

KENT İÇİ TRAFİK TIKANIKLIĞI SORUNU: Analitik Bir Yaklaşım

Hasan ERTÜRK*

Kentler doğuş ve gelişme nedenleri ne olursa olsun, ticari, kültürel ve sosyal faaliyetlerin yoğunlaştığı yerleşme yerleridir. Kentlerde yaşayanlar bu faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için oturma alanları ile iş, ticaret, kültür ve eğlence yerleri arasında gidip gelmek yani yer değiştirme gereğini duyarken, kentlilerin yaşama ve çeşitli faaliyetleri için gerekli eşya ve malzemelerin de yer değiştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle kentte yaşayanların ve onlar için gerekli eşyaların ve malzemelerin ulaşımı önemli olmaktadır. Günümüzde bir yandan kentlerin aşırı gelişmeleri diğer yandan motorlu araç sayısındaki önemli artış, geçen yüzyılın yani motorlu araç çağı öncesi koşullarına göre biçimlenen kentlerde trafik tıkanıklığı sorununu doğurmakta ve bu olgu faaliyetlerin yavaşlamasına neden olmaktadır.

Trafik tıkanıklığı, herhangi bir yerde ve zamanda karşılaşılabilecek bir olgu ise de, genellikle büyük kentlerde işe gidiş geliş saatlerinde ve kentlerin merkezi bölgelerinde önemli boyutlara varmaktadır. Kentiçi yollarda trafik tıkanıklığının olması, bir yandan tüm toplumun daha çok hava kirliliği, gürültü, kaza olasılığındaki artış vb. olumsuzluklara katlanmasına neden olurken, diğer yandan araç sürücülerinin yolculuklarını daha çok araç kullanma ve zaman maliyetleriyle gerçekleştirmesine neden olmaktadır. Bu nedenle de toplumsal refah olumsuz yönde etkilenmektedir. Yapılan araştırmalar, ülkemizde özellikle nüfusu 1 milyonu aşan kentlerde sorunun önemli boyutlara vardığını göstermektedir.

Bu makalede, kentlerde yaşayan insanlar için önemli bir sorun olan trafik tıkanıklığı sorunu ele alınmaktadır. Bu amaçla önce, kent içi ulaşımın özelliklerine ve tıkanıklık sorununun nedenlerine açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Daha sonra bu olgu, ekonomi teorisinin araçlarından yararlanılarak analiz edilmiş ve sorunun ekonomik anlamı ortaya konmaya çalışılmıştır.

KENT İÇİ ULAŞIMIN ÖZELLİKLERİ VE TRAFİK SORUNU

En genel anlamıyla ulaştırma, insanların veya eşyaların bir yerden diğer bir yere taşınması olarak tanımlanabilir. Bu hareketin ekonomik amacı, en kısa sürede

* Yard. Doç. Dr.; U.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Kamu Yönetimi Bl.

ve en az masrafla taşınma işleminin gerçekleştirilmesidir¹. Kentiçi ulaşım ise, kentte çeşitli yerlerine yerleşmiş kentsel öğelerin (çalışma, oturma, kültürel faaliyet yerleri vb. öğeler) fonksiyonel ilişkilerinin sağlanmasında önemli bir faktördür. Diğer bir deyişle, ulaşım ekonomik, sosyal ve kültürel yaşantının gelişmesinde önemli rol oynayan bir faktördür ve kentteki faaliyetlerin düzenli ve etkin bir biçimde sürdürülebilmesi kentiçi ulaşım sistemlerinin düzenli ve etkin kullanımına bağlı olmaktadır².

Kentler nüfusun, dolayısıyla ekonomik ve kültürel faaliyetlerin belirli alanlarda yoğunlaştığı yerleşim yerleridir³. Açıkta ki kentlerdeki faaliyetler arttıkça kentiçi ulaşım talebi de artacaktır. Bu nedenle denebilir ki, kentiçi ulaşım talebi kent faaliyetlerinin bir fonksiyonudur. Bu faaliyetler de kent alanının çeşitli yerlerindeki yapılarda (ev, iş yeri, bürolar vb. yapılar) gerçekleşeceğine göre, kentiçi trafik akımı kentteki yerleşimin (arazi kullanımının) bir fonksiyonu olacaktır⁴. Kentlerdeki trafik akımı kentteki yerleşimin bir fonksiyonu iken, yerleşim biçimi de ulaşım sisteminin yapısından etkilenerek şekillenir. Kısaca kent yerleşimi ve ulaşım birbirini sürekli olarak etkileyen sistemlerdir⁵.

KENTİÇİ ULAŞIMIN ÖZELLİKLERİ

Kentlerde yaşayan kişiler yaya ve araçlı olmak üzere iki tür yolculuk yapmaktadırlar. Araçla yapılan yolculuklar ise ya özel araçla ya da kitle ulaşım araçlarıyla olmaktadır. Kentiçi ulaşım bu özelliklerin yanı sıra önemli bir özellik de yolculuğun yapılaş amacı olmaktadır ki, bu açıdan kentiçi yolculuklar, ticari amaçlı ve ticari amaçlı olmayan yolculuklar olarak iki temel gruba ayrılabilir. Bir günlük kentiçi ulaşım taleplerinin saatlere göre dağılımına bakıldığında, kentiçi ulaşım talebinin hafta içi sabah ve akşam işe gidiş geliş saatlerinde diğer zamanlardan çok daha fazla olduğu görülebilecektir. Bu durum kentiçi ulaşımın tipik bir özelliği olan iş için seyahatin üstünlük arzettiğini açıkça göstermektedir⁶. Tablo I'de Türkiye'nin büyük metropollerinden Ankara'da 1970 ve 1980 yıllarında araçlı yolcuların amaçlarına göre dağılımı verilmiştir. Tablo incelendiğinde görüleceği gibi, her iki yılda da Ankara'da toplam araçlı yolculukların % 50'den fazlası iş amacıyla yapılmaktadır. Bu özellik genellikle tüm büyük kentlerin temel bir ulaşım özelliği olmaktadır.

- 1 Barda (1982); Ayrıca bkz; Güven (1982: 32-121).
- 2 Kent içi Ulaşım Sistemleri ile ilgili bilgi için bkz; Yavuz vd. (1978: 293-319).
- 3 Kentleşme konusunda bkz; (1976: 31-56); Tolan (1977: 3); Kıray (1972: 1); Keleş (1975: 5-54); Yavuz vd. (1978: 19-46); Kartal (1978: 4-13); Kartal (1983); Keleş (1972: 5-28).
- 4 Buchanan vd. (1968: 153-182).
- 5 Ulaşım ve alan kullanımı konusunda bkz; Moses ve Williamson (1967: 211-221); Yavuz vd. (1978: 293-295).
- 6 "Ev-işyeri arasındaki en önemli niteliği çalışma hayatı ve emekle olan ilişkisidir... Bu nedenle günlük trafik içinde en önemli paya sahip ev-işyeri yolculukları ekonomik hayatın kaçınılmaz bir parçasıdır..." Gökçeli ve Okyay, (1976: 80-83).

