

# 15 Temmuz Şehitler Köprüsü gişe sahasının trafik akımına etkisinin araştırılması

Fikret YAVUZYILMAZ<sup>1</sup>, Selim DÜNDAR<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Okan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup> Okan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Makale Gönderme Tarihi: 20.02.2017

Makale Kabul Tarihi: 23.03.2017

## Öz

*Tekrarlı olarak yaşanan trafik tıkanıklıkları büyük şehirlerin başlıca sorunları arasında gelmektedir. Ülkemizin en büyük kenti olan İstanbul'da Anadolu ve Avrupa yakaları arasındaki geçişi sağlayan 15 Temmuz Şehitler ve Fatih Sultan Mehmet Köprüleri ile çevre yollarında da özellikle zirve saatlerde tekrarlı trafik tıkanıklıkları yaşanmaktadır. Her iki köprüde de sabah zirvesinde Anadolu'dan Avrupa yönüne, akşam zirvesinde ise Avrupa'dan Anadolu yönüne olan yolculuk talebi daha fazla olmaktadır. Zirve saatlerdeki yolculuk talebini karşılayabilmek için, her iki köprüde de zirve olmayan yönün en sol şeridi zirve yönün kullanımına atanarak, ek şerit uygulaması yapılmaktadır. Ancak ek şerit uygulamasının köprü üzerinde sağladığı kapasite artışına ve dolayısıyla trafik koşullarının iyileşmesine rağmen, köprülerin giriş ve çıkışlarında yaşanan trafik tıkanıklıkları artarak devam etmektedir.*

*Bu çalışma kapsamında, 15 Temmuz Şehitler Köprüsü girişi ve çıkışında, akşam zirvesinde Avrupa yakasından Anadolu yakasına geçiş yönündeki trafik koşulları incelenmiş ve köprü çıkışında bulunan gişe sahasının trafiğe olan etkisi ölçülmüştür. Bu amaçla, 22 Mayıs 2015 tarihinde Beşiktaş katılımı ve Çamlıca ayrımı kesimlerinden elde edilen kamera görüntüleri incelenmiş, elde edilen veriler ışığında PTV VISSIM® ince boyut benzetim yazılımının ölçümlemesi yapılmıştır. Daha sonra gişe sahasının kaldırılması halinde trafik akımında oluşacak değişimler incelenmiştir. Gişe sahası kaldırıldığında, ek şerit uygulamasına devam edilmesi halinde, trafik akımı koşullarında önemli bir değişim olmamaktadır. Gişe sahası kaldırılıp, ek şerit uygulaması yapılmadığında ise, taşıt başına ortalama gecikme % 16.26, duraklama gecikmesi % 28.17 ve ortalama duraklama sayısı % 13.15 oranında azalmakta, ortalama hız ise % 16.32 artmaktadır.*

**Anahtar Kelimeler:** Trafik mühendisliği; trafik akımı; ince boyut benzetim; PTV VISSIM

## Giriş

Her gün zirve saatlerde tekrarlı olarak yaşanan trafik tıkanlıkları büyük şehirlerin önde gelen sorunları arasında bulunmaktadır. Nüfusun artışına bağlı olarak, raylı sistem yatırımlarını zamanında gerçekleştirememiş olan büyük şehirlerde, ulaşım büyük oranda karayoluna bağımlı olduğundan, trafik sorunları daha da yoğun bir biçimde yaşanmaktadır. Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi verilerine göre 14 657 434 kişilik nüfusuyla (TÜİK, 2017) Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da da her gün zirve saatlerde ana yollarda trafik tıkanlıkları yaşanmaktadır. Bu trafik tıkanlıkları ve etkileri en fazla Avrupa ve Anadolu yakaları arasındaki geçişi sağlayan 15 Temmuz Şehitler ve Fatih Sultan Mehmet Köprüleri ile çevre yollarında görülmektedir. Her iki köprüde de sabah zirve saatlerinde Anadolu'dan Avrupa yönüne, akşam zirve saatlerinde ise Avrupa'dan Anadolu yönüne olan yolculuk talebi daha fazla olmaktadır. Bu talebe daha iyi yanıt verebilmek amacıyla, zirve olmayan yönün en sol şeridi, zirve saatlerde zirve yönün kullanımına atanarak, ek şerit uygulaması yapılmaktadır. Ek şerit uygulamasının sağladığı kapasite artışına karşın, her iki köprü'nün de giriş ve çıkışlarında yaşanan trafik tıkanlıkları gün geçtikçe artarak, devam etmektedir.

Her iki köprüde de yaşanan trafik tıkanlıkları yıllardır araştırmacıların üzerinde çalıştığı bir konu olmuştur. Zorer (2003) Boğaziçi (15 Temmuz Şehitler) Köprüsü'nde sabah zirvesinin oluştuğu Anadolu – Avrupa yönünde ana akım koşullarının iyileştirilmesi için katılım kontrolü uygulanmasını önermiştir. CORSIM ince boyut benzetim yazılımı sonuçlarına göre, katılım kontrolü uygulandığı takdirde ana akımda toplam yolculuk süresi azalırken, trafik akım hızında artış sağlanmaktadır. Ancak katılım kollarında biriken taşıtların oluşturduğu kuyruk uzunlukları kent içi yollara kadar uzamakta, bu da otoyol ile ilgisi olmayan trafiği olumsuz etkileyebilmektedir. Şahin vd. (2004) araştırma projelerinde O-1 karayolunun Asya – Avrupa ve

