



## YUVARLAKADA KAVŞAKLARDA ANAAKIMDAKİ AĞIR ARAÇ YÜZDESİNİN YANYOL KAPASİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

### (THE EFFECT OF HEAVY VEHICLE PERCENTAGE IN THE MAIN FLOW ON MINOR ROAD CAPACITY AT ROUNDABOUTS)

Serhan TANYEL\*

#### ÖZET/ABSTRACT

~ kım içindeki ağır araçlar, gerek düşük hızlanma ve/veya yavaşlama yetenekleri sebebiyle, gerekse kapladıkları geniş alan yüzünden, trafik akımının performansına olumsuz etkilere sahiptirler. Bu etki özellikle kavşaklarda daha belirgindir. Sinyalize kavşaklarda bu etki, sadece kavşağa giren yanyol akımı için geçerli; sinyalize olmayan kavşaklarda anayol akımı içindeki ağır araçlar, yanyoldan giriş yapmak isteyen araçların hareketlerini engellemektedirler. Bu sebeple, anaakım içindeki ağır araç yüzdesi en az yanyoldaki ağır araç yüzdesi kadar, belki daha fazla, yanyol kapasitesi üzerinde etkilidir. Çalışmada, denetimsiz kavşakların en özel tiplerinden olan yuvarlak ada kavşaklarda, anaakım içindeki ağır araç yüzdesinin, yanyol kapasitesi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

*Heavy vehicles in the traffic flow may have negative effects on the performance of the flow because of their poor acceleration and deceleration abilities and also because of the wide area that they cover. Although this effect originates only from the entering vehicles from the minor approach at signalized intersections; at unsignalized intersections the heavy vehicles at major flow may block the entries of the vehicles at the minor flow. Because of this reason it may be assumed that the percentage of heavy vehicles in the major flow has greater effect on the minor approach capacity than the percentage of heavy vehicles in the minor flow. In this study, the effect of percentage of heavy vehicles on minor flow capacity at roundabouts is investigated.*

#### ANAHTAR KELİMELER/KEY WORDS

Ağır araç, yuvarlakada kavşaklar, kapasite  
*Heavy vehicle, roundabouts, capacity*

## 1. GİRİŞ

Ağır araçlar, büyüklüklerinden ve düşük hızlanma ve/veya yavaşlama kabiliyetlerinden dolayı özellikle kavşaklarda trafik akım performansını olumsuz etkileyebilir. Eşdeğer birim otomobil (PCE) değerleri, ağır araçların trafik operasyonları üzerindeki bu olumsuz etkilerini yansıtabilmek amacıyla kullanılmaktadır. Ağır araçlar kavşaktan geçerken otomobillere nazaran daha büyük zaman cinsinden mesafeye sahip olduklarından takip eden araçların gecikmesine neden olur (Molina v.d., 1987).

Ağır araç oranının hesaplanması amacıyla farklı ülkelerde farklı yöntemler ve farklı eşdeğer birim otomobil (PCE- passenger car equivalence) değerleri kullanılmaktadır. Şehir içi ve şehirler arası yolcu ve yük taşımacılığının büyük oranda karayolu ile yapıldığı ülkemizde ağır araç etkisinin önemi aynı oranda artmaktadır. Ülkemizdeki sürücülerin davranışlarının, diğer ülkelerden farklı olduğu göz önüne alındığında; bu farklılığın, eşdeğer birim otomobil (PCE) değerlerine yansıtacağı düşünülmelidir. Bu nedenle ülkemiz şartlarına uygun PCE değerleri bulunarak ağır araç etkisi incelenecektir.

Farklı kavşak türlerinde, farklı sürücü davranışlarının gözlenebileceği açıktır. Bu nedenle, her kavşak türü için önerilen ve kullanılan kapasite ve performans analiz yöntemleri de farklılık göstermektedir. Yukarıda belirtilen her iki kavşak türü için ayrı çalışmalar yapılarak, kavşak türlerine ait eşdeğer birim otomobil katsayıları elde edilmeye çalışılacaktır.

## 2. ARAÇLARIN BÜYÜKLÜKLERİNİN KAVŞAK KAPASİTESİNE ETKİSİ

Kavşaklarda trafik akımını etkileyen en önemli etkenlerden biri de araç tiplerinin dağılımıdır. Kavşaklarda ağır araçlar trafiği aşağıdaki iki kritik yolla etkiler:

- Ağır araçlar, otomobillerden daha büyük olduklarından otomobillere göre daha geniş bir yol kesimini kaplarlar.
- Ağır araçların otomobillere oranla daha zayıf operasyon yeteneğine sahip olmaları nedeniyle; özellikle hızlanma, yavaşlama ve yokuş yukarı hızlarını koruma kabiliyetleri zayıftır.

“b” maddesinde anlatılmaya çalışılan etki en kritik olanıdır. Ağır araçlar genellikle otomobillerden geri kalabildiğinden kavşakta dönüş manevralarıyla doldurulması zor olan geniş aralıklar teşkil eder ve bu da kavşak alanının kullanımında verimsizlik yaratır.