Tablo: I
Ankara'da Araçlı Yolculukların Amaçlara Göre
Dağılımı (1970 ve 1980)

Yolculuk Amacı	1970 (%)	1980 (%)
İş	61.0	52.0
Okul	12.2	13.0
Sağlık Eğlence	14.5	7.0
Alışveriş	5.2	16.0
Diğer	7.1	12.0
TOPLAM	100.0	100.0

KAYNAK: Menteş (1982: 334)

Kentçi ulaşımında ev-işyeri yolculuklarının üstünlük arzemesi, kentçi ulaşımın diğer özelliği olan belirli zaman ve mekânlarda talebin yoğunlaşması, diğer bir deyişle zirve talep (peak-demand) sorununu ortaya çıkarmaktadır. Açık ki, kent faaliyetlerinin yoğunlaştığı bölgelerde trafik akımı, diğer bölgelere nazaran çok daha yoğun olacaktır. Mekandaki bu yoğunlaşmanın yansısı kentçi ulaşımın büyük bir çoğunluğunun iş amacıyla yapılması, işe gidiş ve-geliş zamanlarında trafik yoğunluğunun diğer zamanlara nazaran çok daha fazla artmasına neden olmaktadır. Tablo II'de Ankara'da 1977 yılı için zirve ve en düşük talep saatlerinin değerleri ve yüzde dağılımları verilmiştir. Görüleceği gibi zirve saatler talebi 24 saatlik talebin % 5-7'si arasında değişmektedir. Ayrıca bu zirve saat taleplerinin en düşük saat talebinin 125 ile 164 katı olduğu görülmektedir⁷. Yapılan anket sonuçları Ankara'da iş amacıyla yapılan yolculukların % 60'ına yakınlarının zirve saatlerde yapıldığını göstermiştir⁸.

Tablo: II
Ankara'da Zirve ve En Düşük Saat Yolculuk Talepleri (1977)

Saatler	Yolculuk Sayısı	24 Saatlik Toplamın Yolculuk Sayısına %'desi	Zirve saat talebi
			Endüşük saat talebi
Sabah zirvesi (09.00)	328.000	% 7.3	164
Akşam zirvesi (16.00)	332.000	% 7.4	166
Öğle zirvesi (13.00)	250.000	% 5.6	125
En düşük saat talebi (03.00)	2.000	% 005	—
24 saatlik toplam	4.492.000	—	—

KAYNAK: Elker v.d. (1977: 33) Şekil-6'dan yararlanılarak düzenlenmiştir.

7 Kent içi yollarda zirve talep sorunu ve çözüm yolları ile ilgili bilgi için bkz; Richardson (1971: 103-106).

8 Menteş (1982: 334).

Sonuç olarak; kentçi ulaşımında iki temel özellik ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, kentçi ulaşımında en önemli yolculuğun iş amacıyla yapılan yolculuk olduğudur. İkinci özellik ise, birinci özelliğin sonucu olmaktadır. Yani kentçi ulaşım talebi işe gidiş saatlerinde (rush-hours) çok daha yoğun olmakta, ayrıca ulaşım talebi kentteki faaliyetlerin yoğunlaştığı iş bölgeleri ile oturma bölgeleri arasında yoğunlaşmaktadır. Kentçi ulaşımın bu ikinci özelliği aşağıda inceleyeceğimiz nedenlerle birlikte kent yollarında, belirli zaman ve bölgelerde önemli trafik tıkanmalarının oluşmasına yol açmaktadır.

KENTLERDE TRAFİK TIKANIKLIĞININ NEDENLERİ

Kentlerde trafik tıkanıklığının, arz ve talep yönünden olmak üzere iki temel nedeni vardır⁹. Arz yönünden temel neden, kentlerin geçmiş yüzyılın, yani motorlu araç dönemi öncesi ihtiyaçlarına, ölçeğine ve hukuki kurallarına göre gelişmesidir. Bu nedenle kentlerdeki yol arzı günümüzdeki motorlu araçların yol alanı kullanım talebini karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizlikleri gidermek amacıyla yapılacak yolları genişletme çalışmaları ise, genellikle kentlerde alan fiyatlarındaki ve yapım maliyetlerindeki yükseklik nedeniyle ekonomik olmamakta, ya da kent tarihini dokusu nedeniyle olanaksız olmaktadır.

Trafik tıkanıklığının ikinci temel nedeni, genelde artan özel araç sahipliği ile birlikte, kentçi ulaşımında özel araç kullanma eğilimindeki artışlardır¹⁰. Kentçi ulaşımında özel araç kullanma eğiliminin artmasının, kitle ulaşım sistemindeki yetersizlikler, özel aracın sağladığı konfor ve rahatlık gibi birçok nedeni vardır¹¹. Kentçi ulaşımında özel araç kullanımındaki artış ile birlikte ortaya çıkan park etme sorunu trafik tıkanıklığında dolaylı bir etkiye sahiptir. Kentlerde araçların park yeri sorununun gereksinime cevap verecek şekilde giderilememesi, birçok aracın yol kenarları

-
- 9 Kentlerde trafik tıkanıklığının nedenleri konusunda bkz; Bulutoğlu (1981: 374-376).
 - 10 İstanbul'da trafik tıkanıklığı sorununa özel araç kullanımındaki artışların etkisi konusunda bkz; Tekeli vd. (1976: 121-131); Tekeli (1974: 10-12).
 - 11 Kentçi ulaşımında özel araç kullanmanın rasyonel bir davranış olmadığı genellikle kabul gören bir görüştür. Ancak bu görüşte, kamu ulaşımını ve özel araçla ulaşımı seçenlerin piyasa fiyatlarıyla karşı karşıya olduğu varsayılmaktadır. Oysa kamu ulaşımına devlet yardımı bütçe yoluyla yapılırken, özel araç kullanımları yarattıkları tıkanıklık maliyetlerinin ödetilmemesi, yani yollardan bedava yararlandırma (free-rider), bu tip ulaşım modelini seçenlere daha çok devlet yardımının yapılmasına neden olmaktadır. Ayrıca kentçi ulaşımında özel araç kullanımının kitle ulaşımına, kapıdan kapıya (door-to-door) ulaşım olanağı nedeniyle zamandan sağladığı tasarruflar, konfor, rahatlık vb. gibi üstünlükleri vardır. Bununla birlikte kamu ulaşım sistemini kullananların ortalama maliyeti, kullanım miktarına göre değişmez iken (yani her yolculuğun fiyatı aynıdır) özel araç kullananların ortalama maliyeti (aracın sabit maliyetleri nedeniyle) kullanım arttıkça artan oranlı bir şekilde (progressive) düşmektedir. Bu nedenlerle kentçi ulaşımında özel araç kullanımının irrasyonel olduğu iddiasının doğru olmadığı savunulmaktadır. Bu konularda ayrıntılı bilgi için bkz; Sherman (1967: 1211-1217); Richardson (1978: 181-182).

rına park etmesine yol açmakta, bunun sonucu park eden araçlar zaten dar olan yol alanında hareket halindeki araçların payını azaltmaktadır¹².