Avrupa – Asya yönlerinde Boğaziçi Köprüsü yaklaşımlarında hafta içi sabah ve akşam zirve trafik akımlarını gözlemlemiştir. Trafik sayımlarından elde edilen verilerin ve bu verilere dayanan yığılımlı taşıt sayısı eğrilerinin incelenmesi ile karayolu üzerindeki darboğazların yeri, oluşma zamanı, katılımlardaki ve anayoldaki akım değişimleri, kuyruklanmanın gelişimi, akımdaki dalgalanma hareketleri gibi özellikler elde edilmiştir. Asya – Avrupa yönü için belirlenen karayolu kesiminin bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Benzetim modelinin, sahadan toplanan trafik verileriyle ölçümlemesi yapılmıştır. Modelde, katılımlardan anayola giren trafiğin kontrol edilmesi yoluyla, katılım darboğazlarının oluşması önlenmeye çalışılmıştır. Avrupa –Asya yönü için, özellikle Boğaziçi Köprüsü gişe sahası üzerinde durulmuş ve sahada gözlenen değişik işletim uygulamalarının, sahaya giren ve sahadan çıkan trafik akımları üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Şahin ve Akyıldız (2005) Boğaziçi Köprüsü çıkışındaki gişe sahası ve bu kesimdeki trafik koşullarını incelemiştir. Çalışmada, gerçekleştirildiği dönemde hizmet vermekte olan 15 gişenin her birinin başarımı, ek şeridin, gişe memurlarının ve gişe sahasındaki kuyruk uzunluğunun etkisi incelenmiştir. Uncu (2006) Boğaziçi Köprüsü'nün gişe sahasını AIMSUN ince boyut benzetim yazılımı ile modellemiştir. Çalışmanın amacı, uygulandığı dönemde hizmet veren ödeme yöntemlerini göz önüne alarak, en uygun gişe bileşimini belirlemektir. 4 adet OGS (Otomatik Geçiş Sistemi), 1 adet KGS (Kartlı Geçiş Sistemi) ve 8 adet nakit ödeme gişesinden oluşan bir bileşim çalışmanın yapıldığı dönem için en uygun bileşim olarak göze çarpmaktadır. Aydın (2008) Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nde akşam zirvesinin oluştuğu Avrupa – Anadolu yönünde yapılan ek şerit uygulamasının etkisini CORSIM ince boyut benzetim yazılımı ile incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre, ek şerit uygulamasının Anadolu – Avrupa yönüne sağladığı zarar (maliyet), Avrupa – Anadolu yönüne sağladığı yarardan (faydadan) daha fazla olmaktadır. Şahin ve Altun (2009) Boğaziçi Köprüsü Avrupa yakası

yaklaşımında bulunan bir yatay dönemeç kesimini incelemiştir. Çalışmaya göre, sürücüler kurama uygun davranış göstermektedir. Örneğin, orta şeritteki sürücüler, seyir hızı sağ şeritten daha düşük olsa bile şerit değiştirmemekte, şerit değişimi dönemeç kesiminden sonra gerçekleşmektedir. Orta şeritte yarı tkalı koşullarda hızlı ilerleyen bir kuyruk gözlemlenirken, aynı anda sağ şeritte serbest akım koşulları gözlemlenmektedir. Kopal (2011) Boğaziçi Köprüsü Anadolu – Avrupa yönündeki katılım kollarında hız yönetimi uygulamıştır. Saha araştırmalarından elde edilen veriler kullanılarak, VISSIM ince boyut benzetim yazılımının ölçümlemesi yapılmış ve sonrasında hız yönetiminin etkileri incelenmiştir. Ağ genelinde, mevcut duruma göre hız değeri 60 km/sa ulaştığında, taşıt başına gecikmelerde yaklaşık yüzde 60 oranında iyileşme sağlanmıştır. Mevcut durumda taşıt başına ortalama hız 23,3 km/sa iken, 60 km/sa'lik hız yönetimi uygulandığında yaklaşık %76 oranında hız artışına neden olarak, 41,2 km/sa'e ulaşmıştır. Benzer şekilde, mevcut durum ile 60 km/sa'lik hız yönetimi uygulaması karşılaştırıldığında, toplam seyahat süresinde yaklaşık olarak %38 oranında iyileşme sağlandığı görülmüştür.

Gişe sahasının trafik akımına etkisi de araştırmacıların ilgisini çeken konular arasındadır. Gerek kaba boyut benzetim (Junga, 1990; Danko ve Gulewicz, 1991; Correa vd., 2004), gerekse de ince boyut benzetim yöntemleri ve yazılımları kullanılarak, (Burriss ve Hildebrand, 1996; Al Deek vd., 2000; Astartia vd., 2001; Chien vd., 2005; Nezamuddin ve Al Deek, 2007) bariyerli gişelerin etkisi incelenmiştir. Ayrıca, hem bariyerli hem de farklı tipteki bariyersiz gişelerin etkilerinin bir arada incelendiği çalışmaların (Horiguchi, vd., 2001; Özbay vd., 2006; Bartın vd., 2008; McKinnon, vd., 2014) yanı sıra, otopark alanı gişeleri için gerçekleştirilen çalışmalar da mevcuttur (Ceballos ve Curtis, 2004). İnce boyut benzetim yazılımları, gişe sahaları için geliştirilen

modellerin denenmesinde (Hajiseyedjavadi vd., 2015; Chakroborty vd., 2016), gişelerin hizmet düzeylerinin belirlenmesinde (Obelheiro, 2011) ve gişe sahası geometrisinin etkisinin incelenmesinde (van Dijk vd., 1999) de kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, 15 Temmuz Şehitler Köprüsü çıkışında bulunan gişe sahasının trafik akımına olan etkisi incelenmiştir. Dünyadaki diğer örneklerin aksine, gişe sahasında 2 ayrı (Otomatik Geçiş Sistemi – OGS ve Hızlı Geçiş Sistemi – HGS) ücret ödeme sistemi hizmet vermektedir. OGS ve HGS birbirinden farklı teknolojiye sahip oldukları gibi, bu sistemlere sahip taşıtlara farklı gişeler hizmet vermektedir. Dolayısıyla sürücülerin gişe seçiminde sahip oldukları geçiş sistemi de önemli olmaktadır. Gişe sahasının trafik akımına etkisinin incelenmesi amacıyla, öncelikle sahadan veri toplanmış, toplanan veriler kullanılarak, VISSIM'in ölçümlemesi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında gişe sahasının kaldırılması ve dolayısıyla gişe sahasının varlığından dolayı oluşan genişleme ve daralmanın giderilmesinin trafik akımına etkileri incelenmiştir.

