

KENT İÇİ RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İRFAN ŞENLİK | irfan.senlik@emo.org.tr

1. GİRİŞ

Günümüzde hızlı kentleşme, yoğun nüfus artışı, hava kirliliği ve enerji sıkıntısı beraberinde, ulaşımı en önemli sorunlardan biri haline getirmiştir. Bunun sonucu olarak toplu taşıma araçlarının en önde geleni olan raylı ulaşım sistemine geçiş zorunlu hale gelmiştir.

Raylı sistem taşımacılığının, yatırım maliyetleri yüksek olmakla birlikte, işletme maliyetleri karayolu taşımacılığına göre daha düşüktür. Ayrıca kaza riskleri, enerji tüketimi, trafik sıkışıklığı ve personel istihdamı kara yolu taşımacılığına göre daha azdır. Bununla birlikte raylı sistem taşıma kapasitesi, karayolu taşımacılığına göre çok daha yüksektir. Bütün bu koşullar günümüzde raylı taşımacılığın yaygınlaşmasını hızlandırmıştır.

2. RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİ

Günümüzde kent içi toplu taşımacılıkta kullanılan raylı ulaşım sistemleri; hafif raylı sistemler, tramvaylar, metrolar, banliyö trenleri, manyetik yataklı sistemler, ve üst yollu elektrikli, toplu taşıma sistemi olan monorail'dan oluşmaktadır. Bu sistemlerden ilk dördü ülkemizin değişik kentlerinde etkin olarak kullanılmaktadır.

Hafif raylı sistemler, esas olarak klasik tramvayın modernleştirilmiş ve evrimleşmiş halidir. Hafif raylı taşımacılık, tek araba ya da kısa dizi halinde işletilebilen yer seviyesinde ya da yükseltilmiş yollarda, diğer kullanıcılardan ayrılmış kendine ait özel bir yolu olan, kent içi elektrikli ulaşım sistemidir. Genellikle yapılaşmış ve nüfus artışlarının sınırlı kaldığı çevre bölgelerde etkin olarak kullanılmaktadır. Bir sürücü tarafından sinyalizasyon sistemine uygun olarak kumanda edilen, her 600-1000 m mesafede özel istasyonlarda yolcu indirip bindiren, ortalama 60-80 km/saat hızla kendine ait hatlarda işletilen raylı toplu taşıma sistemleridir. Hafif raylı sistemlerin saatlik yolcu kapasiteleri 10.000-20.000 kişi arasında değişmektedir.

Bunun yanında tramvaylar, mevcut kent yolları üzerinde döşenen hatlarda elektrikle çalışan, yol ve trafik durumuna göre bir sürücü tarafından kumanda edilen, daha çok bir adım atılarak binilebilen alçak zeminli araçların kullanıldığı toplu taşıma sistemleridir. Yolcu taşıma kapasiteleri en çok 10.000 kişi/saat, ortalama ticari hızları 14-16 km/saat, durak aralıkları 400-600 m olup, kent içinde çevre kirlenmesi ve enerji tasarrufu açısından avantajlıdır.

Kent içi raylı ulaşımın en büyük trafik potansiyelini gerçekleştiren taşıtlar metrolardır. Yer altında veya bazen yerüstünde hareket eden ve yol kesişmesi olmayan bu sistem, kendi içinde kapalı bir yapıdır. Dünyada yaygın olarak büyük şehirlerde kullanılan toplu taşıma

sistemleridir. Diğer türlerin ulaşamadığı yüksek hızlara ulaşabilen tam korumalı metro sistemleri genellikle 2-10 vagona oluşan ve diğerlerine göre en yüksek kapasiteye sahip olan (60.000 kişi/saat) taşıma sistemidir. Yüksek düzeyde otomasyon gerektiren bu sistem yüksek yatırım maliyetine karşılık en düşük işletme giderleriyle çalışmaktadır.