Sonuç olarak; kentlerde özel araç kullanma eğilimindeki artış yol alanı kullanım talebini arttırırken, diğer yandan çoğu kez kentlerde yol alanı arzını genişletmek olası olmamaktadır. Bu arz ve talep dengesizliğinin yanısıra, kentiçi ulaşımında belirli zaman ve mekânlarda zirve talebin ortaya çıkması, kentlerde önemli trafik tıkanıklıklarının oluşmasına neden olmaktadır.

TRAFİK TIKANIKLIĞININ EKONOMİK ANALİZİ

Tıkanıklığın Ekonomik Anlamı

Karayolu ulaşımında ortaya çıkan trafik tıkanıklığına, sabit kapasiteli bir üretim biriminde, üretimi kapasitesi üzerine çıkardığımızda, çıktı artarken, üretim biriminin kısa dönem maliyetlerinde artışa yol açan bir maliyet etkisi olarak bakılabilir. Bu nedenle de, diğer üretim faaliyetlerine benzer bir şekilde, karayolu ulaşımında tıkanıklığın etkisi, kısa dönem marjinal maliyet ve ortalama maliyet eğrilerinde bir yükselme olarak ifade edilebilir. Bu yükselme sırasında marjinal maliyet ortalama maliyetten daha fazla artacağından, iki eğri arasında bir fark oluşur¹³.

Bir karayolunun, sürücülerin birbirlerine hiçbir maliyet yüklemeyen seyahat edebileceği belirli bir kapasitesi vardır. Bu kapasite sınırına kadar yolu kullanan her bir sürücünün maliyeti sadece aracı kullanma maliyeti (vehicle operating cost) ve bu yolculuk için harcanan sirenin parasal değeridir. Diğer bir deyişle, kapasite sınırına kadar hiç bir araç sürücüsü diğer bir araç sürücüsüne hiç bir maliyet yüklememekte ve bu nedenle her bir aracın marjinal araç kullanma maliyeti sıfır olmaktadır¹⁴. Yoldaki araç sayısının kapasite sınırına ulaşmasından sonra, yola bir aracın daha ilave olması araçların birbirlerini etkilemesine ve hızların düşmesine neden olacaktır. Diğer bir deyişle tıkanıklık başladığından, ortalama (veya birim) araç kullanma maliyetleri yükselecektir. Bu nedenle denebilir ki, kapasite sınırından sonra ortalama araç kullanma maliyeti yoldaki araç miktarının (hacminin) fonksiyonu olacaktır. Bu ilişki basitçe şöyle ifade edilebilir: Kapasite sınırından sonra araç miktarındaki artış, araçların hızlarını düşüreceğinden gecikmelere (delays) neden olur, ortalama araç kullanma maliyetini arttırır ve bunun sonucunda yolu kullanan sürücüler önceki durumlarından daha kötü (worse off) bir duruma gelirler¹⁵. Kapasite sınırından

12 Tekeli v.d. (1976: 139-143).

13 Meyer ve Straszheim (1974: 44); Strotz (1969: 127-169).

14 Tıkanıklık olmayan bir yolda "... tıkanıklığın olmaması, bu malların tüketiminde rekabetin olmadığını ve pazarlanabilmesi özelliği ise yararlandırmama ilkesinin uygulanabileceğini göstermektedir. Ancak tıkanıklığın olmadığı bir durumda söz konusu olan köprüünün ya da karayolunun, kaynak ayırımında etkinliğin sağlanması yönünden bedava kullanılması gerekir. Köprüden ya da karayolundan geçişin bedava olması durumunda yararlandırmama ilkesi uygulanmadığından, yarı-kamusal mal tam kamusal mala dönüşmektedir..." Şener (1980: 52). Ayrıca tıkanıklığın olmadığı durumda fiyatlama ve refah ilişkisi için bkz; Musgrave (1959: 136-140).

15 Beckman v.d. (1959: 49); Zettel ve Carl (1964: 46-65); Batirel (1979: 70-72); Bulutoğlu (1981: 365-370).

sonra yola bir aracın daha ilave olması tüm sürücülerin ortalama araç kullanma maliyetlerini arttırdığından, bu ilave araç sürücüsünün marjinal araç kullanma maliyeti ortalama araç kullanma maliyetinden daha büyük olacaktır. Eğer araç sürücüsü başına ortalama araç kullanma maliyeti tüm araç sürücülerini için (c) ise, araç miktarı q'dan (q + 1)ye arttığında bu maliyet c + Δc'ye yükselir, bu nedenle (q + 1) nci araç sürücüsünün marjinal araç kullanma maliyeti;

$$(q + 1)(c + \Delta c) - qc = q.c + q.\Delta c + c + \Delta c - qc = c + \Delta c + q.\Delta c \text{ dir.}$$

Dolayısıyla, marjinal araç kullanma maliyeti ortalama araç kullanma maliyetini q.Δc kadar aşar¹⁶.

Bir araç sürücüsünün neden olacağı marjinal araç kullanma maliyetindeki artış, yoldaki trafik tıkanıklığının seviyesine, diğer bir deyişle ortalama araç kullanma maliyet eğrisinin eğimine bağlı olacaktır¹⁷. Daha açık bir deyişle marjinal araç kullanma maliyetindeki artış ortalama araç kullanma maliyetindeki artış ile ortalama araç kullanma maliyet eğrisinin eğimi (k) artı bir'in çarpımı kadardır. Yani;

$$mc = \Delta c (1 + k) \text{ dir.}$$

Tıkanıklığın Mekanizması: Akış Eğrisinin Şekli

Bu alt bölümde, belirli bir bölümü diğer kısımlara göre daha dar olan, yani bir darboğazın (bottleneck) olduğu, bir yol ele alınarak, dar bölümün kapasitesi talebi karşılamada yetersiz kaldığında oluşan tıkanıklığın işleyiş mekanizması analiz edilmeye çalışılacaktır. Darboğaz nedeniyle tıkanıklık tüm tıkanıklık durumlarında görülmesi bile, aşırı tıkanmaların meydana gelişinde önemli bir etken olmakta ve analizi nispeten basit olduğundan tıkanıklık probleminin yapısını anlamamıza yardım etmektedir¹⁸.