## Yöntem

### Veri Toplama

Bu çalışmada, 22.05.2015 tarihinde, 16:00 – 20:00 saatleri arasında, O-1 Karayolu üzerinde Beşiktaş katılımı ve Çamlıca ayrımı kesimlerinde bulunan trafik kameralarından video kayıtları elde edilmiştir. Mayıs ayı, ilk ve orta dereceli okulların eğitim öğretime devam ettikleri dönem içerisinde olduğundan, yolculuk talebi üst düzeydedir. Ayrıca kamera görüntüleri alınan tarihte havanın açık olması ve 21 °C sıcaklığa sahip olması, çalışma için ideal hava koşullarını sağlamıştır.

Beşiktaş katılımı (Şekil 1) kesiminde ana akım, akım yukarı yönden 3 şerit olarak gelmektedir. Bu kesimde ana akıma sağdan 2 adet katılım bulunmaktadır. Bu katılımların ilki, genel motorlu taşıt trafiğine özgü olup, Beşiktaş

yönünden 2 şerit olarak gelmekte ve ana akıma katılmadan önce tek şeride düşerek katılım sağlamaktadır. Diğer katılım ise, yalnızca metrobüs taşıtlarının kullanımına özgü olan tek şeritlik bir katılımdır. Beşiktaş katılımı kesiminden itibaren köprü üzerinde her gün saat 16:30'da Anadolu – Avrupa yönünün en sol şeridi diğer yönün kullanımına atanarak ek şerit uygulaması yapılmaktadır. Dolayısıyla bu kesimde, ana akım, katılımlar ve ek şerit göz önüne alındığında toplam 7 şerit için saatlik trafik hacim değerleri elde edilmiştir (Tablo 1).



Şekil 1. Beşiktaş katılımı kesiminden ekran görüntüsü

Tablo 1. Beşiktaş katılımı saatlik trafik hacim değerleri (tş/sa)

Saat	O-1 Sol	O-1 Orta	O-1 Sağ	Beşiktaş Sol	Beşiktaş Sağ	Metrobüs	Toplam
16:00 – 17:00	1523	1310	1568	761	830	95	6087
17:00 – 18:00	1428	1162	1536	624	712	104	5566
18:00 – 19:00	1370	1185	1552	648	863	113	5731
19:00 – 20:00	1639	1328	1423	621	713	102	5826
<b>Toplam</b>	<b>5960</b>	<b>4985</b>	<b>6079</b>	<b>2654</b>	<b>3118</b>	<b>414</b>	<b>23210</b>

Çamlıca ayırımı (Şekil 2) kesiminde, akım yukarı yönden 3 şerit olarak gelen ana akımdan 1 şerit ayrılarak, Çamlıca yönüne yönelmekte ve ana akım yine 3 şerit olarak devam etmektedir. Bu kesimde metrobüsler kendilerine özgü bir yol üzerinde hareket ettikleri için değerlendirmelerde dikkate alınmamıştır. Çamlıca ayırımı kesimindeki saatlik trafik hacim değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Bu kesimde trafik kameraları 19:45 – 20:00 saatleri arasında dönüş gerçekleştirip, inceleme kesiminden farklı bir kesimi kaydettiği için, 19:45'den itibaren son 15 dakikalık inceleme süresi için veri temin edilmemiştir.



Şekil 2. Çamlıca ayırımı kesiminden ekran görüntüsü

Tablo 2. Çamlıca ayırımı saatlik trafik hacim değerleri (tş/sa)

Saat	O-1 Sol	O-1 Orta	O-1 Sağ	Çamlıca Ayırımı	Toplam
16:00 – 17:00	2183	1786	841	1260	6070
17:00 – 18:00	2187	1728	762	1378	6055
18:00 – 19:00	2257	1757	749	1685	6448
19:00 – 19:45	1633	1272	535	1145	4585
<b>Toplam</b>	<b>8260</b>	<b>6543</b>	<b>2887</b>	<b>5468</b>	<b>23158</b>

Beşiktaş katılımı ve Çamlıca ayırımı kesimleri arasında bulunan Beylerbeyi ayırımında verilerin elde edildiği tarihte trafik kamerası devre dışı olduğundan inceleme yapılamamıştır. Ayrıca, bu kesimler arasında önce Altunizade ayırımı, sonra da Altunizade katılımı kesimlerini gören trafik kameraları bulunmadığından bu kesimlerden de veri elde etme olanağı bulunmamıştır.

Çalışmanın yapıldığı 22.05.2015 tarihinde geçişlerden geçen taşıt sayıları Karayolları Genel Müdürlüğü'nden elde edilerek, hacim değerlerinin doğrulanmasında kullanılmıştır.

### Verilerin VISSIM'e girilmesi ve ölçümleme

#### *Yol ağının tanımlanması*

İnce boyut benzetim uygulaması için öncelikle, VISSIM yazılımında bulunan harita üzerinden yol ağı oluşturulmuştur. Beşiktaş katılıma kadar akım yukarı yönden 3 şerit halinde gelen ana akım, bu kesimde önce 4 şeride çıkarak genişlemekte ve katılımlar bu noktaya bağlanmakta, sonrasında ise tekrar 3 şeride düşmektedir. Ayrıca 16:30'da ek şerit de hizmete girecek şekilde en sola bir şerit daha tanımlanmıştır. Gişe sahası kesimine ulaşıldığında, Şekil 3'de görüldüğü gibi, yol önce 6, sonra 8 şeride genişleyerek, gişelere ulaşmaktadır.