Büyük şehirlerde yoğunlukla şehir dışındaki yerleşim yerlerine yolcu taşımada etkin olarak kullanılan banliyö trenleri; yüksek kapasite, konfor, hız ve güvenlik sağlarlar. Durak aralıklarının fazla olması nedeniyle kent merkezi için çekici değildir. Metro işletmenin verimliliğini yitirdiği uzaklıklarda ve yeterli sıklık sağlandığında hız ve düzenlilik gibi avantajlarıyla başarılı işletmecilik örnekleri gerçekleştirilmiştir. İşletme giderleri ve enerji tüketimi oldukça düşüktür.

3. TOPLU ULAŞIM SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kent içi toplu taşıma sistemlerinin değerlendirilmesinde, yolcuları etkileyen ölçütler (ücret, seyahat süresi, güvenilirlik), şehir ve trafiği etkileyen ölçütler (kent yapısına uygunluk, trafik sıkışıklığı, güvenlik vb.), ülke ve kentte yaşayan diğer insanları etkileyen ölçütler (enerji gereksinimi, çevre kirliliği, alan kullanımı, kaynak gereksinimi), işletmeyi etkileyen ölçütler (esneklik, sistemlere uyum, işletme ekonomisi, personel gereksinimi) dikkate alınır ki bunlar teknolojik, ekonomik ve çevresel özellikler olmak üzere üç ana başlıkta toplanabilir.

a) Teknolojik Özellikler

Sistemin yeterli konfora ve güvenliğe sahip olması beklenir. Taşıtların yolcu kapasitesi, sistemin saatlik kapasitesi, sistemin yapısal özerkliği, enerji tüketimi, altyapının jeolojik ve topografik gereksinimleri teknolojik özellikler içinde karşılaştırma kriterleridir. Teknolojik özelliklere bağlı olarak sunulan hizmet niteliği de yolcuların kent içi toplu taşıma sistemleri arasında seçim yapmasında önemli bir ölçüttür. Bunlar sefer sıklıkları, seyahat süreleri, güvenilirlik, araç konforları, yolculuk maliyeti, kötü hava koşullarından etkilenmeme, bilet alınmasındaki kolaylık, yaşlılar, fiziksel engelliler ve çocuklar için gerekli kolaylıkların varlığı, yolcuların beraberinde çanta, valiz vb. eşyalarını taşıyabilme olanaklarıdır.

Toplu taşıma sistemlerinin seçimini etkileyen en önemli etkenlerden biri geçiş üstünlüğüdür. Sisteme ait araçların hızı, kapasitesi, düzenliliği, güvenliği, yapısal özerkliği ve esnekliği geçiş üstünlüğüne bağlı değişken değerlerdir. Geçiş üstünlüğü açısından toplu taşıma sistemleri; genel trafik içinde hareket eden sistemler (denetimsiz), kısmen özel yola sahip olan sistemler





(yarı denetimli) ve özel yola sahip sistemler (denetimli) olarak gruplandırılabilir.

b) Ekonomik Özellikler

Alt yapı ve işletme maliyetleri, sistemin kamuya, işleticiye ve kullanana maliyeti ekonomik karşılaştırma kriterleridir. Toplu taşıma sistemlerinde maliyet, altyapı yapım ve işletme olmak üzere ikiye ayrılır. Sistem kapasitesi, altyapı tipi, ekonomik ömrü, finansman koşulları, faiz oranları ve kamulaştırma giderleri altyapı maliyetini etkileyen temel unsurlardır. İşletme maliyeti ise sistem kapasitesine, taşıt sayısına, faiz oranlarına, bakım, yakıt, personel giderleri, işletenin türü ve örgüt yapısına bağlıdır. Düzenli bir ulaşım hizmeti veren bütün sistemlerde maliyet eğrileri sistemlerin ekonomik özelliklerine göre farklı değerler almaktadır. Bu değerler kentlere, kentlerin çeşitli bölgelerine, sistemi işleten ve kullanana göre de değişim göstermektedir. Bu değişikliklere sebep olan temel öğeler doluluk oranı, örgüt yapısı ve işletme türüdür.