Analizde yoldaki tüm araçların benzer olduğu ve bu nedenle de 1 km. lik yolu gitme maliyetlerinin aynı olduğu varsayılacaktır. Ayrıca analizde kullanılan aşağıdaki değişkenlerin ölçülebileceği varsayılmaktadır¹⁹.

16 Sharp (1966: 806-817).

17 Marjinal maliyet ile ortalama maliyet eğrisinin eğimi arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$\Delta C = C_q - C_{q+1} = a \cdot q^k, \quad C = f(q)$$

maliyetteki toplam artış'a K dersek; $K = \Delta C \cdot q$ dur. Araç başına maliyetlerdeki artış yani araç başına marjinal maliyetteki artış,

$$\frac{dK}{dq} = \Delta C + q \cdot \frac{d\Delta C}{dq} = aq^k + q \cdot k \cdot aq^{k-1} = (k + 1) \cdot aq^k = (k + 1) \cdot \Delta C \text{ dir.}$$

Ayrıca benzer ilişkiler hacimdeki artış nedeniyle, hızlardaki azalma veya seyahat süresindeki artışlar içinde bulunabilir. Vickrey (1963: 452-465); Vickrey (1965: 275-291); Smeed (1968: 33-70).

18 Darboğaz'a örnek olarak tek yönlü ve üç şeritli bir yolun, belirli bir kesitinde şerit sayısının ikiye inmesi veya yol üzerinde kapasitesi dar bir köprüünün bulunması verilebilir. Vickrey (1969: 252); Walters (1968: 184-186).

19 Johnson (1964: 137-150).

F = Akış (Flow) veya trafik hacmi (volume of Traffic): Yoldan bir dakikada geçen araç sayısı

D = Yoğunluk (Density): Belirli bir andaki yolun bir km. lik bölümündeki araç miktarı

S = Hız (Speed): Yolda bir dakikadaki hız.

Darboğaz mevkiinde araçların ortalama hızı yoldaki araç yoğunluğuna göre değişecektir. Diğer bir deyişle hız yoğunluğun bir fonksiyonu olacaktır ve bu fonksiyonel ilişki ters yönlüdür²⁰. Bir aracın bir km. yi gitme süresi (T), hızın evriğidir, yani $T = S^{-1}$ dir. Bu nedenle süre yoğunluğun bir fonksiyonu olarak yazılabilir; $T = T(D)$ Ancak bu fonksiyonel ilişki aşağıdaki sınırlamalar geçerli olduğunda doğrudur. Yani $T(D)$ sürekli türevi alınabilir bir fonksiyon olmalı,

$$T'(D) > 0; T''(D) > 0; T(0) = a \quad (a, \text{ bir sabit}) \text{ olmalıdır.}$$

Şekil-1(a) da yoğunluk ile 1 km.yi gitme süresi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Yoğunluğun düşük olduğu seviyelerde süre pozitif bir sabit değere yaklaşırken, yoğunluğun maksimum olduğu noktada süre sonsuza yaklaşmaktadır. Belirli bir anda tüm yoldaki yoğunluğun aynı olduğu ve yoğunluktaki değişmelerin anlık olduğu varsayılırsa, akış, yoğunluk ile hızın çarpımı olacaktır²¹.

$$F = F(D) = D.S, \quad S = T^{-1}$$

olduğundan,

$$F = F(D) = D.T^{-1}$$

yazılabilir.

Akış fonksiyonunun maksimum olduğu noktada şu iki şartın yerine gelmesi gerekir:

$$1. F'(D) = T^{-1} \left(1 - \frac{D}{T} \cdot \frac{dT}{dD} \right) = 0$$

$$2. F''(D) = 2T^{-2} \left(\frac{dT}{dD} \right) \cdot \left(\frac{D}{T} \cdot \frac{dT}{dD} - 1 \right) - DT^2 T''(D) < 0$$

Birinci derece şart ancak;

$$\frac{dT}{dD} = \frac{T}{D}$$

olduğunda gerçekleşir. Yani şekil-1.a'daki zaman yoğunluk eğrisine orjinden geçen doğrunun teğet olması gerekir ve bu yoğunlukta (Dm), akış maksimumdur. Eğer birinci derece şart gerçekleşirse, ikinci dereceden şartı gösteren 2.nolu denklemin sağ yanındaki ilk terim sıfır olacaktır. Denklemin ikinci terimi;

20 "... Ortalama hız ile yoğunluk arasındaki ilişkinin ters yönlü olduğu genellikle kabul edilir ve bu ters yönlü ilişki yoğunluğunun riske katılma etkisi ile uyumludur. Ancak karşılıklı etkileşim gözönüne alındığında hız ile yoğunluk arasındaki ilişki doğru yönlü olabilir. Bu nedenle de trafik tıkanıklığı her zaman daha düşük ortalama hıza neden olmayabilir". Lee (1984: 309).

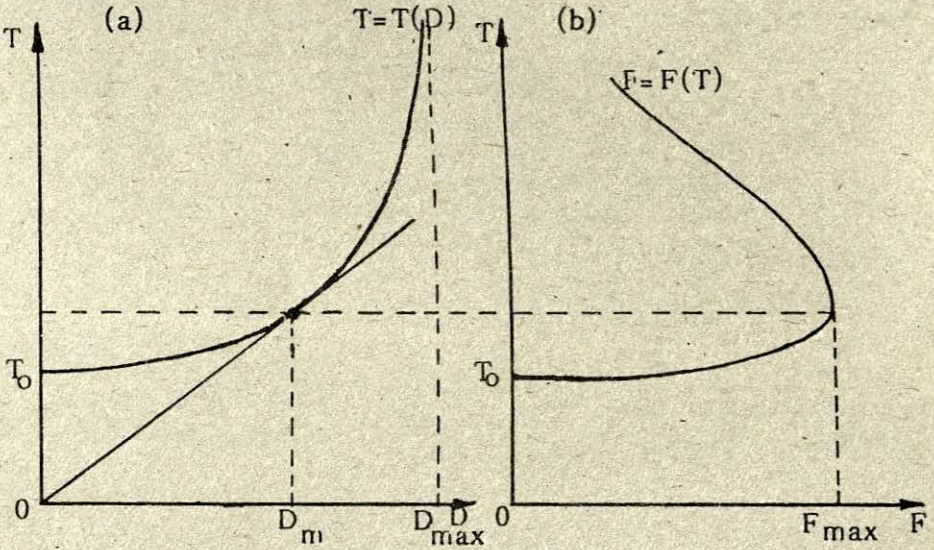
21 Akış ve yoğunluk arasındaki ilişkinin yönü ve ampirik bir çalışma için bkz; Haight (1963: 72); Boardman ve Lave (1977: 340-359).