Şekil 3. Gişe sahası kesimi

Yol ağı tanımlanırken, metrobüs ve otobüslerin yalnızca en sağda bulunan gişeyi kullanmalarına izin verilmiştir. Gişeleri geçtikten sonra, yol tekrar önce 6, sonrasında da 4 şeride düşmektedir. En sağdaki gişeden geçen metrobüsler, sistemden ayrılırken, otobüsler ise hemen bu kesimdeki durakta yolcu indirip, bindirdikten sonra yollarına devam etmektedir. Gişe sahasından yaklaşık 500 m sonrasında Beylerbeyi ayrımı bulunmaktadır. Burada akım yukarı yönden 4 şerit olarak gelen ana akımdan

1 şerit sağdan ayrılarak, Beylerbeyi yönüne ilerlemekte, ana akım da 4 şerit olarak devam etmektedir. Altunizade ayrımına gelindiğinde, akım yukarı yönden 4 şerit olarak gelen ana akımdan 1 şerit Altunizade yönüne doğru ayrılmakta, ancak ana akım daralarak, akım aşağı yönde 3 şerit olarak devam etmektedir. Altunizade katılımindaki tek şeridin ana akıma katılması ise herhangi bir genişleme yaratmamakta, ana akım bu kesimden sonra 3 şerit olarak devam etmektedir. Çamlıca ayrımına gelindiğinde ise, akım yukarı yönden 3 şerit olarak gelen ana akımdan 1 şerit Çamlıca yönüne doğru ayrılmaktadır. Ana akım ise 3 şerit olarak devam etmekte ve hemen sonrasında tanımlanan yol ağı sonlanmaktadır.

#### *Yol ağına taşıtların girilmesi*

Yol ağına akım yukarı yönden, Beşiktaş katılımindan ve Altunizade katılımindan olmak üzere 3 noktadan taşıt girişi olmaktadır. Özellikle zirve saatlerde, yolu kullanma talebi, yol kapasitesinden daha yüksek olmakta, bu da trafik yoğunluklarının başlıca nedeni olmaktadır. Bu nedenle, benzetimin çalışacağı her saat aralığında sisteme katılacak taşıt sayısı olarak, yol kapasitesinin üzerinde bir değerde taşıt girişi yapılmıştır. Böylelikle, yol ağına ancak trafik koşullarının izin verdiği sayıda taşıtın katılabilmesi sağlanmıştır. Yalnızca her bir saat aralığındaki metrobüs taşıtlarının sayısı 90 olarak girilmiştir. Bu da yaklaşık 40 saniyede bir yeni bir metrobüsün gönderildiğine denk gelmektedir. Akım yukarı yönden her bir saat aralığında 10 000 taşıt, Beşiktaş katılımindan 3 000 taşıt, Altunizade katılımindan ise 2 000 taşıt yol ağına katılmaktadır. Akım yukarı yön ile Beşiktaş ve Altunizade katılımindan yol ağına katılan taşıtların tamamı otomobil, Beşiktaş katılıma kesimindeki metrobüs katılımindan katılan taşıtlarının tümü otobüs olarak sisteme tanımlanmıştır. Diğer hatlı otobüslerin sisteme katılıma için ayrı bir toplu taşıma hattı tanımlanmış ve gişe sahası çıkışında bu hat için bir durak alanı belirlenmiştir. Her bir saat aralığında 50 adet hatlı otobüsün yol ağını kullandığı varsayılmış ve her bir otobüsün durakta ortalama 1 dakika ile normal dağılan bir bekleme yaptığı bilgisi yazılıma girilmiştir.

### *Yol ağındaki taşıtların yönlendirilmesi*

Yol ağındaki taşıtların yönlendirilmesi her bir katılım ve ayırım kesimi için ayrı ayrı yapılmıştır. Ancak metrobüsler için Beşiktaş katılımından, gişe sahası çıkışında bulunan durak kesimine kadar tek bir yönlendirme yapılmıştır.

Beşiktaş katılımı kesiminde, akım yukarı yönden gelen taşıtların tamamı ek şerit açılıncaya kadar, yollarına düz olarak devam etmektedir. Ek şerit açıldığında ise, akım yukarı yönden gelen taşıtların % 40'ı ek şeridi tercih etmekte, % 60'ı ise yollarına düz olarak devam etmektedir. Bu oranların belirlenmesi için ek şeridi kullanan taşıt sayıları sayılarak, ana akımdaki taşıt sayısına orantılanmıştır. Katılım kolundan gelen taşıtların tamamı ise ana akıma katılmakta, ek şeridi kullanamamaktadır.

Gişe sahası kesiminde, öncelikle ek şeridi kullanan taşıtlar ana akıma katılmaktadır. Daha sonra yol genişleyerek, 8 şeride ulaşmaktadır. 8 şeridin her birinde ayrı bir gişe bulunmaktadır. Soldan sağa doğru ilk 7 gişe yalnızca özel araçlara hizmet verirken, en sağdaki gişe metrobüs ve otobüslerin yanı sıra özel araçlara da hizmet vermektedir. Bu kesimde özel araçların % 95'i ilk 7 şeridi kullanırken, kalan % 5'i en sağdaki gişeyi kullanmaktadır. Otobüslerin ve metrobüslerin tamamı ise en sağ gişeyi kullanmaktadır. Gişe sahasında 50 km/sa'lık hız kısıtlaması uygulanmıştır. Gişe sahası geçildikten sonra, yol tekrar daralarak 4 şeride düşmektedir. En sağ gişeyi kullanan özel araçların tamamı gişeden geçer geçmez ana akıma katılmakta, bu gişeyi kullanan otobüsler gişe çıkışındaki durakta ortalama 1 dakika yolcu indirip bindirdikten sonra, 4 şeride düşen ana akıma katılmakta, metrobüs taşıtlarının hareketi ise kendi durak alanlarını geçtikten sonra sonlandırılmaktadır.

Beylerbeyi ayırımı kesiminde, akım yukarı yönden gelen taşıtların % 5'i Beykoz yönüne ayrılırken, geri kalan % 95'i yoluna düz olarak devam etmektedir. Altunizade ayırımı kesimine gelindiğinde, akım yukarı yönden gelen taşıtların % 25'i Altunizade yönüne doğru

ayrılmaktayken, kalan % 75'i yoluna düz olarak devam etmektedir. Bu kesimde ayırım kolundan itibaren ana akım 3 şeride düşmekte ve yolun kalanı 3 şerit olarak devam etmektedir. Altunizade katılımına gelindiğinde, hem akım yukarı yönden, hem de katılım kolundan gelen taşıtlar yollarına ana akım üzerinden devam etmektedir. Çamlıca ayırımı kesiminde ise, akım yukarı yönden gelen taşıtların % 30'u Çamlıca yönüne doğru ayrılmakta, kalan % 70'i yoluna düz olarak devam etmektedir. Bu dağılımlar Beşiktaş katılımı ve Çamlıca ayırımı için kamera görüntülerinden, gişe sahasında gişe geçiş verilerinden elde edilmiştir. Diğer kesimler için sahada yapılan gözlemler sonucunda elde edilen dağılımlar dikkate alınmıştır.

