Darboğaz akım oranı araç/saat,

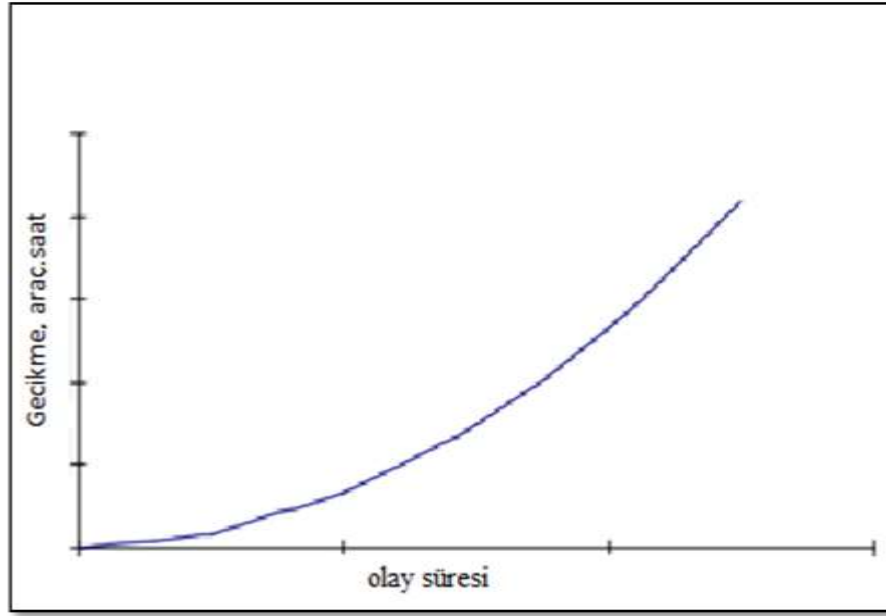
T_1 : Olay süresi, saat

TNF: Normal akım yeniden başlamak için toplam geçmiş (harcanmış) zaman, saat.

Deterministik kuyruk diyagramını oluşturmak için gereken veriler: 1. Talep hacmi (S2), 2. Otoban kapasitesi (S1), 3. Olay sırasında kalan kapasitesi (S3) ve 4. Olay süresidir (T1) . Toplam gecikme, varış ve dönüş eğrileri arasında kalan taralı alanın takip eden satırda yer alan denklem ile tespiti sonucu bulunmaktadır:

$$\text{Gecikme} = T_1(S1-S3)(S2-S3)/2(S1-S2) \dots\dots\dots (1)$$

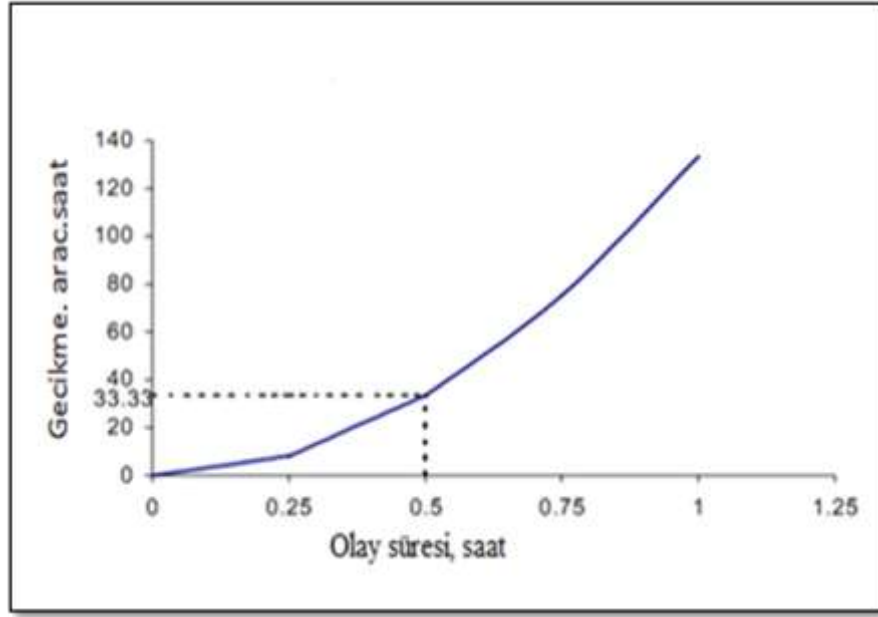
Şekil 2,6’ da gecikmenin, olay süresi ile doğrusal olmayan bir artış ilişkisi içerisinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.6: Gecikme ile olay süresi arasındaki ilişki.

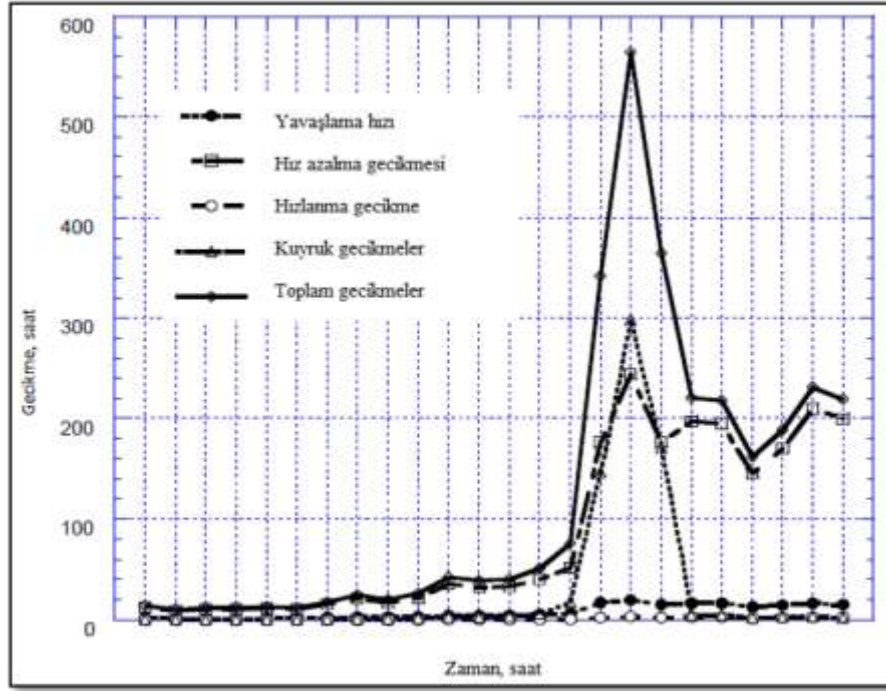
Örnek olarak, 30 dakika süren bir olay, talep hacmi saatte 7.400 araç/saat, otoyol kapasitesi 8000 araç/saat ve darboğaz kapasitesi 7200 araç/saat (yani olay, otoyol kapasitesinde % 10'luk bir azalmaya yol açar) olan bir otoyolu, bu olayın gecikme sonucu şekil 2,7’den doğrudan okunabilmektedir.

$$\text{Gecikme} = 33 \frac{1}{3} \text{ araç saat} = 1,8 \text{ dakika/araç}$$

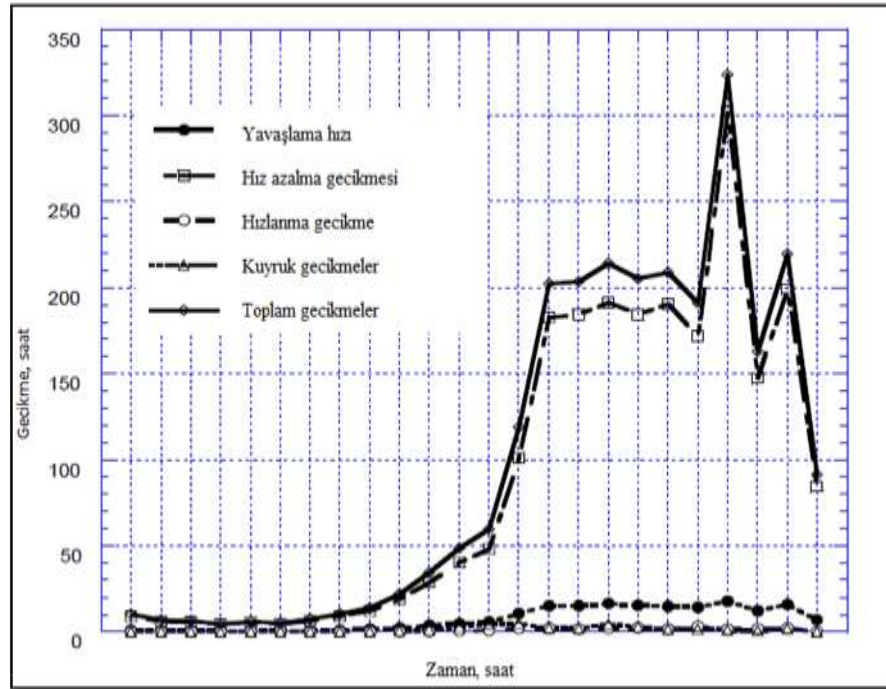


Şekil 2,7: Gecikme ile olay süresi ilişkisi.

Yi Jiang, (11) otoyol çalışma bölgelerinde trafik gecikmeleri ve araçların oluşturdukları kuyrukları tahmin etmek için bir çalışma yapmıştır. Zaman ile trafik gecikme oluşumunun değişimini göstermek için 24 saat boyunca tespit edilen trafik gecikmeleri Şekil 2,8 ve 2,9 yer alan tablolarda belirtilmiştir. Şekil 2.8 Crossover yönünde trafik gecikmeleri, hız düşürülmesi ve araç kuyrukları toplam gecikmenin üç ana kaynağı olarak ifade edilmiştir. Şekil 2.9'da gösterilen ters yönde hız düşürülmesi nedeniyle oluşan gecikme'nin, diğer gecikmelerden önemli ölçüde daha büyük olduğunu saptanmıştır. Trafik akımının yüksek ve trafik hızının düşük olduğu saatlerde hız düşürülmesi nedeniyle oluşan gecikmelerin arttığı vurgulanmıştır.



Şekil 2,8: I-70 çalışma bölgesi trafik gecikmeler.



Şekil 2.9: I-70 çalışma bölgesi (ters yön)'de trafik gecikmeler.

Katılım kontrolünün ortalama hız üzerinde etkisi Sanhita, L.ve diğ. (12) tarafından benzetim kullanılarak açıklanmıştır. Katılım alanında, farklı katılım ve ana hat hacimleri altında, hızı tahmin etmek için çeşitli benzetim modelleri geliştirilmiştir. Simulasyon

sonuçlarına göre birleşme alandaki ortalama hızların katılım kontrolü yapılırken artmış olduğu gösterilmiştir. Katılım kontrolüne bağlı olarak hız artış değerleri, hız kontrollü ve hız kontrolsüz koşullar altında bulunan hız değerlerinin farkının bulunması ile hesaplanmıştır.

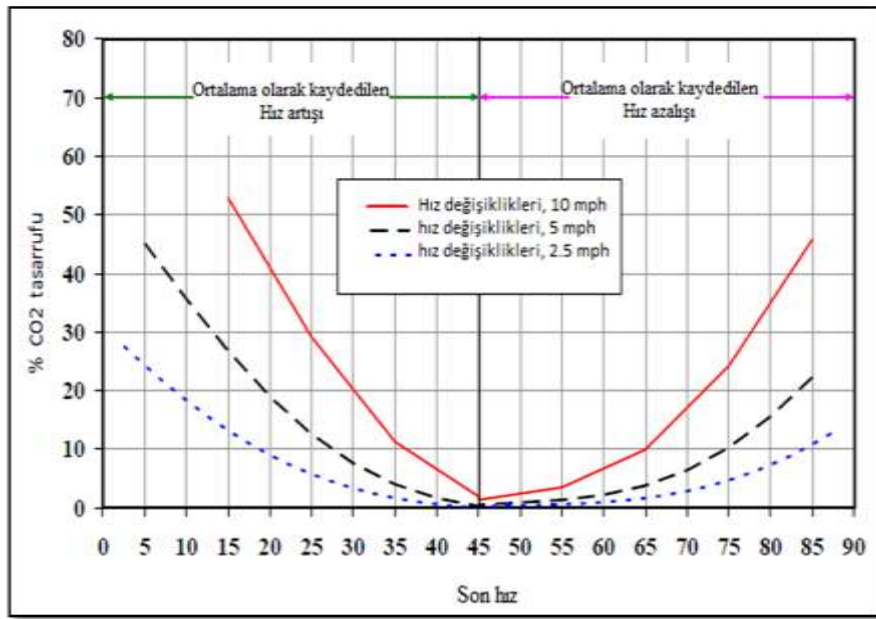
Olaylardan kaynaklanan trafik gecikmesi Teng, H. ve diğ. (13) tarafından incelenmiştir. Olay sıklığı, süresi ve bir olay tarafından engellenen şerit sayısı, olaylardan kaynaklanan trafik gecikmesini hesaplamadan önce bilinmesi gereken değişkenlerdir. Bu çalışmanın amacı, toplanan verilere dayanarak bu üç değişkenin oluşumunu etkileyen faktörleri belirlemektir. Elde edilen sonuçlara göre olay süresi, hem araçların türleri hem de olaydan dolayı şerit sayısının azalmasından etkilenmiştir.

Değişken mesaj işaretlerinin, saatlik ortalama hızları ile hız sapmaları arasındaki ilişki üzerine etkileri (DMP) Ulfarsson GF ve diğ. (14) tarafından incelenmiştir. Washington' bulunan çalışma bölgesi, Interstate 90 (I-90) karayolunun, sekiz kilometrelik bölümünden oluşmaktadır. I-90' ın ilgili bölümü, yılda 75 araç kazasının bildirildiği olumsuz hava koşulları altında bir otoyoldur. Değişken mesaj işaretleri, etkin hız ve trafik akım yönetimi sağlayarak kaza potansiyelini azaltmak için monte edilmişlerdir.

Katılım kontrolünün, otoyollarda performans üzerindeki etkisi John H.ve diğ. (15) tarafından araştırılmıştır. Sonuçlara göre, sistemdeki Toplam Seyahat Süresinin (TSS) rampa kontrolü ile % 6 dan dan %16'ya artan bir değerde azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca, rampa kontrolü ile ortalama otoyol hızı %13' den %26' ya yükselmiştir. Kontrol olmaksızın toplam duruş sayısının on kat arttığı, bununla birlikte katılım kolu kontrolü ile duruş sayısının nispeten düşük çıktığı görülmüştür. Ana hattaki kontrol ile araç başına ortalama duruş sayısı TH-169 ve I-94 üzerinde 0.14 ile 0.38 arasında değişmektedir. Ancak kontrolün olmadığı durumda ortalama duruş sayısının 0.22 ile 5.45 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Trafik yoğunluğunun, CO₂ emisyonları üzerindeki etkisi Barth, M. ve diğ. (16) tarafından incelenmiştir. Çalışmaya göre, CO₂ emisyonlarının özellikle trafik sıkışıklığının azaltılması yoluyla, %20' ye kadar azaltılabileceği gösterilmiştir. Diğer bir deyişle, CO₂ emisyonunun, hız yönetimi teknikleri ile aşırı yüksek serbest-akım hızının daha ılımlı değerlere getirilerek azaltılabilirliği ifade edilmiştir. Genellikle, metropol alanı içinde ve etrafında kalabalık otoyolların, gecikmelere, sexra gazı salımlarının

artışına, ortalama seyahat hızının ve güvenliğinin azalmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır. Sürekli artış gösteren trafik sıkışıklığı sorunu çeşitli kontrol stratejilerinin uygulanmasını gerektirmiştir. Bu uygulama temel olarak, otoyola giren araçların sayısını kontrol ederek ve otoyol boyunca belirlenen bir bölümün hız sınırını değiştirmek suretiyle gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.11’ de görüldüğü gibi ortalama trafik hızında 4.03 km/sa lik küçük bir değişikliğin bile CO₂ emisyonlarında büyük bir değişikliğe neden olabileceği gösterilmektedir. CO₂ salınımı hız değişim miktarı ile birlikte değişmektedir.



Şekil 2.10: Hız değişikliğinin, CO₂ azalma değerleri üzerindeki etkisi.

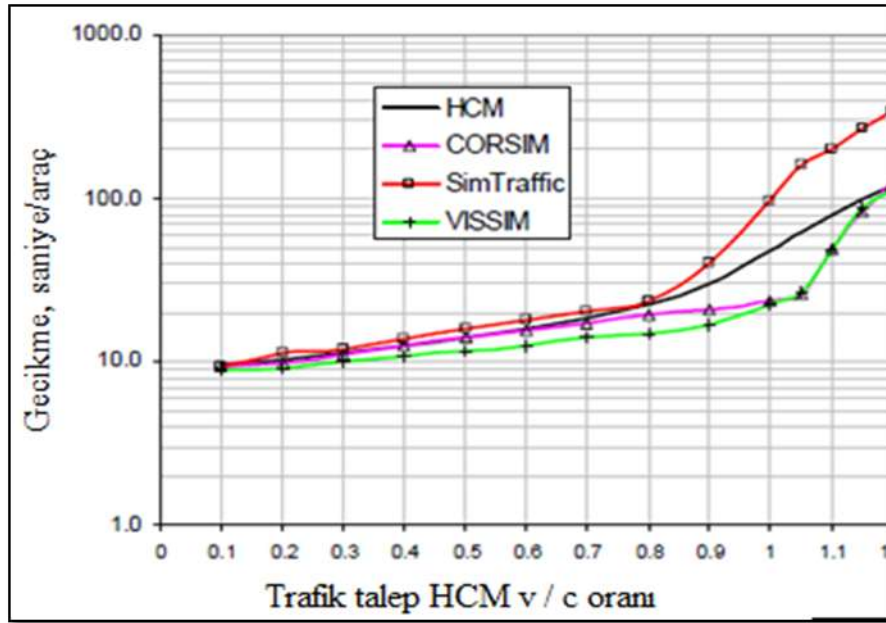
Barth, M. ve Boriboonsomsin, K (16) giriş-çıkış eğriler yardımıyla kuyruğun oluşma ve gelişme evrimini incelenmiştir. Böylelikle kuyruktaki taşıt sayısının ve kuyruğun fiziksel uzunluğunun zaman ile değişimi elde edilebilmektedir.

Otoyolunun yakınında bulunan bir darboğazın akım aşağı ve akım yukarı yönündeki trafiğin oluşuman etkisini Erera, A.L ve diğ (17) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada, darboğazın belirli günlerde, akım aşağı yönünden uzayan bir kuyruğun aktifleştiği gösterilmiştir. Bu gibi durumlarda, darboğaz hemen hemen aynı yerde ve katılımın yaklaşık 1 km aşağısında meydana gelmiştir.

Cassidy, M.J. and Rudjanakanoknad, J., (18) katılım kontrolünün otoyol trafik akımı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Otoyolda yüksek değerlerde bir trafik akımının

bulunduğu günlerde, katılım akımının artmasının bir darboğaz oluşturduğu gösterilmektedir. Verilerin detaylı incelenmesi sonucunda, sürücü davranışları ve kuyruklanma arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur.

CORSIM, SimTraffic ve VISSIM gibi araştırmada ve uygulamada sıkça kullanılan trafik mikro-simülasyon programları ile oluşturulan modeller Tian Z,Z. Urbanik, ve diğ. (19) tarafından incelenmiştir. Çalışma kapsamında kurgulanan her simülasyon modelinde en yüksek gecikme değerlerinin trafik talebinin trafik kapasitesine yaklaştığı anlarda oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada, gecikme değerlerinin, link uzunluğu ve simülasyon modellerinde seçilen hız ile etkilendiğini bulunmuştur. Şekil 2.11’ de, tanımlanan üç modelden ve HCM’ den elde edilen ortalama gecikme değerleri gösterilmektedir. Kapasite altındaki durumlar için, CORSIM’den gelen gecikme değerlerinin, HCM sonuçlarının yakınında olduğu belirtilmiştir. SimTraffic simülasyonu bir miktar daha yüksek gecikme değerleri ile sonuçlanmıştır. Nihayet VISSIM simülasyonun’dan tespit edilen gecikme değerlerinin, HCM’ den gelen gecikme değerlerinden bir miktar daha düşük olduğu gösterilmektedir.



Şekil 2.11: Gecikme ortalaması.

Hız yönetiminin, hız değişiklikleri üzerindeki etkisi Mountain LJ (20) tarafından vurgulanmıştır. Bu projeler, 79 adet hız uygulama kamerası (17 seyyar, 62 sabit

Rotterdam’da 2003’te yapılan çalışmanın Wesseling ve diğ. (23) sonuçlarından, trafik dinamiklerinin azaltılmasının özellikle etkin bir trafik egzoz emisyon azaltılımı için önemli olduğu görülmüştür. Bunun gerçekleştirebilmesi için kamera ile hız kontrolü gözetimi yapılarak 80 km/saat’ lik hız kontrolü gerekliliği ifade edilmiştir.

Hız ve akım arasındaki ilişki Yue L (24) tarafından araştırılmıştır. Hız-akım ilişkisi hem gece hem de gündüz için türetilmiştir. Gece için hız- akım ilişkisi aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir:

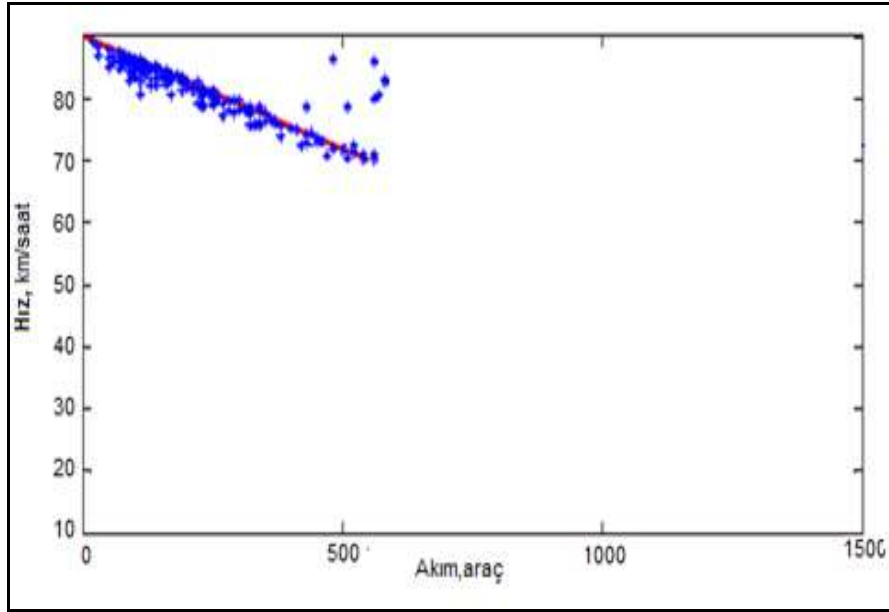
$$V = V_{fn} - [(V_{fn} - V_{fd}) / (Q_{fn} - Q_{fd})] * Q \dots\dots\dots(2)$$

V_{fn} : gece serbest-akım hızı;

V_{fd} : gündüz serbest-akım hızı;

Q_{fn} : gece serbest-akım hacmi;

Q_{fd} : gündüz serbest-akım hacmi.



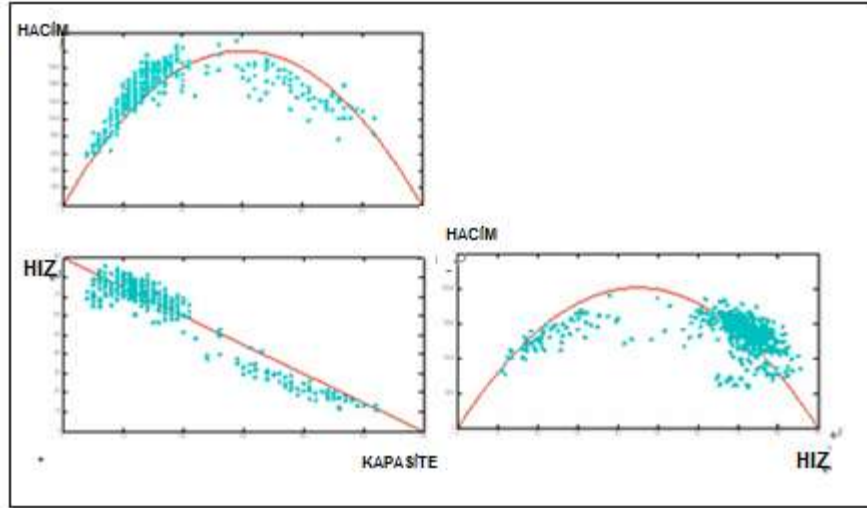
Şekil 2.13: Gece için hız- akım eğrisi.

Şekil 2.14’de ifade edilen gündüz gerçekleşen hız-akım eşitliği ise (q, v) denklem 3’deki gibi ifade edilmiştir:

$$q = K_j (V - V_f^2 / V_f) \dots\dots\dots(3)$$

$$= 87(V - V^2 / 90)$$

K_j : kritik yoğunluğu; V_f : serbest -akım hızı; V_m : En iyi hız; K_m : En iyi yoğunluk



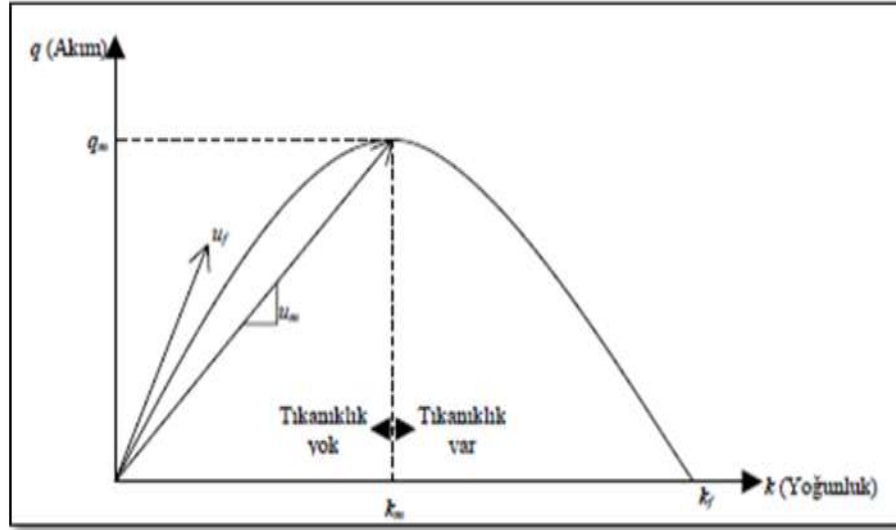
Şekil 2.14: Akım, yoğunluk ve hız arasındaki ilişkiler.

2.2 TRAFİK AKIM PARAMETRELERİ:

Trafik akımını karakterize eden hız (U), yoğunluk (K) ve akım oranı (Q) olarak ifade edilmiştir. Akım oranı, yoğunluk ve hız değerleri bir bütün olarak ele alınır ve belirli zaman aralıklarında araç sayımları, hız ölçümleri ve yoğunluk ölçümleri yapılarak trafik akımı karakterize edilmeye çalışılmaktadır. Bu üç asal eleman arasında ilişkileri bu bölümde açıklanmıştır.

2.2.1 Akım – Yoğunluk İlişkisi

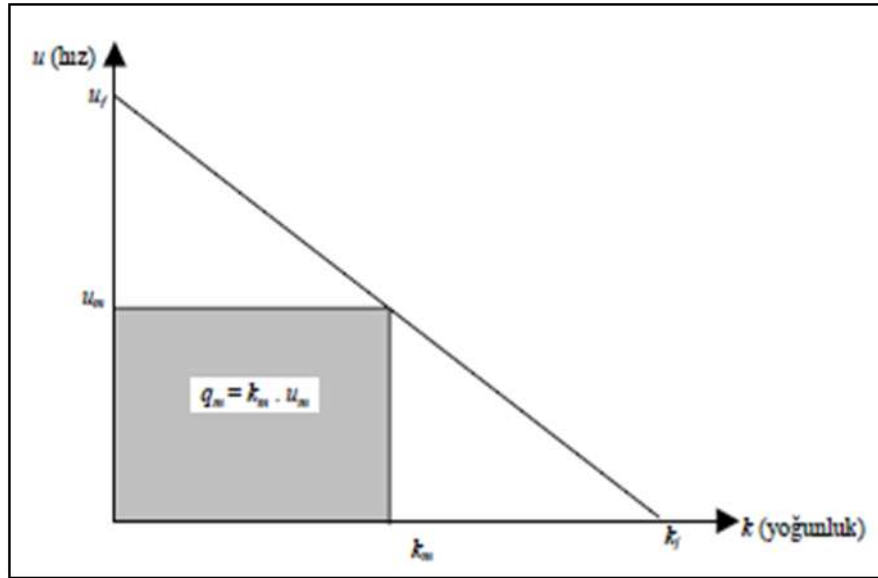
Akım – yoğunluk ilişkisi Şekil 2.15’de görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi, yolun kapasitesine (q_m -yolun en büyük kapasitesi) erişinceye kadar akım arttıkça yoğunluk da artmaktadır. Bu noktadan sonra yoğunluk artmaya devam ederken hacim düşüşe geçer. Bu durum, taşıtlar tampon tampona gelinceye 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 başlangıç noktasına birleştirilen doğrunun eğimi, q/k oranından akım hızını verir (örneğin, U_m). Başlangıç noktasındaki teğetin eğimi (U_f) de “serbest hızı” verir.



Şekil 2.15: Akım – yoğunluk ilişkisi.

2.2.2 Hız – Yoğunluk İlişkisi

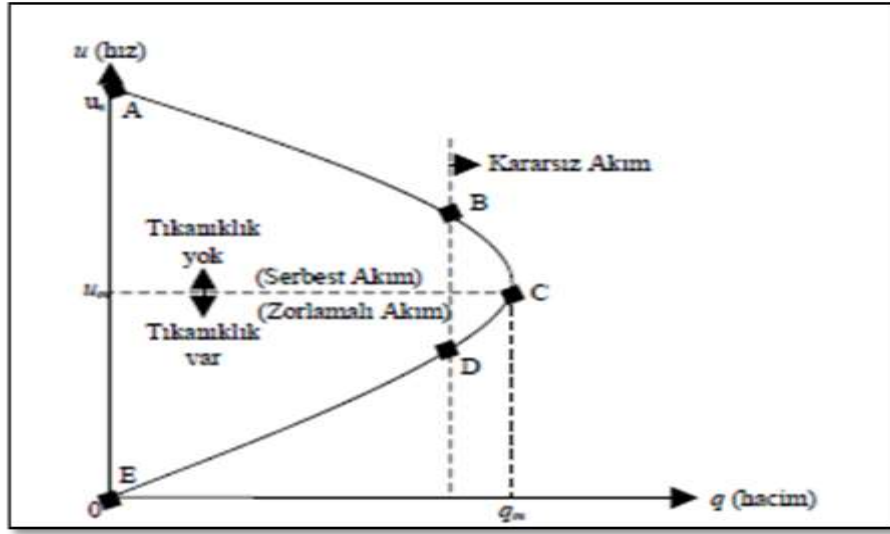
Hız - yoğunluk ilişkisi Şekil 2.16’da gösterilmiştir. Hız ve yoğunluk arasında ters ve neredeyse doğrusal bir ilişki vardır. Yoğunluk arttıkça hız azalır. Burada U_f serbest hızı göstermektedir. Bu grafik içersindeki bir köşesi orijin bir köşesi de doğru üzerinde olan bir dikdörtgenin alanı akımı ya da hacmi verir.



Şekil 2.16: Hız – yoğunluk ilişkisi.

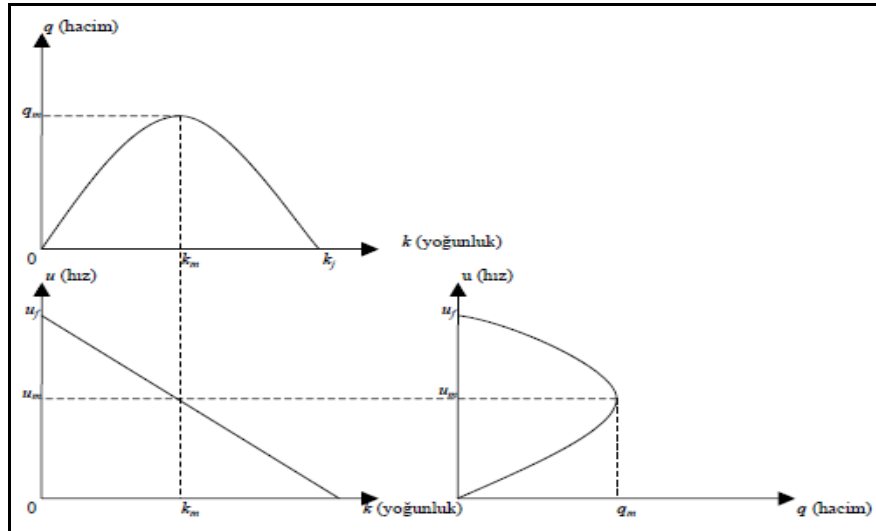
2.2.3 Hız – Akım İlişkisi

Hız - akım ilişkisi Şekil 2.17’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 almakta; akımın, AB bölgesinde “serbest” ve DE bölgesinde “zorlamalı” olarak aktığı bilinmektedir.



Şekil 2.17: Hız – Hacim ilişkisi.

Bu üç grafiğin birbirleriyle ilişkileri Şekil 2.18’deki gösterilmektedir.



Şekil 2.18: Akım, yoğunluk ve hız arasındaki ilişkiler.

2.3 HIZ YÖNETİMİ

2.3.1 Tanım:

Hız yönetimi genel anlamda belirli bir yol kesimindeki trafiğin düzenli akışının sağlanarak, söz konusu kesimden daha fazla trafik hacminin geçişinin sağlanması demektir. Başka bir deyişle, bir aracın hızının yüksek olup olmadığına karar verirken, hem yasal hız sınırı hem de aracın içinde bulunduğu ortamın göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

2.3.2 Giriş:

Kent içi karayolu trafiğinin kontrol amacı, gecikmelerin azaltılması, ortalama hızın artırılması ve yakıt tüketiminin azaltılmasıdır. Bunun yanı sıra yaya ve taşıt emniyetinin tesis edilmesi ve trafik kazalarının önlenmesidir. Yeni teknolojiler içeren trafik kontrolü yeni çözüm önerileri getirilebilir. Bu teknolojiler arasında, değişken mesaj panoları ile trafik yönetimi ve katılım kontrolü örnek gösterilebilir. Hız yönetimi, karayolundaki çarpışmaların sayısını ve bunlardan kaynaklanabilecek ağır yaralanma ve ölümleri azaltmayı amaçlamaktadır. Hız yönetiminde, denetim, mühendislik ve eğitimi kapsayacak bir dizi önlem alınması gerekmektedir. Hız yönetiminin faydaları ele alınmakta ve hızdaki çok küçük düşüşlerin bile yol güvenliği üzerinde etkili olduğu gösterilebilmektedir. Değişken Hız Sınırı (DHS), otoyol boyunca taşıma köprüsü (gantries) üzerine yerleştirilen ve trafik kontrol merkezine bağlı değişken mesaj işaretleri sistemlerinden oluşmaktadır. Genel DHL kontrolü, trafik akışının eş dağılımlı güvenliğini artırmak ve sürücü stresini azaltmak için uygulanmaktadır. Birçok DHL kontrol stratejileri ABD, İngiltere, Hollanda, Almanya, Avustralya, Avusturya, Japonya ve Türkiye’ de hizmete alınmıştır (27). Güvenlik ve trafik akışı üzerine DHL etkisini araştıran birçok yeni çalışma vardır (28, 29).

Yollarda aşırı veya uygunsuz hızlardan kaynaklanan trafik kazaları, gürültü, egzoz emisyonları ve yakıt tüketiminin artışı dâhil, esas olarak en güçlü olumsuzluğu yaratan etkindir. Bu bölümde hızın, kaza oluşumu, yakıt tüketimi ve yakıt bazlı gaz salımı değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2.3.3 Hızın Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri:

Trafik tıkanıklığı büyük şehirlerde ve büyük otoyollarda karşılaşılan ve zaman kaybı, belirsizlik ve yolcu ve yük taşımacılığında kötüleşme gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkaran yaygın bir durumdur. Avrupa UNITE projesi Birleşik Krallık için trafik tıkanıklığının yıllık maliyetini 15 milyar pound veya GSYH'nin %1,5'i olarak tahmin etmiştir. Almanya ve Fransa açısından yıllık maliyet %0,9 ve %1,3 şeklinde tahmin edilmiştir. Texas Ulaştırma Enstitüsü (Texas Transportation Institute) Amerika için yaptığı araştırmada 2007 yılı için trafik tıkanıklığının 4,2 milyar saat trafik erteleme 10,6 milyar litre ilave benzin kullanımı ve 87 milyar dolar maliyet ortaya çıkardığını tahmin etmiştir. Bu miktar GSYH'nin %0,6'sına tekabül etmektedir (30).