“Sorensen (1998), çeşitli araç tiplerini, uzunluklarına göre şu şekilde sınıflandırmıştır:

Çizelge 1. Sorensen'nin (1998) uzunluklara göre araç sınıflandırması

Araç Cinsi	Uzunluk
Otomobil	2,5 -4,8 m
Hafif Taşıma Aracı	4,8 - 6,0 m
Kamyonet	6,0 - 7,0 m
Kamyon	7,0 - 12,0 m
Römorklu kamyon	12,0 - 22,0 m
Otobüs	22,0 - 14,0 m

Setti ve Demarchi (1996) ise araç tiplerini uzunluklarına göre sınıflandırırken, otomobillerin uzunluğunun en fazla “6,0 m” olabileceğini, otobüslerin uzunluğunun ise “13,2m” olabileceğini öne sürmüşlerdir. Diğer araç tipleri olarak, çeşitli kamyon tiplerinin uzunluklarını vermektedirler. Aslında her iki çalışmada da, şehirler arası yollar için yapılmıştır ve şehir içinde bulunan araçların uzunluğu ile ilgili yeni bir sınıflandırma yapılmaz zorunluluğu doğmaktadır. Bu amaçla yapılan gözlem ve ölçümler sonucunda, Çizelge 2 oluşturulmuştur.

Çizelge 2. Şehir içindeki araçların uzunluklara göre sınıflandırılması

Araç Cinsi	Uzunluk	Hesaplarda Kullanılan Uzunluk
Otomobil	2,5 - 6,0 m	6,0 m
Minibüs, Küçük Kamyon	6,5 - 8,0 m	7,5 m
Otobüs	10,0 - 12,0 m	12,0 m
Körüklü Otobüs	16,0 - 18,0 m	17,0 m

Araç tiplerinin, uzunluklarına bağlı olarak sınıflandırılması, yol üzerinde kapladıkları alan hakkında bir fikir vermesi açısından önem taşımaktadır. Özellikle trafik yoğunluğunun yüksek olduğu zaman aralıklarında, eşdeğer birim otomobil (PCE) değerlerinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Buna göre bir körüklü otobüsün, araçların durma halinde aralarında "1 m" mesafe olduğu kabulü ile, ortalama olarak 3,6 birim otomobile eşdeğer alan kapladığı söylenebilir. Aynı işlem, diğer araçlar için de yapıldığında, Çizelge 3'teki sonuçlar elde edilmektedir.

Çizelge 3. Araçların Uzunluklara Eşdeğer Birim otomobil katsayıları

Araç Cinsi	PCE
Minibüs, Küçük Kamyon	1,88
Otobüs	2,86
Körüklü Otobüs	3,60

Yukarıdaki hesaplamalara karşın bulunan değerler, bir aracın yol ve/veya kavşak performansı üzerindeki etkisini göstermesi açısından yetersizdir. Araçların hızları, birbirlerini takip aralıkları, manevra yetenekleri, hızlanma ve yavaşlama ivmeleri gibi faktörler de performans üzerinde önemli etkiler yaratır.

Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında, otomobilden daha büyük olan araçlar, "ağır araç" olarak adlandırılacaktır.

### 3. VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ

#### 3.1. Denetimsiz Kavşaklarda Yapılmış Olan Gözlemler

Çalışmada, İzmir'de seçilmiş olan dört kavşak üzerinde video kamera kayıtlarından veri elde edilmesi yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, Lozan Meydanı Kavşağı, Montrö Meydanı Kavşağı, Cumhuriyet Meydanı Kavşağı ve Alsancak Garı Kavşağı'nda yapılmış çekimler kullanılmıştır. Bu kavşakların seçilmesinde etkili olan faktörler şu şekilde sıralanabilir:

1. Kavşaklar, İzmir'in önemli arterleri üzerinde yer almaktadır.
2. Her dört kavşakta da en az bir yaklaşımda, yoğun dönüş ve giriş hacimleri gözlenmiştir.
3. Her dört kavşakta da video kamerayla çekim yapılma olanağı bulunmaktadır.
4. Her dört kavşakta da gözlem yapıldığı tarihlerde sinyalizasyon sistemi bulunmamaktadır.

Gözlemler, kavşak yakınında yüksek bir noktadan ve video kamera kullanılarak, kavşakta gözlenmesi önceden planlanmış olan bir veya iki yaklaşım kolunda kayıt yapılmak suretiyle elde edilmiştir. Bu yaklaşım kolları, giren akım ile dönen akım etkileşimlerinin en fazla görüldüğü bölgeler olmaları sebebiyle seçilmişlerdir. Diğer yaklaşım kollarında ise dönme veya yanyol akımlarının hacimleri çok düşüktür ve birbirleriyle olan etkileşimleri hakkında yeterli veri toplanamamıştır.

Video çekimleri, büroda video veya bilgisayar yardımıyla çeşitli defalar seyredilerek dakikalık hacim sayımları ve araçlar arası zaman cinsinden aralık değerleri ile kabul aralığı değerleri tespit edilmiştir.

#### 4. DENETİMSİZ KAVŞAKLARDAKİ AĞIR ARAÇ ETKİSİNİN İNCELENMESİ İÇİN KULLANILABİLECEK YÖNTEMLER

Denetimsiz kavşaklarda, ağır araç etkisinin, kavşaktan geçen (anakım) ve kavşağa giren akım (yanyol akımı) olmak üzere iki farklı koşul için incelenmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Bunun en önemli sebebi, anaakım içindeki araçların hareket halinde olmaları; yanyol akımı içindeki araçların ise kavşağa girmek için anaakım içinde uygun bir aralık beklemeleridir (HCM, 1985).