### *Algılayıcıların yerleştirilmesi ve yazılımın ölçümlemesi*

Beşiktaş katılımı, gişe sahası, ve Çamlıca ayırımı kesimlerinde her bir ana akım, katılım ve ayırım kesimine birer algılayıcı yerleştirilmiş ve bu algılayıcılardan her bir saat aralığı için akım değerleri elde edilmiştir. VISSIM, Wiedemann (1974) tarafından geliştirilen taşıt takip modelini kullanmaktadır. Bu modelde bulunan 8 adet değişkenin aldığı değerlerin belirlenmesi, modelin yerel koşullara uygun bir biçimde ölçümlemesini sağlamaktadır. Bu değişkenler, benzetim çözünürlüğü, sürücünün görebildiği kendi şeridinde ve önünde giden taşıt sayısı, en büyük görüş uzunluğu, en küçük görüş uzunluğu, duran taşıtlar arasındaki ortalama uzunluk, istenilen güvenlik uzunluğu için toplama bileşeni, istenilen güvenlik uzunluğu için çarpım bileşeni ve istenilen hızdır. Bu değişkenlerin değerleri kesin bir biçimde gerçek trafik koşullarında yapılan saha ölçümlerinden elde edilebilmektedir. Ancak saha ölçümleri ile bu değerlerin elde edilmesi uzun, zorlu ve bu çalışmanın amaç ve kapsamı dışında kalan bir yöntemdir. Bu nedenle, değişkenlerin sayısal değerlerinin saptanabilmesi için, sınama – yanılma yöntemi kullanılmıştır. 8 değişkenden her birinin sayısal değeri tek tek değiştirilerek, sahada gözlemlenen saatlik trafik hacmi değerlerine yakınsama sağlanması hedeflenmiştir. Ölçümleme işlemi sırasında, her bir yapılandırma için yazılım 5 kez çalıştırılmış



ve 5 çalışma sonucunda elde edilen trafik hacmi değerlerinin ortalaması alınmıştır. Ölçümleme işlemi sonucunda, sahada gözlenen saatlik trafik hacmi değerlerine en yakın değerleri sağlayan değişkenler temel alınarak ölçümleme işlemi tamamlanmıştır.

### Benzetim Sonuçları

VISSIM ince boyut benzetim yazılımı çalıştırıldığında, taşıtlar sisteme tanımlanan ağ yapısına katılmaya başlar. Yol ağı yazılım çalıştırıldığı anda tamamen boştur ve bu durum gerçek saha koşullarını yansıtmamaktadır. Bu nedenle, yazılımın ilk 1 saatlik çalışma süresinde sahada gözlenen trafik koşullarının oluşması sağlanmış, daha sonra yazılım 4 saat daha çalıştırılarak, bu saatlerin 16:00 – 20:00 aralığındaki trafik koşullarını benzetmesi hedeflenmiştir. Ölçümleme sırasında yapıldığı gibi, her bir uygulama için yazılım 5 kez çalıştırılmış ve 5 çalışma sonucunda elde edilen trafik hacmi değerlerinin ortalaması alınmıştır. Ölçümleme işleminin tamamlanmasının ardından, benzetim sonucunda elde edilen saatlik trafik hacmi değerlerinin saha verileriyle karşılaştırması Tablo 3’de, benzetim sonuçlarına göre bazı başarımlar ölçütlerinin değerleri de Tablo 4’de görülmektedir.

**Tablo 3.** Benzetim sonuçları ile saha değerlerinin karşılaştırılması

Saat Aralığı	Kesim	Akım Değerleri (ts/sa)		Fark (%)
		Saha	VISSIM	
16:00	Beşiktaş Katılımı	6087	5967	1.97
-	Gişe Sahası	5029	5240	4.20
17:00	Çamlıca Ayrımı	6070	5450	10.21
17:00	Beşiktaş Katılımı	5566	5042	9.41
-	Gişe Sahası	5449	4998	8.28
18:00	Çamlıca Ayrımı	6055	5701	5.85
18:00	Beşiktaş Katılımı	5731	4924	14.08
-	Gişe Sahası	5531	5025	9.15
19:00	Çamlıca Ayrımı	6448	5699	11.62
19:00	Beşiktaş Katılımı	5826	5238	10.09
-	Gişe Sahası	5970	5069	15.09
20:00	Çamlıca Ayrımı*	4575	4319	5.61

\*: 19:45’e kadar elde edilen değerlerdir.

**Tablo 4.** Benzetim sonucu elde edilen başarımlar ölçütleri

Ölçüt	Değer
Taşıtlar başına ortalama gecikme (dk)	12.24
Taşıtlar başına ortalama duraklama sayısı	36.2
Ortalama hız (km/sa)	15.5
Taşıtlar başına ortalama duraklama gecikmesi (dk)	7.10

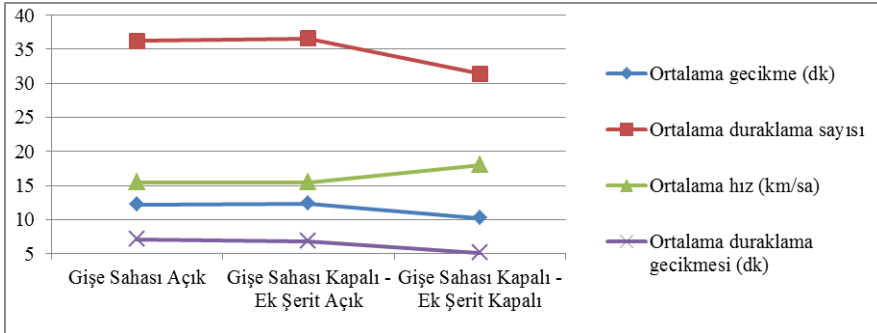
Tablo 3’deki değerlerde görülen farklar neredeyse tamamen saha değerleri yararına farklıdır. Özellikle sıkışık trafik koşullarında, sürücüler bu kesimde yer yer bulunan emniyet şeridini sıkça kullanmaktadır. Kimi kesimlerde ise sürücüler şerit disiplinine uymamakta ve yolun sağ tarafında fazladan bir şerit oluşturmaktadır. Bu da fazladan bir kapasite oluşumuna neden olmaktadır. Sürücülerin şerit tercih davranışlarının da belirlenebildiği bir ince taneli benzetim yazılımı ile emniyet şeridi de ayrıca bir şerit olarak tanımlanıp, saha değerlerine daha yakın sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir.