$$[-DT^2T''(D)]$$

sınırlama gereği;

$$T''(D) > 0$$

olması gerektiğinden, yoğunluğun kabul edilebilir değerleri için negatif değerli olması gerekir. Bu nedenle D maksimuma yaklaşırken T sonsuzdur ve akış fonksiyonu T eksenine asimtotik olarak yaklaşır²². Kısaca, akış eğrisinin şekli yoldaki araç yoğunluğuna bağlı olacaktır. Belirli bir yoğunluktaki ortalama yolculuk süresi ($\frac{T}{D}$) yoğunluktaki değişmeye göre yolculuk süresindeki değişmeye ($\frac{dT}{dD}$) eşit olana kadar akış artar ve $\frac{dT}{dD} = -\frac{T}{D}$ olduğunda akış maksimum olur. Akışın maksimum olduğu noktadan sonra süredeki artış ortalama yolculuk süresinden daha büyük olduğundan yoldaki akış azalmaya başlar ve şekil-1.b'de görüldüğü gibi akış eğrisi geriye doğru döner.



Şekil: 1
Belirli Bir Yoldaki Yoğunluk ve Akış Eğrileri

T = Bir aracın bir km.yi gitme süresi

T₀ = Yoğunluğun 0 olduğu durumda bir aracın bir km.yi gitme süresi

D = Yoğunluk F = Akış

22 Johnson (1964: 138-139) Walters metindeki benzer bir akış fonksiyonunu, parametrik değişmeler nedeniyle talepteki kaymalar yardımıyla elde etmiştir. Ancak metindeki yaklaşım akış fonksiyonu ile talep arasında bir ayırım yapmayı sağladığından tıkanıklığı açıklamada daha kullanışlı olmaktadır. Walters (1968: 185-186).

Marjinal Özel ve Sosyal Maliyetler

Tıkanıklığın mekanizması incelenirken, basitlik amacıyla, sadece zaman maliyeti gözönüne alınmıştır. Oysa bir sürücünün bir yolculuğu sırasında katlandığı maliyet sadece zaman değildir, aynı zamanda aracı kullanma maliyetleri de vardır. Bu nedenle bir aracı 1 km. kullanmanın özel maliyeti, aracı kullanma maliyeti (yakıt, araçtaki aşınma ve yıpranma, lastiklerde aşınma vb.) artı yolculuk süresinin parasal değeridir. Aracı kullanma maliyetleri, aracı kullanma süresi arttıkça artar, yani aralarında doğru yönlü bir ilişki vardır²³. Bu nedenle bir aracı 1 km. kullanmanın özel maliyetleri (veya marjinal özel maliyeti) ile trafik akışı arasında akış eğrisinin şekline benzer bir ilişki elde edilebilir. Diğer bir deyişle yoldaki trafik miktarı arttıkça, marjinal özel maliyet'te artar. Tıkanıklığın olmadığı bir durumda maliyetler trafik hacminden bağımsız olacağından, sabit olarak (c_0) kabul edilebilir. Kısaca bir aracın marjinal özel maliyeti (C) tıkanıklığın olmadığı durumdaki sabit maliyet artı trafik hacmine göre değişen tıkanıklık maliyeti (congestion cost) olarak yazılabilir:

$$C = c_0 + \Delta c^{24}$$

Tıkanıklık maliyeti ise, trafik hacminin üssel bir fonksiyonudur.

$$\Delta c = a \cdot q^k$$

a = sabit bir değer

k = ortalama maliyet eğrisinin eğimi.

Tıkanıklık nedeniyle marjinal özel maliyet artarken, marjinal aracın yarattığı marjinal özel maliyetteki artışa tüm araçlar katlanacağından, marjinal sosyal maliyet marjinal özel maliyetten daha büyük olacaktır. Marjinal sosyal maliyet ile marjinal özel maliyet arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir²⁵.

$$MSM = MÖM (1 + \text{marjinal özel maliyet eğrisinin elastikiyeti})$$

Şekil-2'de MÖM ile MSM arasındaki ilişki gösterilmiştir. Trafik hacmi Q_0 'a kadar MÖM = MSM dir. Çünkü bu trafik hacmine kadar tıkanıklık söz konusu olmadığından, tıkanıklık maliyeti ortaya çıkmamakta ve marjinal maliyet ortalama maliyete eşit olmaktadır. Trafik hacmi Q_0 'ın üstüne çıktığında MÖM ve MSM artmaktadır.

23 Bir aracın özel maliyeti ile hız (dolayısıyla 1 km.lik aracı kullanma süresi) arasındaki bu ilişki bir çok amprik çalışmayla doğrulanmıştır. Tıkanıklık fiyatlarının hesaplanmasında yapılan bu amprik çalışmalardan yararlanılmaktadır. Tıkanıklık fiyatlarının hesaplanmasında yararlanılan maliyet fonksiyonları ile ilgili bilgi için bkz; Hewitt (1964: 72-81); Johnson (1964: 143-148); Walters (1968: 196-210).

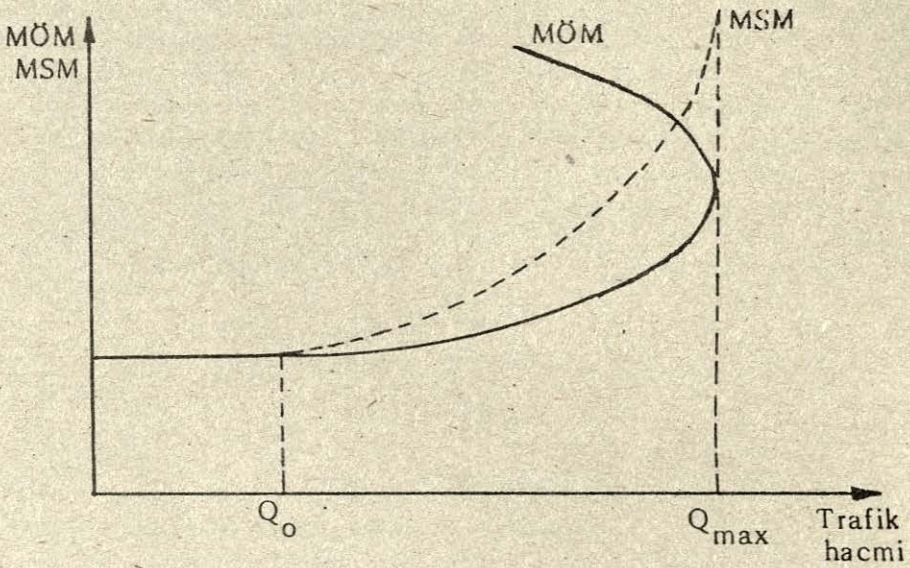
24 Richardson (1978: 174).