Anaakım içerisindeki ağır araç etkisi, aşağıda belirtilen açılardan incelenmeye çalışılmıştır:

1. Ağır araçlarla, önlerindeki araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerleri.
2. Ağır araçlarla, onları takip eden araçlar arasındaki zaman cinsinden aralık değerleri.
3. Ağır araçların ön ve arka tamponlarının bir noktadan geçiş süreleri ile, otomobillerin ön ve arka tamponlarının aynı noktadan geçiş sürelerinin karşılaştırılması.
4. Belirli bir mesafenin, ağır araç ve otomobil tarafından geçilme sürelerinin karşılaştırılması.

Kavşağa giren akım içerisinde ise, şu kontrollerin yapılması gerekmektedir:

1. Ağır araç ve otomobil kritik aralık sürelerinin karşılaştırılması
2. Ağır araçlarla, otomobillerin takip aralıklarının karşılaştırılması
3. Ağır araçlarla, otomobillerin kavşağa giriş sürelerinin karşılaştırılması.

Ana akım içindeki ağır araç yüzdesi, yan yol araçları için otomobillere oranla daha uzun bir blok süresi oluşturduklarından daha büyük önem taşımaktadır. Özellikle otobüslerin etkisi, kavşak özelliklerine de bağlı olarak farklılıklar gösterebilir. Anaakım içindeki ağır araç etkisinin incelenmesi için iki farklı yöntem kullanılmıştır.

- a) Araçların bir noktadan ön ve arka tamponlarının geçiş sürelerinin belirlenerek, oranların alınması.
- b) Sorensen (1998) tarafından otoyollarda yapılmış olan çalışmalarda kullanılan:

$$PCE = \frac{g_{vp} + P_v + g_{pv} - g_{pp}}{g_{pp} + P_p} \quad (1)$$

bağıntısının kullanılması. Burada :

- $g_{vp}$  : Otomobillerin öndeki araçları takip aralığı
- $P_p$  : Otomobillerin ön ve arka tamponlarının belirli bir noktadan geçiş süreleri arasındaki fark.
- $g_{pp}$  : İncelenen araç tipinin öndeki aracı takip aralığı.
- $q_{pv}$  : İncelenen araç tipinin takip eden araçlarla aralarındaki zaman cinsinden aralık.
- $p_v$  : İncelenen araç tipinin ön ve arka tamponlarının bir noktadan geçiş süreleri arasındaki fark.

Yukarıda da görüldüğü gibi, "a" yöntemi, "b" yönteminin bir bölümünü oluşturmaktadır. "b" yöntemi yardımıyla bulunan PCE değerleri incelendiğinde, minibüslerin otomobillere çok yakın ve hatta bazen daha küçük değerler verdikleri görülmüştür. Aynı sonuca, Gedizlioğlu

(1979b) tarafından, kritik aralık kabulü değerleri incelenerek ulaşılmıştır."a" yönteminde ise minibüslerin 1,15 otomobile eşdeğer olduğu söylenebilmektedir.

Çalışmada araçlar, otomobil ve otobüs olarak iki ayrı grupta incelenmiştir. İnceleme, otobüs yüzdesinin fazla olduğu ve daha sağlıklı gözlem verilerinin elde edilebildiği Alsancak Gar kavşağı, Montrö ve Cumhuriyet meydanı kavşaklarında yapılmıştır. Yukarıda açıklanan yöntemler sonucunda bulunan eşdeğer otomobil birimleri (PCE), Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. "a" ve "b" Yöntemlerinden Elde Edilen PCE Değerleri

Kavşak	Kritik Aralık (s)	"a"	"b"
Gar (Liman Yaklaşımı)	4,3	2,53	1,47
Gar (Alsancak Yaklaşımı)	4,3	2,77	1,73
Montrö	3,2	2,66	1,9
Cumhuriyet	2,8	1,84	1,38

Çizelge incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilebilir:

- Kritik aralık kabulü değerinin yüksek olduğu Alsancak Gar kavşağında, otobüslerin etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir.
- Montrö kavşağında, geçiş süreleri dikkate alındığında, otobüslerinin etkisinin çok fazla olduğu söylenebilir. Ancak yanyol akımının yüksek olması ve yanyolda bulunan sürücülerin çok küçük aralıkları kabul ederek kavşağa girmelerinin anaakımda bazı gecikmelere sebep olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu değer büyük çıkması normal kabul edilebilir. Nitekim, (1) bağıntısı kullanılarak elde edilen değer ilk değerden çok daha düşük olduğu görülmektedir.
- Anaakım içindeki araçların seyir hızlarının yüksek olduğu Cumhuriyet Meydanı kavşağında ise otobüsler için hesaplanmış olan PCE değerlerinin, her iki yöntem için de birbirine yakın olduğu ve diğer yöntemlere oranla çok daha küçük değerler elde edildiği görülmektedir.

Yukarıda da görüldüğü gibi, her iki yöntemden elde edilen değerler birbirlerinden oldukça farklıdır. Yalnız, kavşaklarda yapılan çekimlerden, anaakımdaki ağır araçların, özellikle zirve saatlerde, kavşak içindeki tıkanmalardan dolayı yanyol girişinde uzun süre durdukları ve/veya yanyoldan girmek isteyen araçlar için, otomobil ve minibüs tipi araçlara oranla daha uzun bloklar oluşturdukları; bunun sonucunda yanyol sürücülerinin servis gecikmelerinin büyük oranda uzamasına yol açtıkları anlaşılmıştır. Bu bilgi ışığında, "a" yönteminden elde edilen değerlerin, kavşak performansının belirlenmesinde daha büyük önem taşıdığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak çalışmada, otobüslerin 2,5 değer otomobil birimiyle çarpılarak hesaba katılabilecekleri kabul edilmiş; hesaplar bu kabul doğrultusunda yapılmıştır. Ayrıca minibüsler için de 1,15 PCE değerinin kullanılması uygun görülmüştür.