Bütün dünyada ulaşım sisteminde ortaya çıkan trafik tıkanıklığı mali harcamaların artması, hava kirliliği, yakıt tüketiminin artması, sağlık sorunları gibi çeşitli ekonomik ve sosyal sorunlara neden olan çok önemli bir olgudur (31). Trafik tıkanıklığı sonucunda yolculara da çeşitli maliyetler yüklenmektedir. Söz konusu maliyetlere örnek olarak seyir hızının azalması, seyahat sayısının artması, seyahat güvenliğinin azalması, yakıt tüketiminin artması, taşıt eskimesinin (aşınmasının) hızlanmasıdır. Başka bir deyişle bir karayolu tıkanığı zaman taşıt işletme maliyeti atmaktadır. Taşıt işletme maliyeti esas olarak üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; 1. İlave yakıt tüketimi maliyeti, 2. Lastik aşınma maliyeti ve 3. Taşıt bakım maliyetidir.

Trafiğin daha yoğun olduğu büyük şehirlerde bu sıkıntı daha bariz şekilde kendini göstermektedir. Verimli bölgenin dışında kalan işletme koşulları yakıt tüketiminin artmasına ve emisyon değerlerinin kötüleşmesine neden olur. Türkiye şehir içi ortalama ulaşım hızının 30 km/saat olduğu kabul edilmiştir (32) ve bu değer otomobiller için öngörülen verimli çalışma limitlerinin çok altındadır. Yeni ve doğru şehir planlamaları ile bu ortalamanın 5 km/saat yukarı çekilmesi durumunda meydana gelecek değişimler incelenmiştir. Yapılan simülasyonda şehir içi ortalama ulaşım hızının 5 km/saat hızlandırılması sonucunda şehir içi ulaşımında yakıt tüketimi %8, CO₂ emisyonları %6, PM %12, CH₄ emisyonları %4, NMVOC %3 ve CO salınımı %5 azalmıştır.

Türkiye'de kullanılmakta olan taşıtlara dair genel hız - yakıt tüketimi ilişkisi Şekil 2.19' da verilmiştir. Servis yeteneği düşük bir karayolunda seyahat eden taşıt hızını düşürmek zorunda kalmaktadır. Bu nedenle hız ile yakıt tüketimi arasındaki ilişki tanımlanmalıdır.

Şekilden de görüldüğü gibi hız değeri ortalama 60 km/saat' den aşağıya düştüğünde ve yukarı çıktığında yakıt tüketimi artmaktadır. Bu şekilde kullanılarak daha düşük ve daha yüksek hızlar için tahmin yapılabilir.



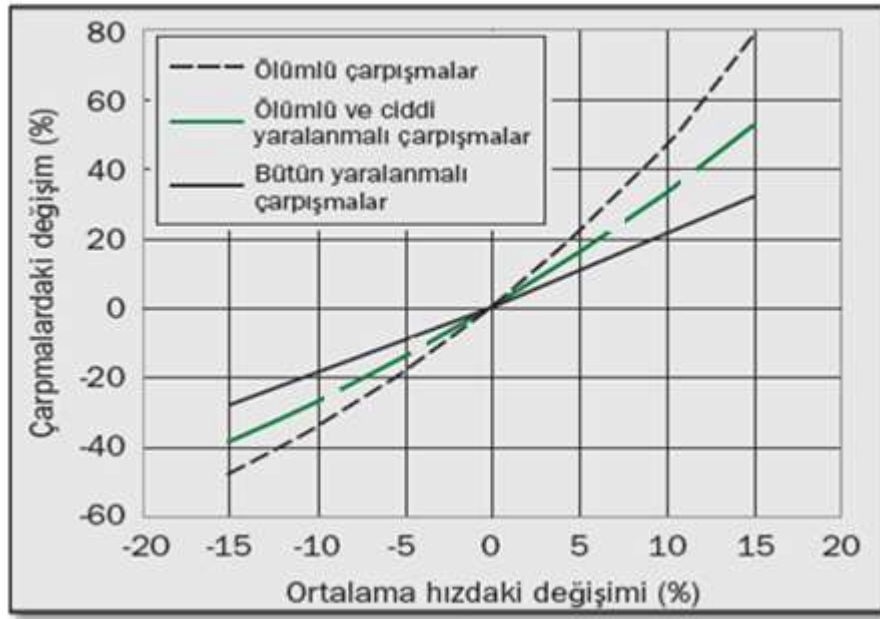
Şekil 2.19: Yakıt tüketimi – hız ilişkisi.

Sonuç olarak, trafik yönetimin ve kontrolünün ana amacı gecikmenin azaltılması, sürücü ve yaya güvenliğinin sağlanması, insan hayatı ve maddi kaynakların korunması, sosyal ve ekonomik kayıpların önlenmesi, çevre kirliliğinin ve çevredeki bozulmaların azaltılması ve gürültünün önlenmesidir. Ayrıca, yakıt tüketiminin olabilecek en düşük seviyeye indirilmesi, trafik sıkışıklığı nedeni ile oluşan gecikmelerin en aza indirilmesi ve ulaşımın ortalama hızının makul seviyede tutulması da istenmektedir. Bunların gerçekleşmesi ise uygun bir şekilde yerleştirilmiş ve etkin bir şekilde işletilen bir trafik kontrolüne bağlıdır. Bu çalışmanın amacı, hız yönetimi ve diğer trafik kontrol kavramları ile trafik sıkışıklığını azaltmak için bir yöntemin önerilerek, trafik hacim oranını arttırmak, ortalama hızı yükseltmek ve gecikmeyi azaltmaktır.

2.3.4 Hızın Kaza Oluşumu Üzerindeki Etkileri:

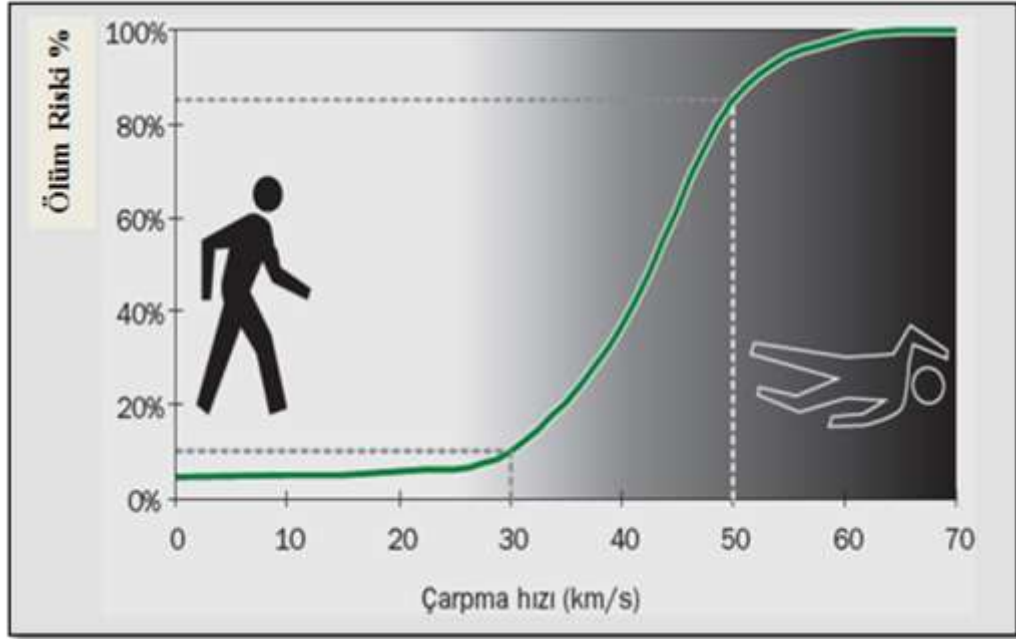
Karayolu üzerindeki gerçek hız ortalamasının azaltılmasının gözle görülür olumlu sonuçları vardır. Tüm dünyada, özellikle yüksek gelir grubundaki ülkelerde yapılmış pek çok araştırma hız ve kaza riski arasındaki ilişkiyi açıkça göstermektedir. Araştırmalar tutarlı olarak kaza, yaralanma ve ölüm oranlarının hız arttıkça yükseldiğini

ve azaldıkça düştüğünü göstermektedir. Tüm dünyada, hız ve risk arasındaki ilişkiyi net bir şekilde ortaya koyan birçok çalışma bulunmaktadır. Araştırmalarda daha yüksek hız seviyelerinin, çarpma, yaralanma ve ölüm oranlarını artırdığına ve hızın azaltılmasının bu oranları azalttığına dair tutarlı bulgular mevcuttur. Bunlardan bir tanesi de ortalama hızdaki değişikliklerin trafikte meydana gelen çarpışmaların oranı ve şiddeti üzerindeki etkilerini hesaplayan Kuvvet Modelidir (34). Bu model ile oluşturulan şekil 2.20’ de görülebileceği gibi, ortalama hızda %5’ lik bir artışın yaralanmaya yol açan çarpmalarda %10, ölüme yol açan çarpmalarda ise %20’lik bir artışa neden olduğuna görülmektedir.



Şekil 2.20: Hızdaki değişim ve çarpışmalardaki yüzdelik değişim arasındaki ilişki.

Daha yüksek hızlarda, darbe anındaki hız artmakta dolayısıyla taşıtın ve yolcuların maruz kaldığı kuvvetler de artış göstermektedir. Yüksek hızlar ayrıca yol kullanıcılarına çarpışmadan kurtulmalarını sağlayabilecek manevralar için daha az şans tanımaktadır. Öte yandan, bir yayanın, kendisine motorlu bir taşıt çarpması durumunda ölme ihtimali de hızla bağlı olarak artmaktadır. Şekil 2.21’de bir taşıtın yayaya çarpması halinde ortaya çıkan ölümcül yaralanma olasılığı gösterilmiştir. Araştırmalar, 30 km/s hızda seyreden bir taşıtın çarptığı çoğu korumasız yol kullanıcısının hayatta kaldığını gösterirken taşıtın hızı 50 km/s olduğunda ise çoğunluğunun hayatını kaybettiğini göstermiştir (33).



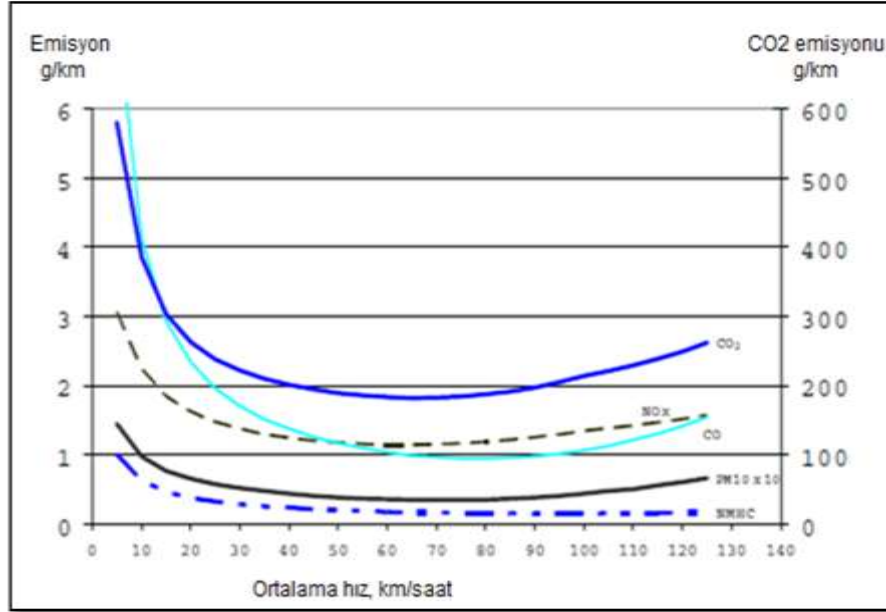
Şekil 2.21: Bir taşıtın çarptığı yayanın ölümcül zarar görme olasılığı.

Şiddetli ve ölümcül çarpmaların çoğunluğunda zarar görülmesinin nedeni insan vücudunun, taşıtın herhangi bir kısmı tarafından, dayanabileceğinden fazla yük ve ivmeye maruz bırakılmasıdır (36). Bir taşıtın verebileceği hasara karşı bir insanın dayanma gücü taşıt hızının 30 km/saat' den daha yüksek bir hızda olması durumunda aşılabacaktır. Yukarıda da gösterildiği üzere 50 km/saat' lik bir çarpma hızında yayalarda ölüm riski %80'dir. Taşıt içindekiler söz konusu olduğunda emniyet kemerlerinin takılı olması ve iyi tasarlanmış taşıtların kullanılıyor olması önden gelen darbelerde en fazla 70 km/saat'e kadar, yandan gelen darbelerde ise 50 km/saat' e kadar koruma sağlamaktadır (37).

2.3.5 Hızın Atık Gaz (Egzos) ve Salım Üzerindeki Etkileri:

Kara taşıtlarından kaynaklanan emisyonlar farklı hızlarda farklı miktarlarda üretilen çeşitli kirleticileri içermektedir. Önemli kirleticiler: Karbon Monoksit (CO), Hidrokarbonlar (HC), Azot Oksitler (NOx) ve Partikül (bazı ülkelerde olduğu gibi partiküler madde - PM). Optimum hız, emisyon türüne göre değişmektedir. Tipik olarak, kirletici emisyonları 40-90 km/ saat sabit bir hız için şekil 2.22' de görüldüğü gibi optimize edilmiştir. Japonyada yapılan bir çalışmaya göre (33), optimum hız 50-70

km/saat değerlerinde, kamyon ve otobüsler için daha küçük bir aralığa düşecektir. Aynı zamanda sürekli sürüş koşullarında, CO ve CO₂ g/km açısından çok düşük hızlarda (15) km/ saat veya daha az) en yüksek emisyon salındığı ifade edilmiştir.



Şekil 2.22: Hızın egzoz emisyonu ile ilişkisi.

2.4 DEĞİŞKEN MESAJ PANOLARI:

2.4.1 Tanım:

Değişken Mesaj Panoları (DMP), Akıllı Ulaşım Sistemlerinin (AUS) en önemli parçalarından birisidir. AUS sistemlerinde toplanan veriler işlendikten sonra ilgili DMP'lerde grafik ve yazı mesajları şeklinde sürücülere aktarılır. Bir başka deyişle, DMP' ler, otoyol üzerinde önemli karar noktalarında bulunan programlanabilir trafik kontrol cihazlarıdır. Bu belirtilen işaretlerin özellikleri ile trafik sıkışıklığı, kaza ve şerit kapanışları hakkında sürücülere gerçek-zamanlı mesajlar iletilerek trafik akışının artışının sağlanması amaçlanmaktadır.

2.4.2 Giriş:

İstanbul için 2006 yılında yapılan bir araştırmada, trafik yoğunluğu nedeniyle harcanan zaman ve fazla yakıt göz önüne alındığında yılda yaklaşık 4,5 milyar TL toplam kayıp olduğu tespit edilmiştir (38). Çevresel faktörler de göz önüne alındığında maddi kayıpların yanı sıra geri dönüşü çok zor olan çevresel süreçlere girildiği de açıktır. Söz konusu araştırma açık bir şekilde göstermektedir ki, trafik yoğunluğu ve benzeri ulaşım problemleri sadece toplumsal bir rahatsızlık unsuru olmayıp aynı zamanda ülkeye ciddi ekonomik kayıplar getirmektedir. Bu ve benzeri kayıpların en aza indirgenmesi için ulaşım sistemlerinin çevresel faktörler de göz önünde bulundurularak planlanmasına daha fazla önem verilmeli ve toplu taşımayı destekleyen ve geliştiren projeler desteklenmeli ve tüm bu planlama sürecinde günümüz teknolojileri etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Söz konusu teknolojilerin en önemlilerinden olan Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) ulaşım ağının işletimine yardımcı olmak amacıyla, bilgi, haberleşme ve kontrol teknolojilerini uygulayan ulaşım sistemleridir. AUS uygulamaları ile mevcut yol kapasitesinin artırılması, trafik kazalarının azaltılması, trafikte harcanan zamandan tasarruf edilmesi ve maddi kayıpların önüne geçilerek milli ekonomiye katkıda bulunulması hedeflenmektedir. Akıllı ulaşım sistemi uygulamalarından birisi olan DMP, kötü hava koşullarında, yoğun trafik, kaza ve yol çalışması gibi durumlarda zaman, yakıt, araç yıpranması gibi birçok sayısız bileşende yolcuların bilgilendirilmelerini sağlamaktadır. DMP' ler Trafik Kontrol Merkezi'nden yönlendirilir. Trafik Kontrol Merkezi trafik yönetiminin ana bileşenidir. Ana arterlerdeki trafik akış sürekliliğinin sağlanması ve yol ağı kapasitesinin etkin olarak kullanılması amacıyla kurulan sistemlerdir. Şehir içi ulaşımında, yol ve sürüş güvenliğinin artırılması, koordinasyonun sağlanması, trafiğin yönetimi, yolcu ve sürücülerin es zamanlı olarak bilgilendirilmeleri konusunda çalışılmaktadır. Son olarak, AUS, yol ağı kapasitesinin etkin olarak kullanılması amacıyla yeni teknolojileri kullanarak trafikten alınan yol ve hava durumuna ait veriler ile trafiğin otomatik olarak yönetilmesi çalışmalarıdır. AUS uygulamalarının, Türkiye'de trafik yönetim ve denetiminde kullanımı ilk kez İstanbul'da ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Trafik Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmiştir. İstanbul'daki AUS uygulamaları, trafik kameraları, yol sensörleri, DMP ve Trafik kontrol Merkezi (TKM) tarafından gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.23: İstanbul büyükşehir Belediyesi TKM.

DMP kullanımı ve etkinliğini incelemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde Değişken Mesaj Panolarının kullanımı ve bunların etkinliği hakkında bilgi verilmektedir. Carden ve diğ. (39) İngiltere Midlands Sürücü Bilgi Sistemi değerlendirilmesi sunulmuştur. Çoğu durumlarda değişken mesaj işaretlerinin kullanıldığı yerlerde araç gecikmesinde çok büyük azalma elde edilmiştir. Levinson vd (40) tarafından tahmin edilen model ile DMP' nin içeriğine dayalı olarak araçların seçeneğe olabilecek güzergâhlara aktarım oranı tahmin edilmiştir. Çalışma, DMP' nin çoğu yolcuya yol rehberliği sağlamasında etkili olduğu ve sürücülerin yönlendirme oranını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Beklendiği gibi, değişken mesaj işaretleri aracılığıyla sağlanan bilgilendirme ile tekrarlı olmayan tıkanıklık sonrasında yaşanan toplam gecikme azaltılabilir.

El-Deek ve Kanafani. (41) trafik koridorlarında sağlanan bilgilerin yararlılığını modellemiştir. Çalışma, kaza varlığında, sürücülere bilgi sağlanarak seyahat sürelerinin yaklaşık %6,2 azaltılabileceği gösterilmiştir. Chatterjee ve McDonald M. (42) kentsel alanlarda değişken mesaj işaretleri ile dinamik bilgi yayma etkilerinin faydalarını incelenmiştir. Sonuçlara göre %31' e kadar ve bazı durumlarda %50' oranında DMP panolardan yayınlanan hızlara uyduğu belirtilmiştir. Olayla ilgili mesajlar için önemli nitelikler: 1. Olayın ciddiyeti, 2. DMP' lerin konumları ve 3. Trafiğin yönlendirilebilmesi için mümkün olabilen güzergâhların varlığıdır.

DMP'ler etkinlikleri ve güvenilirlikleri ile otoyol trafiğini artırmak üzere bilgi sağlayan araçlar olarak kullanımları, kentsel ve kent dışı alanlarda giderek artmaktadır. Olay yönetimi söz konusu olduğunda, DMP' ler sürücüleri uyarmak ve tespit edilen olaylar sonucu akım yukarı trafiği sapmaya teşvik etmek için kullanılır. DMP bilgilendirmesi ile trafik yönlendirmesi en yüksek %13 olarak ölçülmüştür, sürücülerin %57' sinin radyo trafik raporları veya DMP görüntülerine göre tercihlerinin değiştiği ifade edilmiştir (43.44.45).

Mevcut kurallar (45,46) DMP' lerin darboğazlar ve yüksek kaza riski içeren yerlerin akım yukarı yönünde bulunması gerektiğini göstermiştir. Yapılan bir çalışmanın sonucuna göre 1. DMP' ler kavşak içinde yer almamalıdır, 2. DMP' ler arasında en az 0,75 kilometre aralık olmalıdır.

Sürücülerin DMP' lerin kaygan yol koşulları hakkında yaptıkları bilgilendirmeye hızlarını azaltmak üzere duyarlı oldukları bulunmuştur. Çalışmada, işaretlere dikkat eden sürücülerin yola yeniden odaklanmaları gerekliliği bildirilmiştir. Ayrıca, sürücülerin manevra esnasında ve geçme sırasında daha dikkatli oldukları da belirtilmiştir (Luoma ve diğ (44)).

Bütün bu çalışmalardan, DMP' ler ile trafik koşullarının iyileştirilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. Ancak bir olayın şiddeti ve olaya yönelik mesajların içeriği, yönlendirmelerin düzeyi ve DMP' lerin konumlandırılmaları, DMP' lerin göreceli yararları üzerinde etkilidir.

Washington DC'de bir alandaki 500' den fazla sürücü ile yapılan bir araştırmanın sonucuna göre, DMP'ye karşı sürücü tutumları değerlendirilmiştir (Benson, 1996). DMP'lerin, sürüşleri üzerine ne derecede etkili olduklarına dair bir soruya, sürücülerin %50' si 'çoğunlukla etkili', %40' ı 'bazen etkili' ve %10' u da 'hiç etkili değil' olarak yanıt vermişlerdir.

İşaretler, kişilere bilgi aktarımında kullanılan kelimeler ve/veya basit şekillerden oluşan bildirimlerdir. Motorlu taşıtların gelişimi ile birlikte 20. yüzyılın başından bu yana trafik güzergâhları boyunca hareket halinde olan sürücüleri bilgilendirmek için bu işaretler önemli olmuştur. İlk kullanılan DMP' lerde yer alan mesajlar 3 adet olup bunlar:

1. 'Otoyol kapalıdır'.
2. 'Karayolunda kaza olmuştur'.
3. 'Karayolunda yol çalışması bulunmaktadır'.

Daha sonra 1980 yılında ABD'de Wink-O-Matic adlı bir şirket tarafından geliştirilmiş olan bir DMP kullanılmıştır. 1990'ların başlangıcında Precision Solar Controls tarafından geliştirilen bir DMP'de bilgilendirmeleri oluşturmak için LED'ler (Light Emitting Diode) kullanılarak DMP uygulamalarında büyük bir gelişme olmuştur. 2005 yılında LED'lerde enerji kaynağı olarak güneş panellerinin kullanılması ile %80 oranında performans ve parlaklık artışı sağlanabilinmiştir. Bugün, büyük ve kalıcı DMP' ler ile otomatik olarak trafik koşulları, kaza oluşumları veya yol üzerinde seyri etkileyen hava şartları hakkında bütün ana arterler boyunca gerçek-zamanlı bilgi temini mümkün olabilmektedir. Şekil 2.24' de bir DMP görülmektedir.



Şekil 2. 24: DMP panosu (<http://www.intetra.com.tr>).

2.4.3 DMP Tasarımı, Hususları ve Öncelikleri:

Kalıcı DMP'lerin konuşlandırılma bölgelerinin seçimi için bazı uygunluk kriterleri bulunmaktadır. Bu bölgeler, AUS Birimi ve Bölge Trafik Ofisi ile birlikte koordine edilir. Karayollarında yol kenarı veya baş üstü taşıyıcılara monte edilen ve istenilen boyutlara kadar büyütülebilen modüler elektronik DMP sistemleri gelişmiş karayolu ağı bulunan tüm ülkelerde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Otoyol bağlantı ve giş

girişlerinde, şehir giriş ve çıkışlarında, köprü yaklaşımlarında kullanılan DMP'ler ile yoldaki sürücülerin anlık değişimlerden haberdar edilmeleri suretiyle yol ağı kapasitesinin etkin kullanımının sağlanması planlanmaktadır. Takip eden satırlarda sıralanan hususlar DMP'lerin yerleşiminde dikkate alınmalıdır:

1. Bilinen darboğazların ve karar noktalarının akım yukarı yönünde bulunmak.
2. Önemli yönlendirme karar noktaları ve kavşak gibi ayrımların akım yukarı yönünde bulunmak.
3. Kavşakların içerisinde, ücretli plazalar veya kontrol şeritlerinin dışında bulunmamak.
4. DMP'ler, trafiğin seyrini düzenleyen diğer bilgilendirme ve yönlendirme unsurları ile bir arada kullanılmamalıdır.
5. DMP'ler, trafik örölme mesafesi içerisinde kullanılmamalıdır.

Hareketli olarak konumlandırılabilen DMP' lere dair bir örnek şekil 2.25' de sabit olarak konumlandırılabilen DMP' lere dair bir örnek şekil 2.26' da gösterilmiştir.



Şekil 2.25: Mobil Değişken Mesaj İşareti (DMP).



Sekil 2.26: Kalıcı Değişken Mesaj İşaretler.

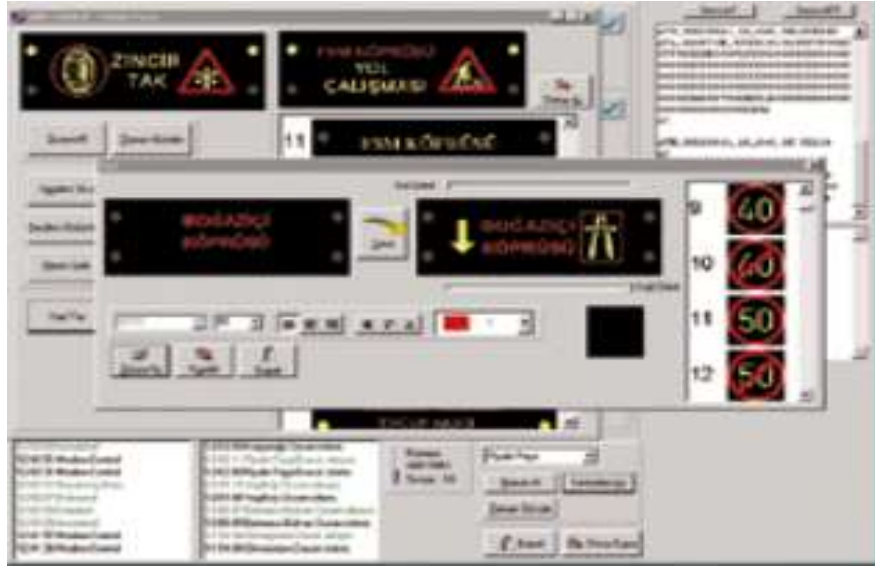
DMP'lerden aktarılabilen mesajların görüntülenme öncelikleri bulunmaktadır. Sıradan kullanımlarda görüntülenen mesajların öncelik sıralaması aşağıdaki gibidir:

1. Asma köprü işlemleri, yol ya da rampa tıkanıklıkları ve acil durumlar.
2. Olay veya kaza.
3. Olumsuz hava ve çevre koşulları.
4. Yapım ve bakım işlemleri.
5. Araba gösterileri ve spor etkinlikleri gibi özel etkinlikler ile ilgili trafik işlemlerine dair bilgilendirmeler.
6. Seyahat süreci bilgileri.

İstanbul Trafik Bilgi Sistemi AUS Projesi - kapsamında İstanbul'da 2001 yılı içerisinde Değişken Mesaj Panoları - DMP ile Trafik Bilgilendirme Sistemi kurulmuştur. 2002 ve 2003 yıllarında eklenen çift renkli grafik DMP'ler ile sistem genişletildi. Bu sistemler ile sürücüler özellikle boğaz köprülerindeki trafik ve yol durumu hakkında anında bilgilendirilmektedirler. Bütün DMP'ler İstanbul Trafik Kontrol Merkezi ile modemler üzerinden yönetilmekte ve trafik kontrol yazılımları ile kontrol edilmektedir. Şekil 2.27'de uygulamada bir DMP ve Şekil 2.28'da AUS kontrol yazılım ekranı görülmektedir.



Sekil 2.27 Çift renk grafik DMP.



Sekil 2.28: AUS kontrol yazılımı ekran görüntü örneği.

Şekil 2.29’ da genel iç görüntüsü sunulan Trafik Kontrol Merkezi (TKM), İstanbul genelinde bulunan ana arter ve kavşaklarda yol ve sürüş güvenliğini oluşturmak, sinyalizasyon şebekesinin en iyi şekilde çalışmasını sağlamak, trafik emniyeti için bir merkezde toplanan trafiğin anlık ve genel durumlarını izlemek, trafiği yönlendirmek, trafik koordinasyonu sağlamak, bilgi ve görüntüleri yayınlamak amacıyla kurulmuştur. 55 kritik noktaya yerleştirilen ve 270° dönüş açısına sahip trafik kameraları ile yaklaşık 150 ana arterdeki trafik durumunu canlı olarak izlemekte, yine yollara yerleştirilen loop, sensör vb algılayıcılardan alınan trafik yoğunluk bilgileri TKM’ de, Sekil 2.30’ de bir örneği görülen Trafik Yoğunluk Haritaları oluşturmak üzere toplanmaktadır.



Şekil 2.29: İstanbul Trafik kontrol merkezi.



Sekil 2.30: Trafik yoğunluk haritası.

Alınan bilgilere dayanarak sinyalizasyon programları ve süreleri en uygun akışkanlığı sağlayacak şekilde ayarlanmakta ve DMP'ler aracılığıyla sürücüler alternatif güzergâhlara otomatik olarak yönlendirilmektedir. Yine sürücü ve yayalara televizyon, radyo ve cep telefonu (SMS) aracılığıyla ve internette kamera görüntülerini yayınlamak suretiyle bilgi verilmektedir. Böylece sürücü ve yolcular yola çıkmadan önce de gidecekleri güzergâhla ilgili trafik yoğunluk bilgisine ulaşabilmekte ve trafik yoğunluğu

az olan bölgeyi tercih edebilmektedir. Sonuç olarak DMP'ler, trafik sıkışıklığı, trafik kazaları, bakım işlemleri, olumsuz hava koşulları, karayolu koşulları, düzenlenen etkinlikler hakkında sürücülerini bilgilendirmek için kullanılırlar. Bu sistemlerin özellikle kentsel arterler üzerindeki trafik akışı verimliliğinin artışı ve trafik güvenliğinin artışına faydalarını belirlemek için daha fazla araştırma ve değerlendirme gereklidir. Bu sistemler ile ilgili en önemli bir dezavantaj ise yüksek maliyetleri ve bakım gereklilikleridir. Ancak sistemin, trafik akışına ve bu akış sayesinde trafik kaynaklı ekonomik değerlere etkisi göz önüne alınınca, ekonomik değeri yüksek metropoller için etkin ve ekonomik bir trafik işletme sistemi oluşturdıkları da bir gerçektir.

2.5 TRAFİK SİMÜLASYON MODELLERİ

Sayısal benzeştirme veya canlandırma olarak da adlandırılabilen simülasyon, teknolojik gelişmelerin hızla gerçekleştiği günümüzde önemi artan bir konudur. Sayısal canlandırma gerçek bir sistemi temsil eden modelin çalıştırılması işlemidir ve öncesinde, gerçeği temsil eden modelin geliştirilmesini gerektirir. Bilgisayarda gerçekleştirilen canlandırma gerçek hayattaki olguları tanımlayan değişkenlerin bilgisayar ortamına aktarılmasını gerektirir. Sayısal canlandırma çalışması problem çözmede son derece etkilidir ve farklı amaçlara ulaşmak için değişik alanlarda uygulanabilen ve günümüzde tasarım, üretim, hizmet ve eğitim uygulamalarında yaygınlaşan bir yöntemdir. Ancak, sayısal canlandırma kullanımının yararları yanında bazı dezavantajları mevcuttur.

Modelleme sürecinin, gerçek hayatta tanımlı sorunun tanımlanmasından başlayıp, sorun hakkında gerçek verilerin toplanması, sorunu temsil eden değişkenlerin tanımlanarak bu değişkenlere bağlı rakamsal modelin inşa edilmesi ve bu modelin rakamsal olarak çalıştırılması ile elde edilen sonuçların gerçek veriler ile kıyaslanarak modelin geliştirilmesini içeren değişik aşamaları vardır. Günümüzde sanal canlandırma yöntemleri, karmaşık, pahalı ve sadece kullanımı bile uzmanlık gerektiren sistemler haline gelmiştir. Bilgisayar ve elektronik teknolojilerindeki gelişmeler elektronik ve haberleşme sistemlerine uygulandıkça bu gelişim daha da hızlanmaktadır.

2.5.1 Simülasyon 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. 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. 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. Ayrıca, simülasyon, gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Bir sistemin simülasyonu, bu sistemi temsil edebilecek bir model oluşturma 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 deney kısmı başlar. Simülasyon genellikle mevcut olmayan veya pahalı ve zor gerçekleştirilebilecek sistemlerin denenmesine imkân sağlar.

3.5.2 Trafik Simülasyon Modellerinin Sınıflandırılması:

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

1. Mikroskobik (çok detaylı)
2. Mezokobik (orta seviyede detaylı)
3. Makroskobik (az detaylı)

Olabilmektedir.

Mikroskobik model: Bütün sistem elemanlarını ve bunların kendi aralarındaki etkileşimini yüksek detayda içerir.

Mezokobik model: Daha çok sistemdeki elemanların özelliklerini detaylı olarak ele alır

ancak bunların işletimlerini ve kendi aralarında etkileşimleri kaba şekilde inceler.

Makroskobik model: Sistemin genel davranışını incelemek üzere kurgulanmıştır ve sistemi oluşturan elemanların kendi aralarındaki etkileşimini daha düşük detayda inceler.

Baska bir sınıflandırma ise rakamsal modeli içerisinde etkileşimlerin matematiksel değerlendirilme yöntemi esasında yapılır. Bu sınıflandırma ikiye ayrılır:

1. Deterministik
2. Stokastik

Deterministik model rasgele değişkenlere sahip olmayıp, tüm sistem elemanları arasındaki etkileşimler kesin ilişkilerle tanımlanırlar. Stokastik modellerde ise, tüm sistem elemanları arasındaki etkileşimler olasılık fonksiyonları ile tanımlanırlar. Stokastik modelde, davranışı incelenen unsurlar arasında muhtemel etkileşimler ve bu muhtemel etkileşimlerin muhtemel değerleri tespit edilirken, deterministik modelde olacak olan etkileşimler ve kesin değerleri tespit edilir.

Yeni nesil trafik simülasyon programları, Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) uygulamaları için geliştirilmişlerdir. Örneğin: VISSIM, AIMSUN, CUBE, AUTOS, DYNASMART, DYNAMIT, INTEGRATION, PARAMICS VE THOREAU bu tür yazılımlar arasında örnek gösterilebilirler. VISSIM (Visual Interactive Microsimulation) Karayolları ve kavşaklarda trafiğin mikrosimülasyonunu yapan stokastik model kullanan bir programdır. Bu tezi oluşturan çalışmada da VISSIM Mikrosimülasyon programı kullanılmıştır. Bu tez içerisinde, simulasyon ile ifade edilen VISSIM kullanımı ile mikrosimülasyon kast edilmektedir.

2.5.3 Simülasyonun Avantajları ve Dezavantajları:

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

1. Karmaşık yapıdaki gerçek sistemlerin analitik olarak incelenmesi ile matematiksel modellerin kurulmasındaki güçlükler.
2. Yeni politikalar, parametreler veya çalışma koşullarının denenmesine imkân tanınarak sistem performansının bu yeni koşullar için tahminlerin sağlanabilmesi.
3. Farklı tasarımların birbirleri ile karşılaştırılmasının mümkün kılınması.

4. Gerçek sistemin rahatsız edilmeden, bozulmadan, tehlikeye atılmadan denenmesi.
5. İncelenen sistemin farklı zaman aralıklarında ve geleceğe yönelik ele alınmasını mümkün kılar.

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

1. Simülasyon modelleri pahalı ve geliştirilmesi zor modellerdir.
2. Simülasyon modellerinin stokastik yapısı ancak gerçek sistemle ilgili tahminlerde bulunmayı sağlar.
3. Simülasyon sonuçlarının incelenen sistemi doğru yansıtmaları için modelin geçerliliği ve doğru kurgulanmış olması çok önemlidir.
4. Yüksek düzeyde ve detayda bir simülasyon ancak bilgisayar kullanımı ile gerçekleştirilebilir.