### İnceleme sonuçları

Gişe sahasının trafik akımına etkisinin araştırılması amacıyla ek şeridin hizmetini sürdürdüğü ve ek şerit uygulamasının yapılmadığı olmak üzere 2 farklı durum incelenmiştir. Her iki durumda da gişe sahası benzetim yazılımından çıkarılmış, gişe sahası kesiminde hız kısıtlaması giderilmiş, gişelerden dolayı olan genişleme de giderilerek, köprü çıkışından sonra yolun 4 şerit olarak devam etmesi sağlanmıştır. Ancak yolun sağ tarafına metrobüs ve otobüslerin duraklarına gidecekleri ayrı bir şerit eklenmiştir. Metrobüsler gişe sahasını geçtikten sonra yine yol ağından ayrılarak, kendine özgü yollarından gitmekte, otobüsler ise duraktan sonra ana akıma katılarak yollarına devam etmektedir. Her iki durum için de benzetim tekrar çalıştırılmış ve başarımlar ölçütleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin karşılaştırması Tablo 5’de ve Şekil 4’de görülmektedir.

**Tablo 5.** Farklı uygulamaların benzetimlerinin sonucunda elde edilen başarımlar ölçütleri

Ölçüt	Gişe Sahası Hizmetteyken	Gişe Sahası Kaldırıldığında	
		Ek Şerit Açık	Ek Şerit Kapalı
Taşıt başına ortalama gecikme (dk)	12.24	12.39	10.25
Taşıt başına ortalama duraklama sayısı	36.2	36.60	31.44
Ortalama hız (km/sa)	15.5	15.48	18.03
Taşıt başına ortalama duraklama gecikmesi (dk)	7.10	6.81	5.10

**Şekil 4.** Farklı uygulamaların benzetimlerinin sonucunda elde edilen başarımlar ölçütlerinin karşılaştırması

## Sonuçlar ve tartışma

Gişe sahasının kaldırılması ve bu kesimdeki geometrik düzensizliğin giderilmesinin, ek şerit uygulaması sürdürüldüğü koşulda, trafik akımına önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmektedir. Buna karşın, ek şerit uygulaması yapılmadığında, taşıt başına ortalama gecikme % 16.26, duraklama gecikmesi % 28.17 ve ortalama duraklama sayısı % 13.15 oranında azalmakta, ortalama hız ise % 16.32 artmaktadır. Bu kesimde bulunan taşıt sayısı ve kesimin uzunluğu dikkate alındığında, bu iyileşmenin etkisi daha açık bir biçimde görülebilecektir.

Benzetimin çalıştırılması sırasında yapılan incelemeler, bu kesimdeki trafik akım koşullarının iyileştirilmesi için alınabilecek diğer önlemler hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Örneğin, Altunizade ayrımı kesiminde yolun 4 şeritten 3 şeride daralması, bu kesimden geriye doğru bir şok dalgası oluşmasına neden olmaktadır. Bu da bu

kesimdeki trafik sorunlarının en büyük kaynağı olarak görülmektedir. Bir diğer şok dalgası da, ek şeridin hizmete açılmasıyla birlikte Beşiktaş katılımlı kesiminde oluşmaktadır. Ana akımda akım yukarı yönden gelen sürücülerin % 40'ı ek şeridi kullanmayı tercih ettiğinden, orta ve en sağ şeritteki sürücülerin bir kısmı en soldaki ek şeride geçmeye çalışmaktadır. Bu da ek şeridi kullanmak istemeyen sürücülerin yavaşlamasına ve hatta duraklamasına neden olmakta, oluşan şok dalgası da akım yukarı kesimlere doğru ilerlemektedir. Gişe sahası kesiminde ise önce genişleme ve sonra da daralma söz konusudur. Ancak, genişleme öncesinde de, daralma sonrasında da 4 şerit bulunduğu için, gişe sahası normalde ek bir kapasite artışı sunmamakta, buradaki geometrik düzensizlik tek başına trafik akımını fazla etkilememektedir. Buna karşın, Altunizade ayrımı kesiminde oluşan şok dalgası ve neden olduğu kuyruklanma, gişe sahasına ulaştığında gişelerde de tıkanmalara neden olmaktadır. Bu kesimdeki geometrik düzensizlik de etkisini kuyruklanma bu kesime ulaştığında göstermeye başlamaktadır. Dur – kalklarla



ilerleyen, zorlamalı akım koşulları altında 8 şeridin daralarak 4 şeride düşmesi, oldukça önemli bir darboğaz etkisi oluşturmakta, bu kesimdeki şok dalgası çok daha büyük bir hızla akım yukarı kesimlere doğru yayılmaktadır.