Gedizlioğlu'nun (1979b) çalışmasında, taşıtlar otomobil, minibüs ve ağır araç olmak üzere üç grupta toplanmış ve ana akım içinde kabul ettikleri aralıkların büyüklüklerine göre etkileri hakkında bir fikir edinilmeye çalışılmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda, minibüslerin kabul ettikleri aralıkların, otomobil sürücüler tarafından kabul edilen aralıklara çok yakın ve bazı durumlarda daha kısa olduğu anlaşılmış, bu sebeple taşıt grupları otomobil ve ağır araç olmak üzere iki ana grupta toplanmıştır.

Gedizlioğlu'nun (1979b) sonuçları incelendiğinde, ağır araç katsayılarının en düşük "1,17", en yüksek "1,74" bulunduğu görülmüştür. Genelde ise değer "1,20" ile "1,30" arasında değiştiği söylenebilir. Buradan da yanyoldaki ağır araçların denetimsiz kavşakların kapasitesinde büyük bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Çalışmada yanyoldaki ağır araç oranının yüksek olduğu tek yaklaşım olan Montrö Meydanı kavşağı, Cumhuriyet Meydanı yaklaşımında, yanyoldan giren ağır araçların kritik aralık kabulüne göre katsayılarının belirlenmesine çalışılmıştır. Sonuçta bu yaklaşım için ağır araç katsayısı, "1,32" olarak hesaplanmıştır ki bu değer, Gedizlioğlu'nun bulduğu sonuçlara yakındır.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, anaakım içinde bulunan ağır araç oranının, kavşak kapasitesinin üzerindeki etkisinin fazla olduğu düşünülebilir.

## 5. ANAAKIMDAKİ AĞIR ARAÇ ORANININ YANYOL KAPASİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

### 5.1 Yuvarlak Ada Kavşaklarda Yanyol Kapasite Hesap Yöntemi

Günümüzde, çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiş olan birden fazla kapasite hesap yöntemi bulunmaktadır. Çok fazla sayıda kapasite hesap yöntemi olmasına rağmen, yuvarlak ada kavşakların kapasitesi iki ana yöntemle dayanmaktadır:

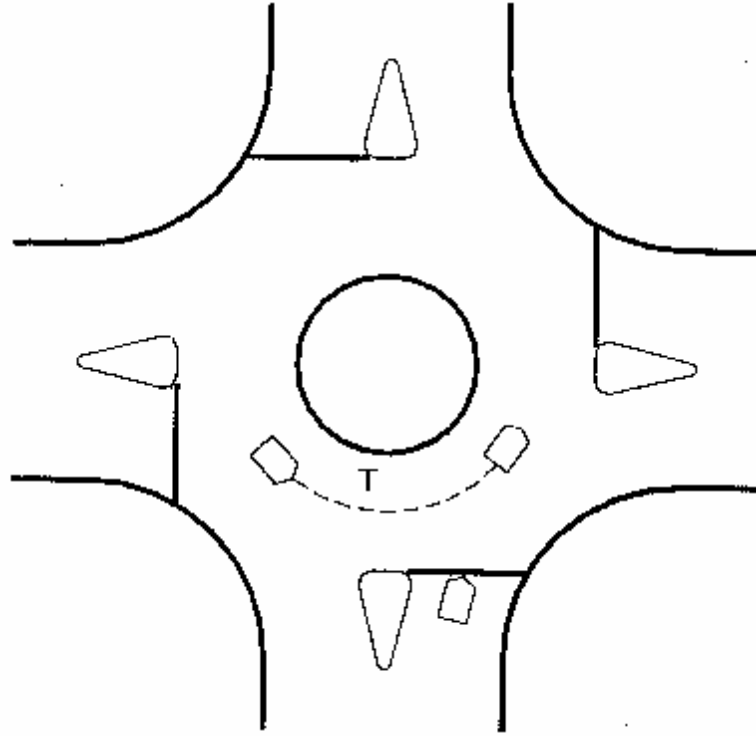
1. Geometrik yöntem.
2. Davranışsal yöntem.

Geometrik yöntem, zirve saatlerde dönel kavşağa giren ve kavşakta dönüş hareketini yapan araçlar arasındaki etkileşimi incelemektedir. Yöntemin uygulamasında, regresyon parametre değerlerinin, bağlı geometrik parametrelerle ilişkilendirilmesine çalışılmaktadır. Bu geometrik parametrelere örnek olarak şerit sayısı, yuvarlak ada çapı, dönel kavşağa bağlanan kol sayısı, yaklaşımın giriş ve çıkış noktaları arasındaki mesafe, v.b. gösterilebilir (Janssens, 1994).