Yatırım maliyetleri, yol, taşıt, sinyalizasyon tesisleri, istasyon maliyetleri, depo ve atölye maliyetleri, etüt ve Mühendislik hizmet maliyetleri ve önceden kestirilemeyen öteki giderlerden oluşmaktadır. Bazı taşıma türleri için yatırım maliyetleri Tablo -1'de verilmiştir.

Tablo-1: Kentiçi Toplu Ulaşım Yatırım Maliyetleri (Milyon \$)

	Otobüs	Özel Yollu Otobüs	Tramvay	Hafif Raylı	Metro
Km Başına Yatırım Maliyeti	<0,5	2,0-10,0	5,0-10,0	10,0-30,0	40,0-90,0

İşletme maliyetlerini oluşturan öğeler, personel giderleri, bakım - onarım ve tamir masrafları, enerji harcamaları ve yönetim - uzmanlaşma giderleridir. Bunlar üç ana grup altında toplanabilir:

Mesafeye Bağlı İşletme Giderleri: Sisteme bağlı araç filosu tarafından kat edilen yola bağlı olup birimi (araç x km)'dir. Enerji harcamalarını ve bakım - onarım masraflarını içermektedir.

Zamana Bağlı İşletme Giderleri: Sisteme bağlı araç filosunun işletildiği zaman için hesaplanır birimi (araç x saat)'tir. Çalıştırılan personel giderlerini de içerir.

Yola Bağlı İşletme Giderleri: Kilometre başına günlük ve yıllık olarak hesaplanır. İstasyonların, sinyalizasyon sistemlerinin, enerji iletim hatlarının ve yolların bakım ve onarımı için yapılan harcamalardır. Bazı taşıma türleri için işletme maliyetleri Tablo-2 de verilmiştir.

Tablo- 2: Kent İçi Toplu Taşıma Türleri İçin İşletme Maliyetleri (1/100 \$)

	Otobüs	Özel Yollu Otobüs	Tramvay	Hafif Raylı	Metro
Km Başına Yolcu	3-8	8-12	3-12	12-15	15-23

Kent içi ulaşımındaki sistem tercihinde ekonomik çalışma kapasitesi dikkate alınması gereken en büyük etkenlerden biridir. Bu durumda sistem seçiminde, türlerin işletme maliyeti-kapasite ilişkisini gösteren eğriler yararlı olmaktadır. Bu konuda yapılan kabul, bir yolcu için durakta 5 dakikalık bekleme süresinin normal olduğu varsayıldığında bir yöndeki saatlik yolculuk talebi;

Yolcu sayısı < 92 ise dolmuşun,
Yolcu sayısı 92 – 225 arasında ise minibüsün,
Yolcu sayısı 225 – 6.400 arasında ise otobüsün,
Yolcu sayısı 6.400 – 12.800 arasında ise özel yollu otobüsün,
Yolcu sayısı 12.800 – 32.000 arasında ise tramvayın,
Yolcu sayısı >32.000 ise metro ya da trenin, ekonomik olduklarıdır.

c) Çevresel Özellikler

Sistemin çevreye etkileri (hava kirliliği, gürültü), kaza olasılıkları çevresel karşılaştırma kriterleridir. Sistemlerin trafikte yarattığı çevresel etkilerden en önemlisi hava kirliliğidir. Elektrik enerjisi ile çalışan sistemlerin seçimi atmosferik kirlenmelerin azalmasına katkıda bulunacaktır.

Bunun yanında ulaşım araçlarının her türlüşünün yarattığı ses kentlerdeki gürültünün en önemli nedenidir. Ses dalgaları basınç ve frekans ile belirlenmekte olup, birimi desibeldir. Motorlu taşıtlara nazaran raylı toplu taşıma araçları daha az gürültüye neden olmaktadır.