2.5.4 Trafik Mikrosimülasyonun Ana İlkeleri:

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

1. Mikrosimülasyona uygun yazılımlar kullanmak gereklidir; uygun değilse mikrosimülasyon analizi yapılamaz.
2. Taşıtların sınırları anlaşılmalı ve trafik akımlarının temsil edildiği garanti edilmelidir. Amaca, ihtiyaçlara, çalışma konusuna ve sorulan sorulara verilebilecek cevaplara uygun olduğu doğrulanmalıdır.
3. Yeterli zaman ve kaynak yoksa mikrosimülasyon analizi kullanılmaz.
4. İyi bir mikrosimülasyon modelleme sonuçları için kullanılan veriler çok kritiktir.
5. Uygulamacının yerel duruma göre mikrosimülasyon modelini kalibre etmesi çok önemlidir.
6. Mikrosimülasyon modelinin çıktıları Highway Capacity Manual (HCM)'den farklıdır.
7. Mikrosimülasyonun mikroskobik bakışına göre “gecikme” ve “kuyruklanma” gibi anahtar terimlerin tanımları HCM'deki makroskobik bakıştan farklıdır.

8. Mikrosimülasyon modelinin gelişmesindeki önceliklere, yazılımların mühendislik kararlarını nasıl destekleyeceği göz önüne alınarak karar verilir ve birtakım sınırlamalar konulur.
9. Kullanıcılar arasındaki görüş ayrılıklarını en aza 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.

2.5.5 VISSIM İle Trafik Simülasyonu:

VISSIM, kent içi ulaşım sistemlerinde trafiğin ve toplu ulaşım sistemi işletmelerinin (otobüs, hafif yeraltı treni 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 tarafından gerçekleştirilmiştir. VISSIM, simülasyon sürecinde trafiğin görünüşü ve kontrol parametrelerine ilişkin verilerin ekrandan canlı olarak izlenebilmesi ve gerçek hayatta trafik dedektörleri üzerinden alınabilecek mikroskopik akım parametrelerinin sanal ortamda üretilmesi gibi yeniliklerin yanında aynı amaçla kullanılan diğer sayısal canlandırma programlarına göre daha esnek kullanım imkanları sağlamaktadır.

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. Dolayısıyla 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 üreticidir. Trafik simülatörü, Weidmann taşıt takip modeli ile yolda şerit değıştirme mantığının dikkate alındığı bir mikroskopik benzetim programıdır. Sinyal durum üretici ise, trafik simülatöründen birer saniyelik zaman adımları bazında alınan verilerin işlendiğı ve bir sonraki saniye için sinyal durumlarının ne olacağına ilişkin kararların üretildiğı bir kontrol programıdır.

Simülasyon sonuçları, gerçek zamanlı (real-time) olarak trafiğın değışimine ilişkin görüntülerin ekranda canlandırılması veya gerçek zamanlı olmadan da, toplam ulaşım süresi, taşıtların duruş sayısı ya da gecikmeler gibi istatistiksel verilerin arka plandaki veri dosyalarına aktarılması suretiyle elde edilir. Sinyal durum üretici, trafik simülatöründen simülasyonun her saniyesinin bitimi anında aldığı verileri değerlendirerek, bir sonraki simülasyon saniyesindeki sinyal durumları için kararlar üretir ve bunları trafik simülatörüne iletir.

Bir trafik simülasyon modelinin hassasiyeti, esas olarak taşıt davranışlarının modellenmesinde elde edilen kaliteye, kalite de, taşıtların yol ağı boyunca sergileyecekleri davranışları belirlemek için modelin takip ettiğı yöntemle bağıdır. VISSIM trafik simülatörü, trafiğı taşıt takip teorisine göre üretirken, taşıt hızlarının sabit ve taşıt takip mantığının da deterministik olarak kullanıldığı karmaşık olmayan modellerin aksine, sürücü-taşıt birimlerinin psiko-fiziksel davranışını esas alan bir modeli kullanmaktadır.

VISSIM, çok şeritli bir yol üzerinde seyreden taşıtların davranışını belirlerken, sadece aynı şeritte birbirini takip eden taşıt davranışlarının karşılıklı etkileşimini dikkate almakla kalmayıp aynı zamanda komşu şeritlerde seyreden taşıt davranışlarının etkilerini de dikkate alır. Böylece, bir sinyalize kavşağı yaklaşan taşıtların, duruş çizgisine 100 metreden daha yakın bir mesafe içerisinde şerit değıştirmesine 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 karakteristiğı ile taşıtın teknik kapasitesine bağıdır. Dolayısıyla VISSIM, sürücü-taşıt birimlerinin davranışına ilişkin karakteristikleri belirlemek için, her sürücü-taşıt birimi için üç ayrı grup halinde belirlenen etkenlere bağı olarak değerlendirmeler

yapar.

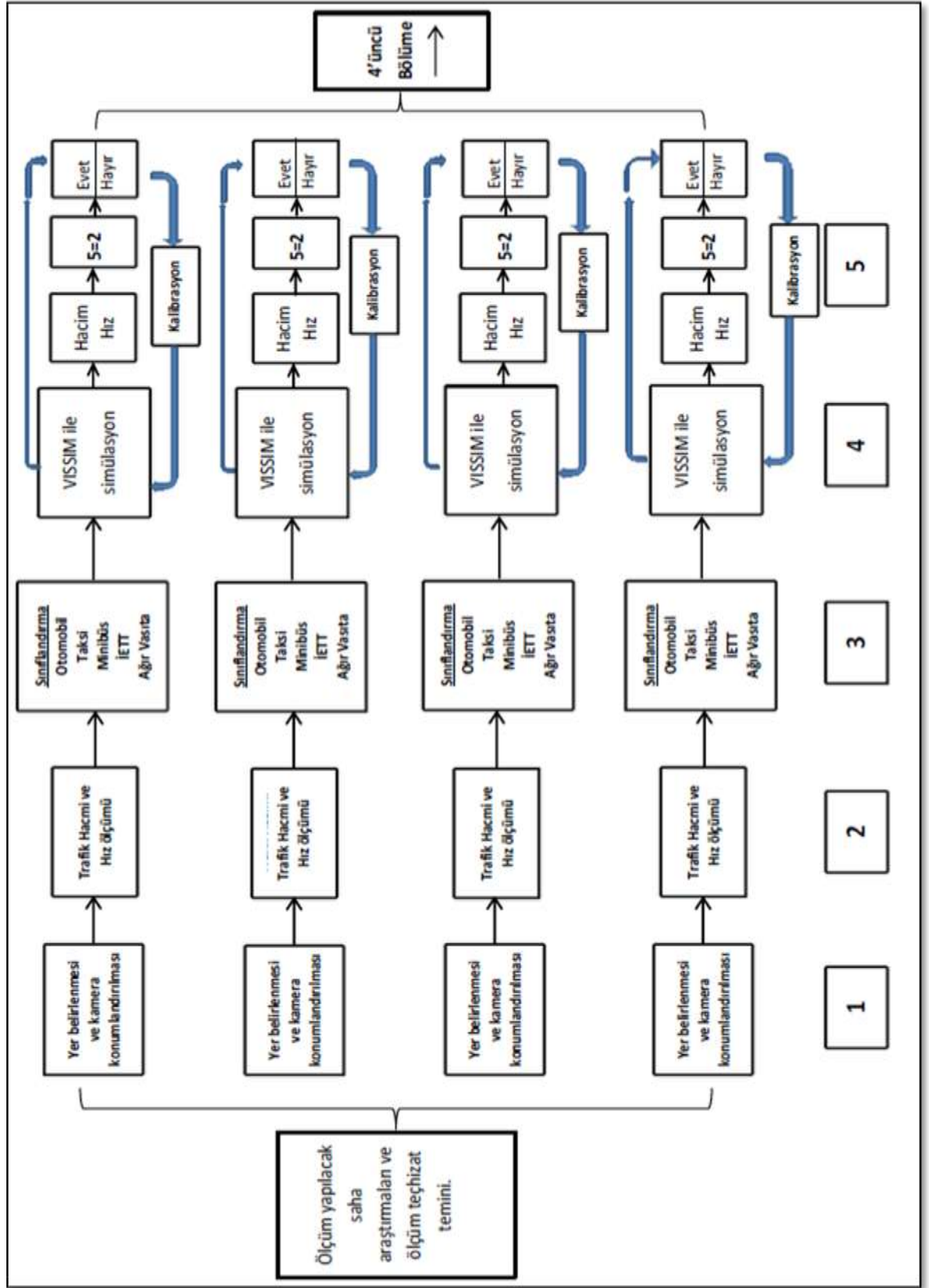
1. Taşıtın teknik özellikleri: Uzunluk, maksimum hız, hızlanma potansiyeli, gerçek konum, gerçek hız ve ivme.
2. Sürücü-taşıt etkileşimi: Sürücünün psiko-fiziksel hassasiyet eşiği (agresif veya uyumluluğa yatkınlık gibi), sürücü hafızası, sürücünün istediği hız ve yürürlükteki hıza bağlı olan hızlanma.
3. 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.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: SAHA ÇALIŞMALARI VE GÜZERGÂH ÜZERİNDEN VERİLERİN TOPLANMASI

3.1 SAHA ÇALIŞMA NOKTALARININ TESPİTİ VE SAHA ÇALIŞMALARI İÇİN GEREKEN MALZEMELERİN TEMİNİ:

Saha çalışmaları kapsamında ihtiyaç duyulan temel gereksinimler arasında, 5 adet kamera ve kamera sabitleyici teşkili, 5 adet 3 saat boyunca çekim yapmaya yetecek kamera yedek pilleri ve 20 adet 3 saat'lik çekim depolayabilen kaset satın alınmıştır. Çalışmada kullanılan LED TV ve araç sayım cihazları ise tez izleme komitesi tarafından sağlanmıştır. Malzemelerin teminini takiben Google World aracılığı ile kameraların yerleşim noktaları belirlenmiştir. Saha çalışmasının çekim ve sonrasında araç sayım evrelerinde lisans ve yüksek lisans öğrencilerinden destek alınmış olup, toplanan verilerin rakamsal tetkikleri esnasında kullanılan VISSIM Mikrosimülasyon programı, özel bir şirketten alınan destek ile belirli zaman aralıklarında kullanılmıştır. Saha çalışmasının kavramsal yapılanması ve çalışma adımları şekil 3.1' de sunulmuştur.

Çalışma kapsamında yer alan kavşaklar, Beylerbeyi (K1), Altunizade (K2), Çamlıca (K3) ve Uzunçayır (K4) olarak tanımlanmıştır. Altunizade kavşağında hem Çamlıca yönünden gelen akımı hem de Beylerbeyi yönüne giden akımı gözlemlemek amacıyla iki kamera yerleştirilmiştir. Kavşaklar ile ve kamera yönelimleri şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Saha çalışmasının kavramsal yapılanması ve çalışma adımları şematik görünümü.



Şekil 3.2: Kamera yerleşim noktaları ve yönelimleri.

3.2 GÜZERGÂH ÜZERİNDE YAPILAN HAZIRLIKLAR:

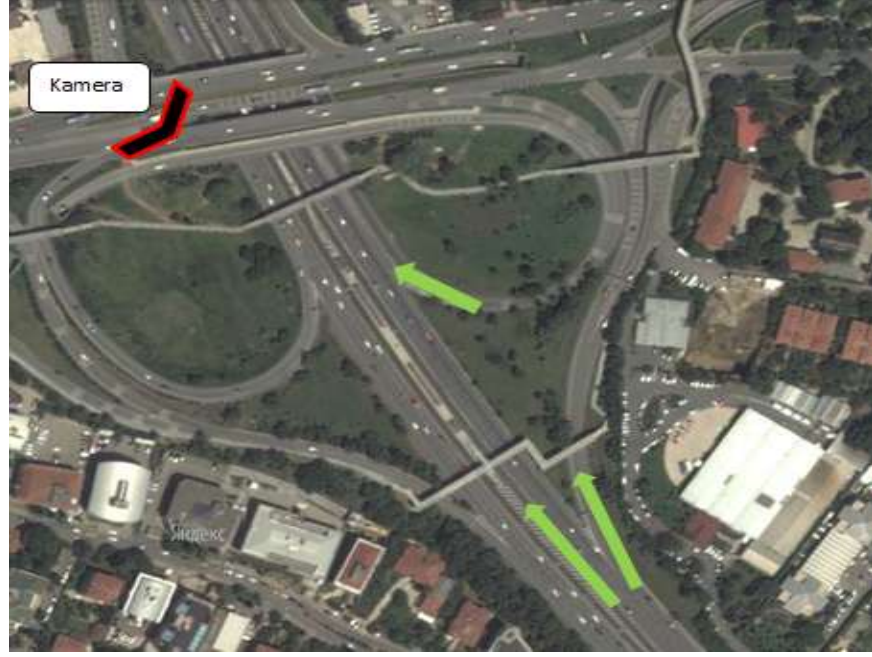
Trafik çekimlerini yapmak için gereken tüm malzemelerin temininin ardından kamera yerleşim yerlerini tespit etmek için 2011 senesinin Şubat Ayı'nın birinci haftası içerisinde saha keşfi yapılmıştır. Yapılan bu saha çalışması kapsamında, kamera yerleşimleri için her kavşakta birkaç konum ve yönelim belirlenmiştir. Kamera yerleşimlerinde, çekim esnasında ilgili kavşakta bütün akım kollarının görülebilmesine, sayım için net görüntü elde edilebilmesine ve çekim esnasında çekim güvenliğini sağlayacak uygun koşullar dikkate alınmıştır. Saha çekimlerine başlamadan bir gün önce, çekimlere destek olan saha ekibi ile birlikte her çekim noktasında birer deneme yapılmıştır. Sonuç itibariyle, Beylerbeyi Kavşağı'nda 1 adet, Altunizade Kavşağı'nda 2 adet, Çamlıca Kavşağı'nda 1 adet ve Uzunçayır Kavşağı'nda 1 adet olmak üzere toplamda 5 adet kamera yerleştirilmiştir. Seçilen kamera pozisyonlarında her kavşağa ait gözlemlenen akım kolları ve tipi şekil 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Uzunçayır kavşağı'nda yerleştirilen kamera'nın yeri ve trafik akım yönleri.



Şekil 3.4: Çamlıca kavşağı'nda yerleştirilen kamera ile gözlenen trafik akım yönleri.



Şekil 3.5: Altunizade kavşağı'nda yerleştirilen ilk kamera ile gözlenen trafik akım yönleri.



Şekil 3.6: Altunizade kavşağı'nda yerleştirilen ikinci kamera ile gözlenen trafik akım yönleri.



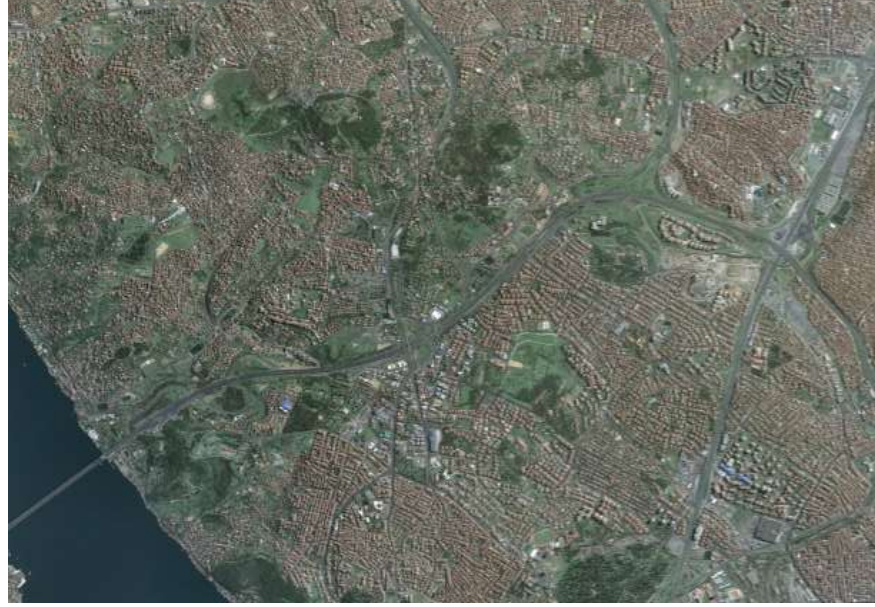
Şekil 3,7: Beylerbeyi kavşağı'nda yerleştirilen kamera ile gözlenen trafik akım yönleri.

3.3 GÜZERGÂH TRAFİĞİNE DAİR HAM VERİLERİN TOPLANMASI:

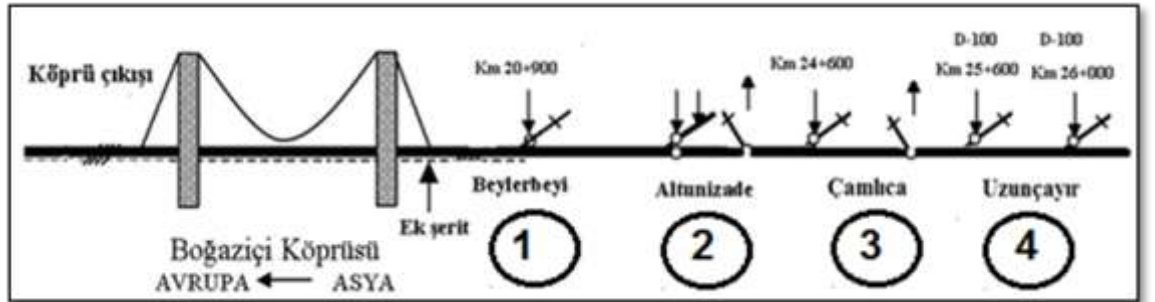
Çalışma kesimindeki trafik akım değerlerini belirlemek amacıyla trafik sayımları yapılmıştır. Trafik sayımları 10.02.2011 ve 11.02.2011 tarihlerinde Asya yakasından Avrupa yakasına doğru trafiğin yoğun olduğu 06.30 - 11.30 sabah zirve saatleri arasında, çalışma güzergâhı üzerinde yer alan 4 kavşağa kamera yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Kamera kasetlerinin sınırlı kapasitelerinden dolayı her 3 saatte bir kasetlerin değiştirilmesi gerekmiştir, bu nedenle çekimler 06.30 - 09.30 arasında ve 09.30 - 11.30 arasında olmak üzere iki çekim aralığında gerçekleştirilmiştir. Çekimler esnasında kameralar sürekli kayıt halinde tutulmuş ve çekim kesintisini en alt seviyede tutmak üzere kaset değişim aralığının en aza indirgenmesi için birinci kaset sonuna kadar tüketilmeden önceden hazırlanmış ikinci kaset yerleştirilmiştir. Çekimler ile toplanan verilerin düzgün bir şekilde saklanabilmeleri için kasetlerin üzerine kavşak kodları, gözlenen trafik kollarının tanımlaması, çekim aralığı sırası ve tarih not edilmiştir. Altunizade kavşağı'nda yer alan ve Bağlarbaşı yönünden gelen katılım değerleri sayaç makinasını kullanılarak sahada doğrudan tespit edilmiştir. Mevcut akım hız değerlerini ölçmek için arazide her kavşak için belirli bir ölçüm aralığı belirlenmiştir. Belirlenen mesafe'nin uzunluğu hesaplamak için ölçüm aralığını tanımlayan iki noktanın GPS ile kordinatları alınarak aralarındaki mesafe ölçülmüştür.

3.4 TRAFİK SAYIMI VE HIZ ÖLÇÜMÜ:

Saha çalışma bölgesi yaklaşık 5.100 metre uzunluğunda bir karayolu kesimi olup, bu kesim boyunca 4 kavşak noktası bulunmaktadır. Her kavşak noktasında güzergah'a katılımlar ve/veya güzergah'tan ayrılmalar halinde etkiler gerçekleşmektedir. Şekil 3.8 de bu karayolu kesiminin uydu fotoğrafı verilmiştir. Şekil 3.9' da çalışma alanının şematik boykesit görünümü gösterilmiştir.



Şekil 3.8: Çalışma kesiminin uydu fotoğrafı.



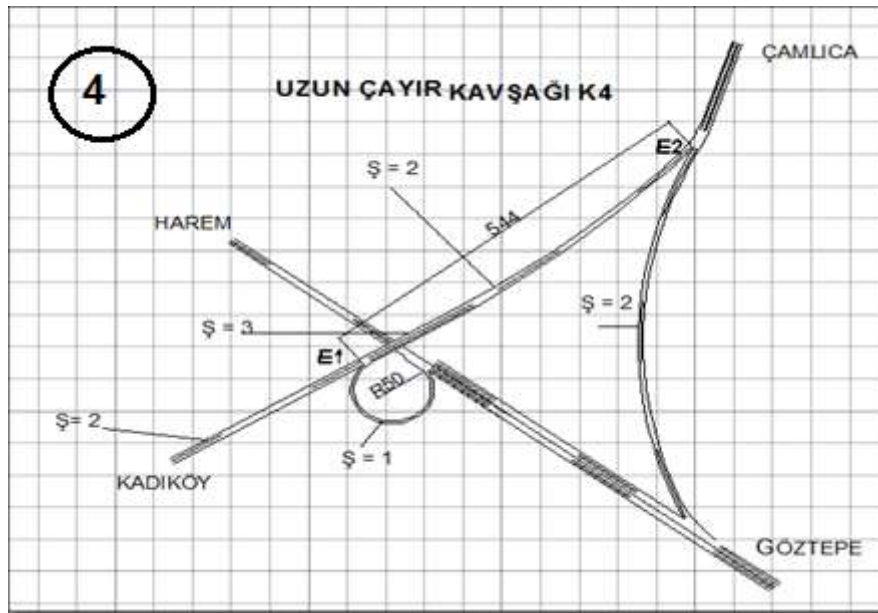
Şekil 3.9: Çalışma kesiminin şematik boykesit görünümü.

Saha çalışma güzergâhı O-1 karayolunun Asya yakasından Avrupa yakasına geçen bölümüdür. Anadolu yakasından Avrupa yakasına geçerken katılım kolları sırasıyla, D-100 karayolu Harem yönünden katılımı, D-100 Bostancı yönünden katılımı, O-1 - O-2 Karayolu Çamlıca ayrımı, O-2 Çamlıca katılımı, Altunizade-Kısıklı ayrımı, Altunizade

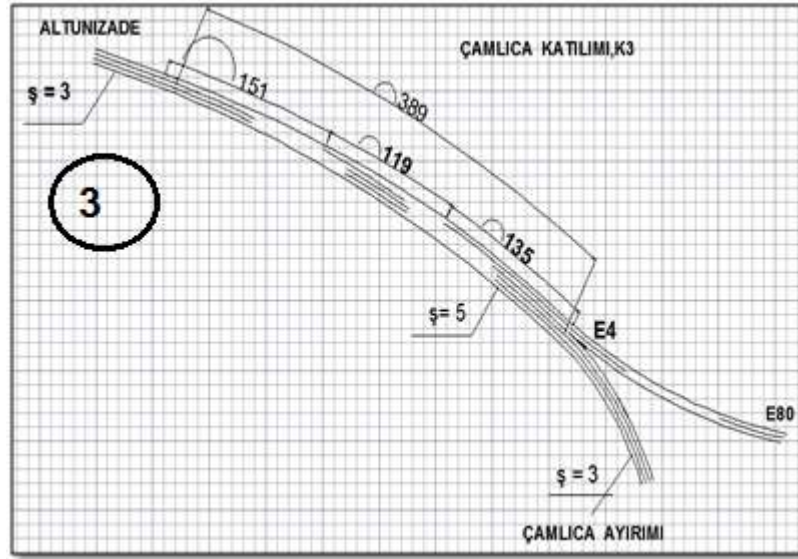
Bağlarbaşı yönünden katılım, Altunizade Kısıklı'dan katılım ve Beylerbeyi katılımıdır. Çalışma güzergâhı içerisinde yer alan 4 kavşakta 2 adet ayrılma noktası ve 6 adet katılım noktası bulunmaktadır. Çalışma bölgesi boyunca her bir kavşak noktasında gerçekleşen katılım ve ayrımlar ile güzergâh boyunca şerit sayıları Tablo 3-1' de topluca belirtilmiştir. Her bir kavşağın şematik görüntüleri ise sırasıyla şekil 3.10, 3.11, 3.12 ve 3.13' de sunulmuştur.

Tablo 3.1: Çalışma güzergahı boyunca yer alan kavşaklar.

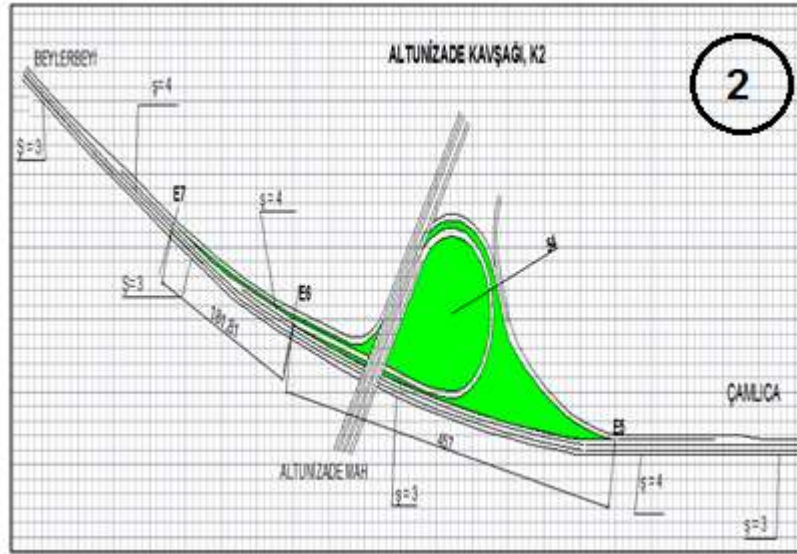
Kavşak adı	Kavşak sırası	Etki sırası 1	Etki Türü	Etki bölgelerindeki şerit sayısı			
				Etkiden önce	Etki	Etkileşim anı	Etkileşim sonrası
UZUN ÇAYIR	1	1	Katılım	2	+1	3	2
		2	Katılım	2	+2	4	4
ÇAMLICA	2	3	Ayrım	4	-2	4	3
		4	Katılım	3	+2	5	3
ALTUNİZADE	3	5	Ayrım	3	-1	4	3
		6	Katılım	3	+1	4	3
		7	Katılım	3	+1	4	3
BEYLERBEYİ	4	8	Katılım	3	+1	3	3



Şekil 3.10: Uzunçayır şematik görünümü.



Şekil 3.11: Çamlıca şematik görünümü.



Şekil 3.12: Altunizade şematik görünümü.

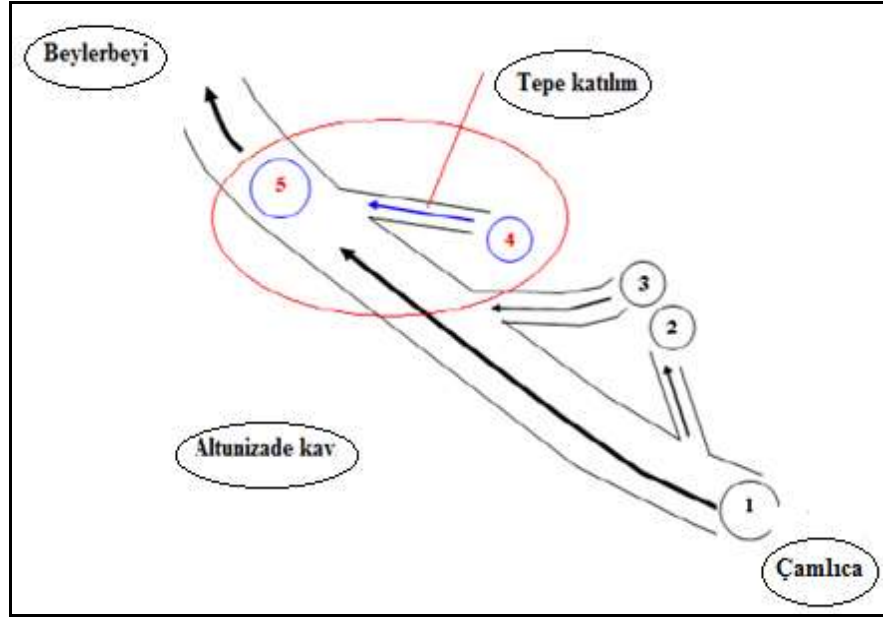
Tablo 3.2: 10.02 2011 tarihinde 1'inci kavşağa ait olan 1-3 kolun değerleri.

Çekim saatleri		Otomobil	Taksi	Kamyonet/ Panelvan	İETT	Ağır vasıta	Toplam
		1-3	1-3	1-3	1-3	1-3	1-3
06:30	06:45	1.340	18	109	7	10	1.484
06:45	07:00	1.101	25	250	5	30	1.411
07:00	07:15	946	20	349	4	60	1.379
07:15	07:30	921	11	337	6	71	1.346
07:30	07:45	1.113	21	311	4	50	1.499
07:45	08:00	1.059	7	300	9	81	1.456
08:00	08:15	1.271	19	235	14	44	1.583
08:15	08:30	1.370	18	126	7	12	1.533
08:30	08:45	1.495	25	55	7	6	1.588
08:45	09:00	1.521	22	38	8	6	1.595
09:00	09:15	1.541	47	55	3	7	1.653
09:15	09:30	1.595	60	66	10	6	1.737
09:30	09:45	1.677	54	29	9	6	1.775
09:45	10:00	1.631	53	20	8	9	1.721
10:00	10:15	1.587	52	26	8	2	1.675
10:15	10:30	1.520	44	21	13	11	1.609
10:30	10:45	1.479	41	39	6	5	1.570
10:45	11:00	923	39	26	7	7	1.002
11:00	11:15	1.362	34	28	7	9	1.440
11:15	11:30	1.156	46	15	9	5	1.231

Tablo 3.3: 10.02 2011 tarihinde 1'inci kavşağa ait olan 2-3 akım değerleri.

Çekim saatleri		Otomobil	Taksi	Kamyonet/ Panelvan	İETT	Ağır vasıta	Toplam
		2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
06:30	06:45	185		12			197
06:45	07:00	239		38		6	283
07:00	07:15	280		58		9	347
07:15	07:30	339	6	101		10	456
07:30	07:45	369	11	71		3	454
07:45	08:00	327	8	63		4	402
08:00	08:15	340	11	43		6	400
08:15	08:30	415	17	36		2	470
08:30	08:45	320	11	11			342
08:45	09:00	357	20	10		4	391
09:00	09:15	445	41	13		1	500
09:15	09:30	300	30	5			335
09:30	09:45	334	32	5			371
09:45	10:00	320	37	5			362
10:00	10:15	343	35	7			385
10:15	10:30	296	39	3			338
10:30	10:45	296	37	4			337
10:45	11:00	290	41	10			341
11:00	11:15	309	32	9			350
11:15	11:30	263	26	12			301

Bu çalışmanın ana amacı, trafik sıkışıklığını azaltmak için hız yönetimine dayalı bir yöntemin önerilmesidir. Çalışma içerisinde ayrıca, trafiğe ve yol üst yapısına dair muhtelif değişkenlerin değiştirilmesi aracılığı ile trafik sıkışıklığının azaltılması da incelenecektir. Bu bağlamda, mevcut durumun, önerilenecek durum ile karşılaştırılabilmesi için mevcut durum hızlarının ölçülmeleri gerekmektedir. Hız ölçümü için öncelikle sabit bir mesafe, Google Earth ve GPS yardımı ile belirlenmiştir. Sabit mesafe için yol boyunca sıralanan iki adet elektrik direği kullanılmıştır. Belirlenen mesafe içerisinde bir aracın hareket süreci, mesafe içerisinde belirlenen noktalardan aracın geçişi anında özel olarak hazırlanmış olan bir zaman sayacı ile başlatılan ve durdurulan zaman farkı ile ölçülmüştür. Belirlenen mesafenin, bulunan zaman ile bölünmesi sonucu hız bulunmuştur. Ölçülen zaman süreleri JPEG formatında kaydedilmiştir ve daha sonra bir JPEG converter kullanılarak MS. Excel formatına aktarılmıştır. Hız ölçümleri esnasında araçlar, hafif (otomobil ve ticari taksi), orta (kamyonet, panelvan, minibüs) ve ağır vasıta (İETT, kamyon, servis, TIR) olarak üç türe ayrılmıştır. Her türe ait taşıtların hızlarını mümkün olabildiğince gerçekçi aktarabilmek için geçen araçların yaklaşık %25' i dikkate alınmıştır. Ayrıca hız ölçümler sırasında akım yoğunluğunun derecesine göre bu hızlar sınıflandırılmıştır. Takip eden satırlarda, hız ölçümleri için bir örnek verilmektedir. Altunizade Kavşağı'nda (K2 tepe'den gelen ve Beylerbeyi tarafına giden akım) ağır vasıta türü'nün üçüncü gruba ait olan hız ölçüm adımları şekil 3.14' den 3.16'ya kadar açıklanmıştır.



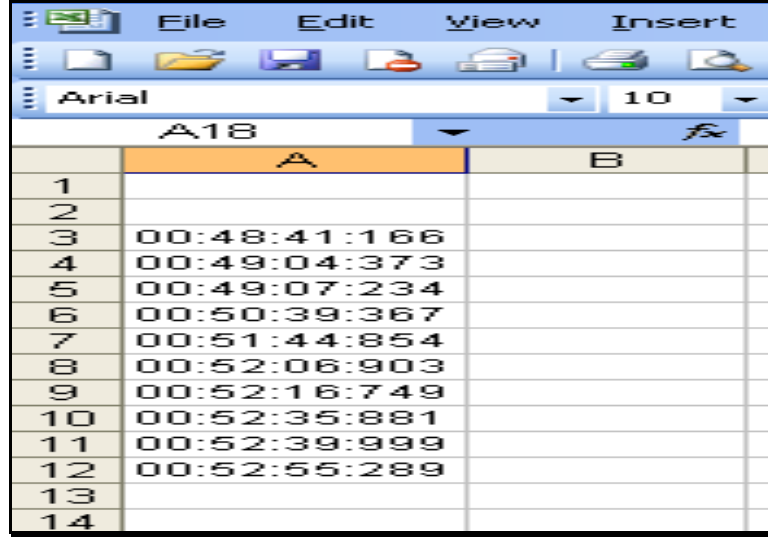
Şekil 3.14: Altunizade kavşak eskizi.

Tablo 3.4: Tepe katılımına ait ağır vasıtaların hız ölçüm aralıkları.

4-5	OTO	Küme	ölçüm aralığı (saat)
		1	7:00-8:30
		2	8:30-9:00
		3	9:00-9:15
		4	9:15-11:00
		5	11:00-12:00
4-5	AĞ	1	7:00-8:30
		2	8:30-9:00
		3	9:00-9:15
		4	9:15-11:00
		5	11:00-12:00

Zaman = 00:34:46:254	Süre Fark = 00:48:41:166
Zaman = 00:35:09:461	Süre Fark = 00:49:04:373
Zaman = 00:35:12:322	Süre Fark = 00:49:07:234
Zaman = 00:37:04:455	Süre Fark = 00:50:59:367
Zaman = 00:37:05:939	Süre Fark = 00:51:00:851
Zaman = 00:37:49:942	Süre Fark = 00:51:44:854
Zaman = 00:37:51:991	Süre Fark = 00:51:46:903
Zaman = 00:38:41:837	Süre Fark = 00:52:36:749
Zaman = 00:38:43:969	Süre Fark = 00:52:38:881
Zaman = 00:38:58:87	Süre Fark = 00:52:52:999
Zaman = 00:39:00:377	Süre Fark = 00:52:55:289

Şekil 3.15: Ölçülen zamanların JPEG formatında kayıtları.



	A	B
1		
2		
3	00:48:41:166	
4	00:49:04:373	
5	00:49:07:234	
6	00:50:39:367	
7	00:51:44:854	
8	00:52:06:903	
9	00:52:16:749	
10	00:52:35:881	
11	00:52:39:999	
12	00:52:55:289	
13		
14		

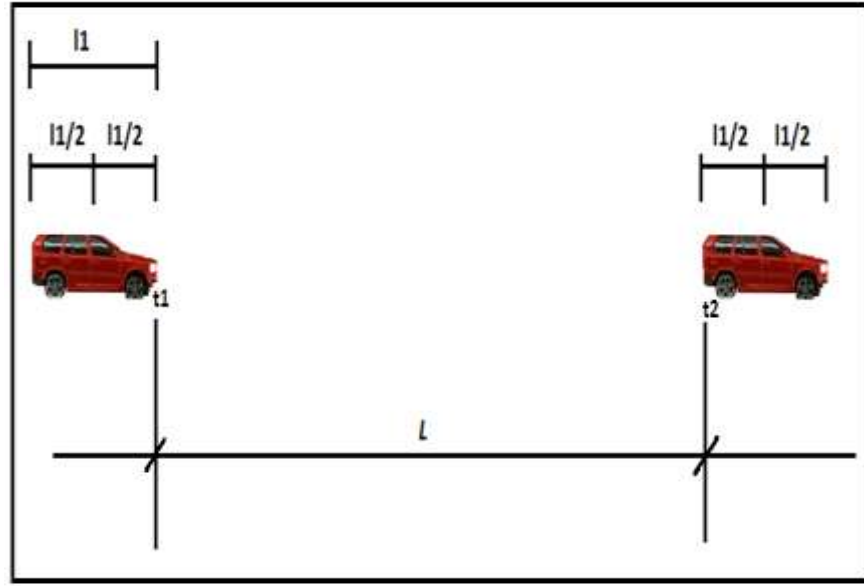
Şekil 3.16: Ölçülen zamanların Excel formatında kayıtları.