Davranışsal yöntemde ise kavşağın, geçiş hakkına sahip dairesel bir tek yönlü yola bağlanan T şeklinde kavşaklardan oluştuğu kabul edilmektedir. Bu, sürücü davranışına ve kritik aralık kabul teorilerine dayanan klasik kavşak teorisinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır (Janssens, 1994). Yukarıda açıklanan teorilere bağlı olarak Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde ve Avustralya'da birtakım hesap yöntemleri geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur.

Geometrik yöntemle ilgili olarak anlamlı bir kapasite hesabı yapılabilmesi için incelenen kolda en azından yarım saat boyunca sürekli kuyruk olması gerekmektedir. Bu durum dışında yapılan regresyon analizleri, anlamlı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, davranışsal yöntemlerin kullanılması yoluna gidilmektedir.

Davranışsal yöntemlerin en önemlisi, kritik aralık kabulü yöntemidir. Yanyoldan kavşağa gelen bir sürücü, kavşak boş fakat anayoldan kavşağa yaklaşan taşıt varsa önegiriş aralığı (lag) ile, kavşak dolu ve kavşağa yaklaşmakta olan taşıt var ise, bu anayol taşıtları arasındaki arayagiriş aralığı (gap) ile karşılaşacaktır (Gedizlioğlu 1979a) Diğer bir tanımla yan yoldan gelen bir sürücü ana akım içine ancak ana akımda kendisi için güvenli gördüğü "T" gibi bir zaman cinsinden kritik aralık değerine eşit veya daha büyük bir aralık bulduğunda katılabilecektir (Hagring, 1996) Bu durum, Şekil 1'de görülmektedir. Kritik aralığın büyüklüğü, mümkün olan en az gecikme için seçilen en güvenli minimum zaman cinsinden aralık değeri olarak da ifade edilebilir.



Şekil 1. Kritik Aralık Kabulünün Şematik Gösterimi (Hagring, 1996)

Yapılan çalışmalar, Troutbeck (1991) ve Hagring (1998) tarafından önerilen aşağıdaki bağıntının, ülkemiz şartları için de iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Tanyel, 2001):

$$q_e = \frac{q_c \alpha e^{-\lambda(T-\Delta)}}{1 - e^{-\lambda T_0}} \quad (2)$$

Burada:

$q_e$  = yanyol kapasitesi (araç/s)

$q_c$  = anaakım akımı (araç/s)

$\alpha$  = anaakım içindeki serbest araç oranı

$T$  = kritik aralık kabul değeri (s)

$T_0$  = yanyol araçlarının takip aralığı (s)

$\Delta$  = anaakım akımındaki araçlar arasındaki minimum zaman cinsinden aralık değeri (s)

$\lambda$  = bir küçültme katsayısı

Anaakım içindeki serbest araç oranı, Tanyel (2001) tarafından önerilen aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilmektedir:

$$\alpha = 1,25 - 1,13 \cdot \Delta \cdot q_c \quad \Delta \cdot q_c > 0,22 \text{ durumunda} \quad (3)$$

$$\alpha = 1,0$$

Diğer hallerde

Anaakım içindeki serbest araç oranının ( $\alpha$ ) hesaplanabilmesi için kullanılan en önemli parametre, anaakım içindeki minimum zaman cinsinden aralık değeri ( $\Delta$ ) görülmektedir. “ $\Delta$ ” değeri, genellikle bir şerit için 1,5 saniye ile 2,0 saniye arasında değerler almaktadır.

Bağıntı (1) de yer alan “ $\lambda$ ” katsayısı ise aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir (Troutbeck, 1991, Hagring, 1996, Akçelik v.d., 1994).

$$\lambda = \frac{\alpha \cdot q_c}{1 - q_c \cdot \Delta} \quad (4)$$

Kapasite üzerinde etkili olan diğer parametreler ise kiritik aralık kabul değeri (T) ve yanyol akımındaki araçların birbirlerini takip ettikleri en küçük aralık değeridir ( $T_0$ ). Kritik aralık kabulü değeri genellikle 2.2 saniye ile 8.0 saniye arasında değişmektedir (Akçelik, 1998). Genelde kullanılan değerler ise 3,5 saniye ile 4,5 saniye arasındadır.

Gedizlioğlu (1979a), Türk sürücüleri için bu değer 3,0 ila 3,5 saniye arasında değiştiğini belirtmiştir. Tanyel (2001) yuvarlak ada kavşaklarda ülkemizde bu değer 2,1 saniyeye kadar düştüğünü göstermiştir. Ülkemiz için bu değer 2,5 saniye ile 3,5 saniye arasında alınması uygun kabul edilebilir.

Takip aralığı değeri ( $T_0$ ) ise 1,2 saniye ile 4,0 saniye arasında değişiklik göstermektedir (Akçelik, 1998). Bu değer genelde 1,2 saniye ile 2,0 saniye arasında alınmaktadır. Çalışmalar, bu aralığın ülkemiz sürücülerinin davranışlarının tanımlanmasında uygun olduğunu göstermektedir (Tanyel, 2001).