25 Toplam maliyet (K), ortalama maliyet (C) ile trafik hacmi (Q 'nun) çarpımıdır. (Homojenite varsayımı gereği) $K = C \cdot Q$ Marjinal sosyal maliyet ise;

$$\frac{\partial K}{\partial Q} = c + Q \cdot \frac{\partial C}{\partial Q} = C \left(1 + \frac{Q}{C} \cdot \frac{\partial C}{\partial Q} \right)$$

Hewitt (1964: 79); Walters (1968: 190, dipnot 5).

Trafik hacminin maksimum olduğu Q_{max} noktasında daha önce açıklanan nedenlerle MÖM eğrisi geri dönmekte, ancak trafik hacmindeki artış negatif olduğundan MSM sonsuza yaklaşmaktadır²⁶.



Şekil: 2
Marjinal Özel ve Sosyal Maliyet Eğrileri

Trafik Reketçi Dengesi ve Etkinlik

Buraya kadar yapılan analizde basitlik amacıyla sadece trafik hacmi ve maliyet ilişkisi gözönüne alınmıştır. Bu alt bölümde analize talep de dahil edilerek, rekabetçi denge değerlendirilmeye çalışılacaktır.

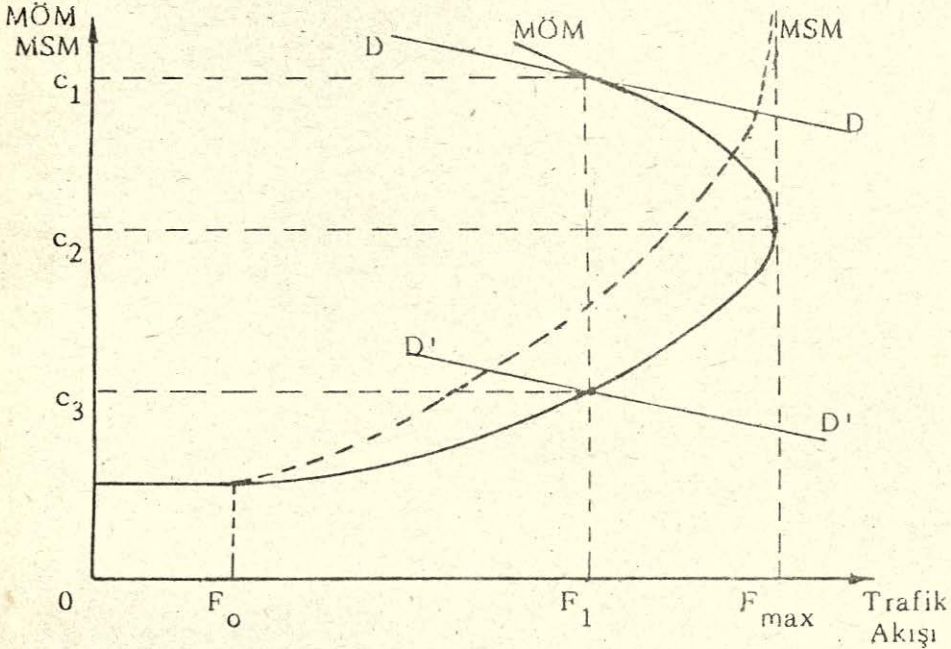
Değerlendirmede, belirli bir yolda seyahat etmeye karar veren bir kişinin, bu kararını verirken sadece özel maliyetlerini gözönüne aldığını varsayacağız. Diğer bir deyişle, diğer değişkenler sabit olmak üzere, talep marjinal özel maliyetin fonksiyonu olarak yazılacaktır: $D = F(MÖM)$. Aynı zamanda bu talep eğrisi üzerindeki her nokta sürücünün bu yolculuktan elde ettiği faydayı gösterecektir. Belirli bir yolda yapılan seyahatin faydası her sürücü için değişik olacağından yol alan için talebin maliyete göre bir elastikiyeti olacaktır. Diğer bir deyişle, talep marjinal özel maliyet arttıkça azalacaktır. Kısaca, talep eğrisi sol yukarıdan sağ aşağı doğru azalan tipik bir talep eğrisi olacaktır²⁷.

Şekil-3'de talep eğrisi marjinal özel maliyet eğrisini geri dönüşlü kısmında kesecek şekilde çizilmiştir. Talep eğrisinin maliyet eğrisini geri dönüşlü kısmında kesmesi, tıkanıklığın çok fazla olduğunu ifade eder ve bu tür bir tıkanıklık aşırı tıkanık-

26 Walters (1968: 188); Johnson (1964: 141).

27 Beckman v.d. (1959: 46-49).

lık (Hypercongestion) olarak isimlendirilebilir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, aşırı tıkanıklık; talebin maksimum kapasiteyi aşması nedeniyle, marjinal özel maliyet (C_1) maksimum kapasitedeki marjinal özel maliyetten (C_2) çok daha fazla iken, trafik hacminin (F_1) maksimum trafik hacminden (F_{max}) daha az olduğu bir durum olarak tanımlanabilir²⁸. Diğer bir deyişle bu tip bir tıkanmada aynı denge akış miktarı, eğer yoldaki yoğunluk azaltılırsa, daha düşük bir marjinal özel maliyet (C_3) ile başarılabilir. Bu tip bir tıkanma yol kullanımında kesin bir etkinsizliği ve denetimsiz yol kullanımı nedeniyle ortaya çıkan olumsuz dışsal ekonomileri ifade eder²⁹. Bu tür bir etkinsizlik ancak talebe etki eden diğer değişkenlerde bir değişme yaratılarak talep eğrisinin $D'D'$ şeklinde aşağı kaymasıyla giderilebilir³⁰.