Çalışma sonucunda, Boğaziçi Köprüsü giriş ve çıkışında görülen trafik yoğunluklarının en büyük sebebinin, köprü çıkışında bulunan gişe sahası olmadığı, gişe sahası kaldırıldığında trafik koşullarının iyileşmesine karşın, karşılaşılan olumsuzlukların süreceği görülmektedir. Bu kesimlerde görülen trafik yoğunluğunun ana sebebinin bu kesimdeki geometrik düzensizlikler olduğu görülmektedir. Trafik koşullarının iyileştirilmesi için yapılması gereken, uzun bir kesim boyunca ana akımın kararlı bir biçimde akmasını sağlamaktır. Bunun için geometrik düzensizliklerin giderilmesinin yanı sıra, katılım kontrolü gibi uygulamaların yapılması da yararlı olabilir. Katılım kontrolü, özellikle son yıllarda gözde olan ve ülkemizde de çeşitli uygulamaları görülmeye başlanan bir yöntemdir. Ana akıma katılım tıpkı kent içinde uygulanan trafik ışıkları gibi bir sistem ile kısıtlanmakta, ancak belirli aralıklarla ana akıma yeni taşıtların katılmasına izin verilmektedir. Böylece ana akımın katılımlar nedeniyle oluşan darboğazlardan olabildiğince az etkilenmesi sağlanmaktadır. Her ne kadar, dünyada katılım kontrolünün başarı sağladığı çok sayıda uygulama bulunsa da, gelişigüzel yapılan uygulamaların fayda yerine zarar getirdiği de göz önüne alınmalıdır. Bununla birlikte katılım kontrolü uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise, ana akıma katılmak üzere katılım kolunda bekleyen taşıtların oluşturacağı kuyruklanmanın uzayarak, kent içi trafiğini de olumsuz etkileme olasılığıdır.

Değişken hız sınırları da ülkemizde son zamanlarda çeşitli örnekleri bulunan bir diğer uygulamadır. Köprü giriş ve çıkışlarının yanı sıra, özellikle darboğaz oluşan kesimlerin yakınlarında değişken hız sınırları uygulamak, trafiğe olumlu etkileri bulunabilecek bir diğer uygulama olabilir. Ancak, katılım kontrolü ya da değişken hız sınırları gibi uygulamaların

hayata geçirilmeden önce, ölçümlemesi doğru bir biçimde yapılmış bir ince boyut benzetim yazılımı ile, oluşabilecek farklı koşullar altında sınanmaları gerçekleştirilmeli, olası faydaları ve sakıncaları önceden saptanarak, en uygun çözüm yöntemleri üzerinde durulmalıdır.

Ek şerit uygulaması her ne kadar köprü üzerinde ek bir kapasite oluşturup, trafik koşullarını iyileştirse de, özellikle uygulama başlangıcında oluşturduğu geometrik düzensizlik ve şerit değiştirmeler nedeniyle akım yukarı yöndeki trafik koşullarını oldukça olumsuz etkilemektedir. Bununla birlikte, ters yöndeki trafiğe atanmış kapasiteyi düşürmesi, bu yönde köprü girişinde oluşturduğu şişe boynu nedeniyle şok dalgası ve dolayısıyla kuyruklanma oluşturması, her iki yönde de trafik güvenliğini düşürmesi nedeniyle fayda/maliyet değerlendirmesinin gözden geçirilmesi gereken bir uygulama olarak görülmektedir.

Özellikle büyük şehirlerde, etrafı çok ve çeşitli engellerle çevrili yollarda trafik koşullarında yapılacak her iyileştirme sürdürülebilir düzeyde olumlu sonuçlar sağlamayabilmektedir. Uygulamaya konulan çözümler, bazen kısa süreli iyileştirmeler şeklinde sonuçlanırken, genellikle yaşanan sorunları geçici bir süre ötelemekten öteye gidememektedir. Trafik sorunları gündelik hayatın bir parçası haline gelmiş İstanbul gibi büyük nüfus barındıran kentlerde, yol altyapısı üzerinde yapılan iyileştirmeler, taşıt sayısı arttıkça gelecekte yine yetersiz kalacaktır. Yol genişletmeleri, yeni yollar ve kavşaklar gibi kapasiteyi arttıran iyileştirmelerin her biri de yeni talep doğuracağından, gelecekte yaşanacak trafik sorunlarının katlanarak artmasına neden olacaktır. Bu durumda, trafik koşullarının iyileştirilebilmesi için, talebin doğru bir biçimde yönetilmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

## Kaynaklar

- Al-Deek, H. M., Mohamed, A. A. ve Radwan, A., E., (2000). A new model for the evaluation of traffic operations at electronic toll collection plazas. *Transportation Research Record: J. of the Transportation Research Board*, **1710**, 1 - 10.
- Astarita, V., Florian, M. ve Musolino, G., (2001). A microscopic traffic simulation model for the evaluation of toll station systems. *Proceeding, IEEE Intelligent 100 Transportation Systems Conference*, August 25 – 29, 692 – 697, Oakland, California, USA.
- Aydın, F., (2008). Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'ndeki ek şerit uygulamasının simülasyon modeli ile incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul.
- Bartın, B., Mudigonda, S. ve Özbay, K., (2008). Estimation of the impact of electronic toll collection on air pollution levels using microscopic simulation model of a large-scale transportation network. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2011**, 68 – 77.
- Burris, M. W., ve Hildebrand, E. D., (1996). Using microsimulation to quantify the impact of electronic toll collection. *ITE Journal*, **66**, 7, 21 – 24.
- Ceballos, G., ve Curtis, O., (2004). Queue analysis at toll and parking exit plazas: A Comparison between multi-server queuing models and traffic simulation”, *Proceeding, ITE Annual Meeting and Exhibit*.
- Chakraborty, P., Gill, R. ve Chakraborty, P., (2016). Analysing queueing at toll plazas using a coupled, multiple-queue, queueing system model: application to toll plaza design, *Transportation Planning and Technology*, **39**, 7, 675 – 692.
- Chein, S.I., Spasovic, L.N., Opie, E.K., Korikanthimathi, V. ve Besenski, D., (2005). Simulation-based analysis for toll plazas with multiple toll methods. *Proceeding, 84<sup>th</sup> Transportation Research Board Annual Meeting*.
- Correa, E., Metzner, C. ve Nino, N., (2004). TollSim: Simulation and evaluation of toll stations, *International Transactions in Operational Research*, **11**, 2, 121 – 138.
- Danko, J. ve Gulewicz, V., (1991). Operational planning for the electronic toll collection: A Unique approach to computer modeling/analysis. *Proceeding, 1991 Winter Simulation Conference*, December 8-11, 1991, Phoenix, Arizona, ABD.
- Hajiseyedjavadi, F.S., McKinnon, I., Fitzpatrick, C. ve Knodler, M.A., (2015). Application of microsimulation to model the safety of varied lane configurations at toll plazas. *Proceeding, Transportation Research Board 94th Annual Meeting*, ABD.
- Horiguchi, R., Kuwahara, M. ve Yoshii, T., (2001). Evaluation tools for the effects of ETC toll plaza on road networks. *Proceedings, The First International Symposium on Transportation Network Reliability*, Kyoto.
- Junga, A. J., (1990). A Multi-purpose toll Collection plaza model. *Proceedings, 1990 Winter Simulation Conference*.
- Kopal, B., (2011). Boğaziçi Köprüsü üzerindeki trafik sıkışıklığının hız yönetimi yöntemiyle azaltılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Bahçeşehir Üniversitesi, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programı.
- McKinnon, I.A., Knodler, M.A. ve Christofa, E., (2014). Operational analyses of varied toll plaza configurations. *The New England Chronicle*, **54**, 3, 11 – 16.
- Nezamuddin, N, ve Al-Deek, H., (2006). Developing a microscopic toll plaza and toll road corridor model using paramics. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2047**, 100 - 110.
- Obelheiro, M.R., Cybis, H.B.B., Ribeiro, J.L.D., (2011). Level of service method for Brazilian toll plazas. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, **16**, 120 – 130.
- Özbay, K, Mudigonda, S. ve Bartın, B., (2006). Microscopic simulation and calibration of an integrated freeway and toll plaza model. *Proceedings, Transportation Research Board Annual Meeting*, November 15, 2006. ABD.
- Şahin, İ., Akyıldız, G., Zorer, A. ve Gedizlioğlu, G., (2004). *Uzun otoyol kuyruklarının incelenmesi ve iyileştirme stratejilerinin araştırılması projesi sonuç raporu*. Destekleyen kurumlar: TÜBİTAK, İnşaat ve Çevre Teknolojileri Araştırma Grubu Proje No. İÇTAG-İ920 ve YTÜ Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Proje No. 22-05-01-0.
- Şahin, İ., ve Akyıldız, G., (2005). Bosphorus Bridge Toll Plaza in Istanbul, Turkey: Upstream and downstream traffic features, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **1910**, 99 - 107.
- Şahin, İ., ve Altun, İ., (2009). Empirical study of behavioral theory of traffic flow: Analysis of recurrent bottleneck, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, **2088**, 109 - 116.