Tablo 3.5: Tepe katılımına ait olan ağır vasıtanın hız ölçümü son tablosu.

Saat	Dakika	Saniye	(sn/1000)	Toplam (sn)	Fark (sn)	Uzunluk (m)	Hız, (km/saat)
0,0	48,0	48,0	166,0	2928,2	16,2	24,0	5,33
0,0	50,0	19,0	234,0	3019,2	10,1	24,0	8,53
0,0	51,0	49,0	854,0	3109,9	14,1	24,0	6,15
0,0	52,0	19,0	749,0	3139,8	9,1	24,0	9,46
0,0	52,0	39,0	999,0	3160,0	15,3	24,0	5,65

Tablo 3.5' e göre, Altunizade'deki Tepeden ağır vasıta için gelen akım hızının ortalaması $(5.33+8.53+6.15+9.46+5.65)/5 = 7.03$ km/saat olarak tespit edilmiştir.

Hız hesapları esnasında, zaman ölçümlerinden kaynaklı bir 'hata payı' bulunmaktadır. Bu hata payı, ölçüm yöntemine göre araç boyu ile ilgilidir. Mevcut hız ölçme sırasında kaynaklanan hatanın araç türüne bağlı olarak araç uzunluğu ile ilgilidir. Her ölçüm noktasında, araç boyunun yarısı kadar bir zaman ölçüm hatası yapılabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle, ölçüm noktaları arasında sabit olan bir 'L' mesafesine ek olarak aracın boyuna bağlı olarak her bir ölçüm noktasında bir ' $\pm l_1/2$ ' mesafe hatasının ve tüm ölçüm sürecinde toplamda ' $\pm l_1$ ' mesafe hatasının gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Kaynaklanan bu hatanın hesap yöntemi, şekil 3.17 yardımıyla takip eden satırlarda aktarılmaktadır.



Şekil 3.17: Hız hesaplanmasında kullanılan terimleri.

Hız ölçümü için sabit bir mesafe (L) kullanılmıştır. Bu mesafe, GPS yardımıyla da koordinatları tespit edilen iki direk arasında yer almaktadır. Sabitlenen bu mesafe ile hız ölçümü, aralarındaki mesafe bilinen iki noktaya ulaşan aracın bu noktalardan geçtiği an'lar arasındaki zaman aralığı ile bulunabilmektedir. Belirlenen mesafe değerinin, mesafe içerisinde birinci ölçüm noktasına varan araç için tespit edilen (t_1) zamanının ardından aracın ikinci ölçüm noktasına varması ile tespit edilen (t_2) zamanı ile hesaplanan zaman farkına bölünmesi ile hız bulunmaktadır. Ancak, aracın ölçüm noktasına vardığı an'lar içerisinde kat ettiği mesafe, araç uzunluğu (l_1) ve izleyicinin ölçüm refleksi ile ilişkili bir hata içermektedir. Aracın, ölçüm an'ı içerisinde ölçüm noktasına vardığı konum araç uzunluğu içerisinde bir yerde yer almaktadır. İdeal olarak aracın ön tamponu, ölçüm noktasına ulaştığı an tespit edilmesi gereken zaman, aracın hız değerine ve aracın ölçüm noktasına varış anını gözleyen gözlemcinin refleksine bağlı olarak tam olarak ön tamponun vardığı anda olamayıp, araç uzunluğu içerisinde bir yerin ölçüm noktasına vardığı anda gerçekleşebilmektedir. Araç hızları ve izleyicinin ölçüm refleksi dikkate alındığında bu ölçüm hatasının araç uzunluğunun yarısı kadar mesafe içerisinde yer aldığı kabul edilmiştir. Bu durumda kat edilen mesafe, ölçüm noktaları arasında yer alan deterministik ' L ' mesafesi olmayıp, ' $L \pm l_1/2$ ' olmaktadır. Başka bir deyişle aracın ölçülen zaman aralığı içerisinde kat ettiği mesafe ve dolayısı ile hızı, araç uzunluğuna bağlı bir hata içermektedir. Bu durum neticesinde ölçülen hız, gerçek hızdan bir miktar büyük veya küçük olmaktadır ve bu fark, hız

ölçme hatası olarak adlandırılmıştır. Hız ölçme hatası, araç hız değeri ile doğru orantılıdır ancak çalışma içerisinde ölçme hatası sabit olarak değerlendirilmiştir.

L = iki ölçüm noktası arasındaki deterministik mesafe = 39 m

$$l_n = \text{araç uzunluğu} = \begin{cases} n: 1 = \text{Otomobil} & = 4,5 \text{ m} \\ n: 2 = \text{Minibüs} & = 6 \text{ m} \\ n: 3 = \text{Uzun araç} & = 11 \text{ m} \end{cases}$$

t_1 = Aracın birinci ölçüm noktasından geçme an'ı

t_2 = Aracın ikinci ölçüm noktasından geçme an'ı

$$\text{Hız} = v = L/t$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

Ölçüm noktalarından geçen aracın katettiği toplam mesafede gerçekleşebilecek hata miktarı (L_{err}):

$$L_{err} = \begin{cases} \text{min: } L - l_n/2 \\ \text{max: } L + l_n/2 \end{cases}$$

Ölçüm noktalarından geçen aracın hız tespitinde gerçekleşebilecek hata miktarı (v_{err}):

$$v_{err} = \begin{cases} \text{min: } \frac{L - l_n/2}{\Delta t} \\ \text{max: } \frac{L + l_n/2}{\Delta t} \end{cases}$$

Takip eden satırlarda bir araba için hız ölçme hatası'nın hesabına yönelik bir örnek sunulmaktadır.

$L=39 \text{ m}$

$t_1 = 00:00:15:252$ $t_2 = 00:00:21:190$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 5,94 \text{ sn}$$

$$\text{Ölçülen deterministik hız} = v_{det} = L/\Delta t = 39/5,94 = 23,64 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$$

$$l_1 = 4,5m$$

$$\text{Alt hata payı ile ölçülen mesafe} = l_{1.err-alt} = \left(39 - 4,5/2 \right) = 36,75 \text{ m}$$

$$\text{Üst hata payı ile ölçülen mesafe} = l_{1.err-üst} = \left(39 + 4,5/2 \right) = 41,25 \text{ m}$$

$$\text{Alt hata payı ile ölçülen hız} = v_{1.err-alt} = \frac{\left(39 - 4,5/2 \right)}{5,94} = 22,27 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$$

$$\text{Üst hata payı ile ölçülen hız} = v_{1.err-üst} = \frac{\left(39 + 4,5/2 \right)}{5,94} = 25 \frac{\text{km}}{\text{saat}}$$

$$\text{Hız ölçüm aralığı} = 22,27 \text{ km/saat} < 23,64 \text{ km/saat} < 25 \text{ km/saat}$$

$$\text{Hız hata payı} = 23,64 - 22,27 = 25 - 23,64 = 1,37 \text{ km/saat}$$

$$\text{Hız hata yüzdesi} = 1.37 \text{ km/saat} / 23.64 = \% 5,8$$

$$\text{Hız ölçüm değeri} = 23.64 \pm 1,37 \text{ km/saat}$$

Yukarıda sunulan hesaplar, gereken uzunluklar ile minibüs ve uzun araç için de tekrar edilebilir.

İncelemeye dâhil güzergah üzerinde yer alan bütün kavşaklara dair hız ölçüm değerleri tablo 3,6 ile 3.8 rasında sunulmaktadır. Tablolarda görüldüğü gibi gerekli olduğu kesimlerde (yoğunluğuna göre) araçların otomobil, panelvan ve ağır vasıta 3 sınıf olarak hızı ölçülmüştür. Gerekli olmayan yerlerde ise hem otomobil hem de ağır ve panelvan olarak bir sınıfa ayrılarak iki grup olarak sınıflandırılmıştır. Hız ölçmesine ait bütün JPEG resimler, tablolar, çekilen noktalar v.b bilgiler EK 2' de aktarılmıştır.

Tablo 3.6: Beylerbeyi kavşağına ait ölçülen hız değerleri.

Kavşak	Akım No	Araç sınıfı	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)	Akım ortalaması	Hız (km/saat)
1	1-3	OTO	1	7:00-7:30	1346-1379	1363	29,57
			2	7:30-8:00	1456-1499	1478	27,84
			3	8:00-9:45	1533-1775	1638	31,35
			4	9:45-10:45	1721-1570	1644	46,85
			5	10:45-11:00	1002	1002	30,97
			6	11:00-12:00	1440-1231	1364	45,80
	1-3	PAN	1	7:00-7:30	1346-1379	1363	26,68
			2	7:30-8:00	1456-1499	1478	26,94
			3	8:00-9:45	1533-1775	1638	27,08
			4	9:45-10:45	1721-1570	1644	42,13
			5	10:45-11:00	1002	1002	25,19
			6	11:00-12:00	1440-1231	1364	42,66
	1-3	AĞIR	1	7:00-7:30	1346-1379	1363	24,87
			2	7:30-8:00	1456-1499	1478	27,07
			3	8:00-9:45	1533-1775	1638	27,82
			4	9:45-10:45	1721-1570	1644	37,94
			5	10:45-11:00	1002	1002	34,26
			6	11:00-12:00	1440-1231	1364	35,54
	2-3	OTO	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)	Akım ortalaması	Hız (km/saat)
			1	7:00-8:30	347-470	422	14,26
			2	8:30-9:00	342-391	367	16,06
			3	9:00-12:00	385-264	357	26,15
	2-3	AĞ+PAN	1	7:00-8:30	347-470	422	11,36
			2	8:30-9:00	342-391	367	10,37
			3	9:00-12:00	385-264	357	18,04

Tablo 3.7: Altunizade kavşağına ait ölçülen hız değerleri.

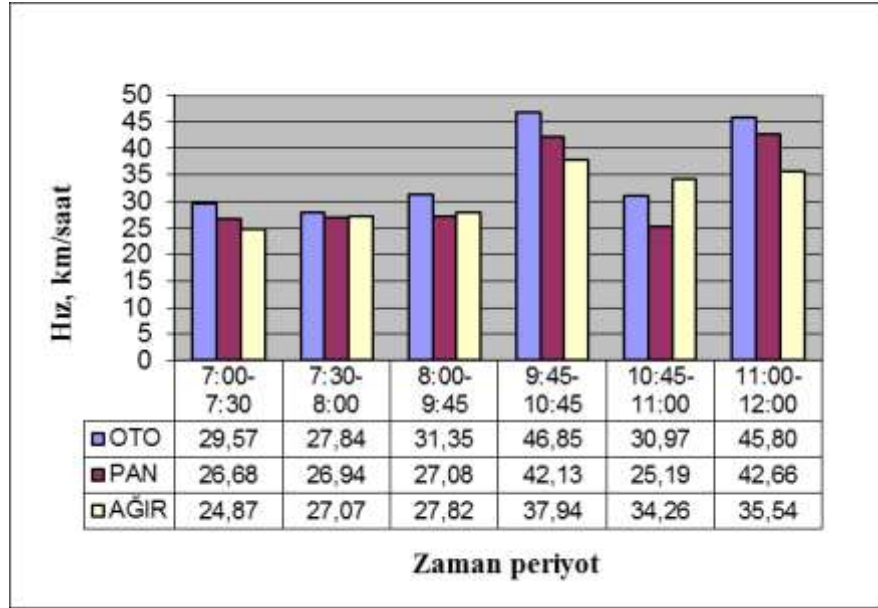
Kavşak	Akım No	Araç Sınıfı	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)	Akım ortalaması	Hız (km/saat)
2	1-5+3-5	OTO	1	7:00-7:30	581-588	585	11,07
			2	7:30-8:15	724-760	746	15,71
			3	8:15-9:00	521-1012	930	19,76
			4	9:00-10:00	805-821	825	60,35
			5	10:00-11:15	910-1025	972	46,08
			6	11:15-12:00	631-732	699	33,06
	1-5+3-5	PAN	1	7:00-7:30	581-588	585	9,90
			2	7:30-8:15	724-760	746	10,40
			3	8:15-9:00	521-1012	930	11,27
			4	9:00-10:00	805-821	825	52,20
			5	10:00-11:15	910-1025	972	41,78
			6	11:15-12:00	631-732	699	21,42
	1-5+3-5	AĞIR	1	7:00-7:30	581-588	585	7,87
			2	7:30-8:15	724-760	746	8,13
			3	8:15-9:00	521-1012	930	12,17
			4	9:00-10:00	805-821	825	30,19
			5	10:00-11:15	910-1025	972	32,67
			6	11:15-12:00	631-732	699	18,89
	4-5	OTO	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)	Akım ortalaması	Hız (km/saat)
			1	7:00-8:30	352-531	457	13,68
			2	8:30-9:00	427-472	449	23,78
			3	9:00-9:15	392	392	43,05
			4	9:15-11:00	336-392	358	25,01
			5	11:00-12:00	219-315	283	21,27
	4-5	AĞ+PAN	1	7:00-8:30	352-531	457	10,48
			2	8:30-9:00	427-472	449	13,52
			3	9:00-9:15	392	392	7,02
			4	9:15-11:00	336-392	358	22,61
			5	11:00-12:00	219-315	283	18,66

Tablo 3.8: Uzunçayır kavşağına ait ölçülen hız değerleri.

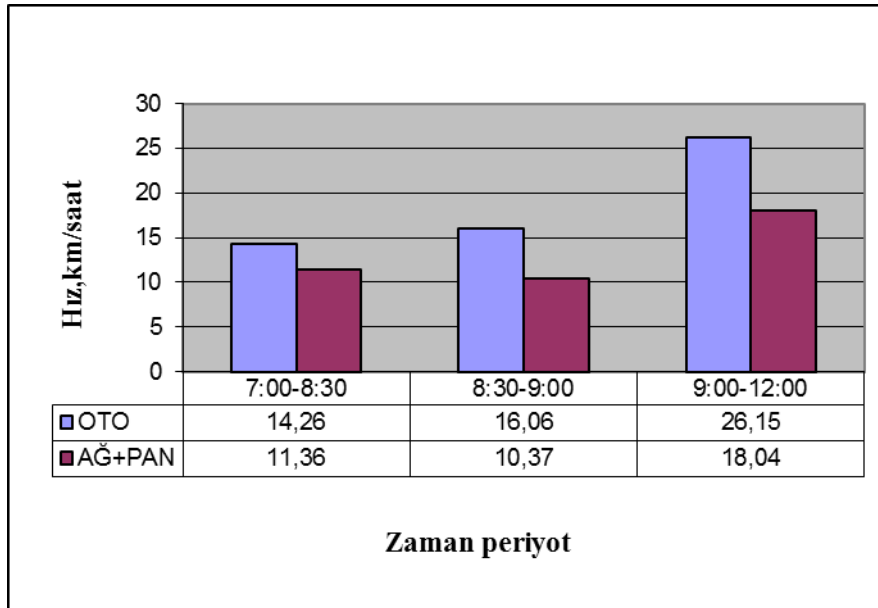
Kavşak	Akım No	Araç sınıfı	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)	Akım ortalaması	Hız (km/saat)
4	1-4	OTO	1	7:00-8:00	214-246	227	90,53
			2	8:00-8:45	278-322	300	97,75
			3	8:45-9:45	370-424	388	94,45
			4	9:45-12:00	440-479	456	86,99
	1-4	PAN	1	7:00-8:00	214-246	227	86,90
			2	8:00-8:45	278-322	300	87,83
			3	8:45-9:45	370-424	388	84,84
			4	9:45-12:00	440-479	456	83,26
	1-4	AĞIR	1	7:00-8:00	214-246	227	86,67
			2	8:00-8:45	278-322	300	83,60
			3	8:45-9:45	370-424	388	79,54
			4	9:45-12:00	440-479	456	74,97
	3-4	OTO	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)	Akım ortalaması	Hız (km/saat)
			1	7:00-8:30	264-126	167	80,51
			2	8:30-9:45	160-259	220	82,08
			3	9:45-11:00	270-298	284	79,58
			4	9:45-12:00	298-300	287	80,88
	3-4	AĞ+PAN	1	7:00-8:30	264-126	167	68,62
			2	8:30-9:45	160-259	220	79,18
			3	9:45-11:00	270-298	284	69,41
			4	9:45-12:00	298-300	287	67,92
	4-6	OTO	Grup	Periot (saat)	Akım (araç/15 dk)		Hız (km/saat)
			1	7:00-9:00	254-357	298	79,78
			2	9:00-9:15	445	445	75,02
			3	9:15-9:30	520	520	61,72
			4	9:30-10:15	580-711	645	70,38
			5	10:15-11:00	722-783	754	80,99
			6	11:00-12:00	811-837	823	79,26
	4-6	AĞ+PAN	1	7:00-9:00	254-357	298	62,39
			2	9:00-9:15	445	445	56,61
			3	9:15-9:30	520	520	43,94
			4	9:30-10:15	580-711	645	45,52
			5	10:15-11:00	722-783	754	54,54
			6	11:00-12:00	811-837	823	55,70

Beylerbeyi kavşağında, 1-3 akıma dair ölçülen hız değişimleri Şekil 3.18’de gösterilmiştir. 2-3 akımı ise şekil 3.19’da gösterilmiştir. Gösterilen şekle göre, araç türleri, oto (otomobil) , pan (panelvan) ve ağır (tır, iett, servis, kamyon) olarak üç

kümede sınıflandırılmıştır. Çekilen kümelerin ölçüm aralığı trafik hacim değerlerine göre seçilmiştir.



Şekil 3.18: Beylerbeyi kavşağında, 1-3 akıma dair ölçülen hız değişimleri.



Şekil 3.19: Beylerbeyi kavşağında, 2-3 akıma dair ölçülen hız değişimleri.

3.5. SİMÜLASYONUN HAZIRLANMASI VE KALİBRASYONU

Arazi gözlemleri ve 1/5000 hâlihazır haritaları ile uydu fotoğrafları kullanılarak, çalışma kesimindeki yol genişlikleri, katılma ve ayrılma kollarının açılıarı ile ana yollar

ile birleşme şekilleri belirlenerek PTV şirketi tarafından verilen geçici eğitim lisansı kullanılarak çalışma kesiminin mevcut durumu VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmıştır. Şekil 3.20’ de, çalışma kesiminin Altunizadeye ayrılma kolunun VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış durumunu göstermektedir. Şekil 3.21’ de ise, taşıtların geçiş önceliklerinin Beylerbeyi katılımında mevcut duruma göre nasıl olduğunu gösterilmiştir.

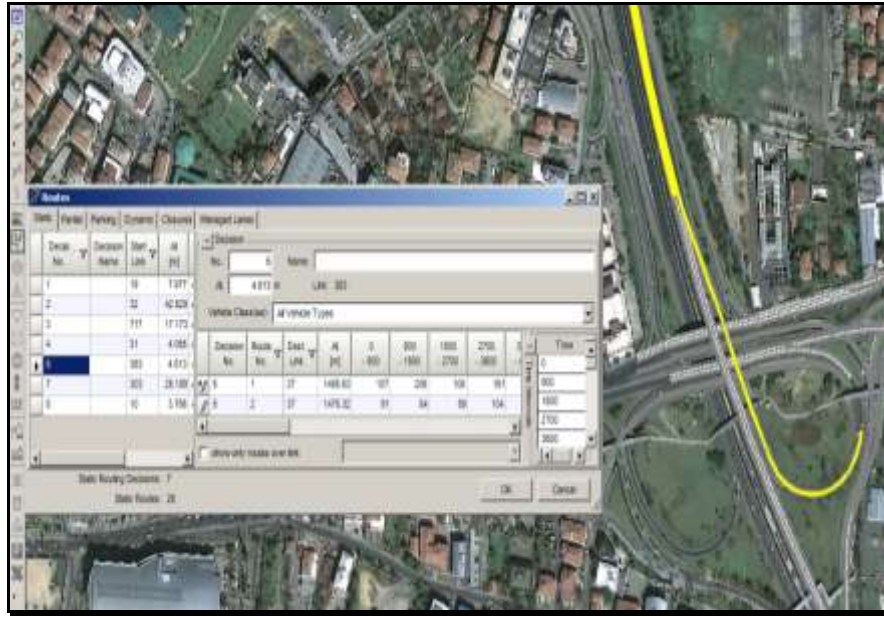


Şekil 3.20: Altunize ayrımının VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış hali.



Şekil 3.21: Taşıtların geçiş önceliklerinin Beylerbeyi katılımında gösterimi.

Yol özellikleri simülasyona göre belirlendikten sonra trafik sayımlarının simülasyona girişleri yapılmıştır. Sayımlar 15 dakikalık olduğu için simülasyonda da her ölçüm aralığında değişen taşıt sayıları sisteme girilmiştir. Bunun anlamı ise verilerin dinamik olarak çalışma kesimi içerisine gireceğinin kabul edilmesidir. Şekil 3.22’ de trafik sayımlarının taşıt sürüş güzergâhlarına göre girilmesi, Şekil 3.23’ de ise trafik hacimlerinin dakikalık dilimler halindeki simülasyona girilmesi durumu gösterilmektedir.



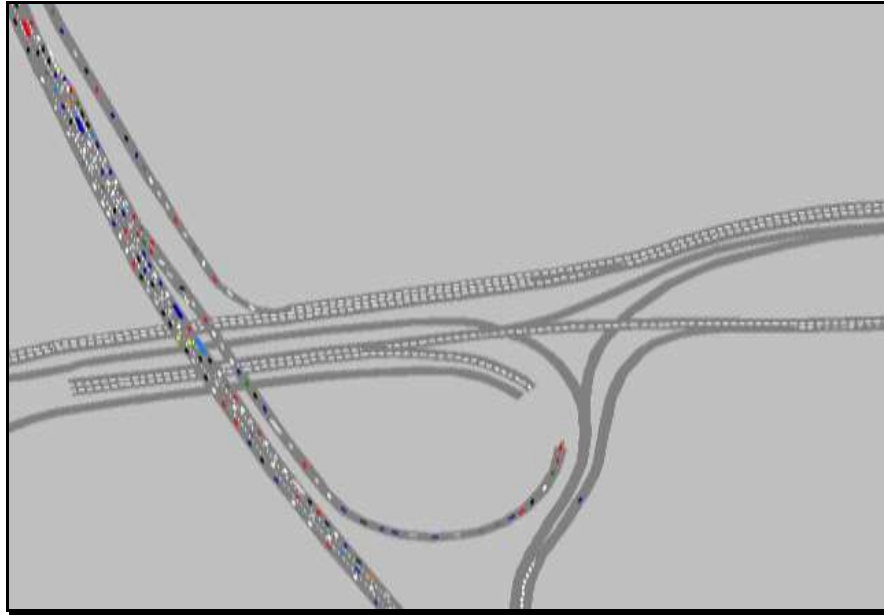
Şekil 3.22: Trafik sayımlarının, taşıt sürüş güzergahlarına göre girilmesi.



Şekil 3.23: Trafik sayımlarının 15 dakikalık zaman dilimine göre simülasyona girilmesi.

Bu adımlardan sonra çalışma alanının mevcut durumunu gösteren simülasyon modelinin kurulum aşaması çoğunlukla tamamlanmıştır. Kurulan simülasyon modelinin gerçek ile uyumunu gözlemlemek ve modeli geri bildirim ve iterasyon ile kalibre etmek için deneme işletimleri yapılmıştır. Kurulan simülasyon modelinin gerçek durumu (mevcut durum) temsil edip etmediğinin tespiti için gerçek ölçümler ile karşılaştırılması ve kalibrasyon işlemlerinin yapılması gerekmiştir. Şekil 3.24’ de bu çalışma sırasında çalışmaya dair ekran görüntüsü gösterilmiştir.

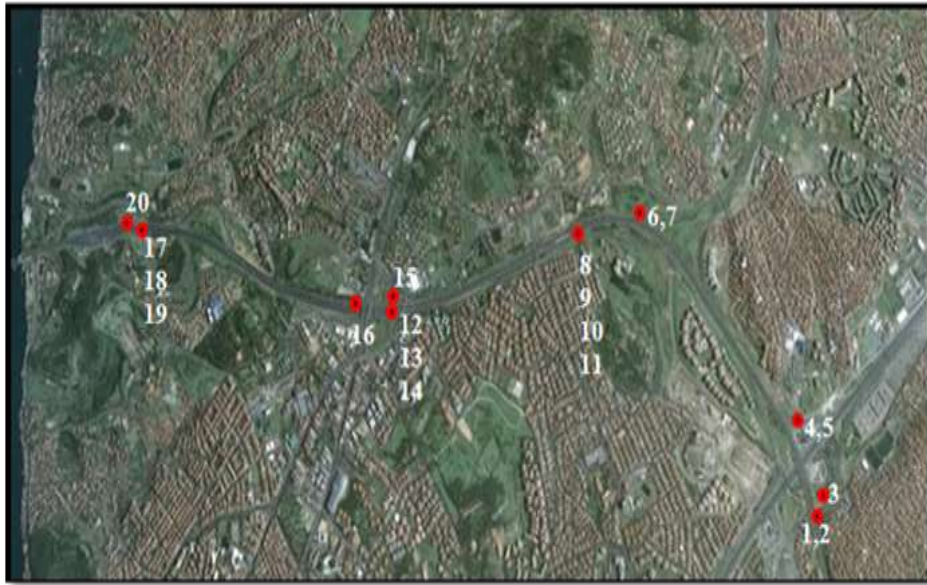
Genel olarak bu çalışmada, kalibrasyon için kullanılan parametre olarak belirli kesimlerden geçen 15 er dakikalık zaman diliminde geçen taşıt sayıları, yani hacim değeri esas olarak kabul edilmiştir. Simüle edilen çalışma alanındaki belirli kesimlerden geçen 15 er dakikalık zaman diliminde geçen taşıt sayıları değerleri ise, karayolu kesimi üzerine program tarafından konulan dedektörler aracılığı ile alınmıştır. Şekil 3.25’ de dedektör yerleşimi işlemi, Şekil 3.26’ da ise, dedektör yerleştirilen yol kesimleri gösterilmektedir. Böylece, arazide yapılan ölçümler gerçek değer olarak kabul edilmiş, simülasyondan dedektörler tarafından alınan değerler ile kıyaslanmıştır.



Şekil 3.24: Simülasyon ekranının görünümü.



Şekil 3.25: Dedektör yerleşim işlemi



Şekil 3.26: Dedektör yerleştirilen yerler ve numaraları.

Simülasyon modelindeki dedektörlerden elde edilen veriler ile sayım sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılması ile simüle edilen sonuçlar ile mevcut veriler birbirine 90 % oranında yakın olduğu takdirde model yakınsak kabul edilmiştir. Bu durumda oluşturulan model ile öngörülen testlerin (hız yönetimi, katılım kontrolü, geometric düzeltme v.s) gerçekleştirilebilir olduğu kabul edilmiştir. Şayet sahadan toplanan veriler ile modelin ürettiği değerler arasında kabul edilen orandan daha düşük bir örtüşme olduğu takdirde kalibrasyona devam edilerek yakınsama sağlanmıştır.

4. GECİKME DEĞERLERİNİN AZALTILMASINA YÖNELİK PARAMETRİK İRDELEME

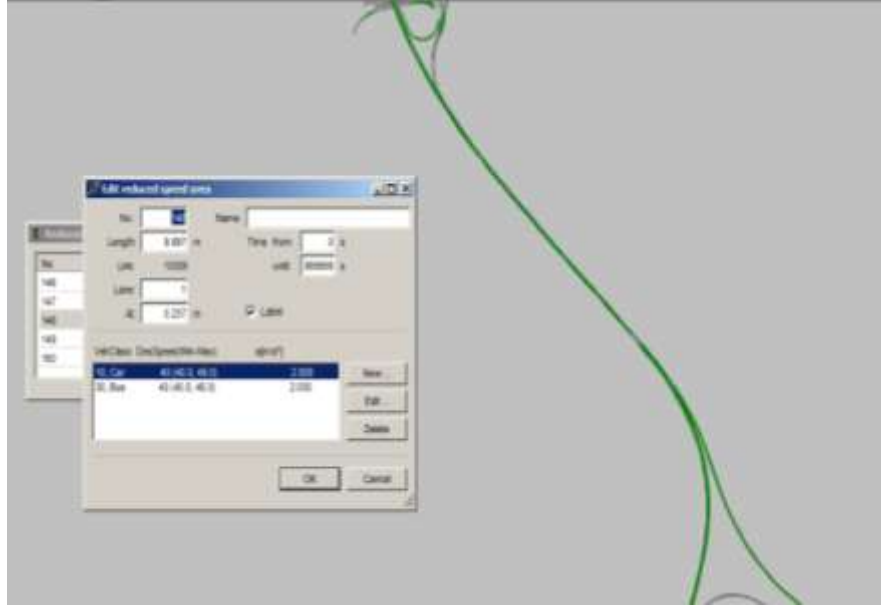
Bu bölümde trafik gecikmesini etkileyen bazı etkenler incelenmiştir. Bu etkenler: 1. Hız yönetimi, 2. Trafik kompozisyonu, 3. Geometrik düzenleme ve 4. Katılım kontrolü olarak incelenmiştir. Hız yönetimi ile belirli yol kesimlerinde sabit hızlarla gidilmesi sağlanmıştır. Muhtelif hız değerlerinde, hız ve hıza bağlı gecikmeler arasındaki ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Trafik içerisinde ağır taşıt yüzdeleri, manevraları, katılım ve ayrım bölgelerinde davranışlarının oluşan gecikmeler üzerine etkileri araştırılmıştır. Talebin kapasiteyi aştığı kesimlerde ve katılımlardan dolayı oluşan darboğaz bölgelerinde katılım kontrolünün etkin sonuçlar verip vermediği incelenmiştir. Trafik gecikme değerleri üzerinde geometrik düzenleme etkisi ayrıca kademelendirilerek: 3.1 Şerit genişlik etkisi, 3.2. Gerekli görüldüğü yerlerde katılım bölgelerinde oluşan iki araç sırasının tek sıraya indirgenmesi ve 3.3. Mümkün olan yerlerde şerit sayısının artırılması olarak 3 alt başlık altında incelenmiştir. İfade edilen bu geometrik düzenlemelerin, gecikmeler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Özetle, bu bölüm içerisinde yukarıdaki ifade edilen etkenlerin, çalışma kapsamında güzergâh performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

4.1. HIZ YÖNETİMİNİN GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Genel ve kapsayıcı tanımı itibarıyla hız yönetimi, belirli bir yol kesimindeki trafik akımının düzenli olarak akmasının sağlanarak, söz konusu kesimden daha fazla trafik hacminin geçmesinin sağlanması demektir. Sunulan tez içerisinde aktarılan saha çalışmalarının gerçekleştiği Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yol kesimlerinde toplanan veriler ışığında, meydana gelen trafik sıkışıklığının azaltılması için muhtemel hız yönetimi uygulamalarının sonuçları tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen simulasyon modeli, işlenmiş saha verilerinin kullanılmasıyla oluşturulmuş ve kalibre edilmesinin ardından, ilgili bölge koşulları kapsamında parametrik tespitlerin elde edilmesinde kullanılmıştır.

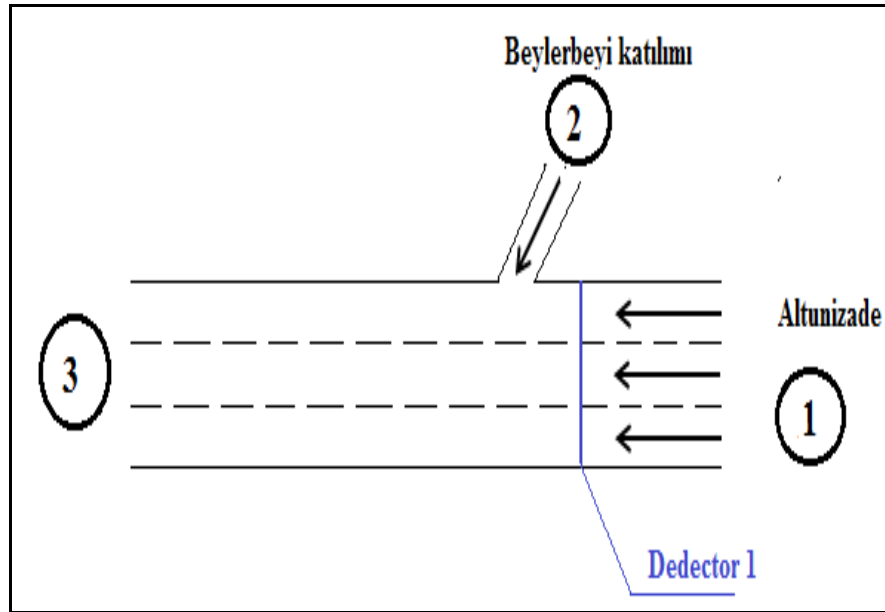
Hız yönetiminin uygulanabilmesi için, belirli yol kesimlerinde sabit hızlarla gidilmesinin sağlanması gerekmektedir. Oluşturulan simülasyon modeli yardımı ile Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yollarında olası sabit hız uygulamalarının sonuçlarını görmek mümkün olmuştur. Gerçek ortamda hız yönetimi uygulaması ise, Değişken Mesaj Panoları (DMP) yardımıyla olabilecektir. Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yolları ile katılma ve ayrılma kesimlerinde DMP'ler yerleştirilerek sürücülerin hız kısıtlamalarına uymaları sağlanabilecektir. Doğal olarak sürücülerin bu duruma alışmaları zaman alabilecek bir süreç olup, bu süreçte EDS Kameraları ile birlikte dijital hız ölçümü gösteren panoların kullanılması da uygulanacak sistemin yerleşmesi bakımından önemlidir. Bu çalışmada, Boğaziçi Köprüsü ve O-1 Karayolu bağlantı yolları ile katılma ve ayrılma kesimlerinde (O-2 karayolu Çamlıca katılımı hariç) uygulanabilecek sabit hızlar sırasıyla 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 ve 100 km/saat olarak seçilmiştir. Bu uygulama sırasında çalışma alanı kapsamındaki güzergâh üzerinde önce katılma ve ayrılma kollarında hiç bir geometrik düzenleme yapılmadan trafik seyir özellikleri tespit edilmiş sonrasında da geometrik düzenleme ve katılım kontrolü yapılmıştır.

Bir yol kesiminde sabit hız uygulamasının etkilerini görebilmek için simülasyon ortamında taşıtların hızlarını azaltmaları veya arttırmaları sağlanmıştır.. Şekil 4.1 de simülasyon yardımıyla hız sınırlaması uygulamasına dair bir ekran görüntüsü görülmektedir.

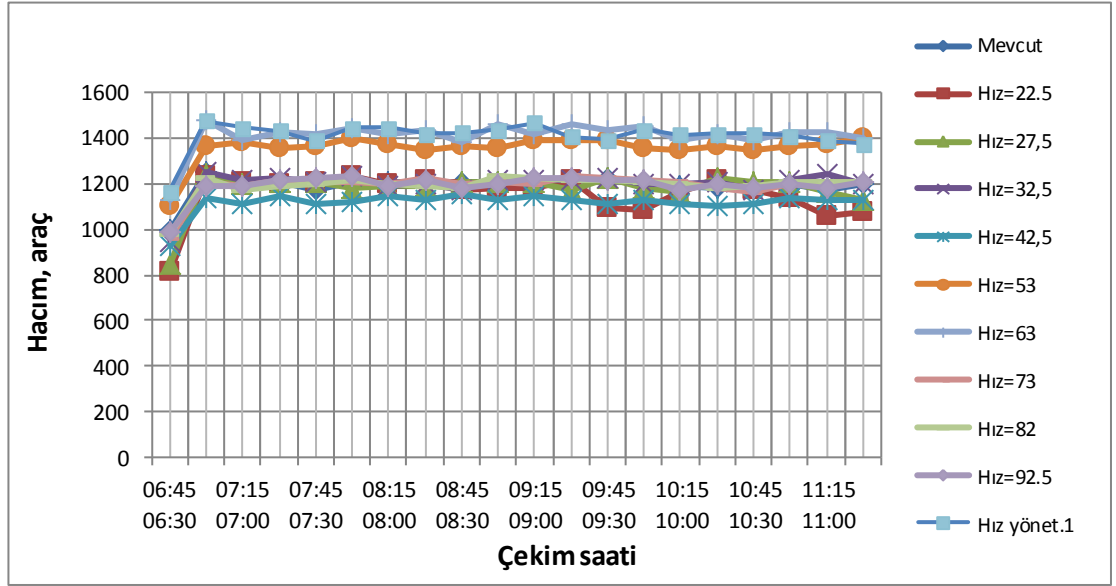


Şekil 4.1: Simülasyon ortamında hız sınırlaması uygulaması.