4. TOPLU TAŞIMA SİSTEMLERİNİN KENT VE İNSAN YAŞAMI ÜZERİNE ETKİLERİ

Mevcut karayolu altyapısını kullanan toplu taşıma türleri, yolculuk sistemlerinin belli bir düzeyi aştığı ulaşım koridorlarında yetersiz kalmaktadır. Bu türlerin en yüksek kapasiteli olanı otobüslerin değişik öncelik uygulamaları ile ulaşabildikleri kapasite 10.000 kişi/saat/yön'dür. Büyük kentlerde bu kapasitelerin aşıldığı alanlarda raylı toplu taşıma sistemleri gündeme gelmektedir. Ancak yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek oluşu ve uygulama esnekliklerinin çok kısıtlı oluşu gibi nedenlerden dolayı farklı toplu taşıma türleri arasında seçim yapılırken dikkatli olunmalıdır.

Ülkemizde olduğu gibi yol ağının fazla gelişmemiş, buna karşılık özel oto kullanımının yüksek olduğu ülkelerde, trafik sıkışıklığı, gürültü, hava kirliliği gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için kent içindeki yolcu talebinin büyük bir kısmının toplu taşıma sistemleri ile karşılanması gerekir. Birçok büyük şehirdeki uygulamalar, demiryolu ağırlıklı toplu taşıma sistemlerinin yoğun trafik ile baş edebilmenin tek yolu olduğunu ortaya koymuştur. Raylı taşıma sistemi şehir içi ve şehirlerarası hızlı kitle taşıma sistemlerinin en ekonomik şeklidir. Hafif raylı sistem araçları ile taşınan yolcu sayısı fazla olduğu için şehir içinden lastik tekerlekli araçlara olan talebin düşmesine neden olarak, trafik sıkışıklığını önemli ölçüde azaltacaktır. Yine modern, hızlı, konforlu ve güvenli olmasından dolayı şehir içi trafik sorununun çözümü yönünde olumlu katkıda bulunacaktır.

Hava kirliliğinin nedenleri ve boyutları incelendiğinde ulaştırmanın, en önemli kaynaklar arasında olduğu görülmektedir. Elektrikli demiryollarının kirlilikteki payı %5 iken karayollarının payı %85 düzeyindedir. Bir elektrikli tren 42 km seyir sonucunda çevreye 1 kg karbon dioksit yayarken, aynı miktarda karbondioksit otobüsle 12 km'de otomobil ve uçakla 7 km'de yayılmaktadır. Taşıtların oluşturduğu kirliliğin genellikle iki boyutu vardır. Birincisi oksijen tüketimi, ikincisi ise zararlı madde üretimidir. Bir litre yakıtın yanması sırasında tüketilen 200 litre oksijeni bir insan 24 saatte tüketir. Buradan da görüldüğü gibi elektrikli raylı sistemlerin kullanılması ile hava kirliliği önemli ölçüde azalacaktır.

Ulaştırma sistemlerinde konforlu bir seyahat için gürültü seviyesinin üst düzeyi 65 dB, rahatsızlık bölgesi 75-120 dB olarak kabul edilmektedir. Araştırmalarda karayollarındaki gürültü şiddetinin 72-92 dB arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ağır taşıtlar için bu değer 103 dB'e kadar çıkmaktadır. Hava yollarında ise gürültü şiddeti 103-106 dB'dir. Buna karşılık saatte 150 km hızla giden bir trenin gürültüsü 65-75 dB arasında değişmektedir. İnsan sağlığı açısından 8 saatlik bir çalışma için gürültü sınırının en fazla 90 dB olduğu göz önüne alınırsa demiryollarının önemi daha da artmaktadır.

Maliyet açısından platform genişliği 13,7 m olan çift hatlı ve sinyalizasyonlu bir demiryolunun ortalama

maliyeti 2 milyon 850 bin dolar/km. iken kapasite ve standartları açısından eşdeğer 6 şeritli otoyolun maliyet ortalaması 8 milyon dolar/km. olmaktadır. Yapım maliyeti açısından da demiryolunun daha avantajlı olduğu görülmektedir. Ulaşımaya ayrılan alan doğal olarak konut, sanayi ve alışveriş alanlarına oranla daha az olmaktadır.