## 5.2. Türkiye’de Ağır Araç Etkisinin Kavşak Kapasitesi Üzerindeki Etkisi Üzerine Bir Örnek

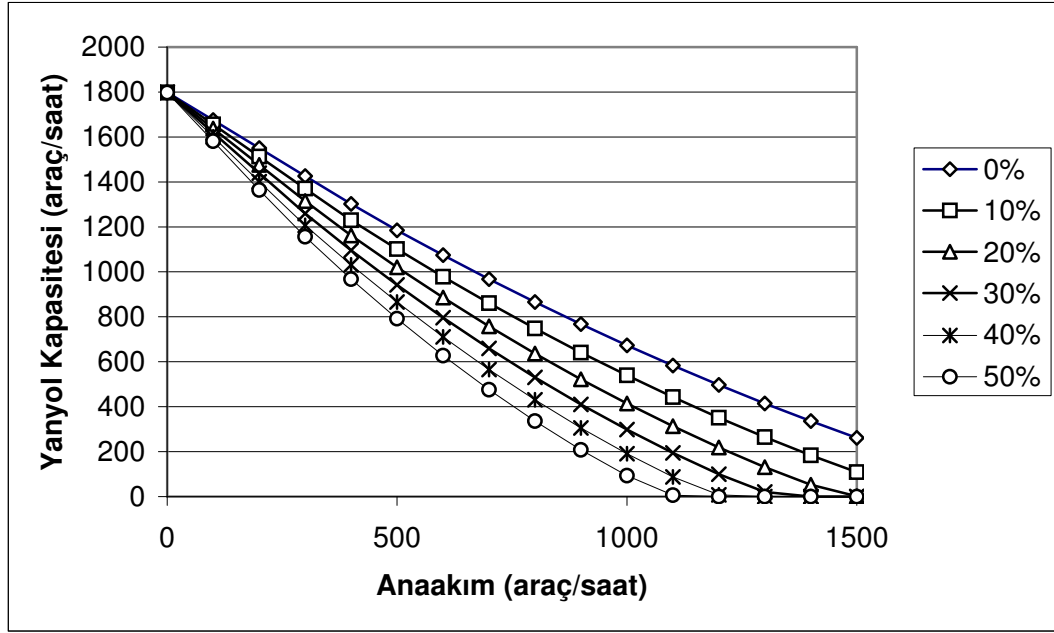
Ağır araç etkisinin belirlenebilmesi için, özellikleri önceden belirlenmiş bir kavşak örneği üzerinde hesaplamaların yapılması uygun görülmüştür. Bu kavşağa ait özellikler aşağıda sıralanmıştır:

1. Yanyolda sürekli olarak kavşağa girmek için bekleyen araçlar bulunmaktadır.
2. Yanyoldaki sürücülere ait kritik aralık kabulü değeri,  $T = 3.5$  saniyedir.
3. Yanyodaki sürücülerin birbirlerini takip aralıkları  $T_0 = 2.0$  saniyedir.
4. Anayoldaki araçlar arasındaki minimum zaman cinsinden aralık değeri,  $\Delta = 1.8$  saniyedir.
5. Kavşakta bir dönüş şeridi bulunmakta olup kavşağın diğer geometrik özellikleri aşağıda verilmiştir:

Dıştan dışa çapı	=	40 m
Giriş şerit genişliği	=	4.0 m
Yaklaşım şerit genişliği	=	3.6 m
Şerit genişleme uzunluğu	=	20 m
Giriş yarıçapı	=	50 m
Giriş açısı	=	30°

Hesaplamalarda ağır araç olarak sadece otobüs ve minibüs dikkate alınmıştır. Yapılan gözlemler ışığında otobüslerin 2,5 birim otomobil, minibüslerin ise 1,15 birim otomobil değerlerine sahip oldukları düşünülmüştür. Anaakım içinde sadece otobüs bulunması durumunda elde edilen sonuçlar Şekil2’de verilmiştir.

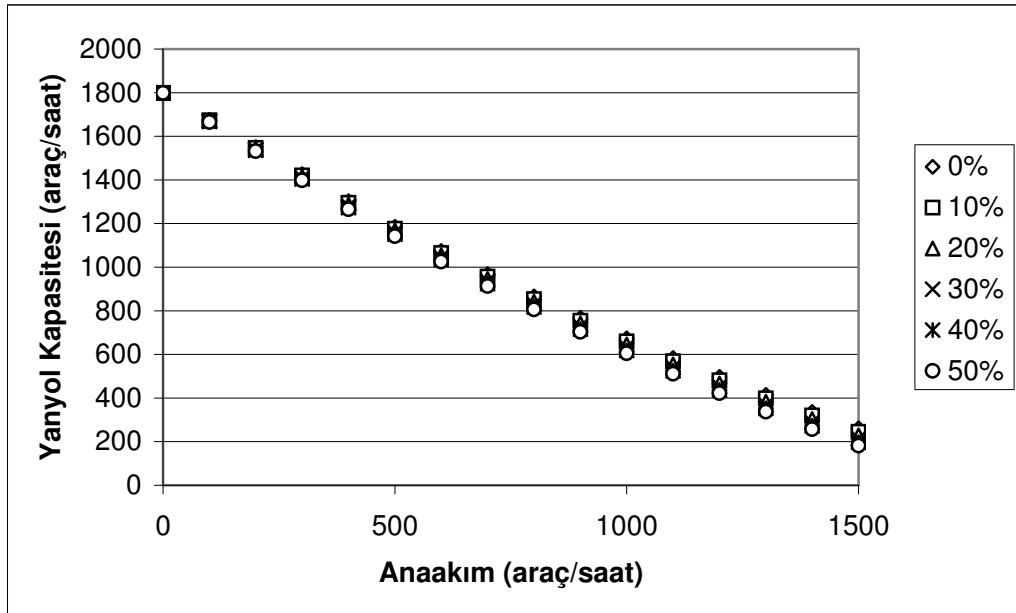




Şekil 2. Otobüsler İçin Çeşitli Ağır Araç Yüzdelerinin Denetimsiz Kavşaklarda Yanyol Kapasitesi Üzerine Etkisi