Şekil 4,2’de Beylerbeyi kavşağı gösterilmiştir. Mevcut durumu gösteren simülasyon modeli sonuçları ile 22.5, 27.5, 32.5, 42.5, 53, 63, 73, 82 ve 92.5 km/saat olarak uygulanan sabit hızların Beylerbeyi’nde 1 numaralı dedektörün yerleştirildiği kesimden geçen taşıtların hacim değerleri üzerine etkileri şekil 4.3’te gösterilmektedir.

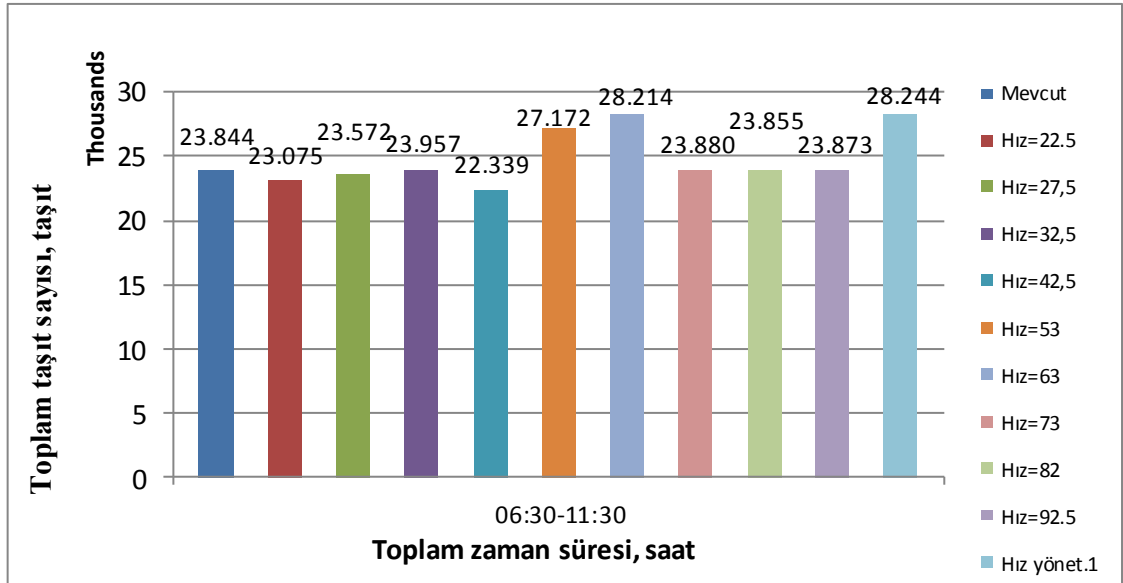


Şekil 4.2: Beylerbeyi kavşak akımları.

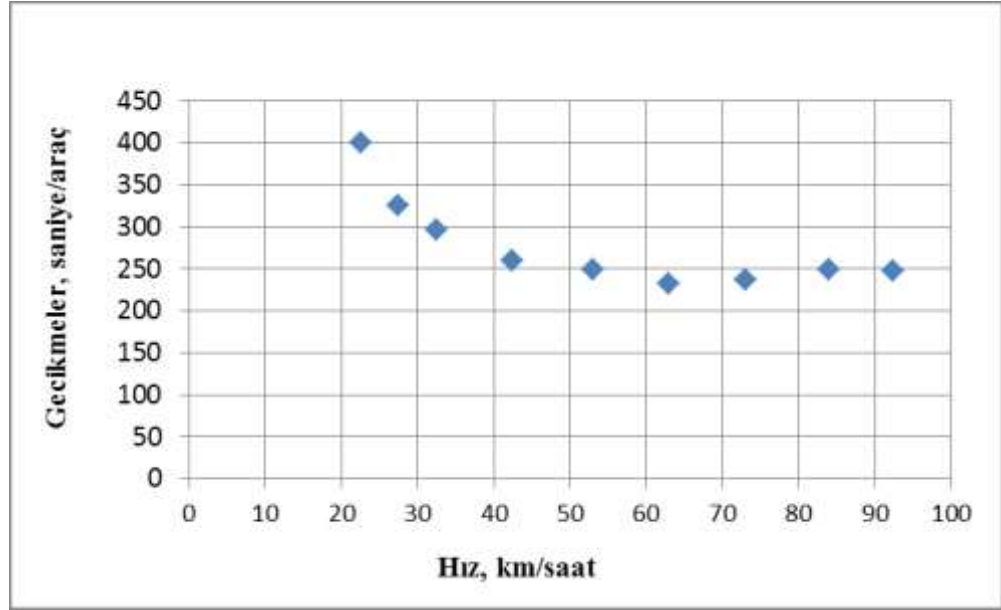


Şekil 4.3: Beylerbeyi 1. Kesimde hız yönetimi uygulamasının etkileri.

Şekil 4,4’de Beylerbeyi kesiminden, hız yönetimi önerilerine ait toplam geçen sayısı gösterilmiştir. Gösterildiği gibi, hız yönetim. Adlı olan önerinin en iyi öneri olduğunu görülmektedir. Adı geçen öneri ile mevcut duruma göre toplam geçen taşıt sayısı %18 (28.244/23.844) artırılmıştır. Şekil 4,5’de görüldüğü gibi hız belirli bir değere (65 km/saat) yaklaştıkça gecikme değeri azalmakta ancak sonrasında tekrar artma eğilimine girmektedir.



Şekil 4.4: Beylerbeyi dedector1’den 5 saat boyunca geçen taşıt sayısı



Şekil 4.5: Hız - gecikme ilişkisi.

Çalışma kapsamında bu değer 65 km/saat olarak bulunmuştur. Bu değer, hız – gecikme ilişkisini ifade eden eşitliğin hız’a göre değişiminin sıfır olduğu noktada tespit edilebilmektedir. Başka bir deyiş ile gecikmelerin en aza indirilebilmesi için uygulanması gereken optimum hızın değerinin yaklaşık 65 km/saat olduğu tespit edilmiştir. Şekil – 4,5’te sunulan grafik iki ana bölge içerisinde incelenebilir. Birinci bölge 0 hız’dan, gecikme değerinin en aza indiren optimum hız değerine kadar uzanan kısımdır. Bu bölgede hız arttıkça gecikmeler azalmaktadır, bu aksiyom bir neticedir çünkü iki nokta arasındaki mesafeyi geçebilmek için hız ne kadar yüksek olursa harcanan zaman o kadar az olur. Ancak hız artışıyla azalan gecikmeler çalışma alanının sadece belirli bir kesimi boyunca geçerlidir. Bir yol ağı söz konusu olduğunda, katılım ve ayırım etkisi, şerit sayısının azalması, katılımların arasındaki mesafe ve diğer geometri tasarım elemanları bir bütün olarak dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla belirli bir ağın ilk kesimlerinde hızın artışından kaynaklanan olumsuz etkiler, ağın ileri kısımlarında ortaya çıkabilmektedir.

Böylelikle, ana akımın hızı yüksek kalırsa hacim de artar ve bunun neticesinde belirli bir zamana kadar bu trafik tıkanıklığı devam eder. Ancak sürücülerin seyrin başından beri en uygun hız değerini tutarak akışta kalmaları durumunda akımın kesintisiz ve gecikmesiz akışı sağlanabilmektedir. Hız yönetimi ile yaklaşık olarak %18 zaman tasarrufu elde edilmiştir. Mevcut durumda ağın ortalama gecikme değeri yaklaşık olarak

250 saniye iken, hız yönetimi ile bu gecikme 202 saniye düşürülmüştür. Bu kazanılan zaman herhangi bir geometri ya da katılım kontrolü yapılmadan gerçekleştirilmiştir.

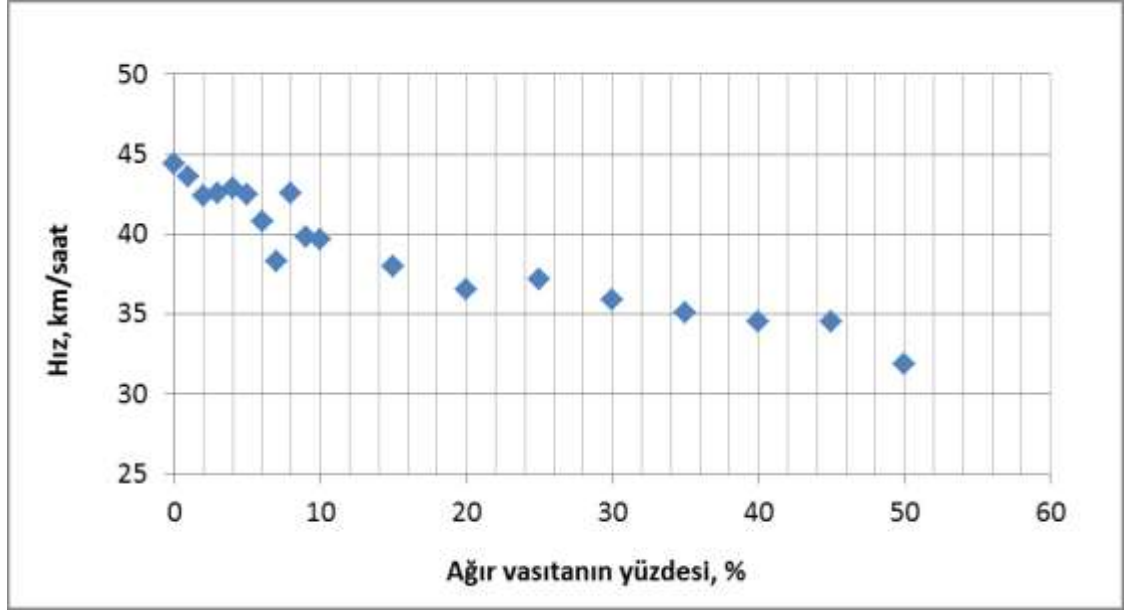
4.2. TOPLU TAŞIMA VE HAFİF NAKLİYE TAŞITLARININ GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ:

Şehir içi karayollarında ağır vasıta varlığının iki önemli etkisi “gecikmeler” ve “trafik güvenliği” olmaktadır. Bu iki olgu birbirini etkilemekte olup, ağır vasıtaların yarattığı tıkanıklıklar kaza olasılığını arttırırken, ağır vasıta içeren kazalar ise gecikmeyi arttırmaktadır. Kentsel bölgeler veya metropol şehirlerde ağır vasıta ile ilgili diğer dikkate alınması gereken hususlar, “verimlilik”, “ulusal ve yerel ekonomiye katkı” ve “çevresel etkiler” olarak sıralanabilir. Diğer taraftan, ağır taşıtların yollardaki diğer araçlar üzerinde trafik seyrinde önemli sorunlar yaratan diğer etkileri de bulunmaktadır. Örneğin ağır taşıt ebatlarının civarındaki otomobiller üzerinde manevra kısıtlayıcı fiziksel ve otomobil sürücüleri üzerinde olumsuz psikolojik etkisi bulunmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre (48), birçok araç türünün yer aldığı trafikte araçların seyir aralıkları (headways) artabilir ve bunun neticesinde, yol kapasitesi üzerinde etkisi bulunan tıkanıklıklar ve gecikmeler oluşabilir.

Çalışma alanının içerisinde incelenen ikinci kavşaktan (Altunizade kavşağı) sonra ağır vasıta geçişi yasaklanmıştır. Ancak metrobüs araçları (Beylerbeyi kavşağında) diğer taşıtlar ile birleşip trafiği etkilemeye başlamaktadır. Bu bölgede İETT otobüsleri, personel servisleri, panelvanlar ve kamyonetler de geçmektedir. Başka bir deyişle Uzunçayır-Altunizade kavşağına uzanan mesafe boyunca da toplu taşıma ve hafif nakliye araçları bulunmaktadır, otomobillere kıyasla daha ağır ve uzun sınıfta yer alan taşıtların geçmesine izin verilmektedir. Böylece, incelenen bölge içerisinde yer alan toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının bütün çalışma alanı boyunca etkisi bulunmaktadır. Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının, oluşan gecikmeler üzerine etkisi ölçebilmek için VISSİM Mikrosimülasyon programından yararlanılmıştır. Bu taşıtların toplam trafik hacmine göre yüzdeleri, %0’ dan %50’ e kadar %5’ lik aralıklar ile artırılarak trafik sıkışıklığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının ağ performansı üzerine etkileri iki parametre ile ölçülmüştür. Uygulanan yüzdelerine ait, toplanan hız değerlerinin ortalamaları şekil 4.6’ da gösterilmektedir. Bu araçların yüzde değerlerinin gecikme ve hız üzerindeki

etkisi tablo 4.1’de gösterilmiştir.

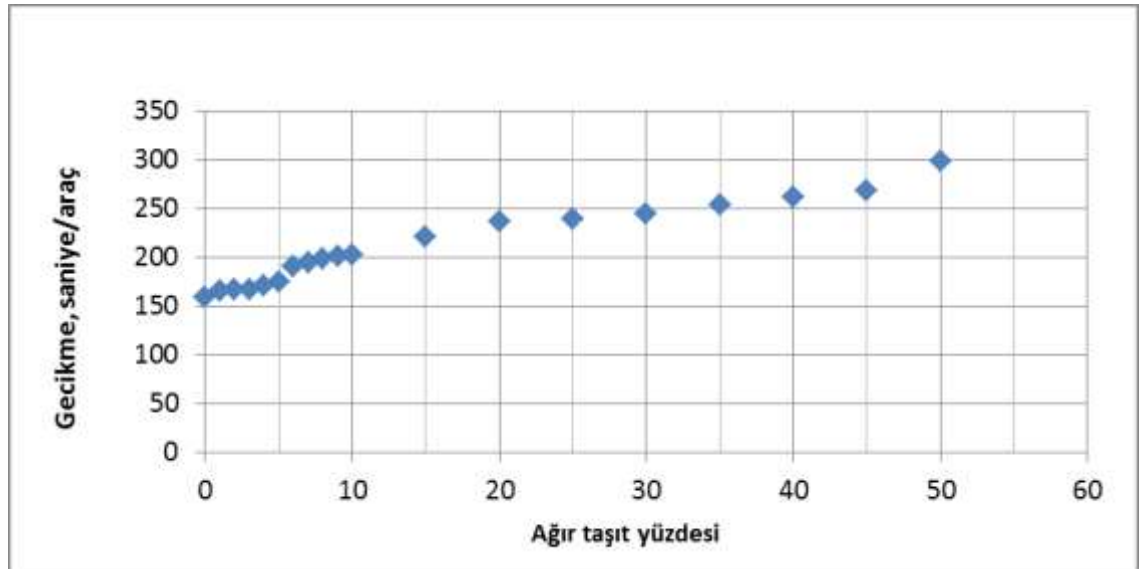


Şekil 4.6: Hız-ağır vasıtanın yüzdesi ilişkisi.

Tablo 4.1: Ağır vasıta etkisi.

Ağır yüzdesi %	Gecikme Saniye/Araç	Hız Km/Saat	Hız azalış yüzdesi %	Gecikme artışı yüzdesi %
0	158,2	44,4	0,0%	0,0%
1	165,0	43,6	1,8%	4,2%
2	166,8	42,4	4,9%	5,2%
3	166,3	42,5	4,4%	4,9%
4	171,2	42,9	3,6%	7,6%
5	174,7	42,5	4,6%	9,5%
6	190,8	40,8	8,9%	17,1%
7	194,6	40,3	10,2%	18,7%
8	198,2	39,6	12,3%	20,2%
9	200,4	39,8	11,6%	21,1%
10	201,9	39,7	12,0%	21,7%
15	220,1	38,0	17,0%	28,1%
20	236,9	36,5	21,6%	33,3%
25	238,5	37,2	19,4%	33,7%
30	245,0	35,9	23,9%	35,4%
35	253,9	35,1	26,5%	37,7%
40	261,1	34,5	28,8%	39,4%
45	267,4	34,5	28,8%	40,9%
50	297,9	31,9	39,5%	46,9%

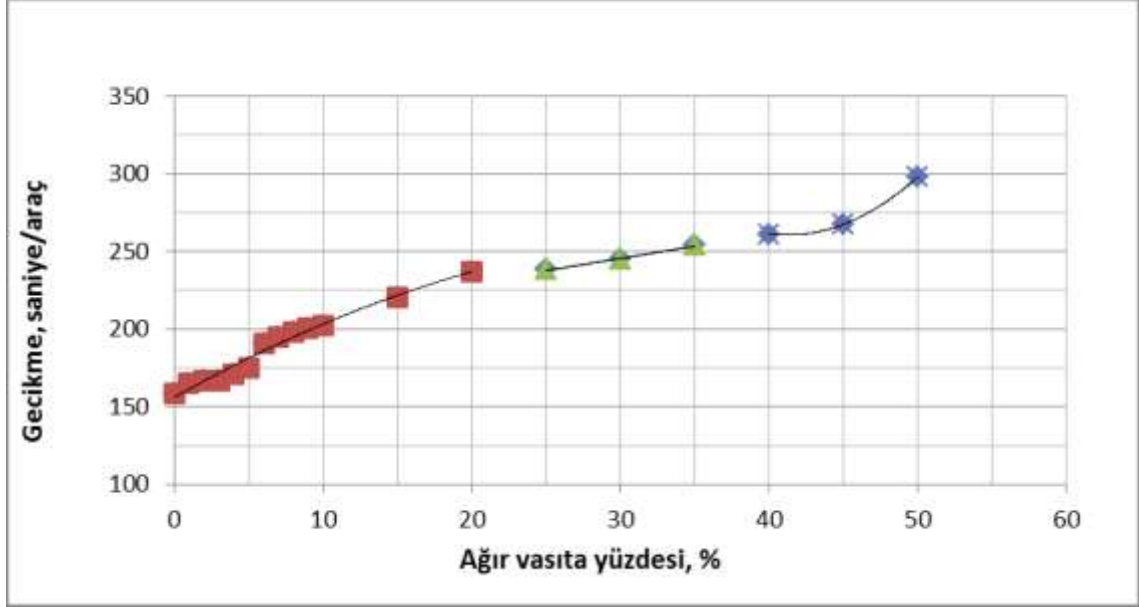
Mevcut durumda ortalama ağır vasıta yüzdesi yaklaşık olarak 12% bulunmuştur. Bununla birlikte, mevcut durumun ortalama hız değeri 36 km/saat civarında bulunmuştur. Trafiğe toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının katılımının engellenmesi durumunda oluşan ortalama hız değeri 36 km/saat'den 44 km/saat'e artmaktadır (22% artış). Şekil 4,6'ya göre toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının yüzdesi 0 iken, ortalama hız 44,4 km/saattir. Sonrasında toplu taşıma ve hafif nakliye araç yüzdesi arttıkça ortalama trafik hızı azalmaktadır. Örnek olarak, bu taşıtların oranının %30' a çıkması durumunda ortalama trafik hızı yüzde 20% azalmaktadır. Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının trafiğe katılımları ile gözlenen trafik seyir hızı azalması, bu taşıtların ayırım ve katılım bölgelerinde ana trafik ile birleşmelerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, seyir halinde sollamaları veya manevraları esnasında bu taşıtların civarlarındaki otomobil sürücülerine etkileri bulunurken, otomobil sürücülerinin tamamı veya bir kısmı araçlarının hızlarını düşürmek zorunda kalarak trafik seyir hızının düşmesine neden olmaktadır. Sonuç olarak, toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının oranı %0 iken ortalama hız 44,4 km/saat olarak ölçülmüş ve bu taşıtların oranı %50' ye çıktığında ortalama hız değerinin %35 azaldığı tespit edilmiştir. Öte yandan toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının oluşan gecikmeler üzerinde etkisi de bu araştırma kapsamında incelenmiş ve elde edilen veriler şekil 4,7' de aktarılmıştır.



Şekil 4,7: Gecikmeler-ağır vasıta ilişkisi.

Mecut durumda %12 olan ortalama ağır vasıta ile ortalama gecikme yaklaşık olarak 249 saniye/araç bulunmuştur. Şekil 4,7' de aktarılan verilere göre, trafikteki toplu taşıma ve

hafif nakliye araçlarının yüzdesi arttıkça beklendiği gibi gecikmeler de aynı şekilde artmaktadır. Öte yandan, gecikme değerlerinin bu taşıtların trafikteki oranları ile değişiminin grafiği şekil 4,8’ de görüldüğü gibi üç bölüm içerisinde incelenebilir.



Şekil 4.8: Gecikmeler-ağır vasıta grafiği ayrılması.

Ağır vasıta oranının %0 ile %20 arasında değiştiği birinci bölüm içerisinde gecikmeler, ağır vasıta oranı ile doğrusal bir ilişki içindedir. . Örneğin ağır vasıta oranı %0 olduğunda meydana gelen ortalama gecikme 158 saniye/araç iken oran %20’ye çıktığında ortalama gecikme %40 artarak 222 araç/saat’ e ulaşmıştır.

İkinci bölüm ise yüzde 25 ile 40 arasında uzanmaktadır. Bu bölümde gecikmeler ağır vasıta oran ile yine doğrusal bir ilişki içerisinde artmakla birlikte artış oranı birinci bölüme kıyasla daha düşüktür. Ağır vasıta oranında %25’den %40’a artış, ortalama gecikmede sadece %10’luk bir artışa neden olmaktadır.

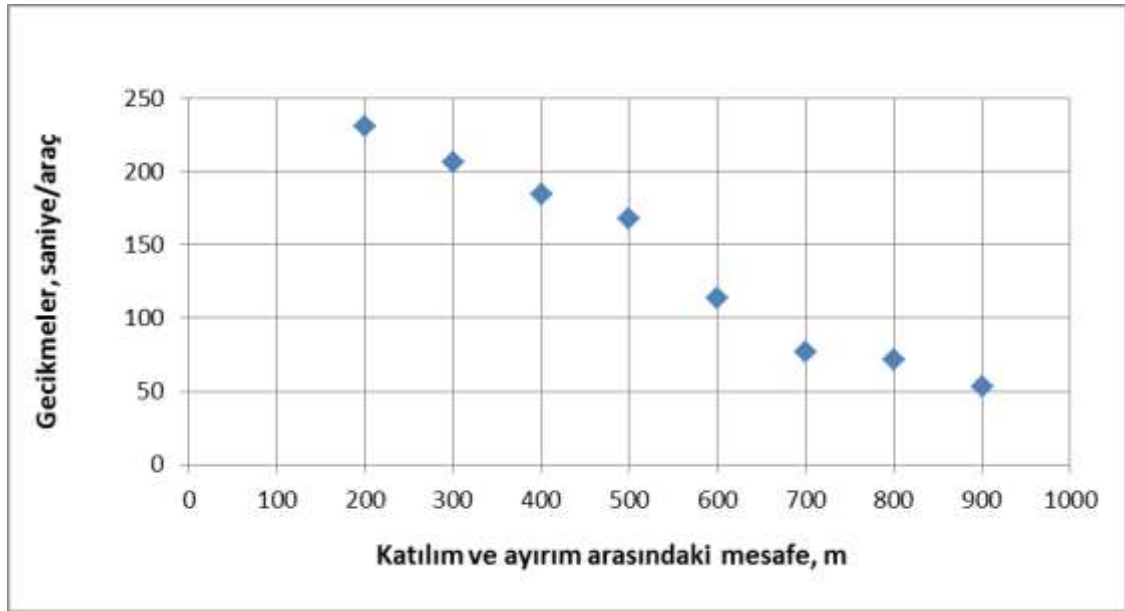
Şekil 4,8’in üçüncü bölümünde ağır vasıta yüzdesinin artışı ile gecikme değerleri doğrusal olmayan ikinci dereceden bir artış içerisine girmiştir. Örnek olarak, ağır vasıta oranı %40’dan %50’ye çıktığında gecikmeler %25 artarak 261 saniye/araç’ dan 298 saniye/araç değerine çıkmıştır.

Bu üç bölüm içerisinde meydana gelen değişimler yorumlanacak olursa, tek tür taşıtların seyir halinde olduğu bir trafiğe yeni tür taşıtların katılımı, bir düzensizlik ve uyum sağlama evresi başlatmaktadır. Yeni taşıt tür miktarını artması ile trafik

içerisindeki akım, bu yeni katılıma uyum sağlar bir hale bürünmektedir. Ancak belirli bir doygunluk anından sonra yeni tür taşıtların katılım oranından daha yüksek oranlarda gecikmeler oluşmaya başlamaktadır.

4.3 KATILIM VE AYRIM ARASINDAKİ MESAFENİN GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ:

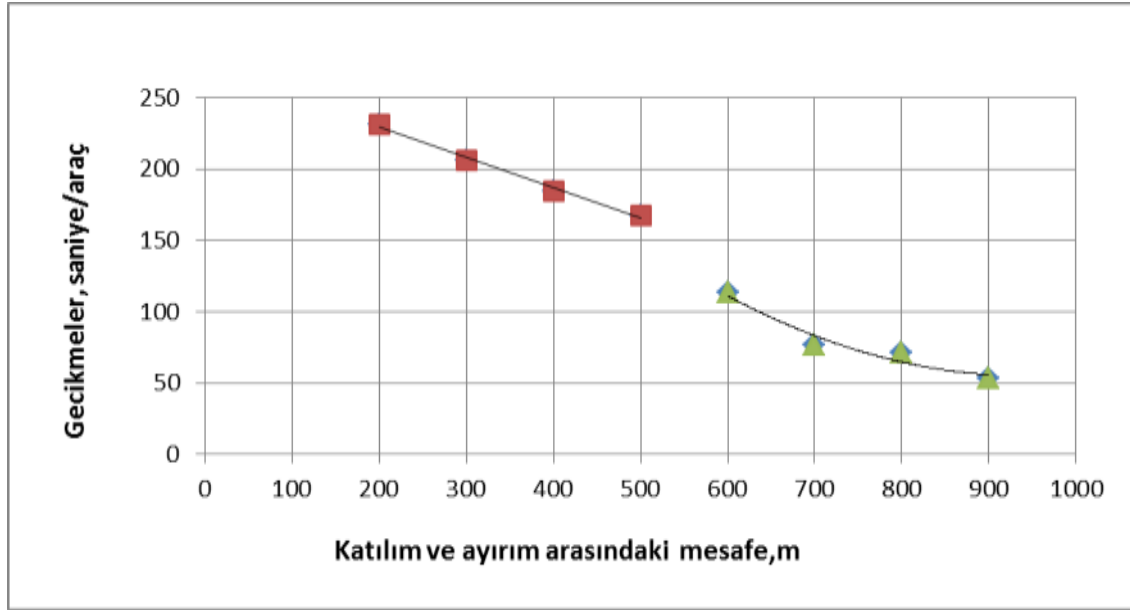
Katılımlar ve ayrımlar arasındaki mesafenin olası gecikmeler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla mesafeler değiştirilerek bu değişikliğin ağ performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Katılım ve ayırım kesimlerinin birbirine yakın olması nedeni ile sürücü davranışının etkilenebileceği, sürücülerin sollama yapmasının zorlaşmasıyla ağ performansının düşeceği öngörülmüştür. Katılım ve ayırım arasındaki mesafenin artmasıyla sürücülerin manevra yapabilecekleri mesafe de arttığı için trafik akış değerlerinin iyileştiği gözlemlenmiştir. Göz önüne alınan güzergâh uzunluğunun yaklaşık olarak 10 km olması nedeniyle katılım ve ayrımlar arasında en fazla mesafe 900 metre olarak alınmıştır. Aralık mesafe değerlerinin gözlenen gecikme ile ilişkisi şekil 4,9’ da gösterilmiştir ve aralık mesafesi arttıkça gecikmeler azalmıştır.



Şekil 4.9: Aralık mesafeleri ile gecikmelerin ilişkisi.

Ancak, şekil 4,9’ yı dikkatlice inceleyecek olursak mesafe ile gecikme değerlerinin azalmasının iki farklı davranış bölgesinde yer aldığı görülebilir. Şekil 4.10’ da görülen

bu iki bölgede katılım ara mesafesinin 500 metre' ye kadar artırılması, gecikme değerlerinde belirli bir oranda azalma oluştururken bu Aralığın 600 metre' ye çıkarılması gecikme değerinde daha yüksek oranda ani bir azalış ve sonrasında yine aynı oranda bir azalmaya yol açmaktadır. Birinci bölgede, artan katılım ara mesafesi ile sürücülerin serbestliği artmakta ve gecikme değerleri azalmaktadır. Ancak, ilgili yolun trafik tasarım hızı ve hizmet seviyesi ile ilgili olduğu düşünülen bir şekilde, aralığın belirli bir değerinden sonra trafik akım serbestliği aniden artmaktadır. Bir anlamda, katılım aralığı mesafesinin belirli bir aralık içinde artışı, gecikme değerlerini azaltmakta ancak yolun hizmet seviye sınıfında bir değişiklik yaratmamaktadır. Ancak, belirli bir katılım mesafesini takiben yolun hizmet seviyesi de artmakta ve gecikmelerdeki azalışta bir sıçrama görülmektedir. Bu sıçrama an'ı bir anlamda hizmet düzeyinin bir üst düzeye geçmesi olarak da yorumlanabilir. Aralığın artışı, ikinci bölümün son değerinde (900 metre) görüldüğü gibi gecikmelerde yine ani bir düşüş göstermektedir.



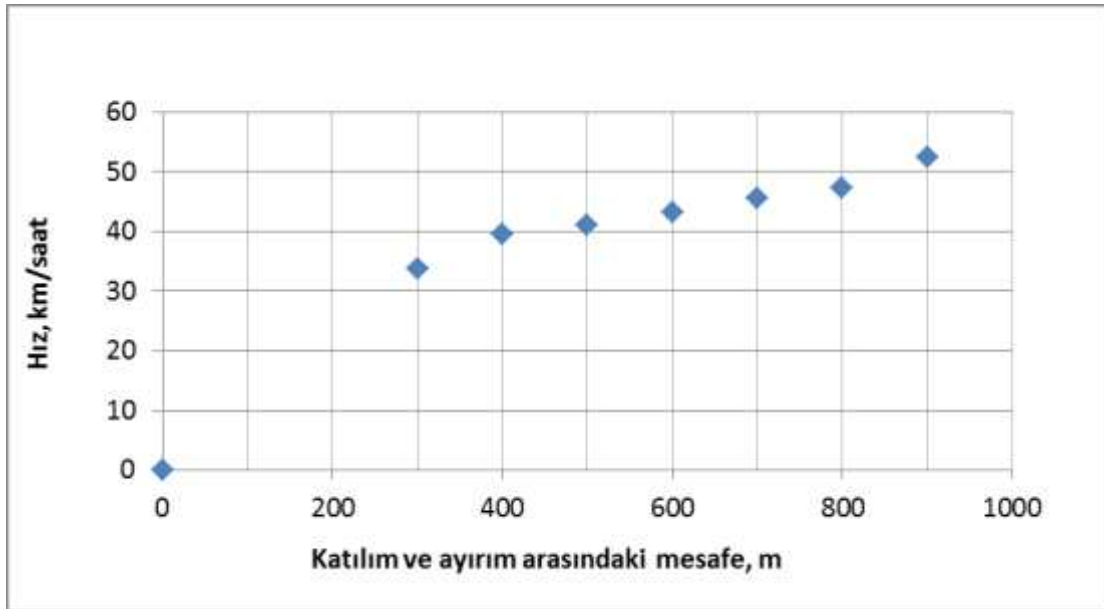
Şekil 4.10: Aralık mesafeleri ile gecikmelerin bölümler halinde incelenmesi.

Sonuçta, katılım aralık mesafelerinin artması ile gecikmeler düşmektedir zira mesafeler arttıkça veya katılım ve ayırım arasındaki mesafe uzadıkça sürücüler yapmaları gereken manevraları daha yüksek bir performans ile yapılabilmekte ve birbirlerinden etkilenmemektedirler. Ayrıca belirli bir hizmet düzeyindeki yol üzerindeki katılımların aralık mesafeleri arttıkça gecikmeler de sıfıra yaklaşmakta, bir anlamda yolun hizmet seviyesi bu güzergâh koşulları altında ulaşabileceği en yüksek sınıfa ulaşmaktadır. Hız

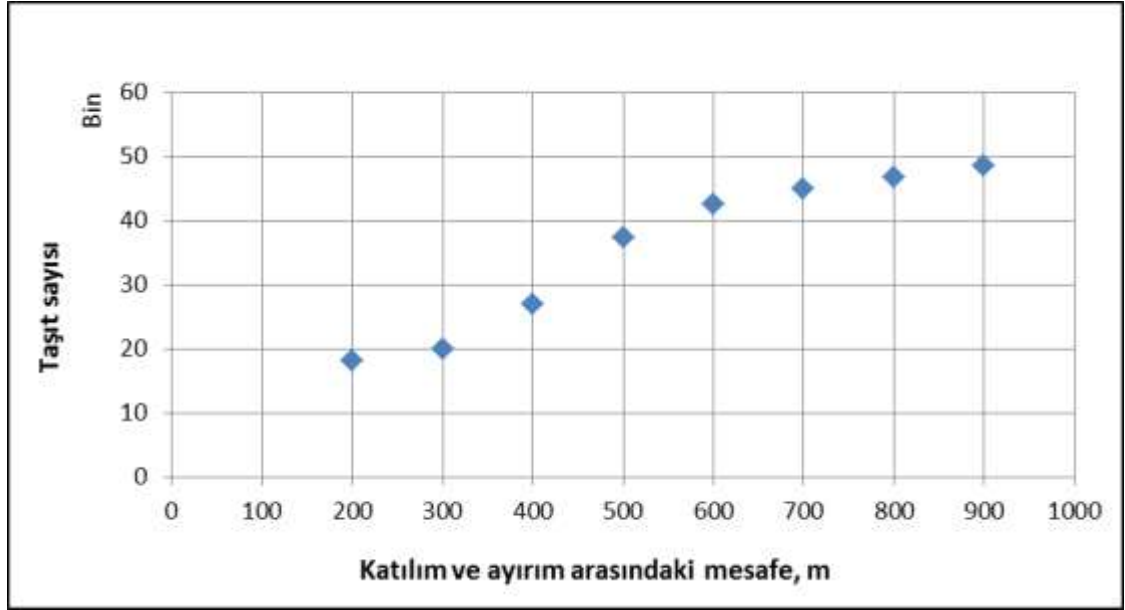
ve toplam geçen taşıt sayısı, aralık mesafesi arttıkça artmaktadır. Hız değerlerinin aralık mesafe değerleri ile ilişkisi şekil 4.10'da gösterilmiştir. Toplam geçen taşıt sayısının mesafe değerleri ile ilişkisi ise şekil 4.11'de gösterilmiştir. Katılım ve ayırım arasındaki mesafe'nin, ağ performansı üzerindeki etkisi tablo 4,2 gösterilmiştir. Aralıkların 200 m ile 900 m arasında değişmesi ile hızda %83 artış olduğu gözlemlenmiştir. Toplam geçen taşıt sayısında ise %267 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4,2: Katılım ve ayırım arasındaki mesafenin, ağ performansı üzerinde etkisi.

Aralık uzunluğu (m)	Gecikme (sn/araç)	Ortalama Hız (km/saat)	Geçen taşıt sayısı (#)	Gecikme azalışı (%)	Hız artışı (%)	Hacim artışı (%)
200	231	28,66	18.121	0%	0%	0%
300	206	33,72	19.981	11%	18%	10%
400	184	39,67	26.895	20%	38%	48%
500	167	41,03	37.373	27%	43%	106%
600	113	43,13	42.512	51%	50%	135%
700	76	45,61	44.914	67%	59%	148%
800	71	47,22	46.779	69%	65%	158%
900	54	52,36	48.461	77%	83%	167%



Şekil 4.11: Aralık mesafeleri ile hız ilişkisi.



Şekil 4.12: Aralık mesafeleri ile taşıt sayısı ilişkisi.