Japonya'da yapılan bir çalışmaya göre de yolcu trafiği için yüksek etkinliği olan ulaşım biçimleri; demiryolları ve otobüsler; yük taşımacılığı için ise demiryolları ile denizyolu olmaktadır. Yolcu taşımacılığında demiryollarına göre otobüsler 1,4 kat, otomobiller 6,8 kat ve uçaklar 5,4 kat daha fazla enerji tüketmektedirler. Yük taşımacılığında ise demiryolları ve gemiler yaklaşık aynı miktarda enerji tüketirken, kamyonlar 7,5 kat daha fazla enerji tüketmektedir. Uluslararası Demiryolları Birliği'nin bir raporuna göre bir yolcu 1 kWh enerji harcayarak tren ile 5 km, otomobille 1,7 km, uçakla 1,1 km seyahat edebilmektedir.

5. SONUÇ

Günümüz modern şehircilik anlayışında şehirde yaşayan insanların ulaşımını büyük ölçüde raylı sistemler sağlamaktadır. Raylı sistemler hızlı, güvenli, temiz ve çevreci olması, kaza riskini azaltması, yolculuk süresinden kazanç sağlaması, enerji ve akaryakıt tüketiminden tasarruf sağlaması, karayollarındaki bakım ve onarım giderlerinin azalması, otobüs yatırım bakım ve onarım giderlerinin azalması, karayolu trafiğinin azalması, diğer toplu taşıma sistemleri ile uyumu, düşük işletme maliyetleri, gürültü kirliliğinin azalması ve kentsel arazi kullanımına olan olumlu etkilerinden dolayı tercih edilmektedir. Bununla birlikte raylı sistem türlerini modern şehirlerin birçoğunda görmemiz olasıyken, Ülkemizin ekonomik şartlarından dolayı genel olarak hafif raylı sistemler diğer sistemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Hafif Raylı Sistemler'in tercih edilmesinin temel nedeni olarak yatırım maliyetinin daha düşük olması gösterilebilir. Buna karşın ağır raylı sistemlerin, hafif raylı sistemlere göre daha fazla yolcu taşımaya rağmen yatırım maliyetleri daha yüksek olmaktadır. Ülkemizde ağır raylı sistemler nüfus yoğunluğu fazla olan İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa şehirlerinde kent içi ulaşım, hafif raylı sistemler ise nüfus yoğunluğu daha az olan Eskişehir, Konya, Antalya, Gaziantep, Kayseri ve Samsun şehirlerinde kent içi ulaşım, kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Tanış, M., Ögüt, K., S., "Orta Ölçekli Kentler için Toplu Taşıma Seçeneklerinin Teknik ve Mali Karşılaştırması", 5. Kentsel Altyapı Ulusal Sempozyumu, Hata, 2007, s. 132-146
2. Ögüt, K., S., Evren, G., 2006, "Türkiye'de Kentsel Raylı Sistemlerin Gerekliliği ve Uygulamada Dikkat Edilecek Konular" Uluslararası Demiryolu Sempozyumu, Ankara-İstanbul, 2006, Cilt:1, s. 1169-1979.
3. Kölek, E., "Demiryollarının Ülkemizde ve Dünyadaki Gelişimi", TCDD Eğitim Merkezi notları, Ankara, 2005
4. Gökdağ, M., Üçüncü, O., "Trafik ve Gürültü", Tabiat ve İnsan, Yıl 26, Sayı 1, 1992, s. 41-44.
5. Gökdağ, M., Yüksel, F., "Enerji Verimliliği Açısından Demiryollarının Önemi ve Geliştirilmesi" Ulusal Enerji Verimliliği, Ankara, 1999