Şekil incelendiğinde, anaakım içindeki ağır araç oranı arttıkça, kapasitenin önemli derecede düştüğü görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur. Anaakım değerinin 1200 araç/saat olması durumunda, akım içinde hiç ağır araç olmaması durumunda yanyol kapasitesi 496 araç/saat iken; ağır araç oranının %50 olması durumunda yanyoldan giren araç sayısının sıfıra düştüğü görülmektedir. Gerçekte bu değer ülkemiz koşullarında sıfır olmayabilir. Bunun sebebi sürücülerin, anaakımın yanında kavşağa girmeye çalışmaları veya çok küçük aralıkları kabul etmeleridir.

Anaakım içindeki ağır araçların minibüslerden oluştuğu durum ise Şekil 3'te verilmektedir.



Şekil 3. Minibüsler İçin Çeşitli Ağır Araç Yüzdelerinin Denetimsiz Kavşaklarda Yanyol Kapasitesi Üzerine Etkisi

Şekil incelendiğinde değişik yüzdelerde bile yanyol kapasitesinde çok küçük farklılıklar görülmektedir. Bu hesaplarda minibüslerin kavşak içerisinde, özellikle yanyol girişine yakın kesimlerde yolcu indirme-bindirme hareketinde bulunmadıkları kabul edilmiştir. Ancak, özellikle birden fazla dönüş şeridi bulunması durumunda, minibüslerin yolcu indirme-bindirmesi yaptıkları gözlenmektedir. Bu, kavşak kapasitesi üzerinde kapasiteyi azaltıcı bir etki yapacaktır.

Literatürde, akım içinde ağır araç oranının %5 ve daha küçük olması durumunda, bu araçların ayrıca bir katsayı ile çarpılmasına gerek olmadığını belirtmektedir. Bu kabul Türkiye içinde aynen kabul edilebilir. Ancak bu değer, özellikle trafik yoğunluğunun fazla olduğu şehir merkezlerinde, yolcu otobüsleri sebebiyle sık rastlanan bir durum değildir. Akım içindeki ağır araç oranının genelde %30 civarında olduğu gözlenmiştir. Bazı şeritlerde bu oran %53'e kadar çıkmıştır.

Yanyoldan giren akımın içinde bulunan ağır araç oranının kapasite üzerinde etkisi ise, araçların kritik aralık kabullerine göre belirlenebilir. Çalışmada, yanyol akımındaki ağır araç oranının etkisi, Montrö Meydanı kavşağı Cumhuriyet Meydanı yaklaşımında yapılmış olan gözlemler kullanılarak incelenmiştir. Yanyoldan giren akım içindeki ağır araç oranı %27 dir. Yanyol akımının tamamının otomobil veya ağır araç olması durumunda kapasiteler hesaplanmış ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır.

Yanyol akımı içindeki ağır araç oranının, kavşak performansı üzerindeki etkisinin en iyi gözlemlenebileceği parametre, yanyoldaki araçların ortalama gecikmeleridir. Bu amaçla Akçelik ve Troutbeck (1991) tarafından önerilmiş aşağıdaki gecikme bağıntısı kullanılmıştır:

$$d = d_m + 900 \cdot Z \cdot \left[ (\rho - 1) + \sqrt{(\rho - 1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot \rho}{Q_e \cdot Z}} \right] \quad (5)$$

Burada

$d$	=	araç başına ortalama gecikme (saniye)
$d_m$	=	yanyol akımındaki araçların maruz kaldığı minimum gecikme (saniye)
$Z$	=	gözlem süresi (saat)
$\rho$	=	doygunluk derecesi (akım/kapasite)
$k$	=	gecikme parametresi
$Q_e$	=	yanyol giriş kapasitesi (araç/saat)

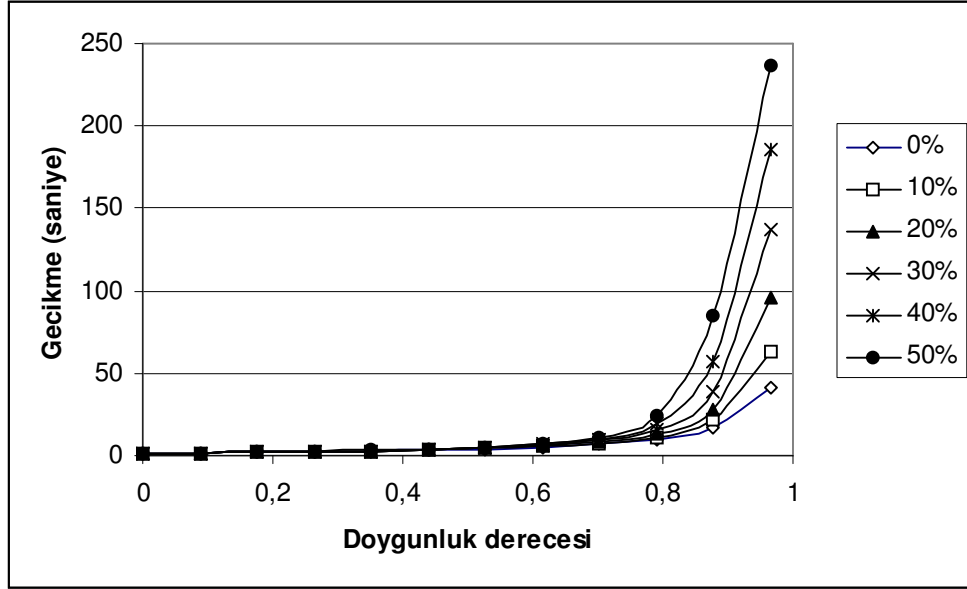
Minimum gecikme aşağıdaki bağıntıdan elde edilebilir (Troutbeck, 1991):