4.4 ŞERİT GENİŞLİĞİNİN GECİKME DEĞERLERİ ÜZERİNDE ETKİSİ:

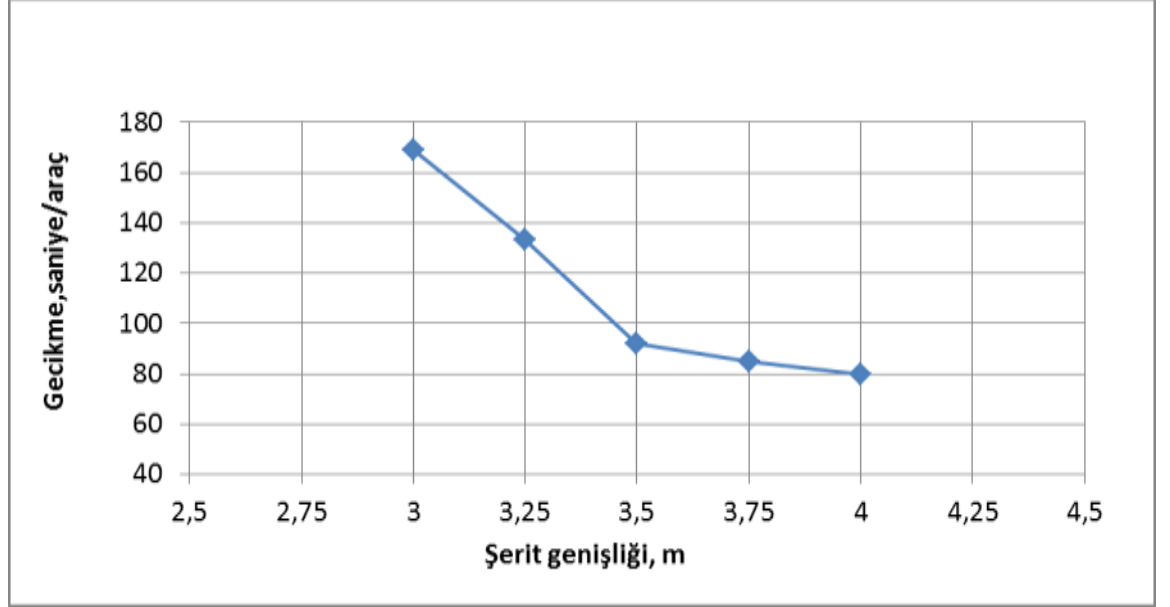
İnceleme bölgesi içerisinde yer alan güzergâh üzerinde trafik hacimleri kullanılarak şerit genişliğinin, oluşan gecikmeler üzerinde etkileri incelenmiştir. Şerit genişliği 3 metre ile 4 metre arasında 0,25 m artırımlarıyla oluşan gecikmeler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Şerit genişliğinin ağ performansı üzerine etkisi tablo 4,3’ de özetlenmiştir. ile şekil 4.10 - 4.13’te gösterilmiştir.

Tablo 4,3: Şerit genişliğinin, ağ performansı üzerinde etkisi.

Şerit Genişliği (m)	Gecikme Sn/Araç	Hız Km/saat	Hacim taşıt	Gecikme azalışı %	Hız artışı %	Hacim artışı %
3	149,12	39,75	37.805	0,0%	0,0%	0,0%
3,25	136,25	42,95	39.230	8,6%	8,1%	3,8%
3,5	121,74	51,11	40.399	18,4%	28,6%	6,9%
3,75	115,97	56,00	41.828	22,2%	40,9%	10,6%
4	110,74	57,11	42.399	25,7%	43,7%	12,2%

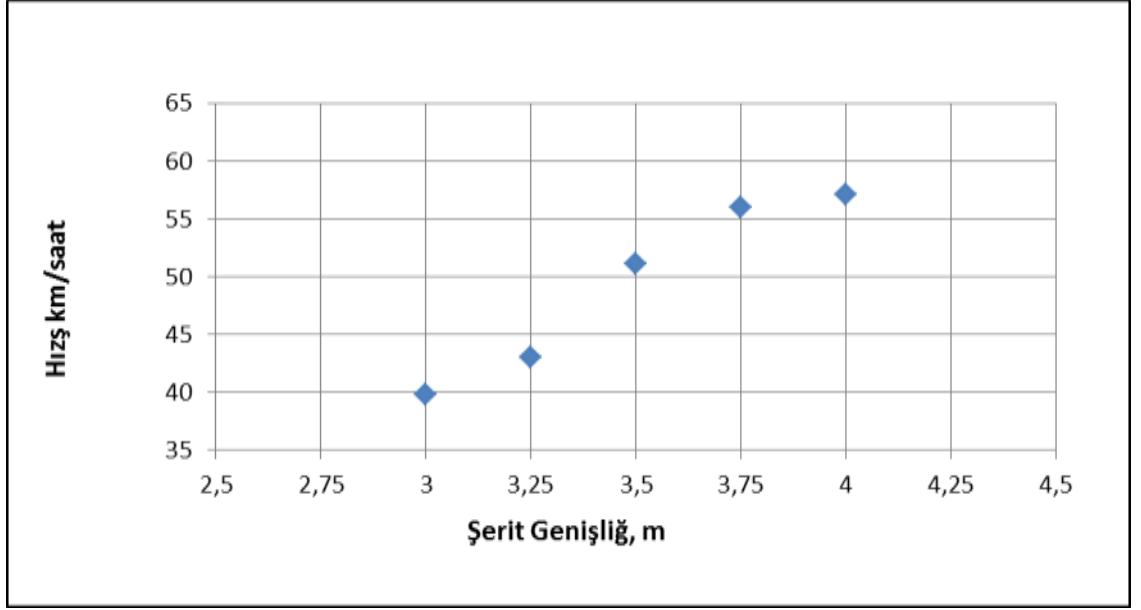
Yukarıdaki tabloya göre, şerit genişliği 3m’den 3,5’ye çıktığında gecikmeler yaklaşık olarak %18 azalmıştır. Şerit genişliğinin 4 m’ye çıkarılması ile azalma değerleri daha düşük bir oranda artmış ve %25’ e çıkmıştır. Buradan çıkan sonuç, genişlik etkisinin bir

doymunluk noktasının olduğu ve belirli bir noktadan sonra artışların gecikmeler üzerinde etkisinin var olmakla birlikte azaldığıdır. Şekil 4.12’ de bu durum açıkça görölmektedir.

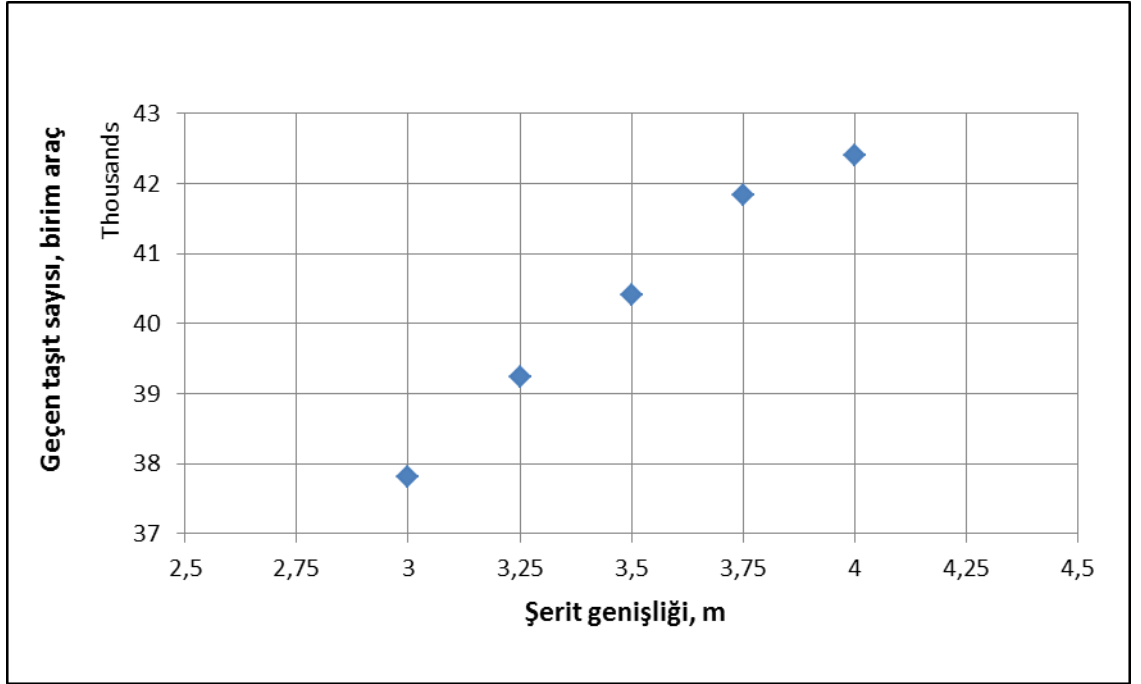


Şekil 4.13: Şerit genişliği ile gecikmeler ilişkisi.

Diğer taraftan, şerit genişliğinin artması ile hızlarda bir artış gözlenmiştir. Şerit genişlik değeri bir noktaya eriştikten sonra hız değeri de bir sınıra ulaşmıştır. Zira analiz, artan şerit genişliği içerisinde herhangi bir noktada sadece bir araç bulunacak şekilde işlemektedir ve mevcut trafik yoğunluğunun sınırlaması ile ulaşılabilen hızın da bir sınırı bulunmaktadır. Bu güzergâh için yapılan analizde, şerit genişliğinin artırılması ile ulaşılan üst sınır şekil 4.14’ te yaklaşık 57 km/saat olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.14: Şerit genişliği ile ortalama hız ilişkisi.



Şekil 4.15: Şerit genişliği ile geçen taşıt sayısı ilişkisi.

4.5 GEOMETRİK DÜZELTMELERİN GECİKME ÜZERİNDE ETKİLERİ:

Çamlıca katılıma 3 şerit olarak gelen yolun, katılımın 2 şerit olması nedeniyle birleşme kesiminde 5 şeride çıkması ve sonrasında aniden 3 şeride düşmesi nedeniyle

şişe boynu sıkışma kesimi oluşmaktadır. Bu sorunu kısmen çözebilmek için Çamlıca katılımı ile Altunizade çıkışı arasındaki bölgedeki yol kesimi 3 şeritten 4 şeride çıkartılmıştır. Bu sayede şerit sayılarının azalışları birer şerit halinde azaltılmıştır. Yapılan bu geometrik düzenlemesinin sonucunda elde edilen kazanımlar tablo 4.4 ile şekil 4.15, 4.16 ve 4.17’ de gösterilmektedir.

Tablo 4,4: Geometrik düzenlemenin, ağ performansı üzerinde etkisi.

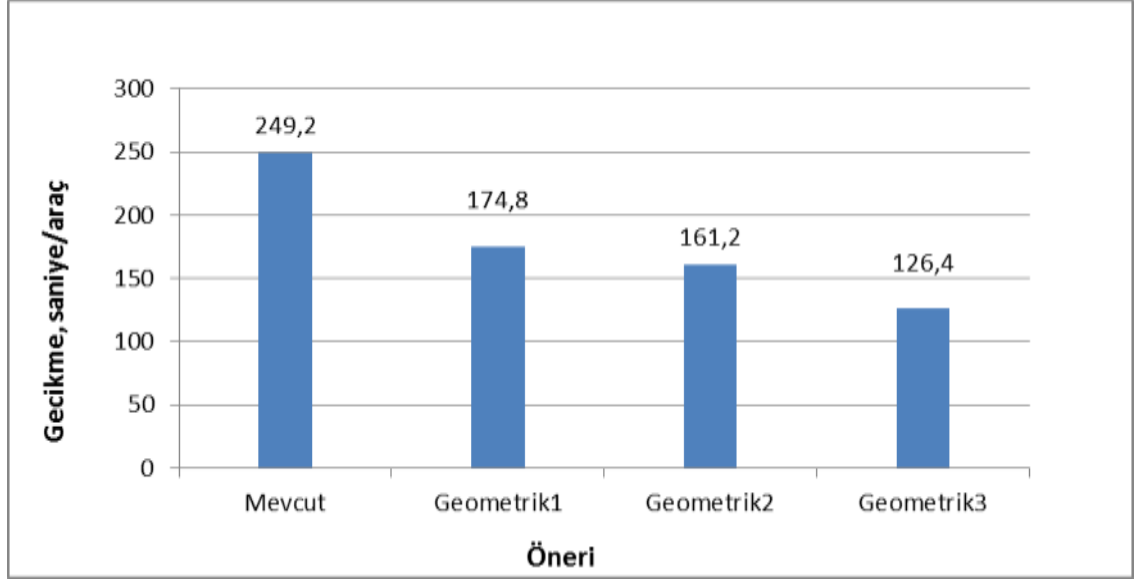
Durum	Gecikme	Ortalama Hız	Geçen taşıt sayısı	Gecikme azalışı %	Hız artışı %	Hacim artışı
Mevcut	249,2	36,3	42.145	0,0%	0,0%	0,0%
Geometrik1	174,8	42,3	42.904	29,9%	16,3%	1,8%
Geometrik2	161,2	43,8	43.314	35,3%	20,6%	2,8%
Geometrik3	126,4	48,2	43.404	49,3%	32,7%	3,0%

Tabloda belirtilen geometrik durum 1 içerisinde, Çamlıca-Altunizade arasındaki bölgedeki yol kesiminde mevcut 3 şeridin 4 şeride çıkartılması incelenmiştir. Geometrik durum 2 içerisinde, Altunizade katılım kesiminde katılım kollarında oluşan çift sıra taşıtın tek sıraya düşürülmesi incelenmektedir. En son olan Geometrik durum 3 içerisinde Altunizade katılım kesiminde çift sıranın tek sıraya düşürülmesi ve Çamlıca katılım bölgesinde var olan 5 şerit sayısının dörde indirilmesini içermektedir.

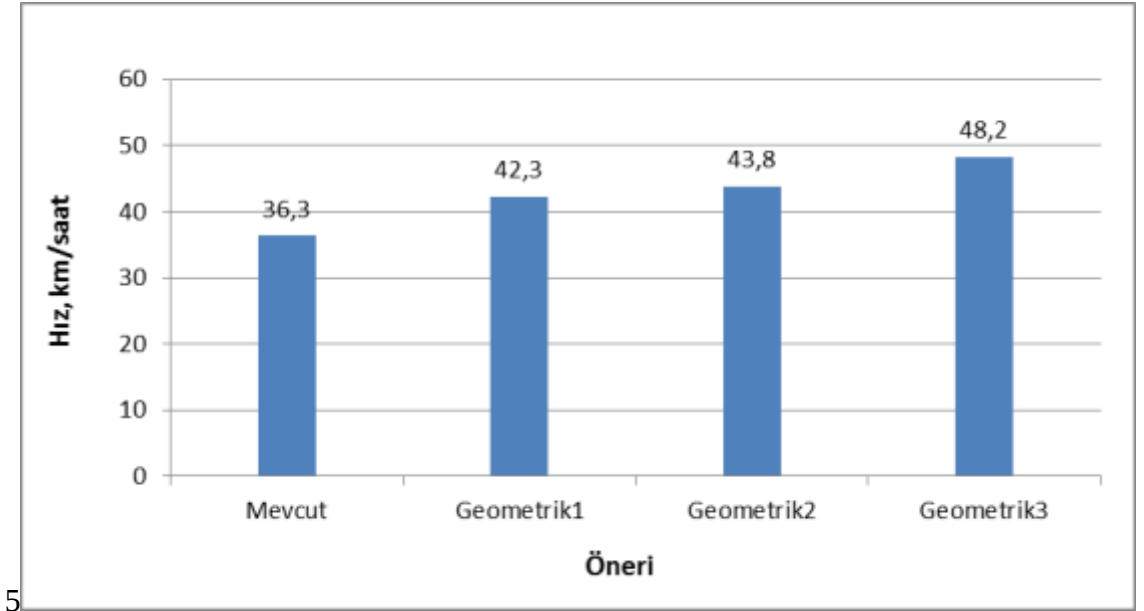
Şerit eklemenin sonucunda elde edilen gecikme azalması yaklaşık olarak 30% olmuştur. Çamlıca-Altunizade arasındaki bölgedeki arazi durumu müsait olduğu için bu öneri dikkate alınmalıdır. Öte yandan, geometrik durum 2 için kazanılan gecikme azalma değeri yaklaşık olarak %35 olmuştur. Bir başka deyişle, çift sıra aracın tek sıraya indirgenmesi ile fazladan %5 bir katkı elde edilmiştir.

Grafiksel olarak geometrik düzenlemenin gecikmeler üzerine etkisi şekil 4.15’te gösterilmiştir. Şekil 4.16 ile 4.17 geometrik düzenlemenin ortalama hız ve geçen araç sayısı üzerinde etkisi gösterilmektedir. Varolan ortalama gecikme değeri olan 249 saniye/araç, şerit eklemesiyle 174 saniye/araç değerine, çift sıra katılımın tek sıraya indirgenmesiyle 161 saniye/araç değerine azaltılmıştır. Bunlara ek olarak Çamlıca katılım bölgesinde de var olan 5 şerit sayısı sabit bir şekilde 4 şerit olarak tutulmakla araç başına ortalama gecikme 126 araç/saniye değerine düşürülmüştür. Önerilen şerit

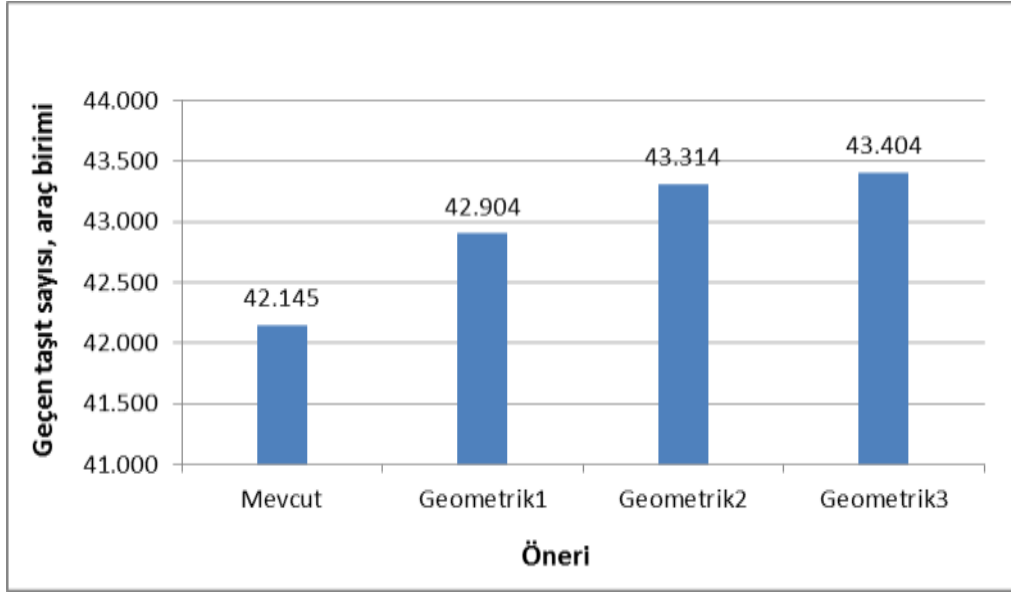
eklemenin, gecikmeler üzerinde yaklaşık %30 etkisi ve hız üzerinde yaklaşık %16 kadar etkisi bulunmuştur. Ağdan çıkan toplam taşıt sayısının üzerinde çok etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Şerit eklemenin, gecikme, hız ve geçen taşıt sayısının üzerine iyileşmesinin yüzdesi şekil 4.18’ da sunulmuştur.



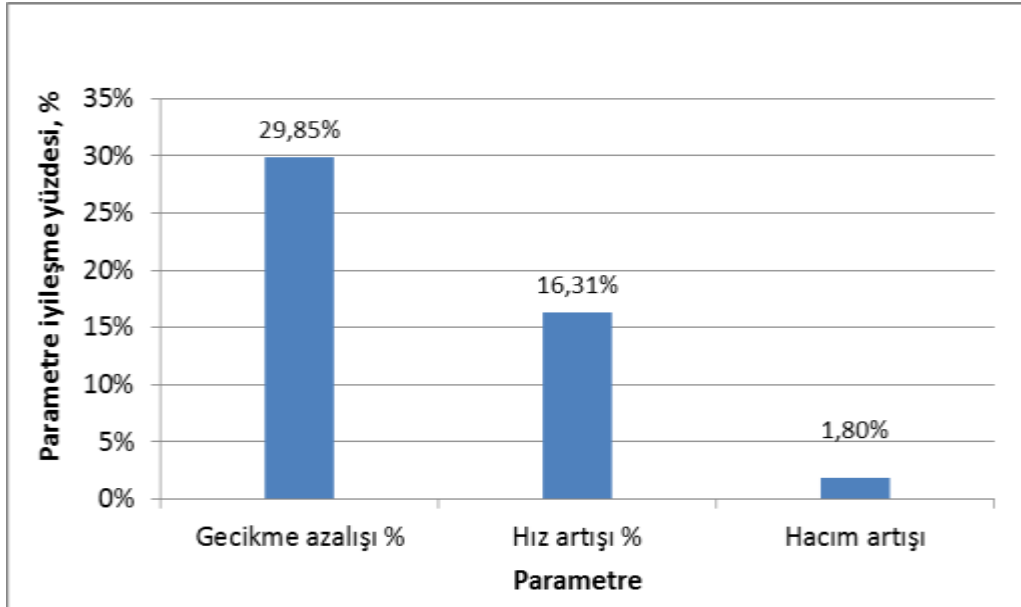
Şekil 4.16: Geometrik düzeltmesi ile gecikmeler çizelgesi.



Şekil 4.17: Geometrik düzeltmesi ile hız çizelgesi.



Şekil 4.18: Geometrik düzeltmesi ile geçen taşıt sayısı çizelgesi.



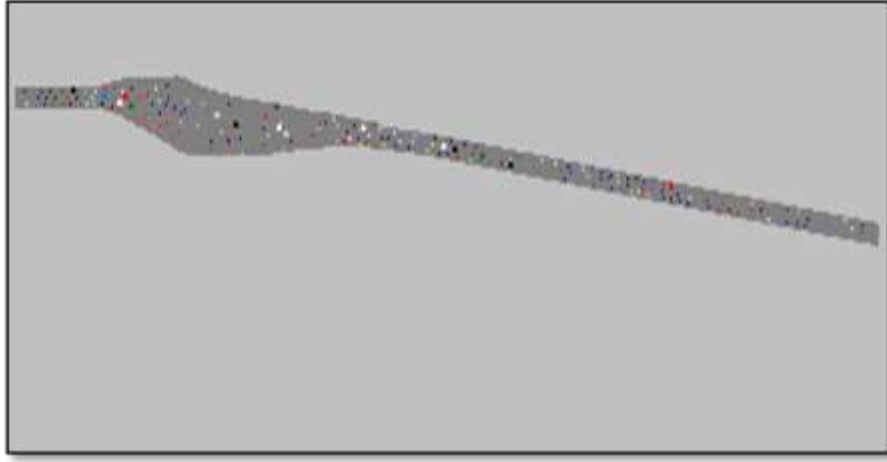
Şekil 4.19: Şerit ekleme önerisinin, ağ performansı üzerine etkisi.

4.6 OTOMATİK GEÇİŞ SİSTEMİ (OGS) UYGULAMASINDA GİŞELERİN KALDIRILMASININ GECİKMELER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ:

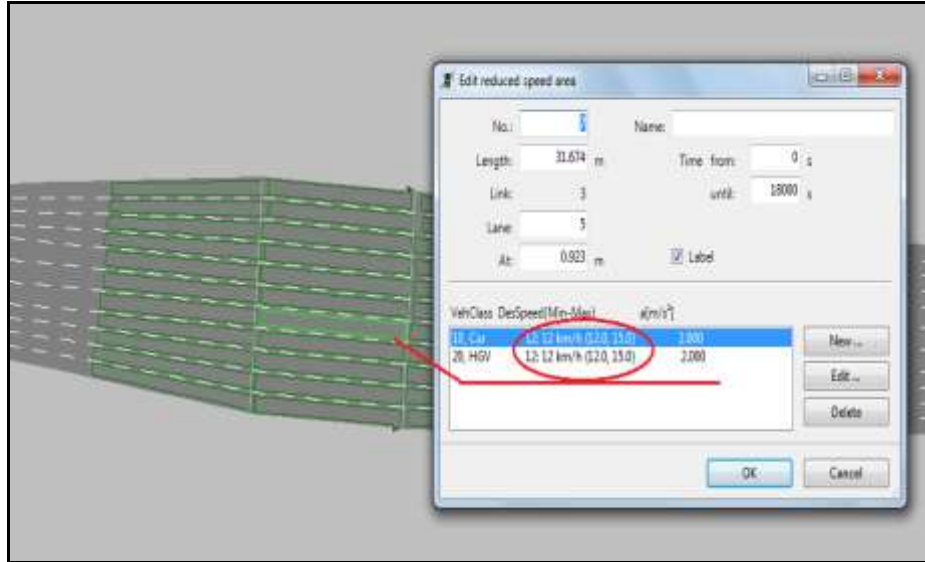
Boğaziçi Köprüsü üzerinde yer alan gişelerde, mevcut halde araçları gişelere yönelmeye zorlayan Otomatik Gişeler Sistemi (OGS) kullanımının, araçların duraksamadan geçiş yapmasına olanak tanıyarak gişeleri kaldıran bir sistem ile değiştirilmesinin, taşıt gecikmeleri üzerinde etkili olup olmadığı belirlemek amacıyla, mevcut halde OGS ve iyileştirilmiş halde OGS kullanımı olarak iki ayrı yöntem ile güzergâh modellenmiştir. İlk olarak OGS kullanımının mevcut hali irdelenmiştir. Sonrasında ise OGS'nin iyileştirilmiş halinin uygulamasını içeren bir model irdelenmiştir.

OGS'nin iyileştirilmiş bir halde kullanımının, trafik gecikmeleri üzerine muhtemel etkilerini görebilmek için farklı şerit genişliği ve trafik hacimlerinden teşkil bir matris oluşturulmuştur. OGS'nin irdelenen bu iki durumuna yönelik analizlerde şerit genişlik değerleri 2,5; 2,75; 3,0; 3,25; 3,5 ve 3,6 m olarak seçilmiştir. Hacim değerleri ise, 1.200, 1.400, 1.600, 1.800, 2.000 ve 2.200 araç/şerit/saat olarak seçilmiştir. Gişe öncesi, gişe bölgesi ve gişe sonrasında dikkate alınan bir kilometrelik yol ile modelleme kapsamında dikkate alınan toplam şebeke uzunluğu 1,8 km'dir. OGS'nin mevcut haliyle kullanımda olduğu durumda gişelerin simülasyon görüntüsü şekil 4.20'de gösterilmiştir. OGS'nin mevcut halde etkisini yansıtmak için belirli bir mesafe boyunca taşıtların hızları düşürülmüştür. Bu bağlamda, OGS'nin mevcut halde etkisini modelleyebilmek için gişelerin bulunduğu bölgede taşıt hızları hız yönetimi ile 10 – 12 km/saat olarak sınırlandırılmıştır. Gişe bölgesinin aşılmasının ardından taşıt hızları, serbest bırakılmış ve güzergâh üzerinde normal seyir hızlarına ulaşmıştır. Gişe bölgesinde hızların denetlenmesine yönelik yapılan bu işlemler şekil 4.21'de gösterilmiştir.

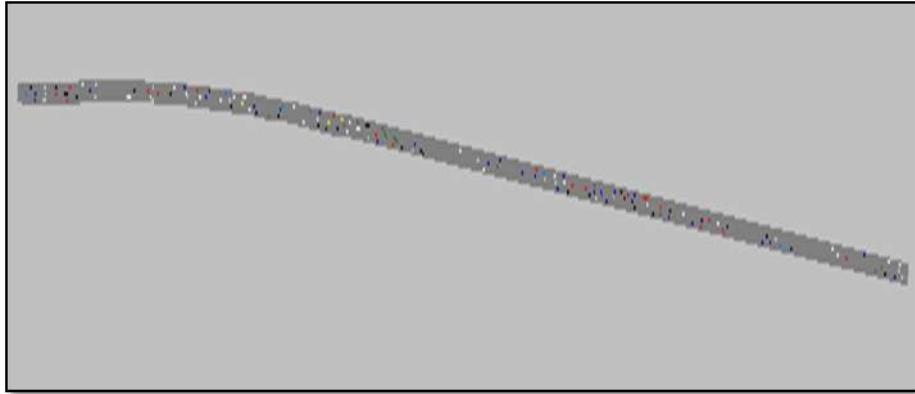
OGS'nin, araçların duraklamasını gerektirmeyecek şekilde gişelerin kaldırılması içeren durumda, gişe öncesi mevcut 3 şeridin, gişe bölgesinde değişmeden devam ettiği durum şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20: OGS uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumun simülasyon görüntüsü.

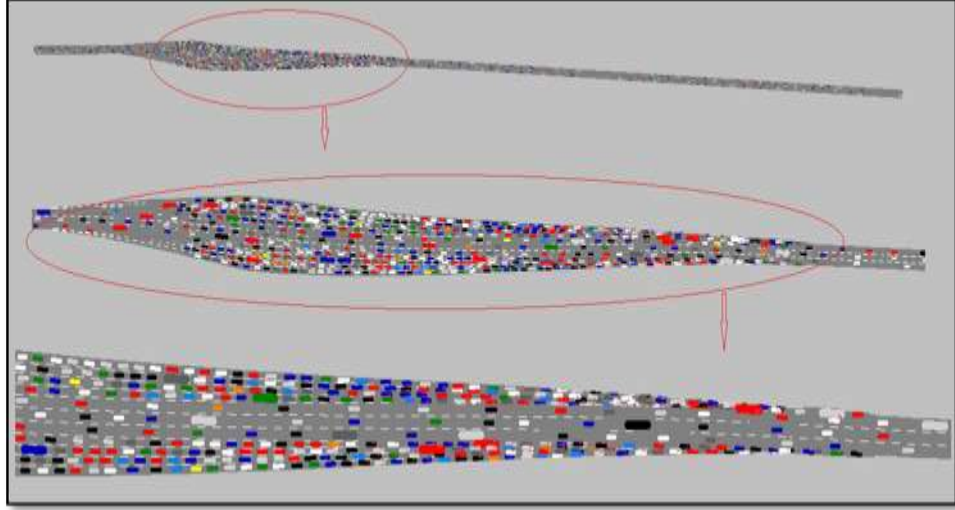


Şekil 4.21 OGS uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumda hız denetimi.

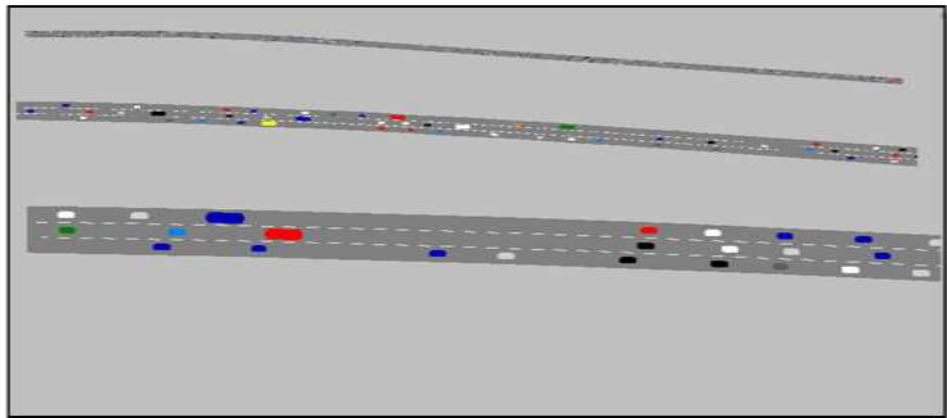


Şekil 4.22 OGSsiz uygulamasının gişeler ile gerçekleştirilmediği durumun simülasyon görüntüsü.

Gişelerin kaldırılmasının, trafik gecikmeleri üzerindeki etkilerini gözlemlemek için hazırlanan iki model görüntüsü şekil 4.23 ve 4.24'te gösterilmiştir. Şekil 4.23'te gösterildiği gibi taşıtlar gişe çıkışında ve ana yola (üç şerit) girmeye başladığında sağda ve solda iki kuyruk oluşmaya oluşturmaktadır. Gişelerin kaldırıldığı şekil 4.23'te gösterilen durumda ise akım kesintisiz bir şekilde devam etmektedir. OGSli şebekenin analizi tablo 4,5'te özetlenmiştir. Tabloya göre, beklendiği gibi düşük hacim değerlerinde şerit genişliğinin gecikmeler üzerinde etkisi yüksek değildir ancak hacim değerinin belirli bir değeri (1600 araç/şerit/saat) aşması ile oluşan düşen hizmet seviyesi sonucu gecikmeler ani bir şekilde artışa geçmiştir.



Şekil 4.23: OGSli uygulamasının gişeler ile gerçekleştirildiği durumda 3,6 şerit genişliği ve 2200 araç/şerit/saat hacme ait olan ilk saat durumu.

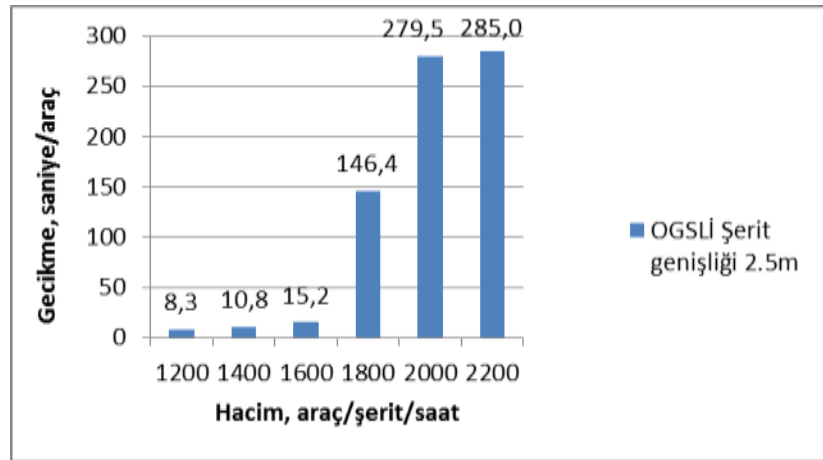


Şekil 4.24: OGSSiz uygulamasının gişeler ile gerçekleştirilmediği durumda 3.6m, hacim 2200 araç/şerit ait olan ilk saat durumu.

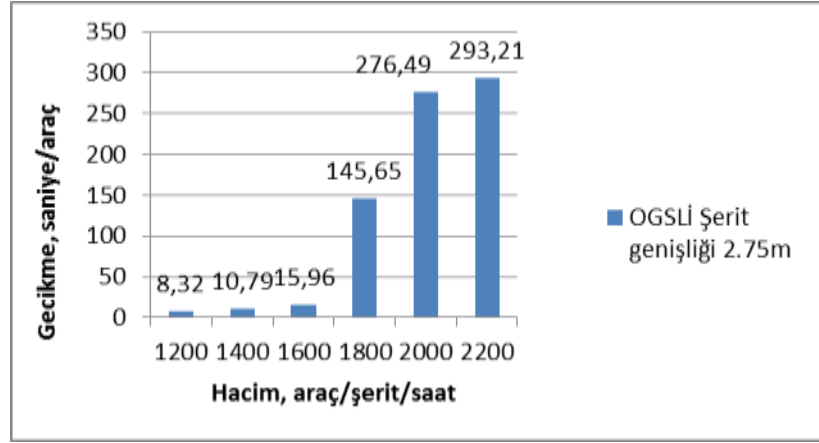
Tablo 4,5: OGS'nin gecikmeler üzerine etkisi

OGSLi	Şerit Genişliği (m)	Hacim (araç/şerit/saat)					
		1200	1400	1600	1800	2000	2200
	2,5	8,26	10,8	15,19	146,44	279,47	284,99
	2,75	8,32	10,79	15,96	145,65	276,49	293,21
	3	8,3	10,82	16,27	146,46	285,36	293,5
	3,25	8,31	10,89	17,57	155,56	281,12	295,31
	3,5	8,34	10,76	16,31	155,01	292,75	296,74
	3,6	8,24	10,81	17,49	146,35	288,02	297,01

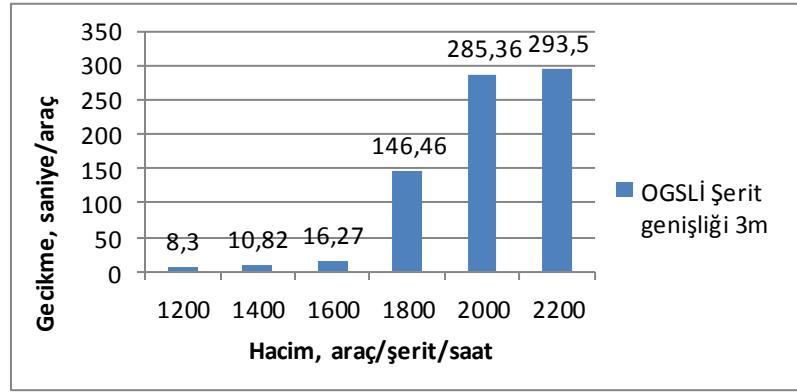
Tabloda ifade edilen bulgular şekil 4.25 – 4.30 arasında gösterilmiştir. Artan bu gecikmeler, şekil 4.23'de gösterildiği gibi hacim, kapasiteye yaklaştığında (1800 araç/şerit/saat) veya kapasiteyi aştığında (2000, 2200 araç/şerit/saat), gişe çıkışında şerit sayısının 10 şeritten 3 şeride düşmesinden dolayı yolun sağında ve solunda kurumlanma oluşmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca hacmin kapasiteyi aşmasından dolayı araçlar beklemek zorunda kalmıştır. Dolayısıyla OGS'nin mevcut halde gişeler ile yüksek trafik hacim değerlerinde kullanılmaması önerilmektedir.