Şekil: 3
Yoğun Talep Durumunda Trafik Reketetçi Dengesi

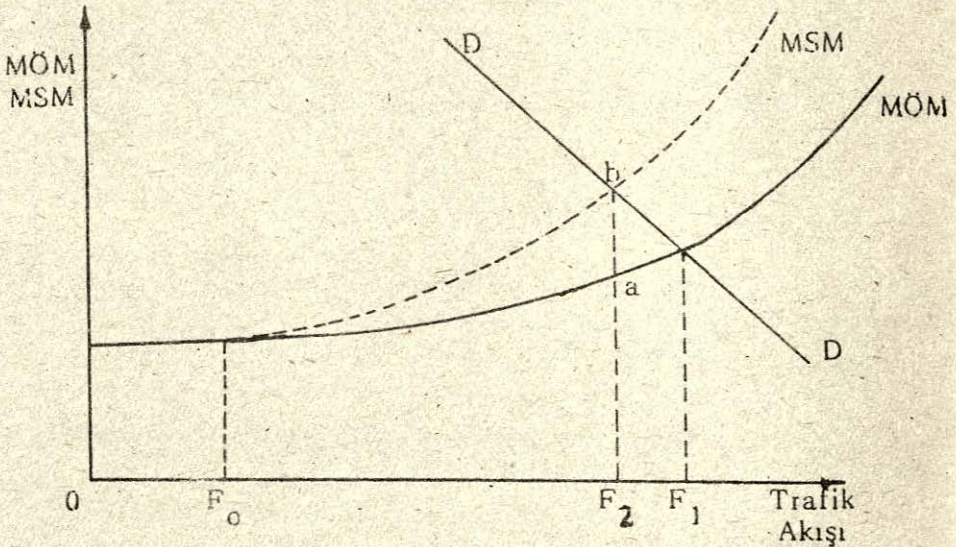
Yukarıda anlatılan, talep eğrisinin MÖM eğrisini geri dönüşlü kısmında kesmesi nedeniyle ortaya çıkan etkinsizlik, özel bir durumdur. Ancak bizim asıl ilgilenmek istediğimiz, MÖM öğresinin sol aşağıdan sağ yukarı doğru yükseldiği bir durumda oluşan rekabetçi dengenin etkinsizliği olacaktır. Bu nedenle şekil-4'de MÖM

28 Richardson (1978: 46-49).

29 Beesley (1967: 389-440); Johnson (1964: 141); Walters (1968: 187).

30 Burada talebin fiziksel kontrollerle azaltılması önerisi, fiyatlama yapılmadan gerçekleşecektir. Ancak şekilden de görüleceği gibi F_1 trafik hacminde talep eğrisindeki kaymaya rağmen $MSM > MÖM$ olacaktır.

eğrisi geri dönüşlü kısmı gözönüne alınmadan çizilmiştir. Daha önce de belirttiğimiz gibi, belirli bir yolda seyahat edip etmemeye karar veren bir sürücü, bu kararını verirken MÖM ini gözönüne alacaktır. Yani yolu kullanmakla elde ettiği fayda ile katlandığı maliyetin birbirine eşit olmasına dikkat edecektir. Bu nedenle MSF = MÖM olduğunda rekabetçi denge kurulacak ve yoldaki trafik akışı OF_1 olacaktır. (Bir sürücünün bir yolu kullanması nedeniyle elde ettiği fayda MSF olarak düşünülebilir, çünkü bu sürücünün yolu kullanmakla topluma sağladığı dışsal bir fayda yoktur, bu nedenle MÖF = MSF dir.) Ancak F_0 trafik hacminin ötesinde (yani tıkanıklık durumunda) her bir sürücü diğer sürücülere tıkanıklık maliyeti yükleyeceğinden, $MSM > MÖM$ olacaktır. Diğer bir deyişle son sürücünün yolu kullanması nedeniyle elde edilen fayda (MSF) bu sürücünün yolu kullanması nedeniyle katlanılan maliyetten (MSM) daha küçük olacaktır. Refah teorisi öğretisine göre kaynak dağılımında etkinlik MSF = MSM olduğunda gerçekleşir³¹. Bu nedenle trafiğin rekabetçi dengesi, yani MÖM = MSF ya göre oluşan denge, kaynak dağılımı açısından etkin değildir. Kaynak dağılımında etkinlik trafik hacminin F_1 'den F_2 'ye azaltılmasıyla sağlanabilir³².



Şekil: 4
Az Yoğun Talep Durumunda Rekabetçi Denge

SONUÇ

Kent içi ulaşımında önemli bir sorun olarak ortaya çıkan trafik tıkanıklığı, yarattığı sosyal maliyetler nedeniyle kaynak dağılımında etkinsizliğe neden olmakta-

31 Refah teorisi konusunda bakınız; Pigou (1982); Winch (1971); Bengül (1968); Nath (1981); Collard (1972); Coase (1971).

32 Baumol ve Oates (1975: 194-195); Wonnacott ve Wonnacott (1982: 599-601); Şener (1980: 73-77); Batirel (1979: 70-72); Bulutoğlu (1981: 367-369).

dır. Bu anlamda trafik tıkanıklığı olgusu, toplumsal refahta kayba neden olan olumsuz dışsallıktır. Bu olumsuz dışsallığın parasal yönlendirme aracı ile giderilmesinin yöntemi tıkanık kent içi yolların fiyatlandırılmasıdır³³. Bu fiyatın düzeyi; tıkanık yolları kullanan araç sürücülerinin etkinliğin sağlandığı trafik hacmindeki marjinal sosyal maliyetleri ile marjinal özel maliyetleri arasındaki fark (Şekil 4'de ab) kadar olacaktır.

KAYNAKLAR

- Barda Süleyman; *Ulaştırma Ekonomisi*, İstanbul: Menteş Kitabevi, 1982.
- Batirel, Ö. Faruk; *Kamu Maliyesi Teorisine Giriş*, Genişletilmiş 2. b., İstanbul: İ.T. İ.A. Nihad Sayar Yayın ve Yardım Vakfı Yayını, no: 316/549, 1979.
- Baumol, W.J.; Oates, W.E.; *The Theory of Environmental Policy*, New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1975.
- Beckman, M.; Mc Guire, C.B.; Winsten, C.B.; *Studies in Economics of Transportation*, 3. ed., Yale: Cowles Commission, 1959.
- Beesley, M.E.; "Technical Possibility of Special Taxation in Relation to Congestion Caused by Private Users", *2nd International Symposium on Theory and Practice in Transport Economics*, E.C.M.T., 1967, ss: 389-440.
- Bengül, Nejat; *İktisadi Refah Teorisinin Başlıca Meseleleri*, Ankara: A.Ü.S.B.F. Yayınları, No: 166/148, 1968.
- Boardman, A.E.; Lave, L.V.; "Highway Congestion and Congestion Tolls", *Journal of Urban Economy*, Vol: 4 (1977), ss: 340-359.
- Buchanan, J.M. ve Diğerleri; "Traffic in Towns", *Transport* (ed: Denys Munby) Baltimore: Penguin Books, 1968, ss: 153-183.
- Bulutoğlu, Kenan; *Kamu Ekonomisine Giriş*, 3.b. İstanbul: Temat Yayınları, 1981.
- Coase, Ronald; "The Problem of Social Cost", *Readings in Microeconomics* (ed: W. Breit, H.M. Hochman) 2.ed., New York: Holt Rinehart and Winston Inc., 1971, ss: 484-517.
- Collard, David; *Prices Markets and Welfare*, London: Faber and Faber, 1972.
- Elker, C. ve Diğerleri; "Kentsel Ulaşım: Ankara" *Mimarlık*, sayı: 3 (Mart 1977), ss: 26-41.
- Gökçeli, Raşit; Okyay, Tarık; "Ankara'da Kamu ve Özel Toplu Taşımacılık Yükünün Çalışanlara Yansımaları", *Mimarlık*, Sayı: 4 (1976), ss: 80-83.
- Güven, Sami; *Türkiye'de Ulaşım Sistemi ve Karayolu Ulaştırma Kooperatifleri*, Ankara: TODAİE yayını, 1982.
- Haigh, F.A.; *Mathematical Theories of Traffic Flow*, New York: Academic Press, 1963.
- Hewitt, J.; "The Calculation of Congestion Taxes on Roads", *Economica*, vol: 31, no: 121 (February 1964) ss: 72-81.
- Johnson, Bruce M.; "On the Economics of Road Congestion" *Economica*, Vol: 32, no: 1-2 (January-April 1964) ss: 137-150.