15 Temmuz Şehitler Köprüsü gişe sahasının trafik akımına etkisinin araştırılması

- Uncu, C., (2006). Boğaziçi Köprüsü gişe sahasının AIMSUN mikrosimülasyon yazılımı ile modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul.
- van Dijk, N.M. ve Schuurman, H., (1999). Designing the westerscheldetunnel toll plaza using a combination of Queueing and simulation. *Proceedings*, Winter Simulation Conference, ABD.
- Wiedemann, R., (1974). *Simulation des Strassenverkehrsflusses*. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, Band 8, Karlsruhe, Germany.
- Zorer, A., (2003). Katılım kontrolü simülasyonu: Boğaziçi Köprüsü ve çevre yolunda (O-1) bir uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Ulaştırma Anabilim Dalı, İstanbul.
- 
- TÜİK (2017)., Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059) (20.02.2017)

## Investigating the effect of the toll plaza of 15<sup>th</sup> July, Martyrs Bridge on the traffic flow

### Extended abstract

One of the main problems of main city is the traffic congestions, experienced almost every day. Istanbul, with its population of 14 657 434 citizens, experiences traffic congestion each day, especially on the peak hours, on 15<sup>th</sup> July Martyrs and Fatih Sultan Mehmet Bridges that connect the Asian and the European sides of the city. On both bridges, the travel demand is higher from Asian side to the European side during the morning peak hours, while it is higher on the opposite direction during the evening peak hours. To answer the demand on peak hours, reversible lane implementation is followed out by assigning the leftmost lane of non-peak direction to the usage of the vehicles travelling on the peak direction. Although the reversible lane improves the traffic conditions on the Bridges by providing an increased capacity, the congestion on the traffic congestion before and after the Bridges continue increasingly.

In this study, the evening peak traffic from European to the Asian side on the 15<sup>th</sup> July Martyrs Bridge and the effect of the toll lane on the exit of it had been investigated. For this reason, camera recordings obtained from Beşiktaş merge and Çamlıca diverges on 22<sup>th</sup> May, 2015 has been analyzed. The hourly traffic flow values have been obtained from both sections and they have been verified using the toll counts obtained from General Consulate of Highways of Turkey. Since primary and secondary schools continue their education term, the travel demand is on its highest level during May. Also the sunny weather and 21 °C open air temperature recorded, provided ideal conditions for the study.

PTV VISSIM micro simulation software has been used to investigate the effect of the toll plaza. First of all, the road network has been defined to the micro simulation software, followed by defining the travel demand by entering the number of vehicles entering the network each hour on every possible entry point. Afterwards, the vehicles were routed on every merging and diverging section, as well as the toll plaza by taking the observed percentages into account. Separate routes and bus stops have been defined for busses and bus rapid transit (BRT)

system of the city namely, metrobüs.50 km/h speed limit has been applied on the toll plaza section.

Detectors are placed on each lane of Beşiktaş merge, Çamlıca diverge and toll plaza sections to record hourly flow values. The micro simulation software was run for 5 hours, including an additional hour in the beginning to provide actual traffic conditions, observed at 16:00. The calibration of VISSIM has been done by altering the parameters of the car following model, using trial and error method.

The effect of the toll plaza on the traffic flow has been investigated by removing the toll plaza and the speed limit applied on respective section on the calibrated model. If reversible lane implementation is maintained after removing the toll plaza, insignificant changes on the traffic flow has been obtained. However, cancelling the reversible lane implementation decreases average delay per vehicle by 16.26 %, standstill delay per vehicle by 28.17 % and average number of stops per vehicle by 13.15 % while the average speed of all of the vehicles is increased by 16.32 %. By observing the simulation runs, it can be said that the traffic conditions can only be improved on the relevant section by resolving the geometric irregularities, especially on Altunizade diverge and the entry point of reversible lane. This implementation would also improve the positive effects of removing the toll plaza.

**Keywords:** Traffic engineering; traffic flow; microsimulation; PTV VISSIM