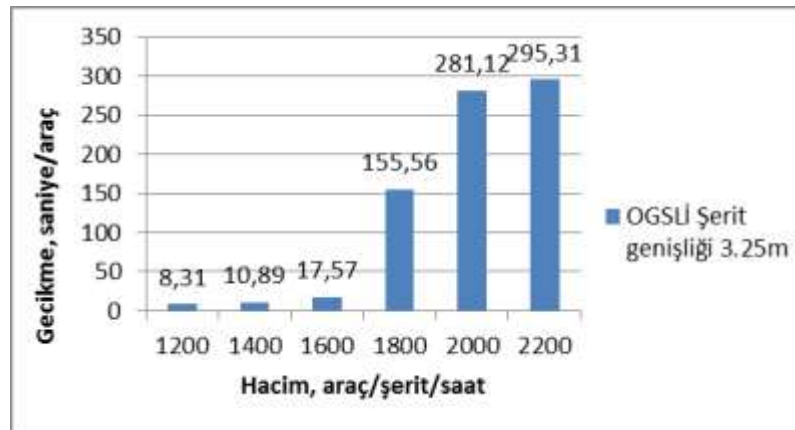
Şekil 4.25: Gişe uygulaması ile 2.5m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.



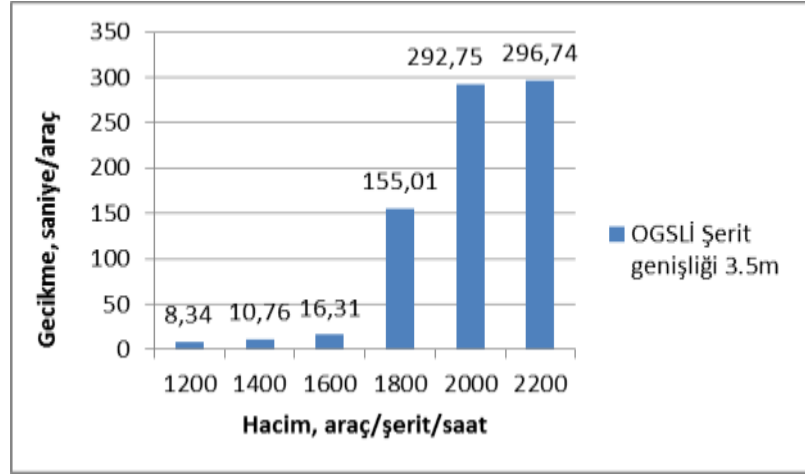
Şekil 4.26: Gişe uygulaması ile 2.75m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.



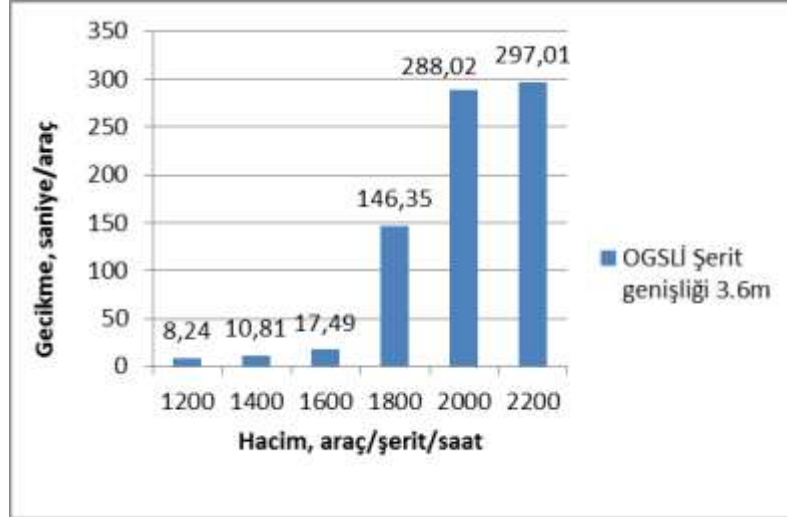
Şekil 4.27: Gişe uygulaması ile 3m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.



Şekil 4.28: Gişe uygulaması ile 3.25m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.



Şekil 4.29: Gişe uygulaması ile 3.5m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.



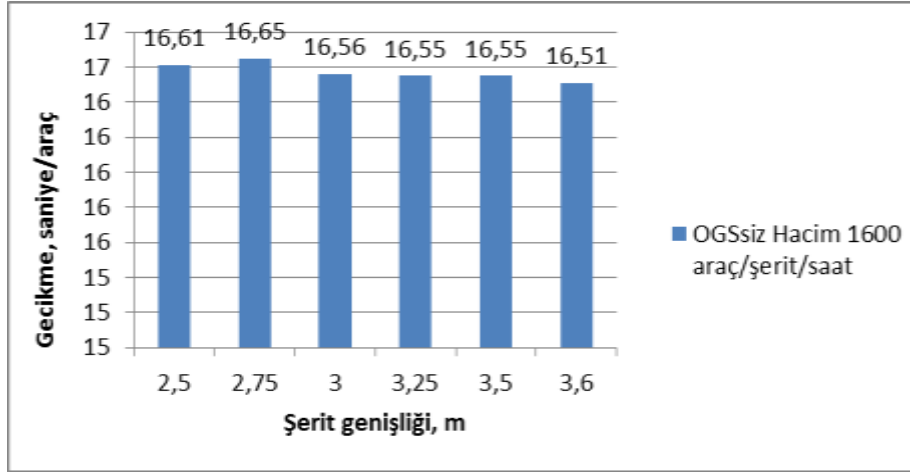
Şekil 4.30: Gişe uygulaması ile 3.6m için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.

OGS'nin, gişe uygulaması olmadan uygulanması ile ortaya çıkan değerler tablo 4,6'da gösterilmiştir. Tabloda sunulan verilere göre sabit bir şerit genişliği için hacim değerleri artarken gecikme değerleri, gişe uygulaması durumunda tespit edildiği gibi yüksek bir artış göstermemiştir. Gişe uygulamasının kalkması ile sağlanabilen düzenli akım ile herhangi bir hacim değerinde, şerit genişlik değerlerinin gecikmeler üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Belirli bir hacim değerinde, şerit genişlik değişiminin gecikme değerleri üzerine etkisi şekil 4.31'de gösterilmiştir. 2,5 m şerit

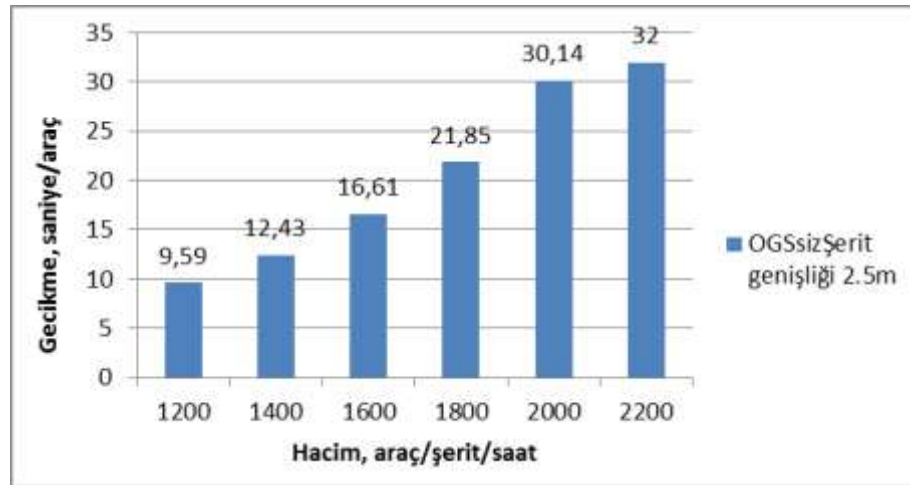
genişliği için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri ise şekil 4.32’de gösterilmiştir.

Tablo 4,6: Gişe uygulamasının kaldırılmasını gecikme değerleri üzerindeki etkileri.

OGSSİZ	şerit Genişliği (m)	Hacim (araç/şerit/saat)					
		1200	1400	1600	1800	2000	2200
	2,5	9,59	12,43	16,61	21,85	30,14	32
	2,75	9,63	12,4	16,65	21,33	31,04	32,58
	3	9,63	12,4	16,56	21,1	31,48	32,37
	3,25	9,57	12,42	16,55	21,91	31,07	32,32
	3,5	9,57	12,39	16,55	21,74	29,92	31,81
	3,6	9,57	12,4	16,51	22,04	30,38	32,03

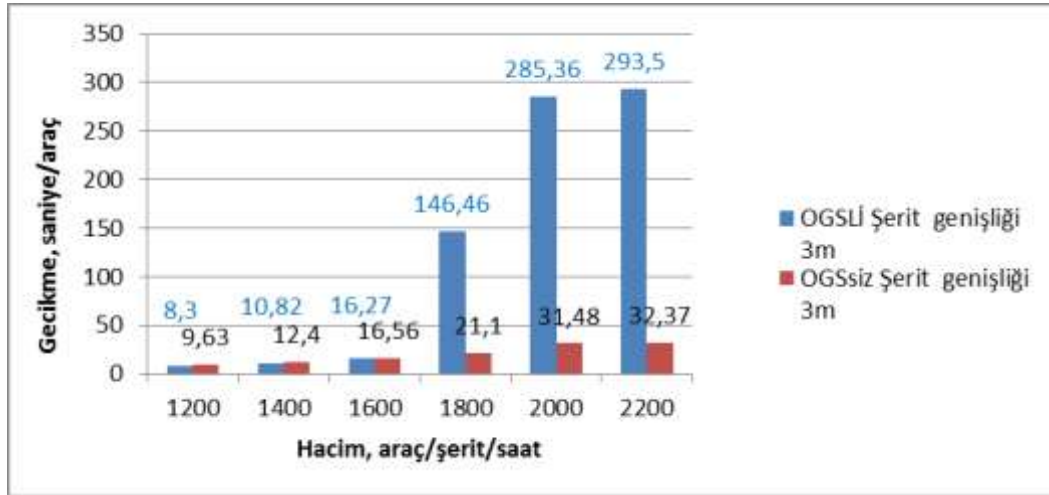


şekil 4.31: Gişe uygulamasının olmadığı durumda şerit genişliğinin gecikmeler üzerindeki etkileri.



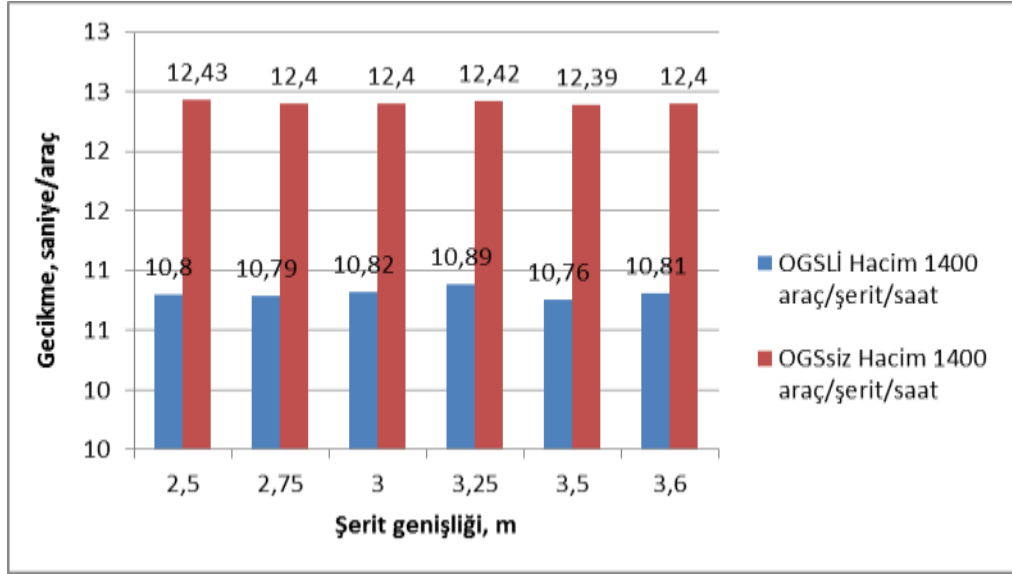
şekil 4.32: Gişe uygulamasının olmadığı durumda hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.

Trafik hacminin 1200 araç/şerit/saat ile 1600 araç/şerit/saat olan değerlerinin sabit şerit genişliği için, OGS'nin gişe uygulamasının olduğu ve gişe uygulamasının olmadığı durumlar için gecikme değerleri şekil 4.33' de gösterilmiştir.. Bulgulara göre hacim değerleri 1600 araç/saat/şerit değerinden daha düşük olursa, gişe uygulamasının olduğu ve olmadığı OGS işletim durumlarında oluşan gecikmeler üzerindeki etkilerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Diğer yandan hacmin kapasiteyi aştığı durumlarda (1800 ve üzere) gişe uygulamasının olduğu OGSli işletim durumunda gişe çıkışında sürücülerin orta şeritlerine girmek için zorunda kaldıkları sollama ve manevralardan dolayı kuyruk oluşmaktadır. Oluşan bu kuyruklar nedeniyle trafik, gişelere kadar tıkanarak hızlar düşmekte ve gecikmeler artmaktadır. Sonuç olarak yüksek hacim değerlerinde (1800-2200) gişe uygulamasının olduğu OGS işletim durumunun gecikmeler üzerinde olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.33: Gişe uygulamasının olduğu ve gişe uygulamasının kaldırıldığı OGS uygulamaları için hacim değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.

Şerit genişliğinin gecikmeler üzerinde etkilerini incelemek amacıyla, kapasitenin altında sabit bir hacim değerinde şerit genişliği değiştirilmiştir. Değişken şerit genişlik değerleri için 1400 araç/şerit/saat trafik hacmi ile ortaya çıkan gecikme değerleri şekil 4.34'te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, belirtilen hacim değerinde, şerit genişliğinin gecikme değerleri üzerinde etkisi olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, OGS uygulamasının, yüksek hacim değerlerine sahip trafikte, gişe uygulaması olmadan uygulanmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.34: Gişe uygulamasının olduğu ve gişe uygulamasının kaldırıldığı OGS uygulamaları için şerit genişlik değerlerinin gecikmeler üzerindeki etkileri.

4.7 KATILIM KONTROLÜ’NÜN GECIKMELER ÜZERİNDE ETKİSİ:

Genel olarak katılım kontrolünde anayola katılacak araç sayısının (hacmi) belirlenmesi trafiğin anlık durumuna bağlı olarak farklılık göstermektedir. Katılım kontrolünde amaç ana yoldaki kapasitenin en etkin şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Bu amaçla anayola katılım oranı katılım rampasının çıkışına yerleştirilen trafik lambaları ve uyarıcı sistemlerle kontrol edilmektedir. Katılım kontrolü uygulaması 1960 yıllarından itibaren çeşitli ülkelerde uygulanmaya başlanmış, veri toplama ve işleme konularındaki gelişmelere bağlı olarak son yıllarda uygulamalar çeşitlenerek artmıştır. Çalışmanın, hız yönetiminin, gecikmeler üzerinde etkisi incelemek ana amacı nedeniyle katılım kontrolü stratejilerinden sadece Talep – Kapasite kontrolü olan stratejileri uygulanmıştır.

Talep – Kapasite Kontrolü, katılımlardan salım oranları otoyolun kapasitesi veya arzu edilen hizmet düzeyi ile katılımın akımaşağı kesimi ile anayolun akım yukarı kesimindeki hacimlerinin toplamının farkı alınarak hesaplanır. Talep/Kapasite kontrolünde katılım oranları (akım değerleri), akım yukarı ve aşağı kapasitelerinin (akım değerlerinin) gerçek zamanda karşılaştırılmasıyla seçilir. Akım yukarıdaki akım değeri ile akım aşağı kapasite arasındaki fark belirlenir ve bu izin verilen katılım akım değeri (oranı) olarak kullanılır. Bu katılım akım değeri bir sonraki zaman aralığında kullanılacak kontrol

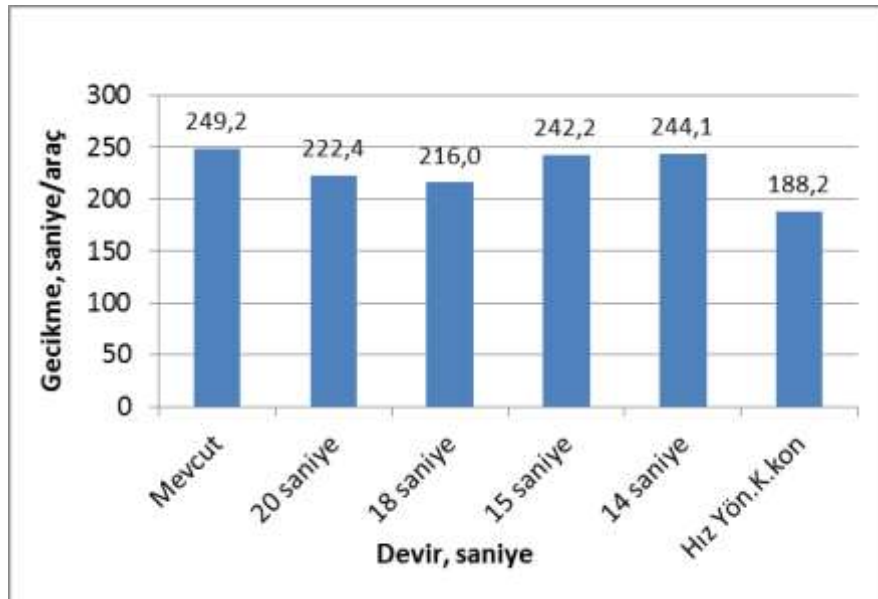
oranı olarak ifade edilir. Kontrolün başlaması, anayol veya katılım akımının yerel olarak önceden belirlenen bir değeri aşması ya da aşağı yöndeki akım değerinin önceden sabitlenen bir değerin altına düşmesi durumunda gerçekleşir.

Talep – Kapasite Kontrolünün uygulamasında devir süresi değiştirilerek. Optimum devir elde etmeye çalışılmıştır. Yapılan bu kontrolün sonuçları Tablo 4,6’da gösterilmiştir. Tabloda gösterildiği gibi optimum devir 18 saniye olarak bulunmuştur. Katılım kontrolü uygulanarak Ağ üzere kazanan gecikme azalışı yaklaşık olarak 13 % olarak izlenmiştir. Ayrıca, 18 saniye bir devir süreci karşısında gelen ortalama hız artışı 6% olarak elde edilmiştir.

Tablo 4,6: Katılım kontrolü sonuçları.

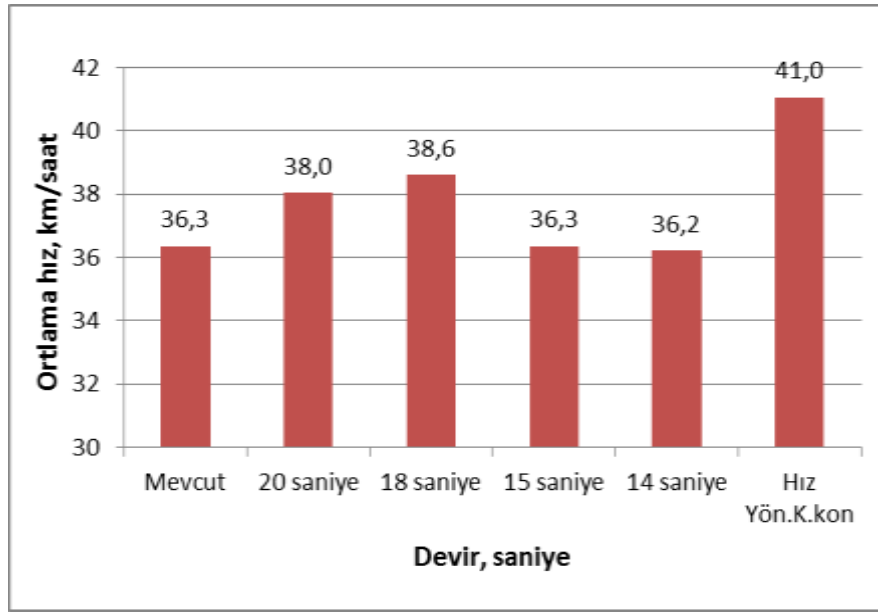
Durum	Gecikme (saniye/araç)	Ortalama Hız (km/saat)	Geçen taşıt sayısı (araç)	Gecikme azalışı %	Hız artışı %	Hacim artışı
Mevcut	249,2	36,3	42145	0,0%	0,00%	0,00%
20 saniye	222,4	38,0	43276	10,7%	4,61%	2,68%
18 saniye	216,0	38,6	44335	13,3%	6,18%	5,20%
15 saniye	242,2	36,3	42845	2,8%	0,00%	1,66%
14 saniye	244,1	36,2	42142	2,0%	-0,40%	-0,01%
Hız Y.K.kontrol	188,2	41,0	43000	24,5%	12,92%	2,03%

Katılım kontrolüne ait olan gecikme ve ortalama hız çizelgeleri şekil 4.26 - 4.27’te sırasıyla aktarılmıştır.



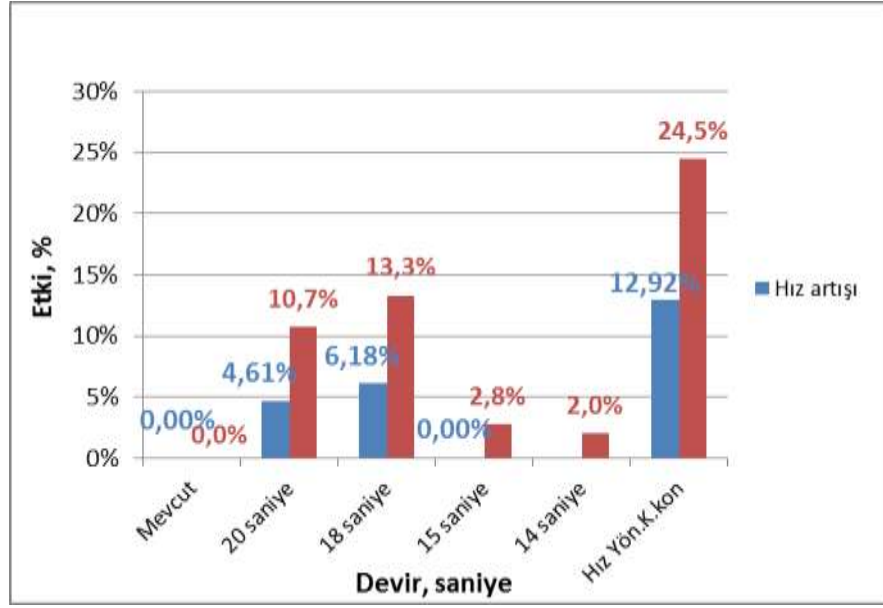
Şekil 4.35: Katılım kontrolü-gecikme ilişkisi.

Mevcut durumun 249 saniye/araç başına gelen ortalama gecikmesi, katılım kontrolü ile optimum devri kullanarak, 216 saniye/araç düşürülmüştür (13%) azalma bulunmuştur. Öte yandan, katılım kontrolü ile hız yönetimi birarada uygulanırsa ortalama gecikme de 188 saniye/araç değerine düşerek %25 azalma elde edilmiştir. Sonuç olarak, katılım kontrolünün kullanılması gereken periyotlarda (zirve saatlerinde) devrin 18 saniye olarak kullanılması önerilmektedir. Katılım kontrolünün, ağın ortalama hızı üzerindeki etkisi şekil 4.27 gösterilmiştir.



Şekil 4.36: Katılım kontrolü - ortalama hız ilişkisi.

Mevcut durumun 36,3 km/saat ortalama hız değeri, katılım kontrolü ile optimum devri kullanarak, 38,6 km/saat'e çıkmıştır (%6,2) artışı bulunmuştur. Öte yandan, katılım kontrolü ile hız yönetimi uygulandığı zaman, ortalama hız ' da 41 km/saat'e çıkarak %13 artış elde edilmiştir. Sonuç olarak, katılım kontrolünün kullanılması gereken periyotlarda (zirve saatlerinde) devrinin 18 saniye olarak kullanılmasında kazanılan ortalama hız artışı' nın %13 olabileceği tespit edilmiştir. Yüzde olarak katılım kontrolünün, gecikme ve hız üzerinde etkileri şekil 4.28' de verilmiştir.



Şekil 4.37: Katılım kontrolünün, yüzde olarak gecikme ve hız üzerinde etkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER:

Tezin başlangıcında belirtildiği gibi çalışmanın ana amacı, Boğaziçi Köprüsü özelinde O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası'na doğru katılım kolları olan Beylerbeyi, Altunizade, Acıbadem ve Göztepe kesimlerini incelemek ve O-1 karayolu üzerinde hız yönetimi uygulayarak Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıkışıklığını iyileştirmeye yönelik öneriler sunmaktır.

Bu amaca yönelik olarak çalışmanın ikinci bölümünde trafik akımının ana parametreleri olan hacim, hız ve yoğunluk kavramlarının tanımlanmasından sonra, trafik sıkışıklığı nedeniyle oluşan kuyruklanma sorunu, hız yönetimi ve değişken mesaj panoları ayrıntılı bir şekilde tanıtılmıştır. Ayrıca, trafik simülasyon modelleri hakkında açıklamalar yapılarak ilgili modeller anlatılmıştır. Bu bölümde ayrıca, çalışmada kullanılan VISSIM mikrosimülasyon programının çalışma ilkeleri ile kabuller de açıklanmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, saha çalışmaları için hazırlık süreci, saha çalışmaları ve verilerin toplanması adım adım anlatılmıştır. Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Göztepe, Acıbadem, Altunizade ve Beylerbeyi kesimlerinde trafik sıkışıklığının mikrosimülasyon ile modellenebilmesi için gerekli olan altyapı bilgileri, trafik hacimlerinin sınıflandırılması ve hız ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Trafik sıkışıklığının mikrosimülasyon ile modellenmesi yapılmış ve bu modelin kalibre edilmesinin ardından kalibre edilmiş model üzerinde söz konusu kesimlerde hız yönetimi yöntemi uygulanarak, herhangi bir geometrik düzenleme veya katılım kontrolü yapmadan, genel olarak çalışma alanındaki yol ağının performansının nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu incelemenin ardından katılım kontrolü, katılım ve ayırım bölgeleri arasındaki mesafenin, toplu taşıma ve hafif nakliye araçları yüzdesinin, geometrik düzenlemenin ve OGS uygulamasının olup olmamasının, oluşan gecikmeler üzerinde etkileri araştırılmıştır. O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Göztepe, Acıbadem, Altunizade ve Beylerbeyi kesimlerinde, yukarıdaki açıklanan yöntemler uygulanarak, yol ağı performans değerlerinde gözlenen değişimler takip eden bölümde sırasıyla belirtilmiştir.

5.1 SONUÇLAR:

1. Hız yönetimi uygulanması ile hızın 20 km/saat'den 92 km/saat'e kademeli olarak arttırılması ile O-1 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Göztepe, Acıbadem, Altunizade ve Beylerbeyi, kesimlerinden geçen taşıt sayısının arttırılması olanaklıdır.
2. Hız değeri 65 km/saat'e ulaştığında, ağ genelinde karayolunun performansı en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.
3. Ağ genelinde, mevcut duruma göre hız değeri 65 km/sa'a ulaştığında, sadece hız yönetimi uygulanarak, taşıt başına gecikmelerde %18 azalma sağlanmıştır.
4. Hız yönetimi uygulanması ile ortalama hız değerlerinde %36 artış sağlanmıştır.
5. Geometrik düzenlemenin, gecikme ve diğer parametreler üzerinde önemli bir etkisi bulunmuştur. Düzenleme etkileri, 3 ayrı sınıflandırılma altında incelenmiştir.. Geometrik-1 sınıfı: Şerit ekleme, geometrik-2 sınıfı: Şerit ekleme ve çift sıra trafiğin tek sıraya indirilmesinin birleşik etkisi ve geometrik-3 sınıfı: Şerit ekleme, çift sıra trafiğin tek sıraya indirilmesi ve Çamlıca katılım bölgesinde 5 şeritten 4 şerit'e indirilmesinin birleşik etkisini içermektedir. Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, Geometrik1, 2, 3 durumlarına dair tespit edilen taşıt başına gecikme değerlerinde sırasıyla %29, %35 ve %49 oranında iyileşme sağlanmıştır.
6. Geometrik1, 2 ve 3 uygulamalarına ait olan ortalama hız değerlerinde %16, %21 ve %32 artışlar tespit edilmiştir.
7. Gişelerde OGS uygulamasının kaldırılmasının etkili olup olmadığı belirlemek amacıyla mevcut olan gişelere ulaşan hacim değerleri kullanılmıştır. OGS uygulamasının kaldırıldığı durumlarda, gişeler bölgesi boyunca hız %1, geçen taşıt sayısı ise yaklaşık %4 azalmıştır. OGS' nin kaldırılması durumunda

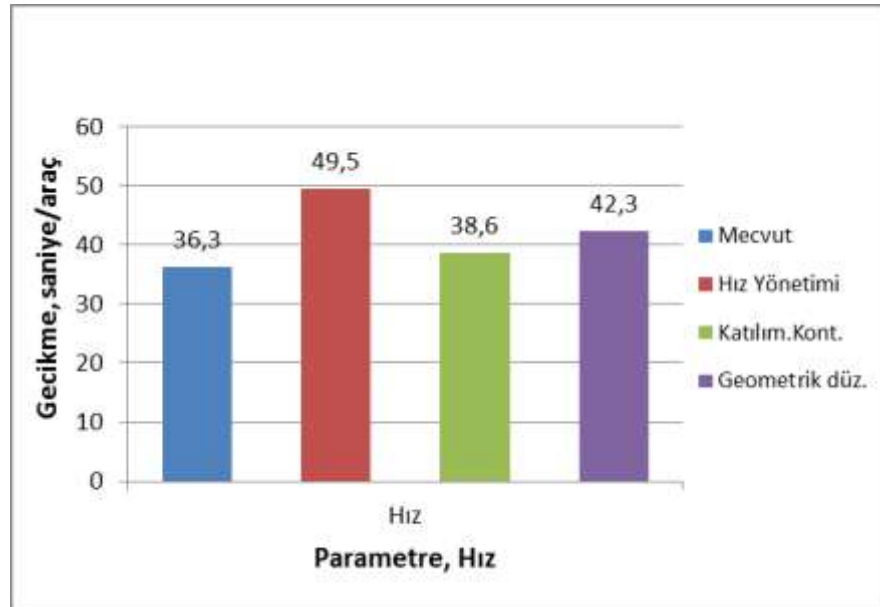
gecikmeler ise %23 artmıştır. OGS'nin, hız ve geçen taşıt sayısı üzerine ciddi bir şekilde etkisi olmadığı gözlemlenmiştir.

8. Katılım kontrolü için en uygun devir süresi 18 saniye olarak tespit edilmiştir..
9. Katılım kontrolü uygulanması ile taşıt başına gecikme değerlerinde %13 iyileşme sağlanmıştır. Hız değerlerinde ise % 7 artış sağlanmıştır.
10. Katılım kontrolü ile hız yönetiminin birarada uygulanması ile ortalama gecikme 188 saniye/araç değerine inmiş ve %25 azalma elde edilmiştir. Hız değerinde ise %13 artış tespit edilmiştir.
11. Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının meydana gelen gecikmeler üzerindeki etkisini ölçebilmek için VISSIM Mikrosimülasyon programı kullanılmıştır. Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının yüzdesi 0'dan %5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ve %50' ye artırılarak etkisi araştırılmıştır. Bu etki iki parametre ile incelenmiştir. Birinci parametre hızdır. Mevcut durumda toplu taşıma ve hafif nakliye taşıtlarının ortalama yüzdesi %12 ve mevcut hız değerleri 36 km/saat olarak bulunmuştur. Bu taşıtların kaldırılması ile oluşan ortalama hız değerinin 36 km/saat' den 44'e km/saat yaklaşık %22'lik bir değer ile arttığı tespit edilmiştir.
12. İkinci parametre ise ağ boyunca oluşan ortalama gecikme değeridir. Mevcut durumda trafiğin ortalama %12'sini oluşturan toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının varlığında oluşan ortalama gecikme yaklaşık olarak 249 saniye/araç olarak tespit edilmiştir. Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının trafikte bulunmaması durumunda ortalama gecikme değeri 158 saniye/ araç olarak tespit edilmiş ve %36 değerinde bir gecikme tasarrufu sağlanabileceği tespit edilmiştir.

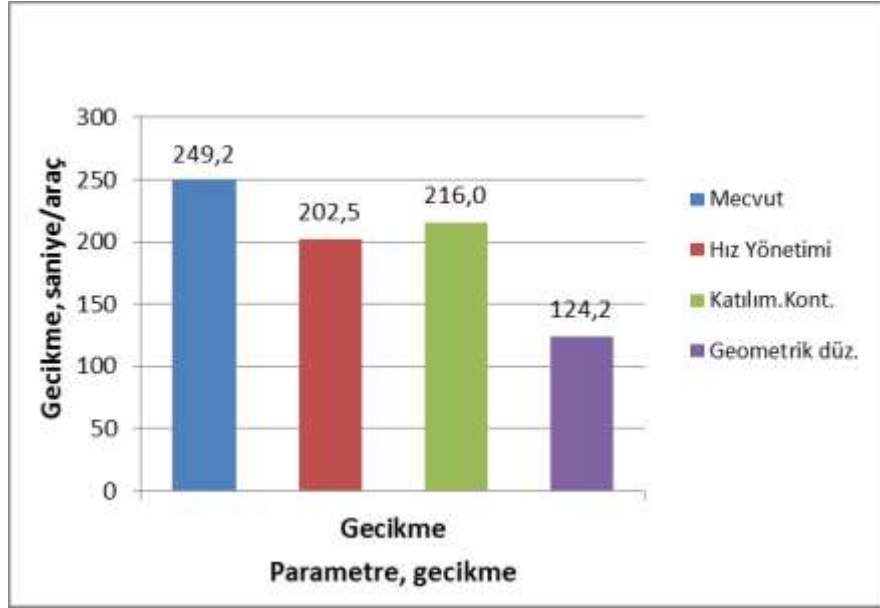
Katılımlar ve ayrımlar arasındaki uzunluğunun etkileri belirlemek amacıyla katılımlar arasındaki mesafeleri değiştirilerek bu değişikliğinin ağ performansı üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Aralık değerinin 200m'den 900

m'ye değişmesi ile seyir hızlarında %83 artış, toplam geçen taşıt sayısında ise %267'lik bir artış tespit edilmiştir.

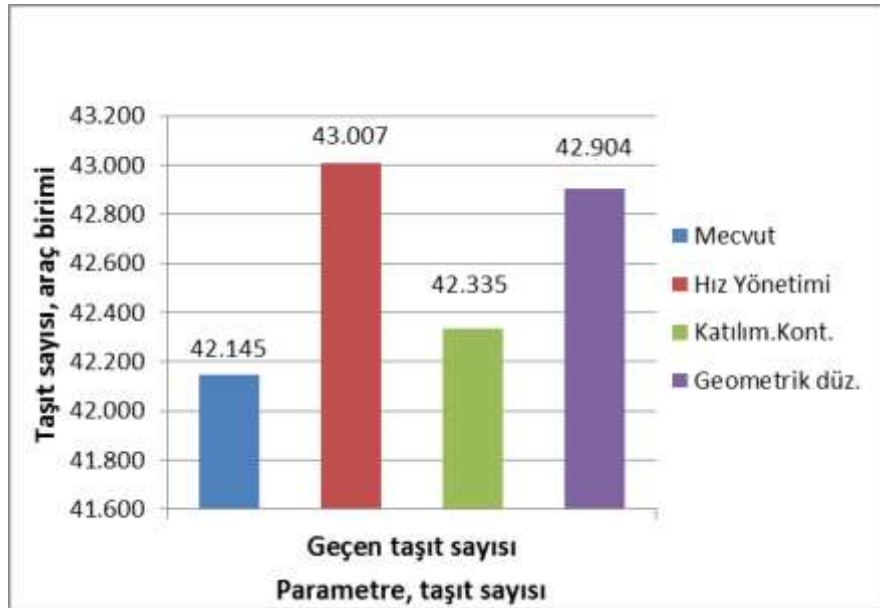
13. Aralık mesafesi arttıkça gecikmeler azalmıştır. Ancak, aralık mesafesinin bu guzergah için 900 m' den sonra artmasını gecikme değerleri üzerinde bir azalışa yol amadığı saptanmıştır.
14. Aynı ağ üzerinde, aynı trafik hacimleri kullanılarak şerit genişliğinin etkisi incelenmiştir. şerit genişliği 3 metre ile 4 metre arasında 0.25 arttırılmıştır. şerit genişliği 3m'den 3,5'ye arttırıldığında gecikmelerde yaklaşık olarak %25 azalma tespit edilmiştir. Ancak, şerit genişliği 3.5m' nin üzerine çıkarılmasının önemli bir etkisi tespit edilmemiştir.
15. Hız yönetimi, katılım kontrolü ve geometrik düzenleme uygulamalarının, hız, gecikme ve geçen taşıt sayısı üzerinde etkileri sırasıyla şekil 5.1, 5.2 ve 5.3' de gösterilmiştir.