- Kartal, Kemal; *Ekonomik ve Sosyal Yönleriyle Türkiye'de Kentleşme*, Ankara: Yurt Yayınları, 1983.
- Kartal, Kemal; "Toplu Taşıma ve Zarar", *Cumhuriyet*, 23 Aralık 1978.
- Keleş, Ruşen; *Şehirciliğin Kuramsal Temelleri*, Ankara: A.Ü.S.B.F. yayınları, No: 332, 1972.
- Keleş, Ruşen; *Türkiye'de Şehirleşme, Konut ve Gecekondu*, İstanbul: 100 Soruda Serisi, 1975.
- Keleş, Ruşen; *Kentbilim İlkeleri*, Ankara: Sosyal Bilimler Derneği Yayınları, 1976.
- Kıray, Mübcecel B.; *Örgütlemeyen Kent: İzmir'de İş Hayatının Yapısı ve Yerleşme Düzeni*, Ankara: Sosyal Bilimler Derneği Yayınları, 1972.
- Lee, L. Way; "An Economic Theory of Distribution of Traffic Speeds", *Journal of Urban Economics*, vol: 15, no: 3 (May 1984) ss: 302-309.
- Menteş, Gökhan, "Türkiye Metropollerinde Ulaşım Plânlama Deneyimleri: Veri Toplama ve Modelleme Çalışmaları Üzerine Değerlendirmeler", *Türkiye Birinci Şehircilik Konferansı* (ODTÜ, Kasım 1981) 1. Kitap (der: Yiğit Gülöksüz) Ankara: 1982, ss: 313-353.
- Meyer, J.R.; Straszheim, M.R.; *Techniques of Transport Planning* (ed: Meyer, J.R.) Vol: 1, Pricing and Project Evaluation, Washington: The Brookings Institution Transport Research Program, 1974.
- Moses, L.N.; Williamson, Jr. H.F.; "The Location of Economic Activities in Cities", *American Economic Review*, Vol: 57 (1967), ss: 211-221.
- Musgrave, R.A.; *The Theory of Public Finance*, Tokyo: McGraw Hill Book Company, Inc, 1959.
- Nath, S.K.; *Refah Ekonomisine Bir Bakış* (Çev: Işık Aybaygil) İstanbul: Akbank Kültür Yayınları, Batur Matbaası, 1981.
- Pigou, A.C.; *The Economics of Welfare*, 4 ed., London: MacMillan, 1952.
- Richardson, H.W.; *Urban Economics*, Middlesex: Penguin, 1971.
- Richardson, H.W.; *Urban Economics*, Illinois: The Dryden Press, 1978.
- Sharp, C.H.; "Congestion and Welfare: An Examination of The Case for a Congestion Tax", *The Economic Journal*, vol: 76 (December 1966), ss: 806-817.
- Sherman, R.A.; "A Private Ownership Bias in Transit Choice", *American Economic Review*, vol: 57-(1967), ss: 1211-1217.
- Smeed, R.J.; "Traffic Studies and Urban Congestion", *Journal of Urban Economics and Policy*, vol: 2, no: 1 (January 1968), ss: 33-70.
- Strotz, R.H.; "Urban Transportation Parables", *The Public Economy of Urban Communities* (ed: Julius Margolis) Baltimore: Johns Hopkins Press for Resources for the Future, 1965, ss: 127-169.
- Şener, Orhan; *Kamu Ekonomisi*, 1980.
- Tekeli, İlhan; "Ulaşım Sorunu ve Otomobil Üretimi", *Mimarlık*, sayı: 6 (Haziran 1974), ss: 10-12.
- Tekeli, İ.; Okyay, T.; Gülöksüz, Y.; *Gecekondu Dolmuşlu İşportalı Şehir*, Ankara: Cem Yayınevi, 1976.
- Tolan, Barlas; *Büyük Kent Sorunlarına Toplu Bir Bakış*, Ankara: A.İ.T.İ.A. yayınları no: 29, 1977.

- Vickrey, W.S.; "Pricing in Urban and Suburban Transport", *American Economic Review*, vol: 53, no: 2 (May 1963), ss: 452-465.
- Vickrey, W.S.; "Pricing as a Tool in Coordination of Local Transportation", *Universities-NBER Conference, Transportation Economics*, Columbia University Press, 1965, ss: 275-291.
- Vickrey, W.S.; "Congestion Theory and Transport Investment", *American Economic Review*, vol: 59, no: 2 (May 1969), ss: 251-260.
- Walters, A.A.; "Road Pricing" *Transport* (ed: Denys Munby) Baltimore: Penguin Books, 1968, ss: 184-211.
- Winch, D.M.; *Analytical Welfare Economics*, Middlesex: Penguin Modern Economics, 1971.
- Wonacott, P.; Wonacott, R.; *Economics*, 2. ed., Tokyo: McGraw Hill, 1982.
- Yavuz, F.; Keleş, R.; Geray, C.; *Şehircilik: Sorunlar Uygulama ve Politika*, Ankara: A.Ü.S.B.F. yayınları, no: 415, 1978.
- Zettel, R.M.; Carll, R.R.; "The Basic Theory of Efficiency Tolls: The Tolled, The Tolled-off and The un-Tolled", National Academy of Sciences, Highway Research Board, *Traffic Congestion as a Factor in Road User Taxation, Highway Research Record*, no: 47 (1964), ss: 46-65.