$$d_m = \frac{e^{\lambda \cdot (T - \Delta)}}{\alpha \cdot q_c} - T - \frac{1}{\lambda} + \frac{\lambda \cdot \Delta^2 - 2 \cdot \Delta + 2 \cdot \Delta \cdot \alpha}{2 \cdot (\lambda \cdot \Delta + \alpha)} \quad (6)$$

“ $k$ ” parametresi ise aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Troutbeck, 1991):

$$k = \frac{d_m \cdot Q_e}{3600} \quad (7)$$

Yanyoldaki ağır araç etkisini daha iyi belirleyebilmek için anaakım değerinin 500 araç/saat olduğu kabul edilmiştir. Buna göre, yanyol kapasitesinin 1140 araç/saat olduğu kabulü yapılabilir. Yanyoldaki ağır araç oranının %0 ile %50 arasında değiştiği ve PCE değerinin 1,32 olduğu kabulleri yapılmıştır. Buna göre elde edilen sonuçlar, Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Ağır araç oranlarına bağlı gecikme değerleri

Şekil incelendiğinde, yanyol akımının doyma derecesinin 0,80 olduğu noktaya kadar gecikmeler arasında önemli bir farklılık görülmemektedir. Ancak bu değerden sonra ağır araç yüzdesindeki artışın, yanyol gecikmesi üzerindeki etkisi belirgin hale gelmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, İzmir şehrinde seçilmiş olan dört yuvarlakada kavşakta yapılan gözlemlerden yararlanılarak; anaakım içindeki ağır araç oranının yanyol giriş kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Çalışma sonucunda anaakım içindeki ağır araç oranının artmasıyla, yanyoldan giriş kapasitesinin önemli oranda azaldığı görülmüştür. Yanyoldaki ağır araç oranı ile ilgili yapılan gözlemlerde ise, yanyol giriş kapasitesinin önemli oranda değişmediği anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, denetimsiz kavşaklarda ağır araçların kabul aralıkları ile ağır araç sürücüleri tarafından verilen tepkilerin yaklaşık aynı olduğu söylenebilir. Bu tip kavşakların kapasitesi üzerinde araçların boyutları ve bir noktadan geçiş süreleri daha büyük önem taşımaktadır. Yine de bu konuda ayrıntılı bir çalışma yapılması ve çalışma sonuçlarına göre bazı katsayıların önerilmesi daha uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Sorensen H. (1998): "Determining passenger car equivalents for freeways", Store Kartogers Forbrung of Motorgeves Kapacitet, Royal Donnish Academy of Sciences and letters, Copenhagen, Denmark
- Setti J.R.; Demarchi S.H. (1996): "Assessing heavy vehicle impacts on operation of rural at-grade intersections in Brazil", Transportation Research Record, v.1555, s.83-90,
- National Research Council (1985): "Highway Capacity Manual Special Report" N.209, Transportation Reseach Board, Washington D.C., N.209, 511s.
- Gedizlioğlu E. (1979b): "Kentiçi eşdüzey kavşak kullanımına toplu taşıma araçları yönünden bir yaklaşım", Ankara Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü 2. Toplu taşıma Kongresi, Ankara, Türkiye.

- Molina C.; Messer C.J.; Fambro C.B.(1987): "Passenger Car Equivalencies for Large Trucks at Signalized Intersections", Research Report 397-2. Project No. 397. Texas Transportation Institute, College Station, TX.
- Akçelik R. (1998): "Roundabouts: Capacity and performance analysis", ARRB Research Report ARR 321, Vermont, Australia, 150 s.
- Akçelik R., Chung E. (1994): "Calibration of the bunched exponential distribution of arrival headways", Road & Transport Research, V.3, p.42-59
- Akçelik R., Troutbeck R. (1991): "Implementation of the Australian roundabout analysis method in SIDRA", Highway Capacity and level of service \_ proc. Of the International Symposium on Highway Capacity, Karlsruhe, pp. 17-34
- Gedizlioğlu E. (1979a): "Denetimsiz kavşaklarda yanyol sürücülerinin davranışlarına göre pratik kapasite saptanması için bir yöntem", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 129 s.
- Hagring O. (1996): "The use of Cowan M3 distribution for modelling roundabout flow", Traffic Engineering & Control, V.37(5), p.328-332
- Hagring O. (1998): "Vehicle-vehicle interactions at roundabouts and their implications for the entry capacity", Bulletin 159. Department of Traffic Planning and Engineering, Lund
- Troutbeck R. (1991): "Unsignalized intersections and roundabouts in Australia: recent developments", Intersections Without Traffic Signals II, Bochum, Germany, p.238-257
- Tanyel S. (2001) "Türkiye'deki dönel kavşaklar için kapasite hesap yöntemi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 161 s.