şekil 5.1: Uygulanan yöntemlerin hız üzerindeki etkisi.



Şekil 5.2: Uygulanan yöntemlerin gecikmeler üzerine etkisi.



Şekil 5.3: Uygulanan yöntemlerin hacim değerleri üzerinde etkisi.

5.2 ÖNERİLER:

Bu tez kapsamında yapılan çalışma ile gerek gerçek zamanlı toplanan verilerden yararlanarak, gerekse bu verilerin kullanımı ile inşa edilmiş ve kalibre edilmiş analitik

modelin işletilmesi ile elde edilen tespitlerden yararlanarak takip eden satırlarda yer alan öneriler geliştirilmiştir:

1. Çamlıca katılım ile Altunizade çıkışı arasındaki bölgedeki yol kesimi 3 şeritten 4 şeride çıkartılmalıdır. Adı geçen kavşakların arasındaki yan arazi durumu müsait olduğundan dolayı ek şerit inşa edilebilir.
2. Altunizade katılım kesiminde katılım kollarında oluşan çift sıra tek sıraya düşürülmelidir.
3. Çamlıca katılım bölgesinde var olan 5 şerit dörde indirilmelidir.
4. Hız yönetimi 67 km/saat olarak uygulanmalıdır.
5. Sabah zirve saatlerinde de devir aralığı 18 saniye olan katılım kontrollü sinyal yerleştirilmelidir.
6. Toplu taşıma ve hafif nakliye araçlarının yüzdesi mümkün olduğunca düşürülmelidir.
7. Yeni yapılacak otoyolların, katılım ve ayırım noktaları arasındaki mesafe 900 metre olarak seçilmelidir.
8. Şerit genişliği gecikme açısından 3.5 m bir optimum değeri olduğu ifade edilmiştir.
9. Hız ve katılım kontrolü birlikte uygulanırsa hız 65 km/saat, devir süresi 18 saniye olarak uygulanmalıdır.

6. SONUÇLARIN KULLANIM ALANI:

Trafik sıkışıklığından kaynaklanan olumsuz etkiler gecikmelerin artışı, trafik akım hızının azalması ve buna bağlı olarak yakıt tüketiminin artışıdır. Günümüzde özellikle iki yakayı birbirine bağlayan köprü geçişlerinde büyük trafik sıkışıklıkları oluşmaktadır. Bu çalışmanın ana amacı iki yakayı birbirine bağlayan köprü geçişlerinde meydana gelen trafik sıkışıklığını azaltmak için hız yönetimi yaklaşımını kullanan bir modelin oluşturulmasıdır. Çalışma bölgesinde geometrik ve trafik yönetimi açısından görülen eksikler veya yetersizlikler, durumu benzer bir karayolu veya daha sonra yapılacak benzer trafik özelliklerine sahip olan bir karayolunun tasarımı ve inşasında bu eksikler ve yetersizlikler karşısında dikkate alınması gereken unsurlar bu bölümde açıklanmıştır. Genel olarak, bağlantılı bir otoyolun üzerinde bir köprü veya tünelin akım yukarısında trafik tıkanlığı azaltmak veya en aza indirmek, ya da İstanbul’ da üçüncü köprü yapılırken dikkate alınması gerekenler bu bölümde ele alınmıştır.

Öncelikle, güzergâh üzerinde hizmet düzeyinin en yüksek seviyeye ulaşabilmesi için katılımlar ve/veya ayrımlar arasındaki mesafenin 900 m’ civarında olması gerektiği önerilmektedir. Diğer taraftan, katılımlar ve ayrımlar arasındaki mesafenin 500 m’ den daha az olmaması gerekliliği tespit edilmiştir. Katılım ve/veya ayrımlar arası mesafe değerinin 500 m altına düştüğü zaman, katılım ve ayırım bölgesinde meydana gelen yavaşlama, sollama veya manevralardan dolayı gecikmelerin %27 artabileceği tespit edilmiştir. Ara mesafenin 900 m’ den daha yüksek değerlerde olmasının da gecikmeleri etkilemediği tespit edilmiştir.

Şerit genişliğinin en uygun değerinin 3,5 metre olduğu tespit edilmiştir. 3,5 metre’ den daha yüksek değerlerin gecikmeleri en fazla %7 azalttığı tespit edilirken, şerit genişliğinin 3 metreden 3,5 artırılmasının etkisi %19 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla gerek trafik yönetiminin performansı gerekse maliyet açısından şerit genişliğinin 3.5 m olarak kullanılmasını önerilmektedir.

Yukarıdaki açıklanan aralık mesafesi ve şerit genişliği geometrik tasarım ile ilgili olup, bu iki parametrik tasarım girdisine ek olarak, ana yola katılım akımının oluşturduğu çift sıranın tek sıraya indirilmesi önerilmektedir. Bu uygulama, zirve saatlerinde trafik polisi tarafından gerçekleştirilebilir.

Geometrik tasarım elemanlarının düzenlenmesinde güzergâh üzerinde şerit sayısı değişiminin de gecikmeler üzerinde çok önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Bunun

için yeni yapılan ya da varolan ve düzenlenmesi gereken yollarda, katılım bölgelerinde trafik şerit sayılarının trafik yoğunluk değerleri arasında ani geçişler yaratmayacak şekilde kademeli ve daha önce bahsedilen öneriler ile uyumlu bir şekilde artırılmaları ve azaltılmaları önerilmektedir.

Bir yöntem olarak hız yönetiminin ağırlık veya otoyolun performansı üzerine olumlu etkisi mevcuttur. Ancak hız yönetimi, yukarıdaki açıklanan yöntemler ile uygulandığında ve adı geçen geometrik tasarım elemanları ile ilgili öneriler dikkate alındığında etkin bir gecikme azalışı ve hız değerlerinde artış sağladığı belirtilmelidir.

Yukarıdaki sıralanan öneriler, darboğaz oluşan güzergâhlarda veya üzerinde köprü, tünel vb yapılar barındıran her otoyola uygulanabilir. Örnek olarak, F.S.M Köprüsü özelinde E-80 karayolu üzerinde Anadolu yakasından Avrupa yakası yönüne doğru katılım kolları olan Kozyatağı kavşağından F.S.M köprüsüne kadar bu öneriler uygulanabilir. Fakat bazı değerlerin (hız yönetimi değeri, katılım kontrolü deviri v.s) güncellenmesi gereklidir. Ayrıca, bu çalışma sonucu önerilerin yapılacak üçüncü köprüye uygulanması durumunda olası gecikme oluşması engellenebilecektir.

Yapılacak olan veya düşük performans altındaki mevcut otoyolların inşasında veya tadilatında, yapılan çalışma sonucu yukarıda belirtilen önerilerin dikkate alınması ile trafik sıkışıklığının azaltılması ve trafik performanslarının iyileştirilmesi gerçekleştirilebilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışmanın sonuçlarına, yapılacak olan veya mevcut düşük performanslı otoyolların, yukarıdaki belirtilen öneriler dikkate alınarak trafik sıkışıklığının azaltılması ve yol performansının iyileştirilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Kent içi ulaşım planlamasının kentlere sosyal ve çevresel yapısına önemli etkilerde bulunduğu ve bu etkilerin sağlıklı olması için dikkatle sunulmuş çözümlere gereksinim duyulduğu açıktır. Bilindiği üzere, modernizasyon ve teknolojik açıdan ilerleme, yoğun insan yerleşimlerindeki araç akışı ile belli olur. Günümüz modern şehirlerinde trafik akışının yönetimi ayrı bir öneme sahip olup; yol ağının örgütlenmesi ve kavşakların inşaatı gittikçe önem kazanmaktadır. Trafik yönetimi, özellikle otoyolların diğer katlı kavşaklardan gelen katılımların kesiştiği noktalarda, trafik gecikmeleri azalmasının ve akımların iyileşmesinin amacıyla trafik yönetim yöntemlerin uygulanmasında yararlı olacaktır. Dolayısıyla bu kesişme (ayrılma ve katılma) noktaların arasındaki mesafenin en uygun değerini elde edebilmek için sosyal ve çevresel etkileri de içeren bir çalışma

yapılmalıdır. Başka bir deyiş ile, katılım kollarının sıklığının, ana akım üzerindeki sosyal etkilerinin de araştırılması gerekmektedir. Katılım sıklığının artması ile ana yol akımındaki gecikmelerin ve toplam seyahat süresindeki artışın yol açacağı sosyal etkinin belirlenmesi için daha detaylı sayım ve anket çalışmaları yapılarak, sürücülerin zaman değerlerini de göz önüne alacak bir çalışmanın, bu çalışma ile elde edilecek sonuçları daha da ileriye götürebileceğini düşünülmektedir. Ayrıca, katılım kontrolünün ana akım üzerinde dedektörlerden elde edilecek trafik akım parametrelerine göre katılımın dinamik hale gelmesi durumunda elde edilecek gecikme ve seyahat süresi kazançları üzerinde ileride yapılacak araştırmaların, katılımların sosyal etkilerini daha da ortaya çıkarabileceğine inanılmaktadır.

7. KAYNAKLAR:

- [1]. Lin, F.B. A Delay Model for Planning Analysis of Main-Line Toll Plazas. In Transportation Research Record, TRB, 80th National Research Council, January 7-11,.Washington, D. C. 2001.
- [2]. Bertini, R. L., Hansen, S., and Bogenberger, K. “Empirical analysis of traffic sensor data surrounding a bottleneck on a German Autobahn.”. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2004, pp. 97–107.
- [3]. Cassidy, M.J. Anani, S.B., and Haigwood, J.M “Study of freeway traffic near an off ramp” Transportation Research Board, Washington, D.C., 2002 Part A 36, pp. 563–572.
- [4]. Kwon, J., Mauch, M., and Varaiya, P.: The components of congestion: delay from incidents, special events, lane closures, weather, potential ramp metering gain, and excess demand, Proc., 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board (CD-ROM), Washington, D.C., 2006
- [5]. Zhang, L., and Levinson, D.: Ramp Metering and Freeway Bottleneck Capacity, Transportation Research Part A, Vol. 44, No. 4, May 2010, pp. 218–235
- [6]. Lindley, J. A., “Urban Freeway Congestion: Quantification of the Problem and Effectiveness of Potential Solutions”, ITE Journal, pp. 27-32, Jan 1997.
- [7]. Schrank, D.L. and Lomax, T.J. Urban Roadway Congestion Methodology and Urbanized Area Data. Research Report 1131-9, Vol. 2. Texas Transportation Institute, Texas A&M University, Arlington, TX, 1997.
- [8]. Cassidy, M.J. and R.L. Bertini (1999). Some traffic features at freeway bottlenecks. Transportation Research Board., 33B, 25-42.
- [9]. Archer, J., Fotheringham, N., Symmons, M., & Corben, B.(2008)The impact of lowered speed limits in urban and metropolitan areas. Monash University Accident Research Centre, Report No. 276
- [10]. Olmstea, T. “An Important Pitfall Avoid When Using a Deterministic Queuing Model to Estimate Incident-Induced Delay”. Transportation Research Board, 1998, p. 167-190.

- [11]. Jiang, Y. "Estimation of traffic Delays and Vehicle Queues at Freeway Work Zones" Transportation Research Board, 80th Annual Meeting. January 7-11, Washington, D.C. 2001, pp. 270–301.
- [12]. Sanhita, L., Albert, C.G. and Qiong, S. (2002) Using simulation to estimate speed improvements from single ramp metering at on-ramp junctions. Paper presented at the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board. Washington, 13-18 January 2002.
- [13]. Teng,H. and Yi.Q.An Invistigation of Incident Freqncy,Duration and Lanes Blockage For Determining Traffic Delay. 81th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C, January 2002.
- [14]. Ulfarsson G.F., Shankar V.N and Vu.p.The Effect of Variable Message Signs on the Relationship between Mean Speeds and Speed Deviations. 81th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C, January 2002.
- [15]. John H., Panos G.M. Evaluation of Ramp Control Effefctiveness in Two Twin Cities Freeways. 81th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C, January 2002.
- [16]. Barth, M., Boriboonsomsin, K.: Real-World CO2 Impacts of traffic congestion. In: Paper for the 87th Annual Meeting of Transportation Research Board, 2008, Washington, DC, p. 10
- [17]. Erera, A.L., Lawson, T.W. and Daganzo, C.F., "A Simple, Generalized Method for Analysis of a Traffic Queue Upstream of a Bottleneck", Transportation Research Record 1646, Transportation Research Board, 1998, p. 132-140.
- [18]. Cassidy, M.J. and Rudjanakanoknad, J. "Study of Traffic at a Freeway Merge and Roles for Ramp Metering", California PATH Working Paper UCB-ITS-PWP-2002-2, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, ABD, 2002.
- [19]. Tian, Z,Z. T.Urbanik, R.Engelbrecht and K.Balke. Variation in Capacity and Delays Estimates From Microscopic Traffic Simulation Models. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2002 pp.145-173.
- [20]. Mountain LJ, Hirst WM, Maher MJ. Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures? The impact of speed management schemes on 30 mph roads. Accident Analysis and Prevention 2005; 37:742–54.

- [21]. Yu G, Jishuang¹ Z, Ning Z, Xiaobao Y. Traffic Flow Characteristics of Bottleneck Segment with Ramps on Urban Expressways. International Conference on Transportation Engineering (ASCE 2009); 1679-1684.
- [22]. Keuken, M.P.,Jonkers,S.,Wilmink,I.R.,Wesseling,J.,2010.Reduced NO_x and PM₁₀ emissions on urban motorways in The Netherlands by 80 km/h speed management. Science of the Total Environment 408, 2517–2526.
- [23]. Wesseling JP, Hollander JCTh, Teeuwisse S, Keuken MP, Gense R, Van der Burgwal E, Hermans L, Voerman JWT, Kumm PJ, Van den Elshout J. Research on the effects of 80 km/h on air quality in Overschie near the A13 motorway (in Dutch). TNO Report 2003-R0258. Utrecht, The Netherlands: TNO; 2003.
- [24]. Yue L, Hapu LU, Chamngzhi B, Xinxin Y. The Relationship of Speed-flow-density for the Mix Traffic Flow on Beijing Urban Expressway. International Conference on Transportation Engineering (ASCE 2009); 2590-2595.
- [25]. Zhou M, Hall F L. Investigation of the Speed-Flow Relationship Under Congested conditions on a Freeway. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1999 pp.1-14.
- [26]. Coelho MC, Farias TL, Rouphail NM. Impact of speed control traffic signals on pollutant emissions. Atmospheric Environment 2005; 39.323–340.
- [27]. Mirshari M., Obenberger, J., Fuhs, Ch., Howard, Ch., Krammes, R., Kuhn, B., Mayhew, R.,Moore, M., Sahebjam, K., Stone, C., Yung, J.: Active Traffic Management: The Next Step in Congestion Management, International Technology Scanning Program. Report No. FHWA-PL-07- 012, July, 2007
- [28]. Lee, C., and Abdel-Aty, M.: Testing Effects of Warning Messages and Variable Speed Limits on Driver Behavior Using Driving Simulator, Transportation Research Record, Volume 2069, 2008, pp. 55-64
- [29]. Abdel-Aty, M., Cunningham, R.J., Gayah, V.V., and Hsia, L.: Dynamic Variable Speed Limit Strategies for Real-Time Crash Risk Reduction on Freeways, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2078, Washington, D.C., 2008, pp. 108–116.
- [30]. De Palma, A. ve Lindsey, R. (2011), “Traffic Congestion Pricing Methodologies and Technologies”, Transportan Research, Part C, 19,1377-1399.

- [31]. Xu, S. X. Development and Test of Dynamic Congestion Pricing Model. Master Degree, Massachusetts Institute of Technology. 2009.
- [32]. Berk Ö. Türkiye Kara Yollarında Oluşan Emisyon Miktarının Belirlenmesi ve Emisyon Azaltım Senaryoları, 10.10.2008.
- [33]. ITS Handbook, 2005-2006, Highway Industry Development Organisation (2005).
- [34]. Nilsson G. Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221, Sweden, Lund Institute of Technology, Lund University, 2004. OECD/ECMT Transport Research Centre: Speed Management report, Paris 2006.
- [35]. Mackay GM. Reducing car crash injuries, folklore, science and promise. American Association for Automotive Medicine, 1983, No.5.
- [36]. Miller, Ted, David T. Levy, Rebecca S. Spicer and Diane C. Letina, 1998. "Allocating the Costs of Motor Vehicle Crashes Between Vehicle Types." Transportation Research Record 1635: 81-87.
- [37]. Tingvall C, Haworth N. Vision zero: an ethical approach to safety and mobility. Paper presented to the 6th Institute of Transport Engineers International Conference on Road Safety and Traffic Enforcement: Beyond 2000, Melbourne, 6-7 September 1999.
- [38]. Kutlu K., 2010. Kent içi Toplu Ulaşımında Akıllı Sistemler, İstanbul Toplu Ulaşım Haftası/ TRANSİST 2010, 1-3 Aralık, Haliç Kongre ve Kültür Merkezi.
- [39]. Carden, P.J.C., Meekums, R.J. and Beck, I.H. (1998) „The Midlands Driver Information System: Operation and Analysis of Benefits“. IEE Ninth International Conference on Road Transport Information and Control.
- [40]. Levinson, D. and Hong, H. (2002) "Effectiveness of Variable Message Signs". University of Minnesota. Presented at the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [41]. Al-Deek H. and Kanafani A. (1993) "Modeling the Benefits of Advanced Traveler Information Systems in Corridors with Incidents". Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol.1, no. 4, December, pp. 303-324.
- [42]. Chatterjee, K. and McDonald, M. (2004) "Effectiveness of using variable message signs to disseminate dynamic traffic information: evidence from field trials in European cities". Transport Reviews, vol. 24, no. 5, pp. 559-585.

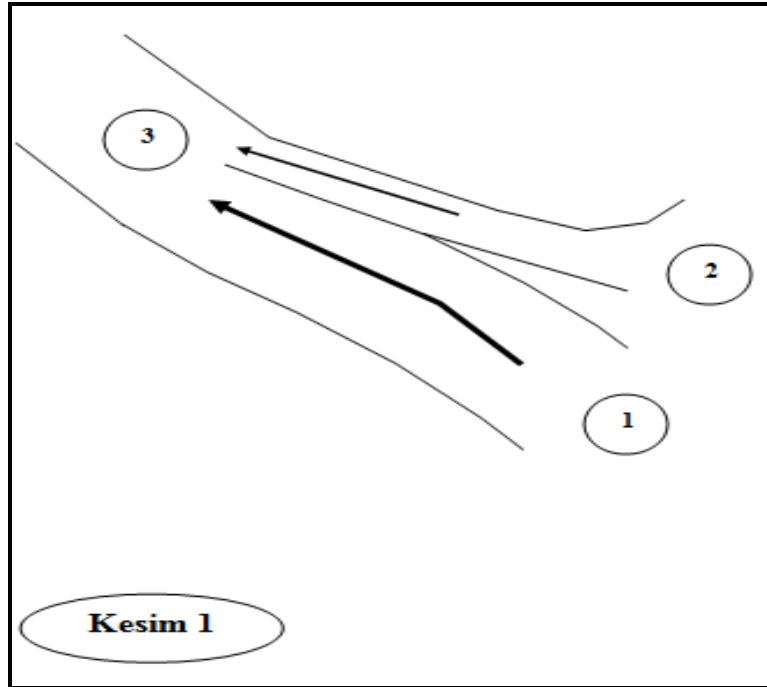
- [43]. Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1988 Edition.
- [44]. Luoma, J., Raemae, P., Penttinen, M., and Anttila, V. (2000) Effects of variable message signs for slippery road conditions on reported driver behaviour. *Transportation Research F*, 3, 75–84.
- [45]. Emmerink, R. H. M., Nijkamp, P., Rietveld, P., and Van Ommeren, J. N. (1996) Variable message signs and radio traffic information: An integrated empirical analysis of driver's route choice behaviour. *Transportation Research A*, 30, 135–153.
- [46]. Kraan, M., Van Der Zijpp, N., Tutert, B., Vonk, T., and Van Megen, D. (1999) Evaluating networkwide effects of variable message signs in the Netherlands. *Transportation Research Record*, 1689, 60–67.
- [47]. Yim, Y., and Ygnace, J. L. (1994) SIRIUS evaluation project: Variable message signs and traffic behaviour. *Roads to the 21st Century: A Key to Competitiveness Proceedings*, International Road Federation Conference and Exposition, The Transportation Association of Canada, Calgary, Alberta, July 3-7, vol. 4, pp. D3–D18.
- [48]. Kockelman, Kara Maria. "Changes in the Flow-Density Relation due to Environmental, Vehicle and Driver Characteristics", *Transportation Research Record* 1644, 1998.

EKLER:

EK1:

KAVŞAKLARIN TRAFİK HACIMLERİ:

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



Şekil 1: Trafik sayımı yapılan 1 no.lu Kesim.

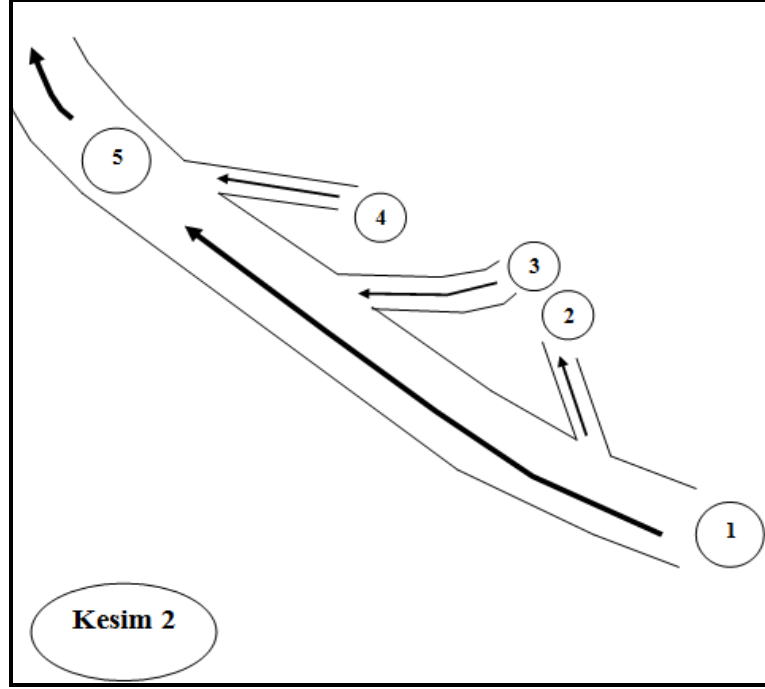
Tablo1: Kesim 1, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri.

ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TICARİ MINIBUS			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.AKIM
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

Tablo2: Kesim 1, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL				TAKSİ				KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MINIBUS				TOPLU TAŞIMA MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM	
SABAH	6:30	6:45	185					2-3					2-3					2-3					2-3					2-3				2.AKIM
	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 2’de görüldüğü gibi Kesim 2’de 5 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri tablo 3, 4, ve tablo 5’te verilmiştir.



Şekil 2: Trafik sayımı yapılan 2 no.lu Kesim.

Tablo 3: Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MINİBUS			TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TİR			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		1-2	1-5
SABAH	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	

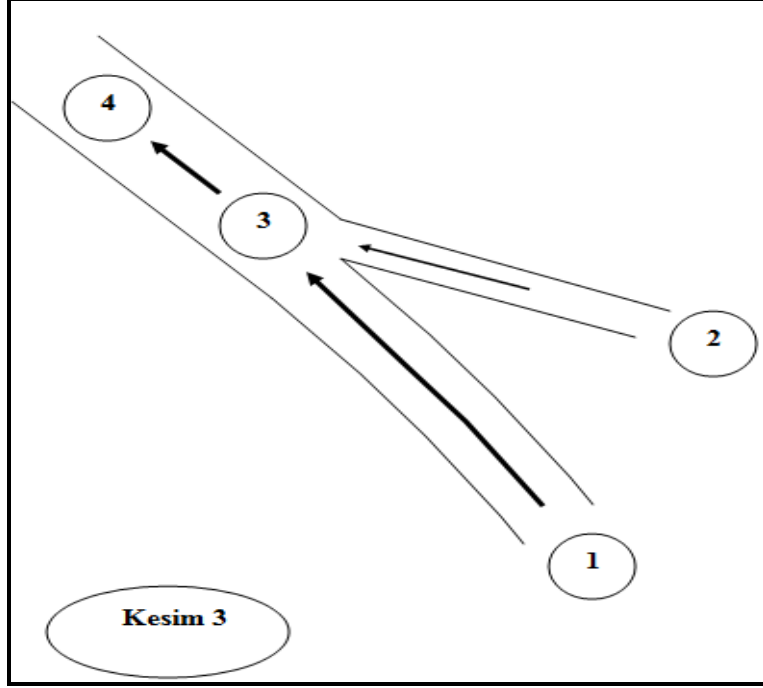
Tablo 4: Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri.

ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MINIBUS			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.AKIM	
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 5: Kesim 2, 10.02.2011 günü sayımı, 4 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL				TAKSİ				KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MINİBUS				TOPLU TAŞIMA MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ				SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR				TOPLAM				GENEL TOPLAM			
SABAH	6:30	6:45	366				4-5				4-5				4-5				4-5				4-5				4-5				4.AKIM			
	6:45	7:00	224								60								5				2				409				409			
	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 3’te görüldüğü gibi Kesim 3 te 2 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri Tablo 6 ve Tablo 7’de verilmiştir.



Şekil 3: Trafik sayımı yapılan 3 no.lu Kesim.

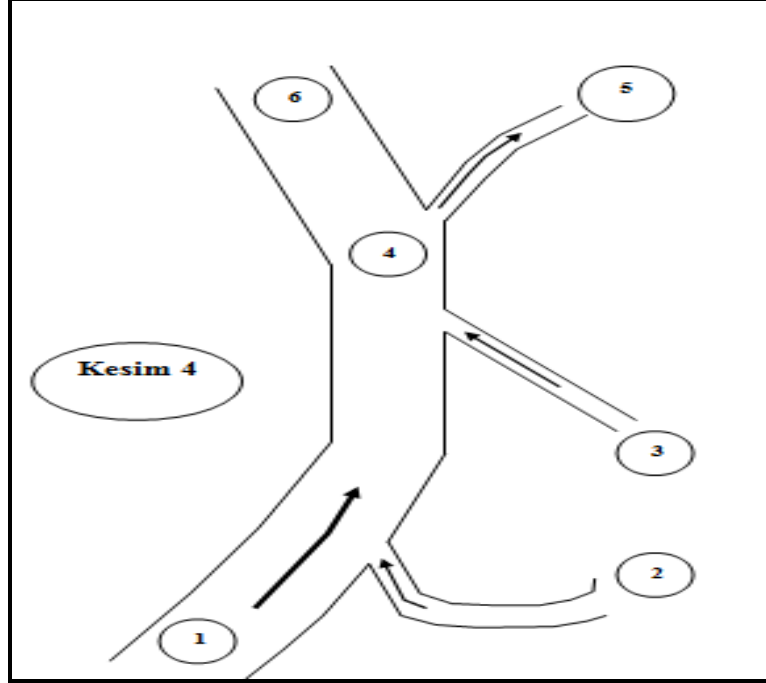
Tablo 6: Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri.

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

Tablo 7: Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri.

ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			KAMYONET, PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MINİBUS			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	
	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’te görüldüğü gibi Kesim 4 te 4 trafik akımı sayılmış olup, 10.02.2011 tarihinde yapılan sayımların değerleri Tablo 8, 9, 10, 11’de verilmiştir.



Şekil 4: Trafik sayımı yapılan 4 no.lu Kesim.

Tablo 8: Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 1 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MINIBUS			TOPLU TAŞIMA İETT, MİDİBÜSÜ, OTOBÜSÜ			SERVİS OTOBÜSÜ, KAMYON, TIR			TOPLAM			GENEL TOPLAM		
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 9: Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 2 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MINIBUS			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	
SABAH	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 10: Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 3 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL				TAKSİ				PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS				TİCARİ MINİBUS				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
SABAH	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 11: Kesim 3, 10.02.2011 günü sayımı, 4 no.lu Akım değerleri.

	ÇEKİM SAATİ		OTOMOBİL			TAKSİ			PANELVAN, SERVİS MİNİBÜSÜ, MİDİBÜS			TİCARİ MINIBUS			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		
SABAH	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

EK2:

Aşağıdaki verilen örnekte, her kavşakta kullanılan hız ölçme yöntemin detayları gösterilmiştir. Kullanılan bu yöntem her kavşakta her akımda uygulanmıştır.

1. Araç cinsine göre resimlerin jpg formatında kaydedilmesi.
2. Excel formatına aktarılması.
3. Zaman farkının hesaplanması.
4. Hız ölçümü.

Birinci kavşak 10.02.2011 tarihinde 1-3 akımın, oto araç cinsine göre çekilen bir resimler:

JPEG FORMATINDA	EXCEL
Zaman = 10:49:00:616 Süre Fark = 00:00:00:00	00:00:00:000
Zaman = 10:49:07:636 Süre Fark = 00:00:07:20	00:00:07:200
Zaman = 10:49:12:675 Süre Fark = 00:00:12:59	00:00:12:590
Zaman = 10:49:27:167 Süre Fark = 00:00:26:551	00:00:26:551
Zaman = 10:49:31:801 Süre Fark = 00:00:31:185	00:00:31:185
Zaman = 10:49:47:307 Süre Fark = 00:00:46:691	00:00:46:691
Zaman = 10:49:52:315 Süre Fark = 00:00:51:699	00:00:51:699
Zaman = 10:50:16:198 Süre Fark = 00:01:15:582	00:01:15:582
Zaman = 10:50:21:596 Süre Fark = 00:01:20:980	00:01:20:980
Zaman = 10:50:51:252 Süre Fark = 00:01:50:636	00:01:50:636
Zaman = 10:50:55:261 Süre Fark = 00:01:54:645	00:01:54:645
Zaman = 10:51:42:420 Süre Fark = 00:02:41:804	00:02:41:804
Zaman = 10:51:47:162 Süre Fark = 00:02:46:546	00:02:46:546
Zaman = 10:51:59:626 Süre Fark = 00:02:59:10	00:02:59:100
Zaman = 10:52:04:650 Süre Fark = 00:03:04:34	00:03:04:340
Zaman = 10:52:15:554 Süre Fark = 00:03:14:938	00:03:14:938
Zaman = 10:52:22:434 Süre Fark = 00:03:21:818	00:03:21:818
Zaman = 10:52:23:619 Süre Fark = 00:03:23:03	00:03:23:030
Zaman = 10:52:29:516 Süre Fark = 00:03:28:900	00:03:28:900
Zaman = 10:52:38:96 Süre Fark = 00:03:37:480	00:03:37:480
Zaman = 10:52:41:887 Süre Fark = 00:03:41:271	00:03:41:271
Zaman = 10:52:52:417 Süre Fark = 00:03:51:801	00:03:51:801
Zaman = 10:52:59:312 Süre Fark = 00:03:58:696	00:03:58:696
Zaman = 10:53:01:418 Süre Fark = 00:04:00:802	00:04:00:802
Zaman = 10:53:09:327 Süre Fark = 00:04:08:711	00:04:08:711
Zaman = 10:53:28:219 Süre Fark = 00:04:27:603	00:04:27:603
Zaman = 10:53:34:802 Süre Fark = 00:04:34:186	00:04:34:186
Zaman = 10:54:06:860 Süre Fark = 00:05:06:244	00:05:06:244
Zaman = 10:54:11:837 Süre Fark = 00:05:11:221	00:05:11:221
Zaman = 10:54:13:600 Süre Fark = 00:05:12:984	00:05:12:984
Zaman = 10:54:17:812 Süre Fark = 00:05:17:196	00:05:17:196

Şekil 5: 10.02.2011 tarihinde 1-3 akımın, oto araç cinsine JPEG ve Excel formatı.

Tablo12: 10.02.2011 tarihinde 1-3 akımın, oto araç cinsine zaman farkı ve hız hesaplaması.

Excel formatı	Saat	Dakika	Saniye	(Saniye/ 1000)	Toplam saniye	Farkı	Uzunluk	Hız (km/saat)
00:00:07:200	0	0	7	200	7,20	5,39	36	24,04
00:00:12:590	0	0	12	590	12,59		36	
00:00:26:551	0	0	26	551	26,55	4,63	36	27,97
00:00:31:185	0	0	31	185	31,19		36	
00:00:46:691	0	0	46	691	46,69	5,01	36	25,88
00:00:51:699	0	0	51	699	51,70		36	
00:01:15:582	0	1	15	582	75,58	5,40	36	24,01
00:01:20:980	0	1	20	980	80,98		36	
00:01:50:636	0	1	50	636	110,64	4,01	36	32,33
00:01:54:645	0	1	54	645	114,65		36	
00:02:41:804	0	2	41	804	161,80	4,74	36	27,33
00:02:46:546	0	2	46	546	166,55		36	
00:02:59:100	0	2	59	100	179,10	5,24	36	24,73
00:03:04:340	0	3	4	340	184,34		36	
00:03:14:938	0	3	14	938	194,94	6,88	36	18,84
00:03:21:818	0	3	21	818	201,82		36	
00:03:23:030	0	3	23	30	203,03	5,87	36	22,08
00:03:28:900	0	3	28	900	208,90		36	
00:03:37:480	0	3	37	480	217,48	3,79	36	34,19
00:03:41:271	0	3	41	271	221,27		36	
00:03:51:801	0	3	51	801	231,80	6,90	36	18,80
00:03:58:696	0	3	58	696	238,70		36	
00:04:00:802	0	4	0	802	240,80	7,91	36	16,39
00:04:08:711	0	4	8	711	248,71		36	
00:04:27:603	0	4	27	603	267,60	6,58	36	19,69
00:04:34:186	0	4	34	186	274,19		36	
00:05:06:244	0	5	6	244	306,24	4,98	36	26,04
00:05:11:221	0	5	11	221	311,22		36	
00:05:12:984	0	5	12	984	312,98	4,21	36	30,77
00:05:17:196	0	5	17	196	317,20		36	373,07
							36	24,87

ÖZGEÇMİŞ:

Adı Soyadı	:	Ghassan SULEİMAN
Sürekli Adresi	:	Talaatpaşa Cd. Çiftçi Sok. Ap:8 /Daire 2. Harmantepe Mah. Kâğıthane-İstanbul
Doğum Yeri/Yılı	:	Tartous-Suriye. 1977
Yabancı Dili	:	Türkçe, İngilizce
İlk Öğretim	:	Al-Huriyya İlkokulu (1984-1989) Albuk'a Orta Okulu (1989-1992)
Orta Öğretim	:	Musatafa Haydar Lisesi (1992-1995)
Lisans	:	Tişrin Üniversitesi (Tishreen University), İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Ulaştırma Mühendisliği Bölümü, Lazkiye-Suriye (1995-2000).(www.tishreen.edu.sy)
Yüksek Lisans	:	Jordan University of Science and Technology, Faculty of Graduate Studies, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Ana Bilim Dalı. İrbid - Ürdün (2001-2004).(www.just.edu.jo)
Çalışma Hayatı	:	General Company for Technical Studies and Consultations, Transport Engineering Department 2004-2006. (www.gcec.sy)
Uluslararası Makale	:	Suleiman, G.M. and Al-Masaeid, H.R. 2004. Relationships between Urban Planning Variables and Traffic Crashes in Damascus, <i>Road and Transport Journal</i> , ARRB, Australia, 13 (4): 63-73.
Konferans	:	Uluslararası Konferans, Trafik ve Taşıma Sistemlerinin Gelişimi. Mühendisler birliği / 2004 Amman- Ürdün.
Ankara Üniversitesi	:	Türkçe Öğrenim Merkezi (TÖMER), Türkçe Diploması (2006-2007).
İstanbul Üniversitesi	:	Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora programı 2008-